Projeto Lagoa Salgada
Estudo de Viabilidade

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DE BASE (EHB)



RELATÓRIO FINAL (DRAFT)

14 de Dezembro de 2022

Elaborado para:

REDC RP
Empreendimentos Mineiros, Lda

Rua José Eigenmann, nº 90
4715-199 Braga
Portugal

Elaborado por:

QUADRANTE

QUADRANTE - Engenharia e Consultoria, SA,
Estrada do Seminário, 4, Edifício C, Piso 1
Sul, Amadora (Portugal)
jmnunes@qd-eng.com

CONSMAGA
GEÓLOGOS E ENGENHEIROS CONSULTORES, Lda.
Rua Cova da Burra, 5
7700-031 Almodôvar (Portugal)
Pedrocarvalho.CONSMAGA@gmail.com

FRASA Ingenieros Consultores, S.L.
Calle Sariñena, 8, 1ºA
28100 Alcobendas (Madrid)
proyectos@frasaingenieros.com

Nota prévia

No presente relatório deverá ser tido em consideração que as figuras do texto que mostram informação geral sobre uma base MDT ou hipsométrica, têm correspondência nos desenhos 1 a 10 anexos em PDF, podem ser diretamente acedidos a partir da figura ao clicar em" CTRL" e "botão esquerdo do rato" ou clicando o botão direito "abrir vínculo", em cada Desenho respetivo, dado que são referências cruzadas.
Da mesma forma, estão acessíveis os anexos dos resultados das análises físico-químicas e os dados climatológicos.

DRAFT

ÍNDICE DO RELATORIO Página

1 ABREVIATURAS E SIGLAS NESTE RELATÓRIO 1
2 OBJETIVOS DO ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DE BASE 3
2.1 Objetivos gerais 3
2.2 Objetivos específicos 4
3 EQUIPA DE TRABALHO 5
4 CARATERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DO PROJETO 8
4.1 Enquadramento geográfico e administrativo do Projeto Lagoa Salgada 8
4.2 Geologia 11
4.2.1 Contexto geral 11
4.2.2 Geologia regional 13
4.2.3 Geologia local 14
4.2.3.1 Base cartográfica 14
4.2.3.2 Formações cenozoicas da Bacia Inferior do rio Sado (Bacia do Baixo Sado) 15
4.2.3.3 Paleozoico 24
4.3 Geomorfologia 25
4.4 Meio físico 28
4.5 Solo, uso e cobertura vegetal 29
4.6 Atividade mineira histórica 31
5 HIDROMETEOROLOGIA 32
5.1 Registos hidroclimatológicos 32
5.1.1 Precipitação 32
5.1.1.1 Evolução temporal 35
5.1.1.2 Precipitação intensa de curta duração 37
5.1.2 Temperatura 39
5.1.2.1 Evolução temporal 39
5.2 Balanço hídrico 40
5.2.1 Evaporação e evapotranspiração 40
5.2.1.1 Evaporação 40
5.2.1.2 Evapotranspiração 42
5.2.1.3 Balanço hidrológico 43
5.3 Caraterização climática 45
5.3.1 Chuva útil 46
5.3.2 Hidrologia e escoamento superficial 46
5.4 Balanço hidrológico para diferentes capacidades utilizáveis do solo 50
5.4.1 Ano de menor precipitação 50
5.4.2 Ano de precipitação média 51
5.4.3 Ano de maior precipitação 52
5.5 Escoamento superficial para diferentes capacidades de campo 54
5.5.1 Infiltração 54
5.6 Alterações climáticas 55
5.6.1 Evolução da temperatura face às alterações climáticas 55
5.6.2 Evolução da precipitação face às alterações climáticas 58
5.6.3 Evapotranspiração potencial face às alterações climáticas 59
5.6.4 Balanço hídrico face às alterações climáticas 62
5.6.5 Escoamento face às alterações climáticas 65
5.6.6 Infiltração face às alterações climáticas 66
5.7 Demanda e uso dos recursos hídricos 66
5.8 Observações e recomendações 67
6 HIDROLOGIA: ÁGUAS SUPERFICIAIS 69

DRAFT

6.1 Caracterização das linhas de água e bacias hidrográficas 69

7 HIDROGEOLOGIA: ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 72

7.1 Caraterização hidrogeológica 72
7.1.1 Bacia Cenozoica do Baixo Sado / Margem Esquerda (T3) 72
7.1.2 Sistemas aquíferos 76
7.1.2.1 Sistema Aquífero Cutâneo 76
7.1.2.2 Sistema Aquífero Intermédio multicamada do Miocénico (Formação de Esbarrondadoiro; Formação de Alcácer do Sal e Unidade de topo da Formação de Vale do Guizo, tVG) 77
7.1.2.3 Sistema Aquífero Profundo 78
7.1.3 Considerações gerais 80
7.2 Determinação de parâmetros hidrogeológicos 80
7.2.1 Novos furos curtos para estudos geotécnicos (aproveitamento como piezómetros) 80
7.2.2 Furos de investigação hidrogeológica 80
7.2.3 Ensaios de caudal e hidrodimensionamento 85
7.2.3.1 Ensaios de caudal no depósito mineral Venda Nova Norte 85
7.2.3.2 Ensaios no depósito mineral Venda Nova Sul 103
7.2.3.3 Ensaios de caudal, análise de resultados 126

8 LEVANTAMENTOS DE CAMPO, INVENTÁRIOS DE PONTOS DE ÁGUA E AMOSTRAGEM 133

8.1 Inventário de pontos de água e rede de monitorização e controlo hidrológico 133
8.1.1 Águas superficiais 135
8.1.1.1 Cursos de água R01 a R12 (pontos selecionados) 136
8.1.1.2 Lagoas/Charcas L01 a L16 137
8.1.1.3 Barragens/Açudes B01 a B80 137
8.1.2 Águas subterrâneas 138
8.1.2.1 Nascentes (N) 138
8.1.2.2 Fontes/Chafariz (FT) 138
8.1.2.3 Poços (P) 139
8.1.2.4 Furos de pesquisa e captação de águas subterrâneas, privados. WH 139
8.1.2.5 Piezómetros de controlo 139
8.2 Determinações físico-químicas realizadas *in situ* 140
8.3 Campanhas de amostragem e cuidados adotados na amostragem e no transporte 141
8.4 Parâmetros físico-químicos de referência ("*baseline*") das águas superficiais e subterrâneas) 142

9 FISICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS 144

9.1 Planeamento 144
9.2 Processos naturais e antrópicos com impacto na físico-química das águas 144
9.3 Determinações de parâmetros *in situ* 146
9.3.1 Pontos amostrados e dados registados 146
9.3.2 Temperatura das águas 150
9.3.2.1 Águas superficiais 150
9.3.2.2 Águas subterrâneas 150
9.3.3 Condutividade elétrica 153
9.3.3.1 Águas superficiais 154
9.3.3.2 Águas subterrâneas 156
9.3.4 pH 159
9.3.4.1 Águas superficiais 160
9.3.4.2 Águas subterrâneas 162
9.3.5 Potencial redox 164
9.3.5.1 Águas superficiais 166
9.3.5.2 Águas subterrâneas 166
9.4 Resultados laboratoriais 169
9.4.1 Características químicas das águas 170
9.4.2 Diagrama de Stiff 170

DRAFT

9.4.3 Diagrama de Piper 174
9.4.3.1 Águas superficiais 175
9.4.3.2 Águas subterrâneas 176
9.4.4 Parâmetros físicos 177
9.4.4.1 Potencial hidrogeniónico (pH) 177
9.4.4.2 Condutividade elétrica CE e dureza da água 182
9.4.4.3 Alcalinidade 189
9.4.4.4 Resíduo seco TSD 194
9.4.5 Catiões 199
9.4.5.1 Cálcio 199
9.4.5.2 Magnésio 203
9.4.5.3 Sódio 207
9.4.5.4 Potássio 211
9.4.6 Aniões 215
9.4.6.1 Cloretos 215
9.4.6.2 Carbonatos hidrogenados (bicarbonatos) 220
9.4.6.3 Sulfatos 224
9.4.6.4 Nitratos 228
9.4.6.5 Boro 233
9.4.6.6 Outros parâmetros com interesse 237
9.4.7 Parâmetros radiológicos 240
9.4.7.1 Trítio ^{3}H 240
9.4.7.2 Outros isótopos 241
9.5 Afetação hidrológico - ambiental da mineração 241
9.6 Conclusões sobre o quimismo das águas 242

10 PIEZOMETRIA 243

11 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCETUAL: MODELO DE FLUXOS 247

11.1 Interpretação do modelo de fluxos no sistema cutâneo 248
11.2 Fluxos de água no sistema aquífero intermédio 249
11.3 Sistema aquífero profundo 251

12 INFRA-ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA 256

12.1 Inventário e caracterização 256

13 INTER-RELAÇÕES HIDROLÓGICO-MINEIRAS E BALANÇO HÍDRICO 258

13.1 Pontos de partida 258
13.2 Diagrama de fluxos/Modelação conceptual de fluxos 258
13.3 Capacidades hidrológicas dos sistemas 258
13.3.1 Sistema hidrográfico 258
13.3.2 Sistema subcutâneo 259
13.3.3 Sistema aquífero intermédio 260
13.3.4 Sistema aquífero profundo 260
13.3.4.1 Sistema Basal 260
13.3.4.2 Sistema Profundo Paleozoico 261
13.3.5 Drenagem dos sistemas aquíferos 261

14 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 262

14.1 Principais conclusões 262
14.2 Principais recomendações 263

15 DOCUMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA 265

15.1 Documentação e informação técnica de base disponibilizada para o BHS 265
15.1.1 Relatórios técnicos sobre o Projeto. Documentos públicos 265

DRAFT

15.1.2 Informação geológica e mineira do Projeto. Documentos internos, públicos e/ou não públicos 265
15.2 Documentos produzidos no âmbito específico do BHS 267
15.3 Bibliografia 268

ÍNDICE DE TABELAS Página

Tabela 1. Equação da reta, coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de correlação (r) obtidos. 35
Tabela 2. Caracterização da precipitação anual. 37
Tabela 3. PDMA para vários períodos de retorno (T). 38
Tabela 4. Parâmetros das curvas IDF para vários períodos de retorno e várias durações de precipitação. 38
Tabela 5. Intensidade de precipitação para diferentes durações e diferentes períodos de retorno. 39
Tabela 6. Variação da temperatura máxima, média, mínima e amplitude térmica média mensal, em ºC, para a EC de Grândola. 39
Tabela 7. Coeficientes de tina. 41
Tabela 8. Evaporação média mensal afetada dos coeficientes de tina. 41
Tabela 9. Insolação astronómica em função da latitude. 43
Tabela 10. Cálculo da ETP (valores em mm). 43
Tabela 11. Balanço hidrológico sequencial mensal. 44
Tabela 12. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather ao balanço hidrológico sequencial mensal. 47
Tabela 13. Valores de escoamento em ano seco, médio e húmido. 50
Tabela 14. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidades utilizáveis do solo de 80 e120 mm no ano de menor precipitação (2018/19). 50
Tabela 15. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm, para ano médio. 51
Tabela 16. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm no ano de maior precipitação (1995/96). 53
Tabela 17 Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 15, para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm, no ano de precipitação média. 54
Tabela 18. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 16, para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm, no ano de maior precipitação (1995/96). 54
Tabela 19. Valores de infiltração, para ano máximo e ano médio. 55
Tabela 20. Cálculo da ETP para valores observados (1971-2000). 60
Tabela 21. Cálculo da ETP para futuro próximo (2011-2040), cenário RCP 4.5. 60
Tabela 22. Cálculo da ETP para futuro intermédio (2041-2070), cenário RCP 4.5. 60
Tabela 23. Cálculo da ETP para futuro próximo (2011-2040), cenário RCP 8.5. 61
Tabela 24. Cálculo da ETP para futuro intermédio (2041-2070), cenário RCP 8.5. 61
Tabela 25. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 4.5. 62
Tabela 26. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 4.5. 62
Tabela 27. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 8.5. 63
Tabela 28. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 8.5. 64
Tabela 29. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, valores observados 1971-2000. 64
Tabela 30. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 25, para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 4.5. 65
Tabela 31. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 26, para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 4.5. 65
Tabela 32. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 27 para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 8.5. 66

DRAFT

Tabela 33. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 28 para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 85. 66
Tabela 34. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 29 para capacidade utilizável do solo de 100 mm, valores observados 1971-2000. 66
Tabela 35. Infiltração, precipitação e percentagem de infiltração nos cenários RCP 4.5 e 8.5. 66
Tabela 36. Volumes de água captados por setor na RH6. 67
Tabela 37. Ensaio de caudal HG-MS01. Resultados. 92
Tabela 38. Duração e caudal das etapas de bombagem no furo HG-MS02. 92
Tabela 39. Ensaio de caudal HG-MS02. Resultados. 98
Tabela 40. Ensaio no HG-MS03. Resultados. 103
Tabela 41. Ensaio de caudal HG-ST04. Resultados. 110
Tabela 42. Etapas do ensaio no furo HG-ST01. 110
Tabela 43. Ensaio de caudal HG-ST01. Resultados. 115
Tabela 44. Ensaio de caudal HG-ST02. Resultados. 120
Tabela 45. Duração e caudal das etapas de bombagem no HG-ST03. 121
Tabela 46. Resultados. Ensaio de caudal HG-ST03. 126
Tabela 47. Resumo estatístico de resultados, Venda Nova Norte. 126
Tabela 48. Resumo estatístico de resultados, Venda Nova Sul. 127
Tabela 49. Resumo estatístico de resultados. 128
Tabela 50. Valores da Transmissividade, segundo Iglesias (2002). 131
Tabela 51. Valores típicos do coeficiente de armazenamento (S) para diferentes terrenos. 131
Tabela 52. Valores típicos de S segundo características dos aquíferos. 132
Tabela 53. Número de amostras recolhidas para análises laboratoriais. 141
Tabela 54. Amostragem de águas e parâmetros *in situ* determinados. 150
Tabela 55.Predomínio de espécies químicas em função de um meio redutor ou oxidante. 165
Tabela 56. Profundidade do ponto de medição *vs* pH. 179
Tabela 57. Tipos de água segundo a sua condutividade. 182
Tabela 58. Profundidade do ponto *vs* Condutividade elétrica 25°C. 183
Tabela 59. Relação entre condutividade e dureza da água. 185
Tabela 60. Profundidade do ponto *vs* dureza da água. 186
Tabela 61. Profundidade do ponto *vs* Alcalinidade TAC e TA. 190
Tabela 62. Classificação das águas segundo o resíduo seco TSD. 194
Tabela 63. Profundidade do ponto *vs* TSD. 195
Tabela 64. Profundidade do ponto *vs* cálcio. 200
Tabela 65. Profundidade do ponto *vs* magnésio. 204
Tabela 66. Profundidade do ponto *vs* sódio. 208
Tabela 67. Profundidade do ponto *vs* potássio. 212
Tabela 68. Profundidade do ponto *vs* cloretos. 216
Tabela 69. Profundidade do ponto *vs* carbonatos hidrogenados (bicarbonatos). 221
Tabela 70. Profundidade do ponto *vs* sulfatos. 225
Tabela 71. Profundidade do ponto *vs* nitratos. 230
Tabela 72. Profundidade do ponto *vs* boro. 234
Tabela 73. Águas subterrâneas. Controlo de níveis de água. Leituras mensais 246

ÍNDICE DE QUADROS Página

Quadro 1. Correlação estratigráfica entre as unidades cenozoicas existentes na região de Alcácer do Sal e Sines, no essencial extrapolável para a área do Projeto. 16
Quadro 2. Caraterísticas Hidrogeológicas Gerais do Sistema Aquífero Tejo/Sado: Margem Esquerda 75
Quadro 3. Parâmetros analisados durante as campanhas de amostragem. 143

ÍNDICE DE FIGURAS Página

Figura 1. Concessão Mineira Lagoa Salgada (nº MNC000168). 3
Figura 2. Enquadramento administrativo da área de concessão de exploração. 9
Figura 3. Enquadramento Administrativo da AI-PDA. 10

DRAFT

Figura 4. Mapa geológico esquemático da ZSP, a o W da ZOM, com à localização do depósito mineral Lagoa Salgada. 11
Figura 5. Setor NW da FPI na ZSP, com indicação de Lagoa Salgada (setor 4). 12
Figura 6. Sequência estratigráfica do Cenozoico, estabelecido na área do Projeto. 15
Figura 7. Corte geológico tipo na massa da Venda Nova Norte. 17
Figura 8. Corte geológico tipo na massa da Venda Nova Sul. 18
Figura 9. Sequência estratigráfica do Cenozoico na área do Projeto, com ilustração de unidades tipo e das zonas de contato principais. 19
Figura 10. Divisões geográficas de Portugal. 26
Figura 11. Polígonos de Thiessen. 32
Figura 12. Evolução da precipitação média mensal na EC de Grândola e nos postos udográficos de Azinheira Barros e Torrão. 33
Figura 13. Evolução da precipitação média mensal na EC de Grândola no posto udométrico de Ferreira do Alentejo. 34
Figura 14. Representações gráficas das regressões lineares dos postos de Torrão Azinheira Barros e Ferreira do Alentejo face à EC de Grândola. 34
Figura 15. Série calculada para a precipitação mensal. 35
Figura 16. Evolução da precipitação média mensal, na EC de Grândola. (outubro 1939 - setembro 2020). 36
Figura 17. Distribuição da precipitação média mensal na EC de Grândola. 36
Figura 18. Precipitação anual na EC de Grândola. 37
Figura 19. PDMA observadas na EC de Grândola de 1932 a 2020. 38
Figura 20. Temperaturas mínimas, médias e máximas diárias. 39
Figura 21. Variações mensais e anual da temperatura máxima, média e mínima média, em ºC, para a EC de Grândola. 40
Figura 22. Valores de evaporação tina mensal (mm) observados na EC da barragem de Vale do Gaio. 41
Figura 23. Evolução da evaporação média mensal. 42
Figura 24. Representação gráfica da evolução mensal da ETP. 43
Figura 25. Balanço hidrológico sequencial mensal. 45
Figura 26. Relações médias em Portugal entre o escoamento anual e a precipitação anual. 48
Figura 27. Carta dos solos de Portugal Continental classificados pelas suas características hidrológicas. 49
Figura 28. Representação gráfica do balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 80 e 120 mm, no ano de menor precipitação (2018/19). 50
Figura 29. Valores balanço hidrológico sequencial mensal para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm, para ano médio. 52
Figura 30. Comparação dos valores do balanço hidrológico sequencial mensal para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm no ano de maior precipitação (1995/96). 53
Figura 31. Representação gráfica da evolução da temperatura máxima considerando o cenário RCP 4.5. 56
Figura 32. Representação gráfica da evolução da temperatura média considerando o cenário RCP 4.5. 56
Figura 33. Representação gráfica da evolução da temperatura mínima considerando o cenário RCP 4.5. 57
Figura 34. Representação gráfica da evolução da temperatura máxima considerando o cenário RCP 8.5. 57
Figura 35. Representação gráfica da evolução da temperatura média considerando o cenário RCP 8.5. 58
Figura 36. Representação gráfica da evolução da temperatura mínima considerando o cenário RCP 8.5. 58
Figura 37. Representação gráfica da evolução da precipitação considerando o cenário RCP 4.5. 59
Figura 38. Representação gráfica da evolução da precipitação considerando o cenário RCP 8.5. 59
Figura 39. Comparação da evolução da EPT, considerando os valores históricos, futuro próximo e intermédio no cenário RCP 4.5. 60
Figura 40. Comparação da evolução da ETP, considerando os valores históricos, futuro próximo e intermédio, no cenário RCP 8.5. 61

DRAFT

Figura 41. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 4.5. 62
Figura 42. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 4.5. 63
Figura 43. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 8.5. 63
Figura 44. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 8.5 64
Figura 45. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, valores observados 1971-2000. 65
Figura 46. Enquadramento geral da área do Projeto, no seio da RH6 – Sado e Mira 69
Figura 47. Sistema aquífero da bacia do Tejo-Sado / Margem Esquerda (T3). 72
Figura 48. Sistema Aquífero Tejo-Sado: Margem Esquerda (T3). Detalhe ilustrativo da sua delimitação geográfica e localização do Projeto. 73
Figura 49. Mapa hipsométrico com localização da área do Projeto a norte da falha de Grândola 74
Figura 50. Enquadramento geológico dos furos de investigação hidrogeológica no jazigo Venda Nova Norte. 82
Figura 51. Desenho representativo dos furos investigação hidrogeológica no jazigo Venda Nova Norte. 83
Figura 52. Enquadramento geológico dos furos de investigação hidrogeológica no jazigo Venda Nova Sul. 84
Figura 53. Furos de investigação hidrogeológica do jazigo Venda Nova Sul. 85
Figura 54. Esboço dos furos e litologias no jazigo Venda Nova Norte. 86
Figura 55. Posição relativa dos furos no jazigo Venda Nova Norte e os desvios produzidos. 87
Figura 56. Ensaio de caudal HG-MS01. Níveis piezométricos (m a.n.m.). 88
Figura 57. Nível de água nas sondagens de investigação metalúrgica durante o ensaio de bombagem no furo HG-MS01. 89
Figura 58. Ensaio de caudal HG-MS01. Ajuste manual (Theis com correção Jacob). 90
Figura 59. Ensaio de caudal HG-MS01. Ajuste automático (Theis com correção de Jacob). 91
Figura 60. Ensaio de caudal HG-MS01. Ajuste manual (Theis recuperação). 92
Figura 61. Ensaio de caudal HG-MS02. Níveis piezométricos (m a.n.m.). 94
Figura 62. Rebaixamentos do nível de água nas sondagens de investigação metalúrgica durante o ensaio de bombagem no furo HG-MS02. 95
Figura 63. Ensaio de caudal HG-MS02. Ajuste manual e resultados (Theis). 96
Figura 64. Ensaio de caudal HG-MS02. Ajuste automático e resultados (Theis). 97
Figura 65. Ensaio de caudal HG-MS02. Ajuste e resultados (Theis recuperação). 97
Figura 66. Ensaio de caudal HG-MS03. Níveis piezométricos (m a.n.m.). 99
Figura 67. Rebaixamento do nível da água nas sondagens de investigação metalúrgica durante o ensaio de bombagem no furo HG-MS03 100
Figura 68. Ensaio de caudal HG-MS03. Ajuste manual e resultados (Theis). 101
Figura 69. Ensaio de caudal HG MS 03. Ajuste automático e resultados (Theis). 102
Figura 70. Ensaio de HG-MS03. Ajuste e resultados (Theis recuperação). 102
Figura 71. Esboço e litologias dos furos de investigação hidrogeológica no jazigo Venda Nova Sul. 103
Figura 72. Localização dos furos de investigação hidrogeológica no jazigo Venda Nova Sul. 104
Figura 73. Ensaio de caudal HG-ST04. Níveis piezométricos (m a.n.m.). 105
Figura 74. Rebaixamentos do nível de água nos furos de investigação na envolvente do ensaio de caudal no furo HG-ST04 106
Figura 75. Diagnóstico HG-ST04. 106
Figura 76. Ensaio de caudal HG-ST04. Ajuste e resultados (Neuman). 107
Figura 77. Ensaio de caudal HG-ST04. Ajuste e resultados (Theis com correção de Jacob). 108
Figura 78. Ensaio de caudal HG-ST04. Ajuste e resultados nos furos HG-ST02 e HG-ST03 (Cooper e Jacob III). 108
Figura 79. Ensaio de caudal HG-ST04. Ajuste e resultados (Theis recuperação). 109
Figura 80. Ensaio de caudal HG-ST04. Ajuste e resultados (Theis recuperação). Detalhe do ajuste para os furos HG-ST02 y HG-ST03. 109

DRAFT

Figura 81. Ensaio de caudal HG-ST01. Níveis piezométricos (m a.n.m.). 111
Figura 82. Rebaixamentos nas sondagens de investigação geológica e metalúrgica, na envolvente do ensaio de caudal no furo HG-ST01 112
Figura 83. Ensaio de caudal HG-ST01. Ajuste e resultados (Neuman). 113
Figura 84. Ensaio de caudal HG-ST01. Ajuste e resultados (Hantush com armazenamento). 114
Figura 85. Ensaio de caudal HG-ST01. Ajuste e resultados. (Theis recuperação). 114
Figura 86. Ensaio de caudal HG-ST01. Ajuste e resultados (Theis recuperação). Detalhe para HG-ST02, HG-ST04 e HG-ST03. 115
Figura 87. Ensaio de caudal HG-ST02. Níveis piezométricos (m a.n.m.). 116
Figura 88. Rebaixamentos do nível de água nas sondagens de investigação na envolvente do ensaio de caudal no furo HG-ST02 117
Figura 89. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados (Hantush com armazenamento). 118
Figura 90. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados (Theis). 119
Figura 91. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados HG-ST02 (Agarwal skin). 119
Figura 92. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados (Theis recuperação). 120
Figura 93. Ensaio de caudal HG-ST03. Níveis piezométricos (m a.n.m.). 122
Figura 94. Rebaixamentos do nível de água nas sondagens de investigação na envolvente do ensaio de caudal no HG-ST03 123
Figura 95. Ensaio de caudal HG-ST03. Ajuste e resultados (Theis). 124
Figura 96. Ensaio de caudal HG-ST03. Ajuste e resultados (Newman). 125
Figura 97. Ensaio de caudal HG-ST03. Ajuste e resultados (Theis recuperação). 125
Figura 98. Estratigrafia, níveis de água e dados hidrogeológicos no Jazigo Venda Nova Norte. 129
Figura 99. Estratigrafia, níveis de água e dados hidrogeológicos no Jazigo Venda Nova Sul. 130
Figura 100. Classificação dos materiais sedimentares pela permeabilidade. 132
Figura 101. Localização de 42 pontos de água amostrados *in situ*. 147
Figura 102. Temperatura *in situ*. 150
Figura 103. Zonalidade térmica da litosfera. 151
Figura 104. Temperatura da água registada *in situ*, para as águas subterrâneas amostradas (abril e julho de 2022). 152
Figura 105. Correlação entre a temperatura da água e a profundidade de amostragem *in situ* para as águas subterrâneas (abril de 2022). 152
Figura 106. Profundidade e temperatura da água de amostragem *in situ* para as águas subterrâneas. 153
Figura 107. Valores de Condutividade das águas registados *in situ*. 154
Figura 108. Condutividade elétrica *in situ* e dureza da água nas águas superficiais (abril e julho de 2022). 155
Figura 109. Valores de condutividade elétrica e dureza da água (águas subterrâneas), determinados *in situ* (abril e julho de 2022). 157
Figura 110. Profundidade e condutividade, para as águas subterrâneas analisadas *in situ*. 158
Figura 111. Condutividade das águas subterrâneas, registada *in situ*, à vertical dos dois jazigos minerais (abril e julho 2022). 158
Figura 112. Classificação normal dos valores de pH. 159
Figura 113. Medidas de pH *in situ,* para o conjunto das águas amostradas 159
Figura 114. Valores de pH (águas superficiais) registados *in situ* (abril e julho de 2022). 161
Figura 115. Valores de pH (águas subterrâneas) determinados *in situ* (abril de 2022). 162
Figura 116. Valores de pH (águas subterrâneas) determinados *in situ* (julho de 2022). 163
Figura 117. Valores de pH medidos *in situ vs* profundidade do instrumento, para as águas subterrâneas. 164
Figura 118. profundidade do instrumento e valores de pH medidos *in situ*, para as águas subterrâneas. 164
Figura 119. Potencial redox *in situ*, para as águas superficiais e subterrâneas. 166
Figura 120. Potencial redox *in situ* para as águas superficiais (abril e julho, 2022). 167
Figura 121. Potencial redox *in situ,* para as águas subterrâneas (abril e julho, 2022). 168
Figura 122. Profundidade e Potencial Redox *in situ* para as águas subterrâneas (abril e julho, 2022). 169
Figura 123. Localização dos pontos amostrados (análise laboratorial). 170
Figura 124. Diagrama de Stiff para águas superficiais (abril, 2022). 171

DRAFT

Figura 125. Diagrama de Stiff para águas superficiais (julho, 2022). 172
Figura 126. Diagrama de Stiff para as águas subterrâneas (abril, 2022). 173
Figura 127. Diagrama de Stiff para as águas subterrâneas (julho, 2022). 174
Figura 128. Diagrama piper (1944) para a classificação das águas subterrâneas em quatro grupos. 175
Figura 129. Diagrama de Piper para águas superficiais. 176
Figura 130. Diagrama de Piper para águas subterrâneas. 177
Figura 131. pH. Determinação em Laboratório. 178
Figura 132. Profundidade do ponto *vs* pH. 178
Figura 133. Valores de pH determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho, 2022). 180
Figura 134. Valores de pH determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho, 2022). 181
Figura 135. Condutividade elétrica 25°C. 183
Figura 136. Profundidade do ponto *vs* Condutividade elétrica 25°C. 184
Figura 137. Dureza da água. 185
Figura 138. Profundidade do ponto *vs* dureza da água. 186
Figura 139. Valores de condutividade e dureza da água determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022). 187
Figura 140. Valores de condutividade e dureza da água determinadas em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022). 188
Figura 141. Alcalinidade TAC das águas superficiais e águas subterrâneas 189
Figura 142. Alcalinidade TA, das águas superficiais e águas subterrâneas 190
Figura 143. Profundidade do ponto vs Alcalinidade TAC. 191
Figura 144. Profundidade do ponto *vs* Alcalinidade TA. 191
Figura 145. Alcalinidade TAC determinada em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho, 2022). 192
Figura 146. Alcalinidade TAC determinada em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022). 193
Figura 147. Resíduo seco TSD. 194
Figura 148. Profundidade do ponto *vs* TSD. 195
Figura 149. Valores de TSD, para as águas superficiais (abril e julho de 2022). 197
Figura 150. Valores de TSD, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022). 198
Figura 151. Cálcio. 199
Figura 152. Profundidade do ponto *vs* cálcio. 200
Figura 153. Valores de cálcio determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022). 201
Figura 154. Valores de cálcio determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022). 202
Figura 155.Magnésio. 203
Figura 156. Profundidade do ponto *vs* magnésio. 204
Figura 157. Valores de magnésio determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022). 205
Figura 158. Valores de magnésio determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022). 206
Figura 159. Sódio. 207
Figura 160. Profundidade do ponto *vs* sódio 208
Figura 161. Valores de sódio determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022). 209
Figura 162. Valores de sódio determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022). 210
Figura 163. Potássio. 211
Figura 164. Profundidade do ponto *vs* potássio. 212
Figura 165. Valores de potássio determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022). 213

DRAFT

Figura 166. Valores de potássio determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).....214
Figura 167. Cloretos. 215
Figura 168. Profundidade do ponto *vs* cloretos. 216
Figura 169. Valores de cloretos determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).....218
Figura 170. Valores de cloretos determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).....219
Figura 171.Carbonatos hidrogenados (bicarbonatos).....220
Figura 172. Profundidade do ponto *vs* carbonatos hidrogenados (bicarbonatos).....221
Figura 173. Carbonatos hidrogenados (bicarbonatos) determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).....222
Figura 174. Carbonatos hidrogenados (bicarbonatos) determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).....223
Figura 175. Sulfatos.....224
Figura 176. Profundidade do ponto *vs* sulfatos.....225
Figura 177. Valores de sulfatos determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).....226
Figura 178. Valores de sulfatos determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de2022).....227
Figura 179. Ciclo do nitrogénio.....228
Figura 180. Nitratos.....229
Figura 181. Profundidade do ponto *vs* nitratos.....229
Figura 182. Valores de nitratos determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril de julho 2022).....231
Figura 183. Valores de nitratos determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).....232
Figura 184. Boro. 233
Figura 185. Profundidade do ponto *vs* boro. 234
Figura 186. Valores de boro determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).....235
Figura 187. Valores de boro determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).....236
Figura 188. CO_2 livre.....237
Figura 189. Nitritos.....237
Figura 190. Alumínio. 237
Figura 191. Antimónio.....237
Figura 192. Arsénio. 237
Figura 193. Bário. 237
Figura 194. Berílio.....237
Figura 195. Chumbo. 237
Figura 196. Cobre. 238
Figura 197. Crómio. 238
Figura 198. Ferro. 238
Figura 199. Ferro dissolvido. 238
Figura 200. Ferro bivalente. 238
Figura 201. Ferro trivalente. 238
Figura 202. Fósforo. 238
Figura 203. Fósforo como P_2O_5.....238
Figura 204. Fluoretos. 239
Figura 205. Lítio. 239
Figura 206. Manganês. 239
Figura 207. Mercúrio. 239
Figura 208. Molibdénio. 239
Figura 209. Níquel. 239

DRAFT

Figura 210. Vanádio. 239
Figura 211. Zinco. 239
Figura 212. Cádmio. 239
Figura 213. Cobalto. 239
Figura 214. Prata. 240
Figura 215. Selénio. 240
Figura 216. Tálio. 240
Figura 217. Trítio. 241
Figura 218. Fluxos hidrogeológicos na Venda Nova Norte. 247

ÍNDICE DE DESENHOS Página

Desenho 1. Localização geográfica do Projeto Lagoa Salgada, Concessão Mineira nº MNC000168. (Desenho_1_Localizacao.pdf) 8
Desenho 2. Carta Geológica de Portugal 1:50.000, na área do Projeto Lagoa Salgada. Desenho_2_Geologia.pdf 14
Desenho 3. Rede hidrográfica da área do Estudo Hidrogeológico e bacias hidrográficas. (Desenho_3_Hidrografia.pdf) 27
Desenho 4. Carta de Solos à escala 1:50.000. (Desenho_4_Solos.pdf) 30
Desenho 5. Inventário de pontos de interesse para a rede de monitorização e controlo de águas superficiais e subterrâneas. (Desenho_5_Inventario.pdf) 135
Desenho 6. Rede de pontos de interesse para a monitorização e controlo de águas superficiais. (Desenho_6_AgSuperficial.pdf) 136
Desenho 7. Rede de pontos de interesse para monitorização de águas subterrâneas. (Desenho_7_Rede_Subterranea.pdf) 138
Desenho 8. Curvas do NH na área dos depósitos minerais, referida a junho de 2022 (Desenho_8_Piezometria.pdf) 245
Desenho 9. Direções de fluxo no sistema Aquífero Cutâneo, referida a outubro de 2022 (Desenho_9_Cutaneo.pdf) 248
Desenho 10. Direções de fluxo no Sistema Aquífero Intermedio, referida a outubro de 2022 (Desenho_10_Intermedio.pdf) 250
Desenho 11. Interpretação da superfície do terreno no contato do Paleozoico/Paleogénico (Desenho_11_Contacto_Paleozoico.pdf) 252
Desenho 12 – Perfis tipo onde se mostra a relação entre sistema aquíferos, geologia e sentidos de fluxo das águas subterrâneas (Desenho_12_Perfis.pdf) 254

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS Página

Fotografia 1. Leito seco da Lagoa Salgada. 21
Fotografia 2. Estrada de Rio de Moinhos para Vale do Guizo. Estruturas fraturadas nos calcarenitos do Miocénico. 23
Fotografia 3. Construção de piezómetros para hidrogeologia. 81
Fotografia 4. Ensaios de caudal nos piezómetros para hidrogeologia 85
Fotografia 5. Aspetos do trabalho de campo e da amostragem efetuada em abril de 2022. 142

DRAFT

1 ABREVIATURAS E SIGLAS NESTE RELATÓRIO

Apresenta-se uma listagem de abreviaturas empregadas neste relatório:

Ae	Areias eólicas inconsolidadas.
AGDA	Empresa Pública de Águas de Alentejo.
AI-PDA	Área de Interesse da PDA.
a.n.m.	Acima Nível do Mar
APA	Agência Portuguesa de Ambiente. Inclui 5 Administrações de Região Hidrográfica.
API	Área de Potencial Interesse do Projeto, tal como definida na PDA do EIA.
Arh Alentejo	Administração da Região Hidrográfica do Alentejo, I.P. Integra a RH6 - Região Hidrográfica do Sado e Mira.
BHS	Baseline Hydrogeologial Study. Também referido ao atual EHB – Estudo Hidrogeológico de Base
b.n.m.	Baixo Nível do Mar
CEGMA	Centro de Estudos Geológicos e Mineiros do Alentejo
CVS	Complexo Vulcano Sedimentar da FPI.
DFQ	Grupo Filito Quartzítico da FPI.
DFS	Definitive Feasibility Study.
DGARD	Direção Geral de Agricultura e desenvolvimento Rural
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia.
DGGM	Direção Geral de Geologia e Minas.
DGMSG	Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos.
EH	Estudo Hidrogeológico.
EHB	Estudo Hidrogeológico de Base.
EIA	Estudo de Impacte Ambiental.
EVTE	Estudo de Viabilidade Técnico-Económica do Projeto.
FPI	Faixa Piritosa Ibérica.
GFBA	Grupo Flysch do Baixo Alentejo da FPI.
H	Holocénico.
HOL	Areias, argilitos, depósitos aluvionares e coluvionares recentes.
IGEOE	Centro de Informação Geoespacial do Exército.
IGM	Instituto Geológico e Mineiro de Portugal.
IGME	Instituto Geológico Minero de Espanha.
INETI	Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação I.P.
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia.
LS	Projeto Lagoa Salgada. Também se refere a Projeto.
Ma e M4-5	Formação da Marateca.
MAs	Formação de Alcácer do Sal. Argilitos, arenitos e conglomerados, biocalcarenitos, localmente desagregados e de comportamento aquífero. Idade: Miocénico Superior. Também designada AS
MEb	Formação de Esbarrondadoiro. Argilitos, arenitos grosseiros a conglomerados, calcarenitos, bem consolidados e compactos, localmente desagregados e aquíferos. Idade: Miocénico Superior. Também designada Eb
M	Miocénico.
PDA	Proposta de Definição de Âmbito do EIA.
PG	Paleogénico.
PP	Plio-Plistocénico.
PZ	Paleozoico.

DRAFT

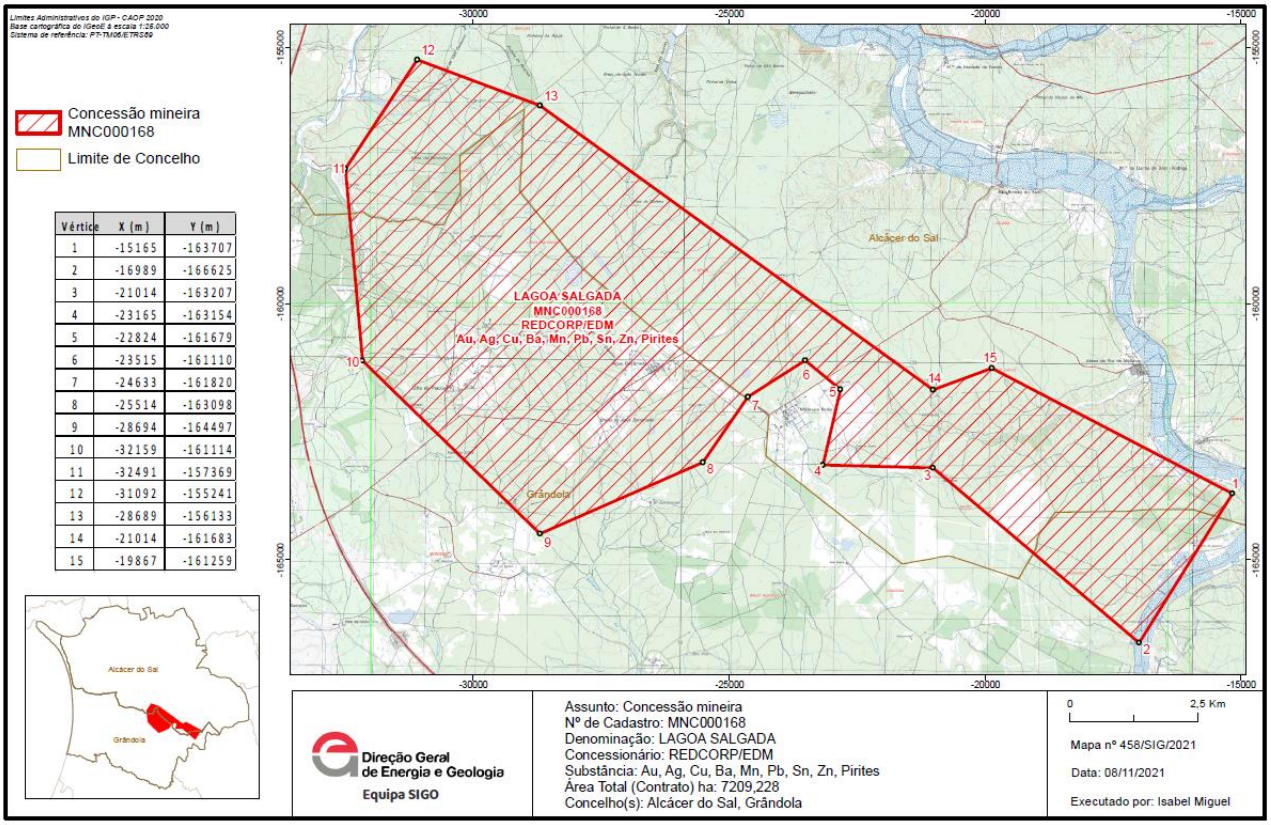
Projeto	Projeto Lagoa Salgada. Também se refere como LS.
PU	Formação de Ulme. Arenitos e argilitos semi-consolidados. Idade: Pliocénico indiferenciado.
PVCASS	Plano de Vigilância e Controlo de Águas Superficiais e Subterrâneas, do Projeto.
Q1	Depósitos de cascalheiras.
SFM	Serviço de Fomento Mineiro. Organismo da DGMSG, depois DGGM e depois IGM, até à sua extinção.
SGP	Serviços Geológicos de Portugal. Organismo da DGGM e IGM. Depois Departamento de Geologia do INETI e UGCG do LNEG. Atual núcleo da atividade do LGM, na Área de Geologia e Recursos Geológicos. Refere-se a UGHGC, que assegura funções permanentes do Estado no desenvolvimento do conhecimento da infraestrutura geológica e hidrogeológica do território nacional, e a UIG, que desenvolve atividade na disponibilização integrada e gestão dos conteúdos geocientíficos do LNEG.
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos.
UGCG	Unidade de Geologia e Cartografia do LNEG.
UGHGC	Unidade de Geologia, Hidrogeologia e Geologia Costeira, que assegura funções permanentes do Estado no desenvolvimento do conhecimento da infraestrutura geológica e hidrogeológica do território nacional.
UIG	Unidade de Informação Geocientífica, que desenvolve atividade na disponibilização integrada e gestão dos conteúdos geocientíficos do LNEG.
VG	Formação de Vale do Guizo. Conglomerados grosseiros dominantes com matriz argilosa a calichificada. A base no contato com as formações paleozoicas, pode ter caracter local de aquífero poroso. Idade: Paleogénico.
VNN	Depósito mineral Venda Nova Norte.
VNS	Depósito mineral Venda Nova Sul.
ZSP	Zona Sul Portuguesa.
ZOM	Zona de Ossa-Morena.

DRAFT

2 OBJETIVOS DO ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DE BASE

O presente EHB (adiante também designado BHS - Baseline Hydrogeological Study), faz parte do ETVE (Estudo de Viabilidade Técnica e Económica (adiante também designado DFS - Definitive Feasibility Study) do Projeto Lagoa Salgada, adiante Projeto, na área da Concessão Mineira de Lagoa Salgada (Figura 1), que se localiza nos concelhos de Grândola e Alcácer do Sal, cujo Concessionário é a REDCORP-EMPREENDIMENTOS MINEIROS, LDA/EDM - EMPRESA DE DESENVOLVIMENTO MINEIRO, SA, , adiante referido como REDCORP.

O BHS elaborado pela CONSMAGA/FRASA é parte integrante do DFS preparado e liderado pela QUADRANTE.



Fonte: Miguel I., DGEG. Mapa nº 458/SIG/2021, de 11-08-2021

Figura 1. Concessão Mineira Lagoa Salgada (nº MNC000168).

2.1 Objetivos gerais

O EHB pretende avaliar, compreender e caracterizar a dinâmica do sistema hidrogeológico, incluindo as formações do Cenozoico de cobertura e do Paleozoico subjacente, onde se inserem os depósitos minerais (Venda Nova Norte e Venda Nova Sul), considerando o papel das diversas unidades hidrogeológicas presentes, as suas complexidades e influências, e a inter-relação com as águas de superfície, naturais e industriais produzidas pelo Projeto Lagoa Salgada, no âmbito da operação mineira.

Neste contexto, é de salientar que as condições hidrogeológicas de um depósito mineral, e seu encaixante envolvente, são determinantes para a conceção correta da operação mineira, o sistema de drenagem preventivo da área de lavra e a sua otimização, tudo isto essencialmente na medida em que afeta ao contexto geral do projeto de mineração.

Além disso, é necessário estimar o impacte potencial da operação mineira nas captações de água, principalmente para abastecimento público, e nos sistemas aquíferos (em quantidade e qualidade), e o estabelecimento de medidas de proteção do recurso hídrico.

Finalmente, o objetivo destes estudos é também avaliar uma estimativa dos possíveis recursos hídricos disponíveis, que podem ser utilizados na operação mineira extrativa e de tratamento.

Para realizar esta caracterização hidrogeológica, da área do Projeto, é necessário:

- Estabelecer, com base nos dados disponíveis, os parâmetros hidroclimáticos requeridos para estimar os balanços hídricos em diferentes condições climáticas e determinar a chuva máxima provável;
- Caraterizar as condições dos escoamentos de água superficial, na área do Projeto e sua envolvente, para definir a taxa de infiltração no solo, o excedente e/ou deficit hídrico, e as áreas inundáveis;
- Caraterizar hidrogeologicamente os materiais litológicos do Cenozoico e do Paleozoico, com a definição dos impactes previsíveis nos sistemas aquíferos subterrâneos.

2.2 Objetivos específicos

Discriminam-se como objetivos específicos do estudo:

- A identificação das formações geológicas e suas caraterísticas estruturais, que contribuem para o armazenamento e o fluxo da água subterrânea (aquíferos, aquífugos e aquitardos);
- A determinação dos parâmetros hidrodinâmicos que caracterizam a os diferentes sistemas hidrogeológicos;
- A caracterização físico-química das águas superficiais e subterrâneas, como auxílio no estabelecimento da dinâmica de fluxos, e na relação entre os diferentes sistemas hidrogeológicos e com as águas superficiais;
- A determinação das taxas de recarga nos sistemas subterrâneos, considerando as heterogeneidades e a presença das coberturas sedimentares (sistema hidrogeológico multicamada);
- O estabelecimento do modelo hidrogeológico concetual para a área de afetação potencial da mineração.

DRAFT

3 EQUIPA DE TRABALHO

O BHS foi efetuado pela **CONSMAGA** (Geólogos e Engenheiros Consultores Lda) e pela **FRASA** Ingenieros Consultores S.L. em associação com a **QUADRANTE**, responsável pela elaboração do DFS, ou seja, um EVTE – Estudo de Viabilidade Técnica e Económica do Projeto Lagoa Salgada, adiante Projeto, em Grândola, para a **REDCORP**, detentora em conjunto com a **EDM** – Empresa de Desenvolvimento Mineiro da Licença de Concessão Mineira, como se descreverá abaixo.

Para a realização do BHS, a **CONSMAGA/FRASA**, contaram com a seguinte equipa de consultores e respetivas responsabilidades:

- Pela CONSMAGA:
  - **Pedro Carvalho**, Geólogo. Gerente Consmaga. Coordenação Técnica e Administrativa do BHS. Capítulos do: enquadramento geográfico e administrativo, geologia e hidrogeologia regional e local;
  - **José Martins**, Engenheiro de Minas. Drenagem mineira, anexos industriais mineiros, inventário de pontos de água e amostragem para análise laboratorial, datação e determinações de parâmetros *in situ*;
  - **Jorge Duque**, Geólogo. Doutor em Hidrogeologia. Responsável pelo modelo conceptual;
  - **Paulo Balsa**, Engenheiro de Recursos Hídricos. Responsável pelo capítulo da hIdroclimatologia;
  - **Hugo Pires**, Geografo. Responsável pela cartografia, SIG e desenho técnico de apoio ao BHS;
- Pela **FRASA**:
  - **David Fernández-Lorca**, Engenheiro de Minas. Gerente da FRASA. Coordenação Técnica e Científica do BHS. Capítulos da Hidrologia (Águas Superficiais) e Hidrogeologia (Águas Subterrâneas), nos domínios do Hidrodimensionamento e a Hidroquímica;
  - **Rafael Fernández-Rubio**, Professor Doutor Engenheiro de Minas. Assessor da FRASA. Responsável pela qualidade, revisão e validação científica do BHS, conselho e orientação geral;
  - **Jorge Novo Negrillo**, Hidrogeólogo. Corpo técnico da FRASA. Responsável pela documentação, cálculos dimensionais hidrogeológicos, hidroquímicos e documentação.

A **QUADRANTE** fez a coordenação geral do DFS, e o seguimento dos estudos. com diferentes coordenadores técnicos do Projeto; salientam-se, pela relação umbilical com o BHS, entre outros, os seguintes consultores da Quadrante:

- **João Horta**, Engenheiro de Minas. Project Director - Coordenação Geral do DFS e ponte relacional com o BHS;
- **João Saragoça**, Engenheiro de Minas. *Project Manager;*
- **Luísa Beirão**, Geóloga. Responsável pelos estudos ambientais, PDA e EIA.

Além disso e não menos importante, referir o papel determinante e facilitador da equipa Administradora e Técnica do Projeto, pela **REDCORP**, com uma interação muito intensa com os aspetos

DRAFT

técnicos da geologia e do conhecimento tectono-estratigráfico da área do Projeto. Em particular na definição da sequência estratigráfica local do Cenozoico (formações terciárias da Bacia do Sado) e a decisiva evolução decorrente da realização muito reveladora de sondagens integralmente carotadas, nessas formações terciárias. Cabe igualmente destacar a total disponibilidade prestada à CONSMAGA no apoio de campo e de escritório, nas suas instalações em Grândola e na área do Projeto, os contatos com proprietários e a logística geral.

Salienta-se a transparência e compromisso de responsabilidade patente nos contatos com os proprietários locais e instituições públicas e particulares como a APA-ARH – Alentejo, LNEG- CEGMA Aljustrel, AGDA – Águas do Alentejo, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Fundação Ciência Viva do Lousal, Associação Ambientalista QUERCUS – Núcleo Regional do Litoral Alentejano, etc.

A REDCORP. com uma equipa técnica de excelência, prestou apoio fundamental. Salienta-se a participação de:

- João Barros. Engenheiro Civil, Mestre em Geologia, Administrador da REDCORP e Diretor Geral do Projeto;
- Vítor Arezes, Chefe-Geólogo, Responsável Técnico do Projeto;
- Luís Lima, Geólogo Sénior. Projeto;
- Avelino Pinheiro, Geólogo Sénior, Responsável pela Hidrogeologia do Projeto.
- Jorge Ribeiro, Geólogo, Sondagens e Geotecnia;
- Carlos Caiado, Responsável pelos contatos com Proprietários e logística de apoio a sondagens e estaleiro em Grândola;
- Miguel Chaínho responsável pela caroteca, João Pereira, Bernardino Parreira e Filipe Garcia, com a função técnica da amostragem e caroteca.

A responsabilidade técnica do BHS, pela CONSMAGA/FRASA, em muito estreita colaboração e coordenação pode ser resumido da seguinte forma:

- Climatologia

  CONSMAGA fez este capítulo, FRASA assessorou e revisou.

- Águas superficiais: Bacias hidrográficas

  CONSMAGA fez este capítulo, FRASA assessorou e revisou.

- Águas superficiais: Levantamento de campo

  CONSMAGA fez este capítulo, FRASA deu apoio de campo e revisou.

- Águas superficiais: Estudos hidrológicos

  FRASA fez a hidroquímica, CONSMAGA fez balanço hídrico superficial, regimes de escoamento / infiltração.

- Águas subterrâneas: Sistemas hidrogeológicos

  CONSMAGA recopilou informação geológica geral do Projeto e bibliografia e faz inventário de pontos de água. FRASA analisou a informação e definiu os sistemas hidrogeológicos.

- Águas subterrâneas: Levantamento de campo

  CONSMAGA fez este capítulo.

- Águas subterrâneas: Parâmetros hidrogeológicos

  CONSMAGA fez este capítulo, FRASA assessorou, interpretou os testes dimensionais, retirou conclusões e revisou.

- Águas subterrâneas: Modelo hidrogeológico conceptual

  FRASA fez este capítulo, CONSMAGA assessorou e revisou.

- Águas subterrâneas: Valoração do impacto hidrogeológico

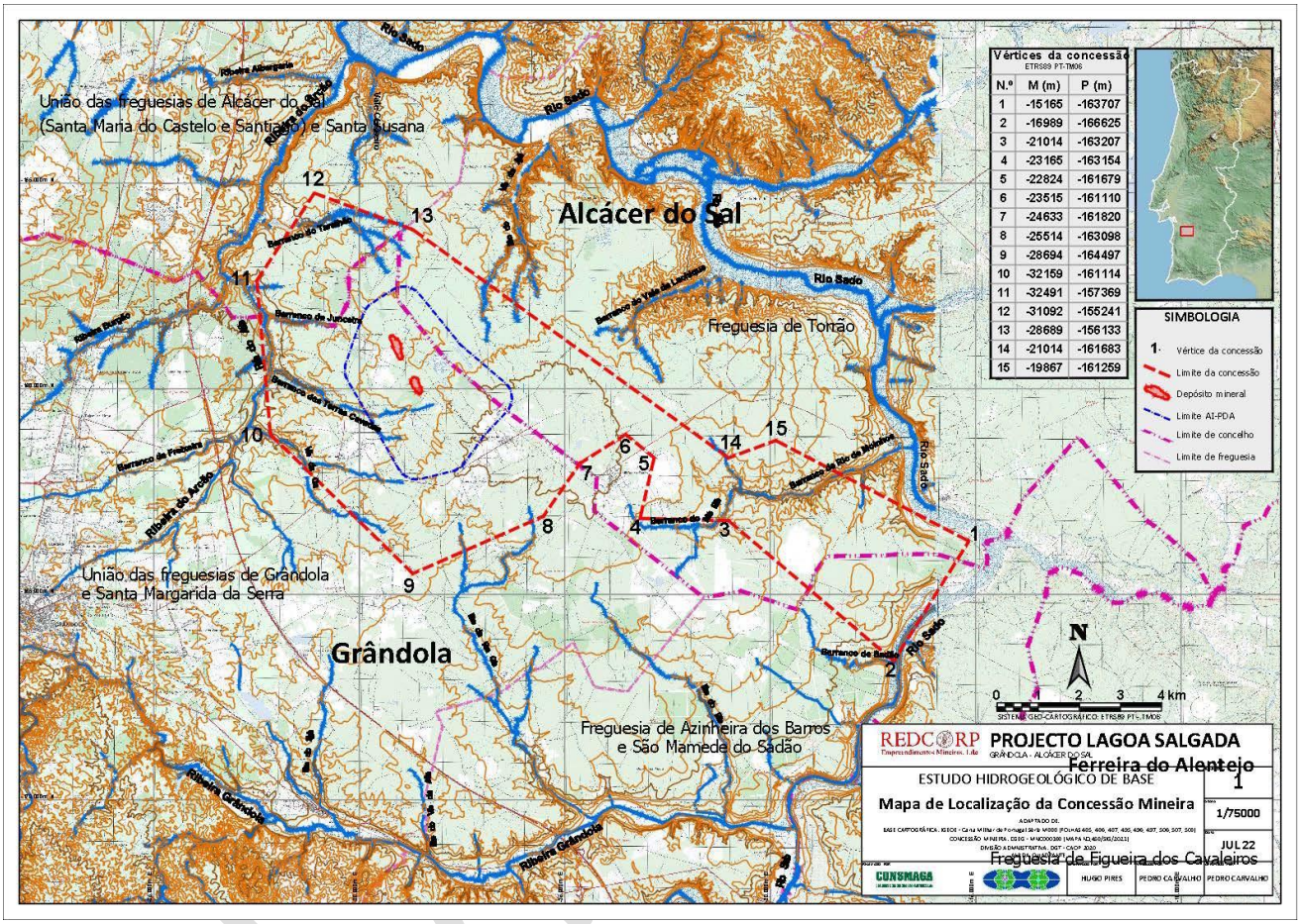
  FRASA fez este capítulo, CONSMAGA assessorou e revisou.

DRAFT

4 CARATERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DO PROJETO

4.1 Enquadramento geográfico e administrativo do Projeto Lagoa Salgada

O Projeto Lagoa Salgada situa-se na margem esquerda do rio Sado, no troço entre as povoações Rio de Moinhos e Vale do Guizo, sendo que a área da Concessão Mineira é longitudinalmente dividida pela linha que separa os concelhos de Grândola e de Alcácer do Sal, e tem una área total de 7.209,288 ha (Desenho 1).

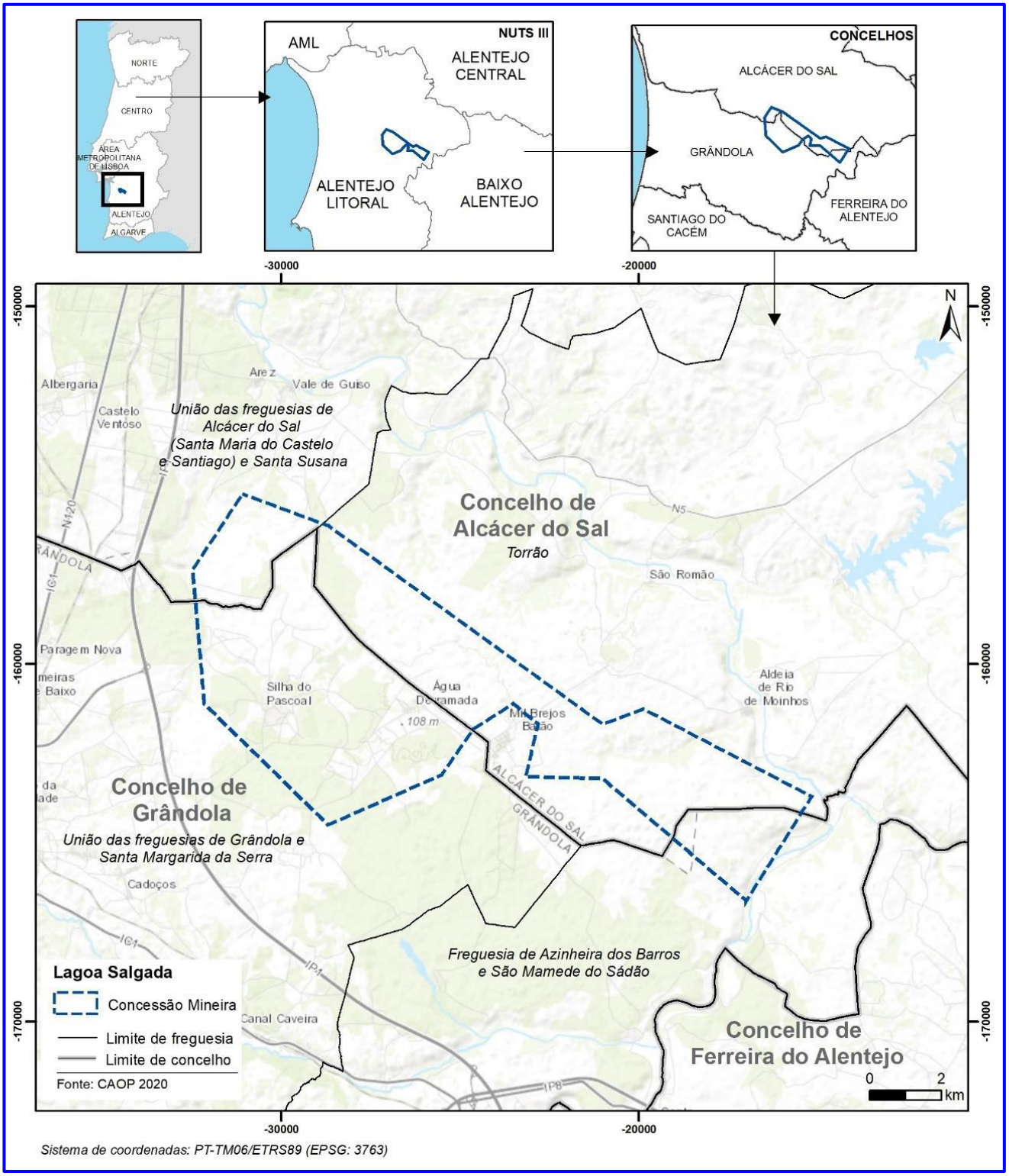


Fonte: IGEOE. Carta Militar de Portugal, Série M888.

Desenho 1. Localização geográfica do Projeto Lagoa Salgada, Concessão Mineira nº MNC000168.
(Desenho_1_Localizacao.pdf)

Pode igualmente observar-se (Figura 2) que a área da Concessão Mineira se distribui entre a União de Freguesias de Grândola e Santa Margarida da Serra e Freguesia de Azinheira do Barros e São Mamede do Sadão, no concelho de Grândola, e a União de Freguesias de Alcácer do Sal (Santa Maria do Castelo e Santiago) e Santa Suzana e a Freguesia do Torrão, no concelho de Alcácer do Sal.

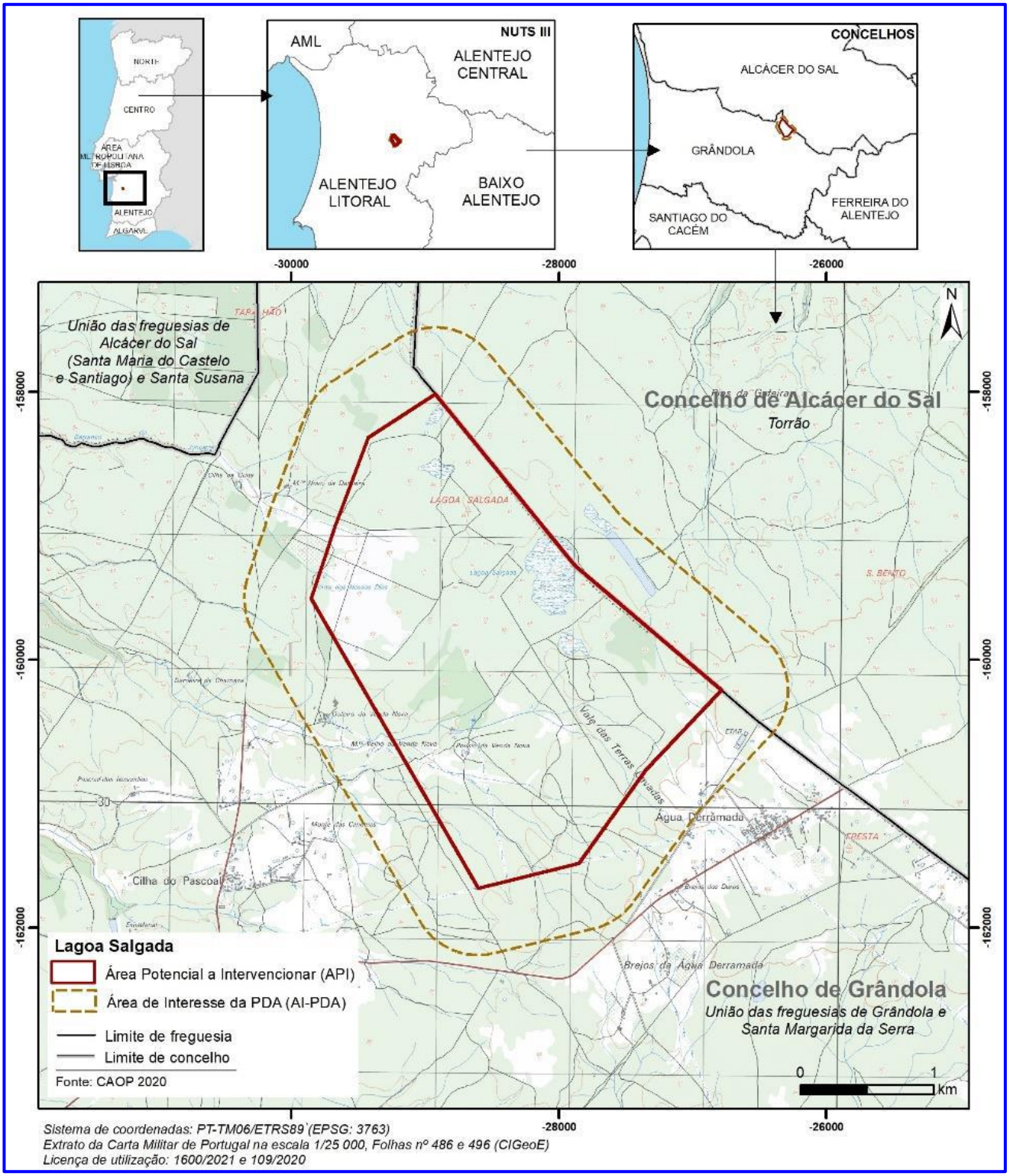
Contudo, para efeitos do Projeto, salienta-se que o interesse imediato do DFS se localiza no setor NW da Concessão Mineira, onde se situam os dois depósitos minerais da Venda Nova Norte e Venda Nova Sul, que constituem o foco do Projeto, embora se refira também a segunda área de Rio de Moinhos, no extremo SE da Concessão, com potencial futuro de interesse mineiro.



Fonte: Quadrante (2022) - PDA do EIA do Projeto da Mina da Lagoa Salgada. REDCORP. Revisão 2. Lisboa, 22 de março de 2022.

Figura 2. Enquadramento administrativo da área de concessão de exploração.

Assim, a proposta de definição de uma AI - Área de Interesse do PDA do EIA do Projeto, pela QUADRANTE (2022), na PDA do EIA do Projeto, consagrando a área foco do DFS, conforme mostrado na Figura 3 e a ela também se referirá o BHS quando se detalhar trabalhos no que á área dos jazigos respeita.



Fonte: Quadrante (2022) - PDA do Projeto da MINA DA LAGOA SALGADA. REDCORP - EMPREENDIMENTOS MINEIROS, LDA. Revisão 2. Lisboa, 22 de março de 2022.

Figura 3. Enquadramento Administrativo da AI-PDA.

Em verdade, interessa perceber as relações de proximidade do Projeto com o meio físico e ambiente geográfico envolvente, na área foco API e AI-PDA, em particular nas inter-relações hidrológicas e hidrogeológicas, objeto do presente BHS, quer ao nível da atividade mineira subterrânea, quer ao nível das atividades industriais superficiais anexas, quer pela respetiva conciliação com as necessidades de drenagem mineira, por um lado, e a possível modificação hidrológica qualitativa e quantitativa.

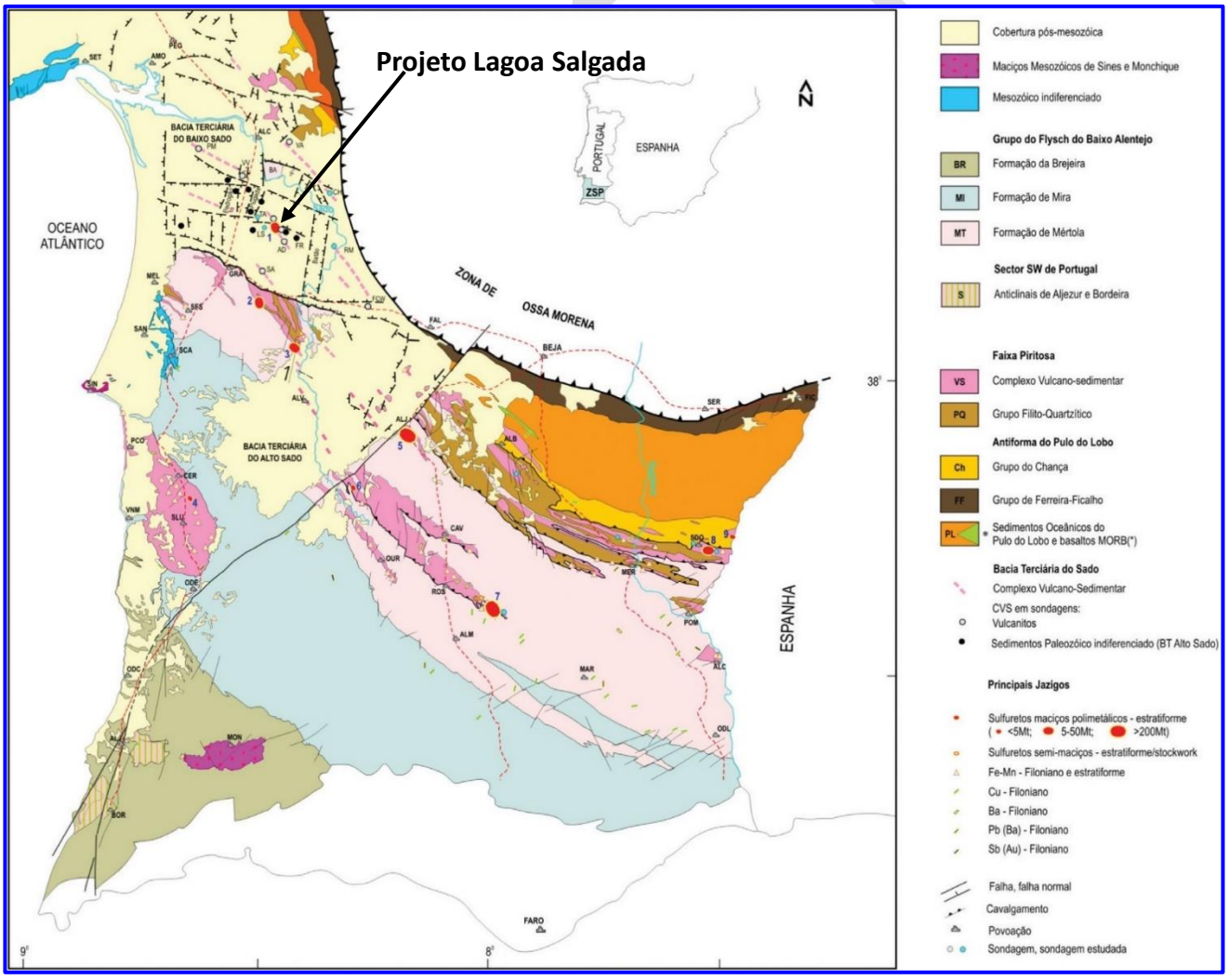
Por outro lado, sentiu-se a necessidade de ancorar o estudo hidrogeológico numa base mais regionalizada, que foi definida com critérios geológicos, hidrográficos e geográficos, como sendo a área delimitada pelo rio Sado, a E do Projeto, e pelos seus afluentes principais, a ribeira de Grândola a Sul, e a ribeira do Arcão a Norte (Figura 1).

Consequentemente, esta área engloba todas as sub-bacias hidrográficas que tem relação direta com a Concessão de Exploração e com o Projeto, e se mostram coerentes com o desenvolvimento territorial das formações geológicas, nesta área da Bacia Terciária do Sado, integrando o setor S do designado "sistema aquífero Baixo Sado - Margem Esquerda", habitualmente definido como contendo águas de qualidade geral adequadas para consumo público, com algumas dúvidas sobre a qualidade das águas fósseis profundas.

4.2 Geologia

4.2.1 Contexto geral

A área do Projeto da Lagoa Salgada, insere-se no setor NNW da ZSP e da FPI, um dos seus principais domínios. O mapa geológico (Figura 4) mostra, entre outros, a localização do Depósito Mineral de Lagoa Salgada.



Fonte: Oliveira et al. (2013)

Figura 4. Mapa geológico esquemático da ZSP, a o W da ZOM, com à localização do depósito mineral Lagoa Salgada.

Este setor NW da FPI é claramente dominado pelos afloramentos da cobertura pós Mesozoica, com idades do Cenozoico, que compõem a Bacia Terciária do Sado, sendo que a área do BHS se situa no Baixo Sado (Figura 5).

Por sua vez, o soco antigo do Paleozoico aflora em várias áreas deste setor, e em janelas isoladas, provavelmente relacionadas com estruturas em *horst*, como se pode observar na Figura 4 e na Figura 5, mostrando os alinhamentos do CVS do Baixo Sado, onde, entre outros, o setor 4 da Figura 5 corresponde a Lagoa Salgada/Água Derramada, onde localizam-se os depósitos minerais Venda Nova Norte e Venda Nova Sul, objeto do Projeto (Oliveira *et al*, 2001).

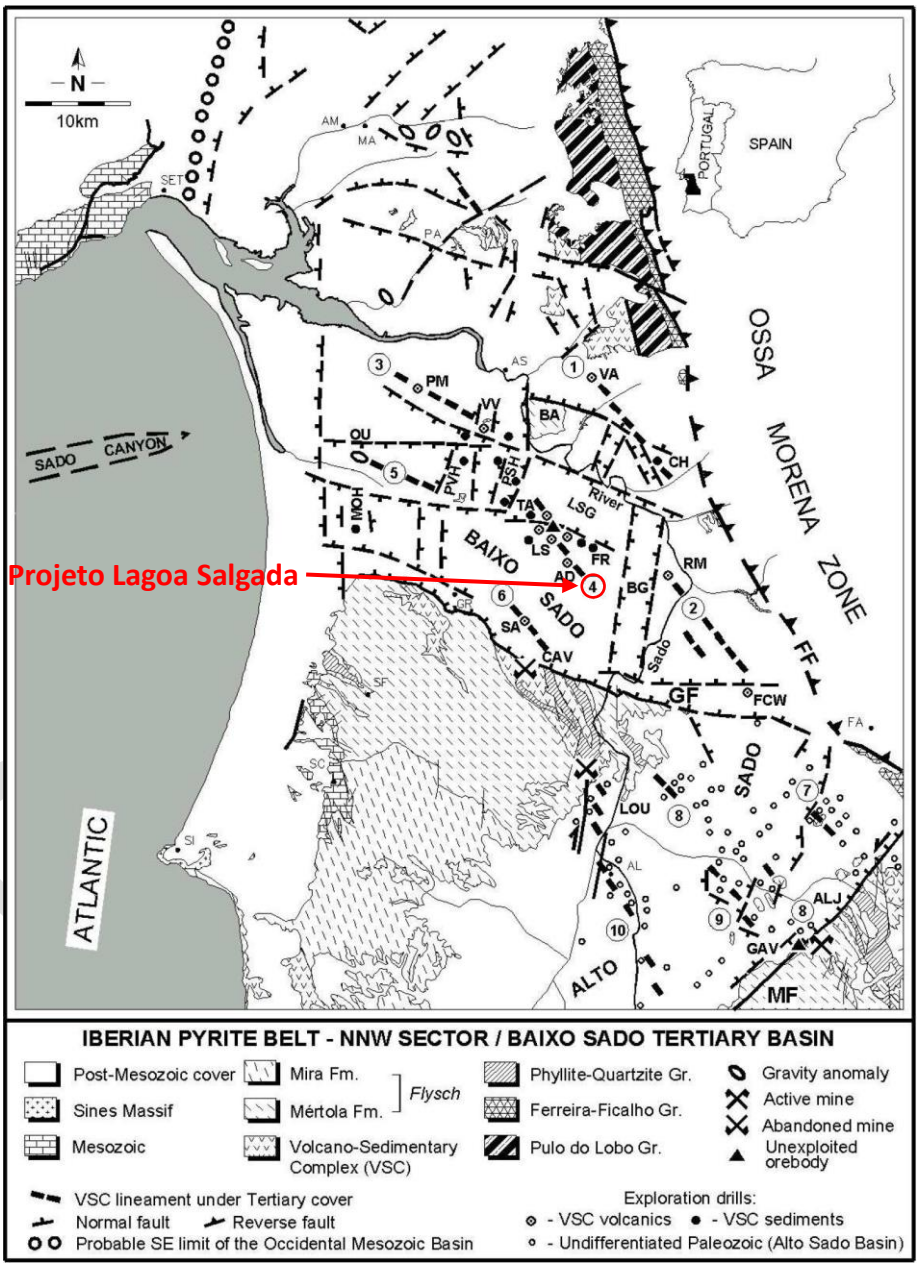


Fig 1 – The NNW Sector of the Iberian Pyrite Belt. Baixo Sado VSC lineaments: 1 Vale Água/Chaparral, 2 – Rio Moinhos/Fig. Cavaleiros W, 3 – Porto Mel – Valverde, 4 – Lagoa Salgada/Água Derramada, 5 – Outeirão/Pedrogão, 6 – Salgueiral. Alto Sado VSC lineaments: 7 – Lagoas Paço/Ervidel, 8 – Carregueira/Furadouro, 9 - Nabos/Milhouros/ Aljustrel, 10 – Lousal/Alvalade. Main structures: grabens - BG – Batão, LSG – L. Salgada NE; horsts - MOH – Martim Afonso/Outeirão, PVH – Pedrogão/Valverde, PSH – Piugada/Mte. Sobral; faults - GF – Grândola, MF – Messejana, FF – Ferreira-Ficalho. Orebodies: ALJ - Aljustrel, GAV – Gavião, LOU – Lousal, CAV – Caveira, LS – Lagoa Salgada.

Fonte: Oliveira *et al*, 2001.

Figura 5. Setor NW da FPI na ZSP, com indicação de Lagoa Salgada (setor 4).

4.2.2 Geologia regional

Na área do BHS, o contato entre o Paleozoico e o Cenozoico, que corresponde a um importante hiato estratigráfico, dá-se a profundidades médias de 120 a 150 m. Na sondagem inicial LS01, de 1992, dá-se aos 136 m (Oliveira *et al.*, 1998).

As formações do Paleozoico, intersetadas por mais de 100 sondagens de prospeção, pesquisa e avaliação geológica e mineira, antigas e novas, correspondem a formações do CVS, quase exclusivamente a rochas vulcânicas riolíticas ácidas e rio-dacíticas a intermédio-básicas, que hospedam as mineralizações de sulfuretos polimetálicos, maciços ou disseminados/fissurais (principalmente de tipo *stockwork*), e correspondentes mineralizações meteorizadas e alteradas (*gossan*), oxidadas e/ou de enriquecimento supergénico, objeto do Projeto e dos estudos em curso.

As principais estruturas observadas e/ou interpretadas em profundidade, correspondem, na maioria dos casos, a tectónica Varisca, que terá marcado de forma indelével a morfologia da bacia no Paleozoico, para lá dos complexos vulcânicos, antes da deposição dos sedimentos terciários, com a estruturação de *horsts* e *grabens*, nos alinhamentos definidos que se podem observar na folha 42-B da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50.000 (Desenho 2) e em Oliveira *et al*, 1998 (Figura 5).

Mas também no Paleogénico, na respetiva dinâmica de deposição sedimentar ocorrida, e após segundo hiato sedimentar, registado entre o Oligocénico/Miocénico Inferior? e o Miocénico Médio, como mostrado em Ressurreição *et al*, 2021. Este autor regista, a influência local da tectónica Alpina que, em parte, terá reativado a tectónica Varisca mais antiga.

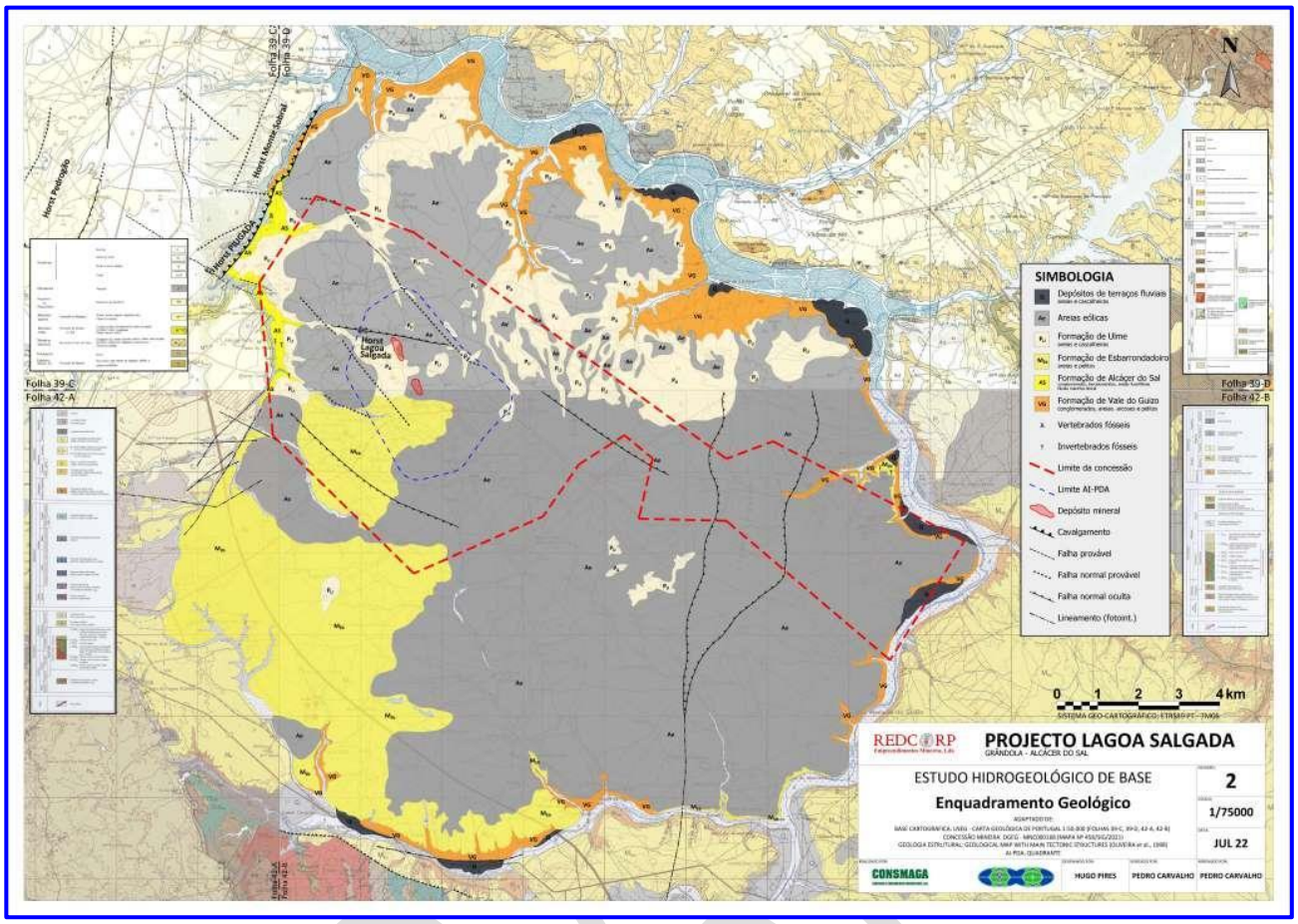
Por vezes, nas sondagens, observam-se sistemas de fraturas, a rejeitar o contato entre o Paleozoico/Paleogénico. Ao longo do Miocénico também se pode observar, nos testemunhos de sondagem, a existência de fraturas com estrias de movimento em algumas das unidades mais compactas como, por exemplo, em bancadas de calcarenitos.

Algumas falhas mais importantes, com reflexos na morfologia da Bacia do Baixo Sado/margem esquerda, podem estar associadas a alinhamentos de interligação aquífera em profundidade como, por exemplo, a falha de Grândola e a falha do Torrão.

As formações de idade paleozoica, incluindo as mineralizações em sulfuretos maciços, que foram sujeitas a estes esforços tectónicos, também apresentam dobras de ângulo variável, mostrando sequências em sinforma e antiforma, frequentemente a desenvolver-se como dobras-falha, com vergência para SW. Ou mesmo como cavalgamentos e carreamentos tipo, como se pode observar ao longo da FPI em associação com regimes de tectónica compressiva, em linha de conta com a colisão oblíqua esquerda com a ZOM, ao longo da sutura Ferreira-Ficalho, mas também a alternância temporal com tectónica distensiva (Oliveira *et al*,2013).

As caraterísticas geológicas estratigráficas e estruturais da área do Projeto, podem ser observadas em mais detalhe no Desenho 2, que cobre a área do BHS, e é a composição parcial de quatro Cartas Geológicas de Portugal (nºs 39-C, 39-D, 42-A e 42 B), mas também já a evidenciar a adaptação efetuada, com a digitalização e homogeneização das diferentes formações cartografadas.

DRAFT



Fonte: Adaptado de SGP-LNEG (cartas geológicas 39-C, 39-D, 42-A e42-B, e interpretação tectónica em Oliveira *et al*, 1998

Desenho 2. Carta Geológica de Portugal 1:50.000, na área do Projeto Lagoa Salgada.
(Desenho_2_Geologia.pdf)

As campanhas de prospeção geológica e geofísica deste setor, pelo SFM do IGM (atual LNEG), permitiram a descoberta do jazigo de sulfuretos maciços de Lagoa Salgada, e do *stockwork* de Rio de Moinhos e respetivos sistemas hidrotermais associados (Matos *et al*, 2018), na área atualmente coberta pala Concessão Mineira.

Estas mineralizações foram reconhecidas através de sondagens, em ambos os casos, sob mais de 100 m de sedimentos cenozoicos (Matos *et al*, 2018). Em Lagoa Salgada, a mineralização encontra-se afetada por enriquecimento em metais associado à meteorização por paleo-oxidação e à alteração supergénica, como referido.

A este esforço em investigação segue-se uma nova fase de pesquisa e avaliação, a partir de 2011, pela REDCORP a permitiu ampliar o conhecimento sobre as sequências paleozoicas e cenozoicas e sobre as mineralizações, e é a base do Projeto, e é também a base de dados mais sustentada para a investigação hidrogeológica.

Particularmente, salienta-se o esforço económico de realização de sondagens carotadas no Cenozoico, que permitiram discriminar a sequência litoestratigráfica e os sistemas hidrogeológicos associados, como descrito mais abaixo.

4.2.3 Geologia local

4.2.3.1 Base cartográfica

Refere-se ao conjunto de formações do Cenozoico, que afloram e estão representadas nas folhas nºs 39-C, 39-D, 42-A e 42-B, da Carta Geológica de Portugal (SGP - DGGM, DG - INETI e UGCG-LNEG, à

escala 1:50.000 (Desenho 2), bem como a sua digitalização e homogeneização, pela CONSMAGA/FRASA, mais concretamente na área do BHS, tal como definido, que integra a vasta área entre o rio Sado (margem esquerda) e as ribeiras de Grândola a Sul (margem esquerda) e Arcão a Norte (margem direita), e a área foco do Projeto, a AI-PDA, que integra a superfície do terreno à vertical dos dois jazigos Venda Nova Norte e Venda Nova Sul.

Para o estabelecimento de detalhe, da sequência estratigráfica, foi efetuado o estudo de sondagens carotadas (com recuperação integral do testemunho), conjuntamente com as equipas da REDCORP, o que permitiu familiarizar-se com as sequências lito-estratigráficas da área dos dois depósitos minerais Venda Nova Norte e Venda Nova Sul, e permitiu interpretar a tectónica prevalecente, em particular o modelo geológico e estrutural dos jazigos.

4.2.3.2 Formações cenozoicas da Bacia Inferior do rio Sado (Bacia do Baixo Sado)

Definiu-se e estabeleceu-se a sequência estratigráfica tipo das formações da bacia terciária do Sado (trabalho conjunto com REDCORP), sendo que, a base de apoio foi a observação e comparação fina de 5 sondagens carotadas, com recuperação integral do testemunho, uma vez que não era até então habitual a amostragem e *logging* no Cenozoico (Figura 6).

Hol	Holocénico: Areias eólicas (Ae fm)
PP	Plio-Plistocénico: Arenitos + argilitos (Formação de Ulme, PU)
cc uM	Miocénico: uM: Argilitos compactos (Formação de Esbarrondadoiro, MEb)
ca uM	uM: Arenitos + calcarenitos (MEb)
uM	uM: Argilitos dominantes (MEb)
u/mM	u/mM: Argilitos + arenitos grosseiros (Formação de Alcácer do Sal, AS)
tVG	Eocénico-Oligocénico (pode estender-se ao Miocénico inferior): Arenitos + conglomerados e argilitos (topo Vale do Guizo, tVG)
bVG	Conglomerados compactos calichificados (base Vale do Guizo, bVG)

Fonte: In REDCORP: Informação Interna do Projeto.

Figura 6. Sequência estratigráfica do Cenozoico, estabelecido na área do Projeto.

Do topo para a base da sequência estratigráfica, confirmou-se a sucessão das formações do Holocénico (espessura métrica a plurimétrica), profusamente distribuídas e referenciadas nas cartas geológicas, à escala 1:50.000, bem como a boa representatividade das formações do Plio-Plistocénico, especialmente a Formação de Ulme - PU (folhas nºs 39-D e 42-B) com espessuras até cerca de 20 m.

Abaixo desta, antecede a Formação de Esbarrondadoiro - MEb (folhas nºs 42-A e 42_B), com espessura da ordem de 30-35 m e a Formação de Alcácer do Sal - As (folhas nºs 30-C, 39-D e 42-A, mas não na folha 42-B), com espessura da ordem de 20-25 m, ambas do Miocénico Médio a Superior, portanto até profundidades até cerca de 75-80 m, o que corresponde a cotas altimétricas da ordem 10 a 15 m (a.n.m.) na área dos dois depósitos minerais.

A Formação Cenozoica mais antiga, na base da sequência estratigráfica é a Formação Vale do Guizo - VG, cujo topo se exibe, na cartografia, em alguns retalhos às cotas mais baixas do terreno, cortado pelos vales mais profundos da região, e até às cotas aproximadas das margens do vale do rio Sado, enquanto nas sondagens seja muito bem representada e sistemática com espessuras até valores superiores a 50-60 metros.

De notar que se deixou expressamente inserido o conjunto de legendas aplicáveis a cada excerto de mapa, dado verificar-se existir adequações entre mapas, editados em datas diferentes umas das outras.

Por exemplo, as cartas de edição mais recente, a Sul, colocam a Formação do Vale do Guizo - VG no Paleogénico, entre o Eocénico e o Oligocénico, enquanto nas cartas mais antigas, a Norte, se coloca no Miocénico Inferior, embora com dúvidas entre autores, (Ressurreição *et al*, 2021).

Pode ver-se abaixo, situações semelhantes em relação à Formação da Marateca - Ma, colocada ora no Miocénico Superior, ora no Pliocénico; neste caso, com equivalência à Formação de Ulme (PU), Formação da Galé, ou mesmo Formação de Vale Figueira (PVF), embora estas não estejam representadas na área de estudo. A tendência mais recente, quer nas cartas mais recentes 42-A e 42- B, quer de autores como Dias *et al*, 2009, Ressurreição, 2018, e Ressurreição *et al*, 2021), é a de deixar cair a designação da Formação da Marateca, uniformizada como Formação de Ulme (Ressurreição, *et al.*, 2021), como mostrado no Quadro 1.

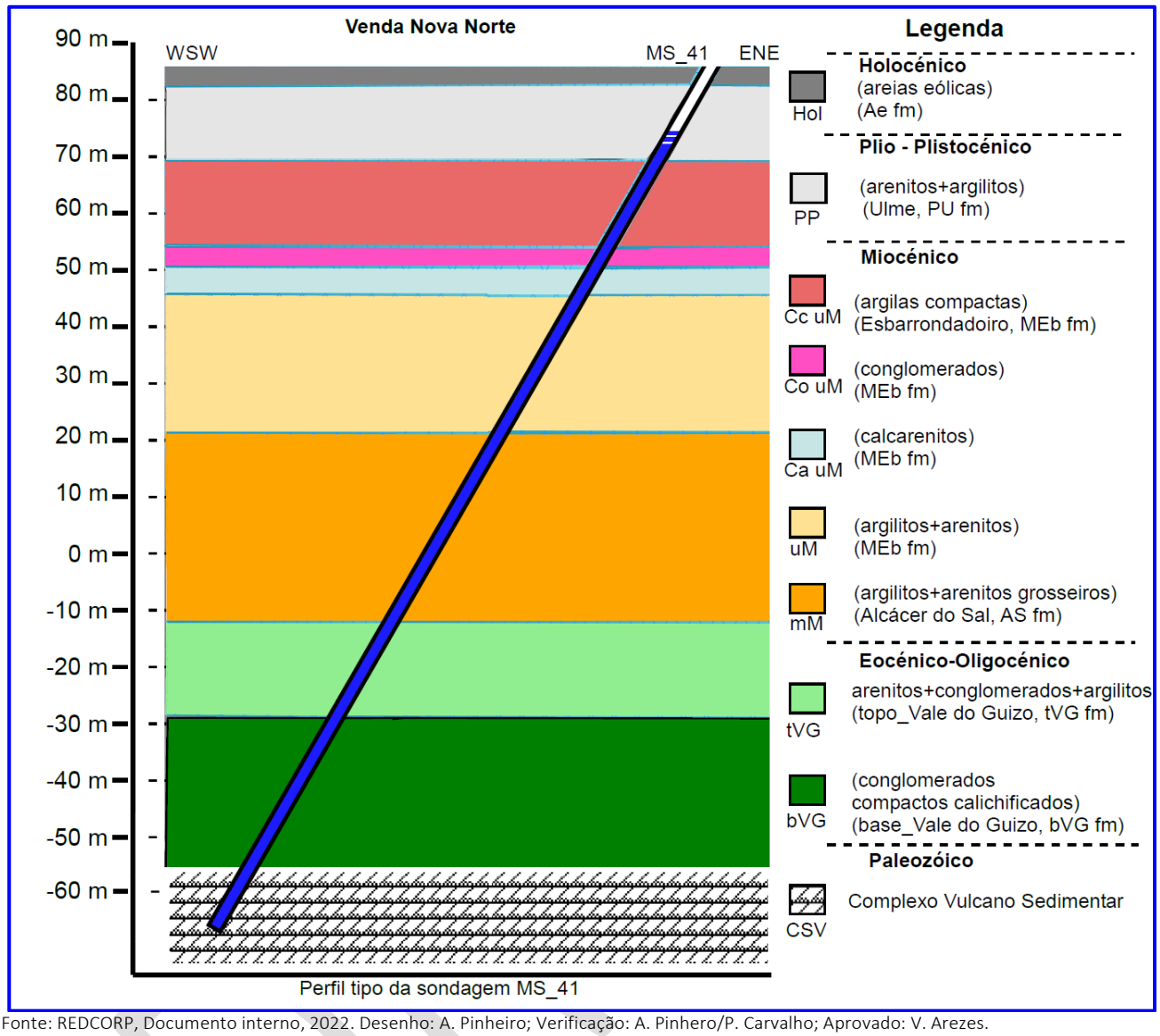
Erat./Era	Syst./Per.	Series/ Epoch	Stage/ Age	Ma	Depositional sequences	Mammal Zone	Lower Tagus Basin – Lisbon-Almada	Lower Tagus Basin – Setúbal Peninsula western littoral	Lower Tagus Basin meridional sector and Coastal Alentejo	Alvalade Basin	UBS (Cunha, 1992)
Cenozoic	Quat.	Holocene		0,0117			Alluvium	Alluvium Eolian sands	Alluvium Beach sands Eolian sands	Alluvium Eolian sands	
		Pleistocene U.	*Upper*	0,129			Terraces	Terraces	Eolianites Terraces	Terraces	14
		Pleistocene M.	Chibanian	0,774							
		Pleistocene M.	Calabrian	1,80							
		Pleistocene L.	Gelasian	2,58		MN 17		Marco Furado Fm. Belverde Conglomerate	Vale Figueira Fm.	Panóias Fm.	13
	Neogene	Pliocene U.	Piacenzian	3,60		MN 16		Santa Marta Fm.	Galé Fm. / Ulme Fm.	Alvalade Fm.	
		Pliocene L.	Zanclean	5,333		MN 15					
		Miocene U.	Messinian	7,246		MN 14					
						MN 13		Rio da Prata sands	Melides Fm. / Esbarrondadoiro Fm.	Esbarrondadoiro Fm.	12
						MN 12					
						MN 11					11
			Tortonian		T2	MN 10	Cabo Ruivo Sands	Ribeira das Lages deposits			
						MN 9	Braço de Prata Sands	Penedo Norte glauconitic dep.	Alcácer do Sal Fm.		
					T1		Marvila Limestones				
		Miocene M.	Serravalian	11,63		MN 7 + 8					10
					S2		Grilos Sandstones				
			Langhian	13,82	S1	MN 6	Xabregas Blue Clays	Penedo Norte deposits			
							Quinta das Conchas limestones				
				15,97	L1	MN 5	Vale de Chelas Sands				
							Musgueira Limestones				
					B2	MN 4	*Placuna miocaenica*				9
							Casal Vistoso Limestones				
							Quinta do Bacalhau Sands				
		Miocene L.	Burdigalian		B1	MN 3	Forno do Tijolo Blue Clays	Foz da Fonte and Penedo Sul calcarenites and marls			
							Banco Real				
					B0						
					A2	MN 2	Estefânia Sands				
			Aquitanian	20,44	A1	MN 1	Prazeres Clay Fm.				
		Oligocene U.	Chattian	23,03							
		Oligocene L.	Rupelian	27,82							8
		Eocene U.	Priabonian	33,9			Fm. Benfica	Fm. Benfica	Vale do Guizo Fm.	Vale do Guizo Fm.	
		Eocene M.	Bartonian	37,71							7
			Lutetian	41,3							
		Eocene L.	Ypresian	47,8							
		Paleocene U.	Thanetian	56,0							
		Paleocene M.	Selandian	59,2							
		Paleocene L.	Danian	61,6 66,0							

Fonte: Ressurreição *et al.*, 2021.

Quadro 1. Correlação estratigráfica entre as unidades cenozoicas existentes na região de Alcácer do Sal e Sines, no essencial extrapolável para a área do Projeto.

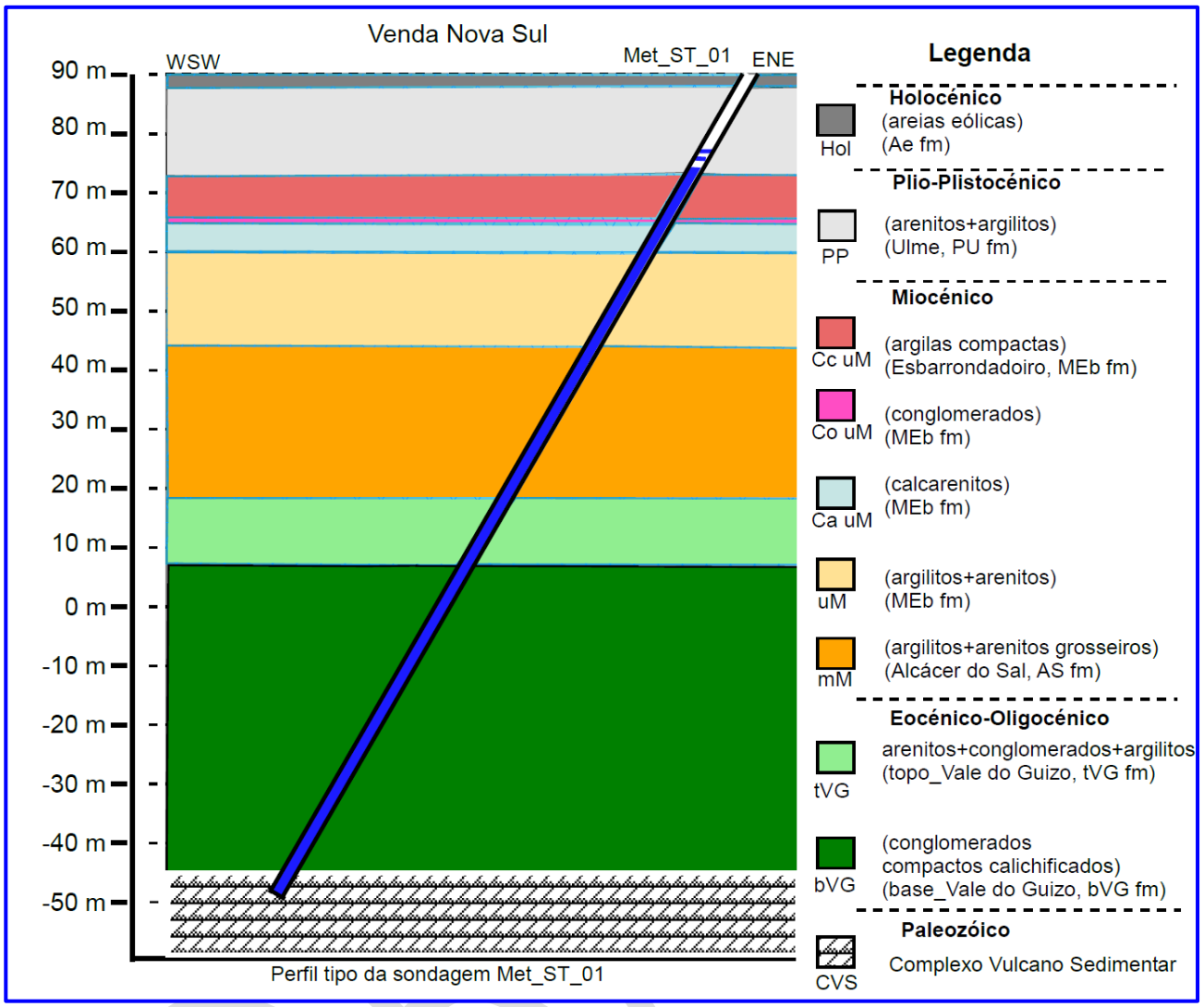
Outra constatação é a ausência da Formação de Alcácer do Sal para Este da ribeira do Arcão, no levantamento da folha nº 42-B, e que já não terá correspondência à vertical dos jazigos, embora aqui, no âmbito do corrente EHB, se tenha mantido a definição de litologias argilosas associadas a essa Formação. Em sondagens não se observou a intercalação de biocalcarenitos da Formação de Alcácer do sal, embora localmente se observe passagens esbranquiçadas calcificadas, em *flame* a submaciças

Isto releva a evolução e a compreensão da estratigrafia que foi sendo sucessivamente melhorada, sobretudo com os trabalhos e publicações mais recentes, por diferentes autores, como referido acima, mas também com o acesso a informação direta sobre testemunho integral, nas sondagens carotadas de reconhecimento e avaliação dos jazigos, de que se mostra nos perfis geológicos inéditos das Figura 7 e Figura 8, como interpretado pelas equipas de Geologia da REDCORP e colaboração da CONSMAGA/FRASA.



Fonte: REDCORP, Documento interno, 2022. Desenho: A. Pinheiro; Verificação: A. Pinhero/P. Carvalho; Aprovado: V. Arezes.

Figura 7. Corte geológico tipo na massa da Venda Nova Norte.

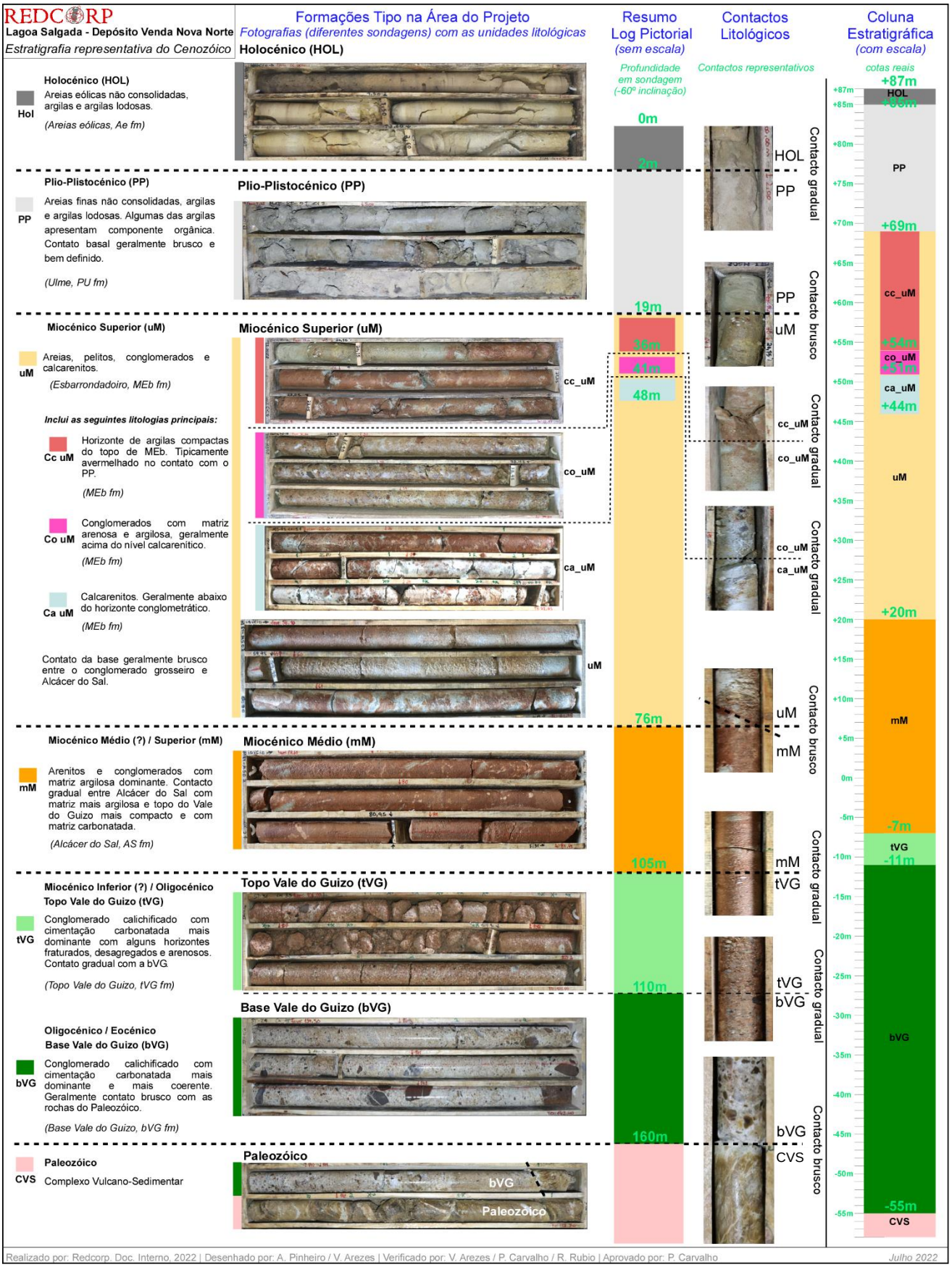


Fonte: REDCORP, Documento interno, 2022. Desenho: A. Pinheiro; Verificação: A. Pinhero/P. Carvalho; Aprovado: V. Arezes.

Figura 8. Corte geológico tipo na massa da Venda Nova Sul.

Apesar disso, é natural que dada a escassa referência a informação de furos/sondagens mais profundos, nesse período e nesta área, como é o caso da área de Lagoa Salgada, seja necessário mais algum reajuste na sequência estratigráfica, tal como aqui é observado, à vertical dos depósitos minerais, em função de novas observações nas novas sondagens carotadas do Projeto.

Por ora faz-se prevalecer a definição estratigráfica mostrada acima e, em mais detalhe, a sua correlação com a mesma sequência estratigráfica tipo, de forma ilustrada, como na Figura 9, ainda que esta se refira ao depósito Venda Nova Norte.



Fonte: REDCORP, Doc. interno, julho 2022. Desenho: A. Pinheiro/ V. Arezes; Verificação: V. Arezes/P. Carvalho/R. Rubio; Aprovado: P.Carvalho.

Figura 9. Sequência estratigráfica do Cenozoico na área do Projeto, com ilustração de unidades tipo e das zonas de contato principais.

As discrepâncias observadas nas sondagens carotadas, entre os depósitos minerais Venda Nova Norte e Venda Nova Sul, esta última tendencialmente a mostrar os contatos formacionais pelo menos 10 m mais altos que o jazigo Norte, releva a tendência para uma inclinação do eixo da estrutura de Lagoa Salgada, ao longo da longitudinal, independentemente de se observarem diferenças importantes, quando se olha na transversal à cartografia geológica junto ao rio Sado e nas margens das ribeiras do Arcão e de Grândola, que pode pressupor alterações na morfologia do terreno nas superfícies de contato, ou por diferenças no paleo-relevo reinante quando lhe sucede deposição sedimentar detrítica nova, ou por variações laterais de facies, que possa ser relevante à escala da área de estudo.

Assim, em detalhe, descreve-se do topo para a base:

4.2.3.2.1 Holocénico: Formações de aluvião e areias eólicas

Nesta formação do Holocénico, a litoestratigrafia é composta por diferentes unidades que se constituem por areias eólicas - Ae (ou dunares), conforme nomenclatura referida às diferentes cartas geológicas acima, e por diferentes depósitos aluvionares mapeados.

A sua expressão cartográfica é muito extensa embora de espessura reduzida a plurimétrica. É típico observar a cor esbranquiçada a amarelada no terreno associada a estas formações inconsolidadas compostas essencialmente por areias finas a monogranulares. Pode ainda associar o discreto desenvolvimento do solo, insipiente, com pouca matéria orgânica escura presente. Excetua na base das zonas alagadiças, como lagoas, lagunas e brejos, onde a acumulação dessa matéria orgânica é mais evidente (Fotografia 1), prevalecendo o carater lodoso na transição argilítica à Formação de Ulme, com alguma matéria carbonosa associada, que faz essa camada de base ideal para o represamento das águas.

DRAFT



Foto: FRASA. 03/02/2022.

Fotografia 1. Leito seco da Lagoa Salgada.

4.2.3.2.2 Plio-Plistocénico: Formação de Ulme

O Plio-Plistocénico, tal como se catalogou no Projeto, em função das observações nas sondagens, integra um conjunto formacional de até cerca de 20 m de espessura composto por areias finas a muito finas, monogranulares, onde a presença de alguns níveis silto-argilosos, pouco consolidados, por vezes compactos, constitui a base da esmagadora maioria das zonas alagadas acima referidas (Fotografia 1), i.e., na quase totalidade das situações cartografadas a sua base é a Formação de Ulme.

De notar que em algumas das cartas se refere a Formação da Marateca, porém, em alguma bibliografia referida (Dias, *et al*, 2009, Ressurreição, *et al.,* 2021), já se suprime a Formação da Marateca (antes cartografada nas cartas 39-C e 39-D, embora com idades diferentes do Miocénico Superior na 39-C a Pliocénico na 39-D). Em seu lugar, surge a Formação de Ulme (só cartografada nas cartas 42-A e 42-B como sendo do Pliocénico. De notar que a base deste conjunto formacional pode conter um nível cm-dm de areias grosseiras a conglomeráticas, conforme observado em algumas das sondagens estudadas.

Menciona-se a cartografia de terraços equivalentes a depósitos de terraços fluviais, depósitos de vertente e/ou areias e cascalheiras, do Quaternário, eventualmente associados com a Formação de Vale Figueira (PVF) do Plistocénico,

Daí que tenha resultado na área foco do Projeto, i.e., na área imediatamente envolvente e adjacente dos depósitos minerais, a sua aglomeração como conjunto formacional do Plio-Plistocénico.

4.2.3.2.3 Miocénico Superior: Formação de Esbarrondadoiro

A Formação de Esbarrondadoiro (MEb), do Miocénico Superior, constitui-se como equivalente lateral da Formação de Melides a ligeiramente mais recente, quando se observa a passagem da carta 42-A para a 42-B. Esta formação está cartografada também na carta 39-D, porém não estão referidas na carta 39-C.

Esta formação do Miocénico Superior, apresenta, na área do Projeto, duas unidades principais bem diferenciadas e bem individualizadas;

- **Unidade a topo**, de caracter essencialmente argiloso e espessura até cerca de 15 m.
  Esta unidade pode ser observada nas 5 sondagens carotadas e nas 7 sondagens verticais piezométricas efetuadas no âmbito do corrente estudo hidrogeológico. Embora esta unidade possa conter uma fração arenosa, por vezes grosseira a conglomerática no seio da matriz, estes clastos são dispersos e claramente subordinados.
  A tonalidade avermelhada é constante e por vezes denuncia plasticidade assinalável.
  A nível regional pode referir-se que a base dos areeiros da Somincor (conhecimento direto da equipa da CONSMAGA/FRASA) e da Sifucel (NEMUS *et al.*, 2011), também mostram esta unidade com a típica acumulação da água, que ali constitui a tendência para lagunagem;

- **Unidade intermédia**, progressivamente dominada por arenitos grosseiros, frequentemente com clastos conglomeráticos abundantes, e com tendência a constituir um nível com elevado índice de desagregação, como observado nos carotes das sondagens.
  Esta unidade está também relacionada com o desenvolvimento de um nível de calcarenito, por vezes maciço embora submétrico a métrico, esbranquiçado e quebradiço. Não foram identificados fósseis como descrito na bibliografia consultada;

- **Unidade da base** com argilitos dominantes até ao contato com a Formação de Alcácer do Sal.

4.2.3.2.4 Miocénico Médio? /Miocénico Superior: Formação de Alcácer do Sal

A formação de Alcácer do Sal está cartografada nas cartas 39-C ;39-D e 42-A.

Não está representada na carta 42-B, mas tem grande concordância entre autores quanto à sua datação e à presença de níveis fossilíferos. Na ribeira do Arcão pode observar-se este nível cartografado (folha 39C).

Estes níveis podem estar relacionados com calcarenitos, como também observado pontualmente, equivalentes calcificados nas sondagens carotadas, embora se trate de uma unidade de pequena espessura e normalmente fragmentada, pode conter arenitos associados, igualmente desagregáveis.

Nas sondagens esta formação não contempla estes níveis fossilíferos, ali ainda não observados, mas pode ver-se a clara dominância de argilitos avermelhados ao longo de uma espessura de cerca de 20 a 25 metros.

Esta formação tem um espetro de idade bastante apertado na base do Tortoniano (Ressurreição *et al*, 2021), ou mesmo do Serravaliano.

4.2.3.2.5 Eocénico/Oligocénico a Miocénico Inferior: Formação de Vale do Guizo

Nas cartas mais recentes, 42-A e 42_B, coloca-se a formação do Vale do Guizo no Paleogénico, entre o Eocénico e o Oligocénico, enquanto nas cartas 39-C e 39-D esta formação é catalogada no Miocénico Inferior (embora com dúvidas). Na área do Projeto, a Formação do Vale do Guizo tem duas unidades principais;

DRAFT

- **Unidade do topo (tVG),** até cerca de 10 m de espessura, essencialmente argilosa, com inclusão na matriz de fragmentos líticos dispersos, arenosos a conglomeráticos. Pode mesmo coexistir um nível métrico de arenito médio a grosseiro, na sua porção basal. Esta unidade poderá eventualmente estender-se ao Miocénico Inferior(?);

- **Unidade da base (bVG)**, que se desenvolve de modo muito constante, uma unidade basal (bVG) muito espessa e coerente de conglomerados médios a grosseiros, com matriz calichificada subordinada (esta matriz faz efervescência franca com o HCl a frio). Esta unidade é declaradamente aceite como sendo do Paleogénico, com idade entre o Eocénico e o Oligocénico.

O contato por discordância com o Paleozoico ora é uma simples linha consolidada (contato brusco à faca) entre as formações do contato, ora se apresenta muito fraturada, fissurada e alterada (especialmente no Paleozoico e, ainda mais, quando o contato se faz com ao *Gossan* ou com os sulfuretos maciços).

4.2.3.2.6 Tectónica Alpina a Tardi-Alpina

As formações geológicas terciárias do Sado, exibem pontualmente evidências de fracturação ténue como observado em cortes na estrada de Rio de Moinhos para Vale do Guizo (Fotografia 2), e ainda mais pontualmente nos testemunhos das sondagens carotadas referidas acima.



Foto: FRASA. 03/02/2022.

Fotografia 2. Estrada de Rio de Moinhos para Vale do Guizo. Estruturas fraturadas nos calcarenitos do Miocénico.

Ao nível do contato com o Paleozoico é referido o inferimento de estruturas em *horst* e *graben*, em particular, o *horst* de Lagoas Salgada de orientação geral NW-SE ou o *graben* do Batão de orientação grosseiramente N-S, a Sudeste de Lagoa Salgada, que por sua vez estará afetada pelo *horst* de orientação NW-SE, que coloca toda a extensão dos depósitos minerais do Projeto entre os limites de tal estrutura (Oliveira, *et al*, 1998).

São referidos na região a existência de falhas ativas como a falha de Grândola, a falha do Torrão, , falhas de Deixa-o-Resto e de Santa Cruz (Ressurreição, 2018).

Nas sondagens, no contato entre o Paleogénico e o Paleozoico, pode observar-se localmente a existência de falhas, a perspetivar o conceito de dobras-falha de amplitude decamétrica, onde se pode observar o retorno a um bloco rejeitado (aparentemente em flanco inverso de dobra, rejeitado por falha, que faz repetir as formações paleogénicas mais recentes por debaixo do Paleozoico, a confirmar que as falhas alpinas e/ou mais recentes podem ter afetado as formações geológicas mais jovens.

4.2.3.3 Paleozoico

As formações do Paleozoico, aflorantes na área do Projeto, são referidas a Sul da ribeira de Grândola, na serra do mesmo nome, onde afloram formações do GFBA (Grupo do Flysch do Baixo Alentejo) e do CVS (Complexo Vulcano-Sedimentar) da ZSP. A Norte do rio Sado, na margem direita, a Noroeste da área do Projeto, também afloram formações da ZSP e da ZOM. Há pequenas janelas de Paleozoico, em Pedrogão, Valverde/Senhora da Chagas a NW da área do Projeto.

Nesta área, as formações do CVS alvo da pesquisa mineral, pelo Projeto que integra as jazidas Venda Nova Norte e Venda Nova Sul, além das ocorrências minerais de Rio de Moinhos, que se constitui como uma área alvo, planeada desenvolver em trabalhos futuros, distribuem-se imediatamente sob a discordância com a Formação do Vale do Guizo, constituindo-se de um conjunto essencialmente vulcânico ácido. e um conjunto intermédio-básico, que são os hospedeiros da mineralização.

Não foram intersectadas quaisquer outras formações ou unidades do CVS, nem do Grupo do Flysch, e tão pouco do GFQ (Grupo Filito-Quartzítico).

4.2.3.3.1 CVS - Complexo Vulcano Sedimentar

No que respeita à área da Concessão Mineira e, mais particularmente, à área foco do Projeto, que se compõe pela envolvente imediata à projeção vertical dos depósitos minerais de Venda Nova Norte e Venda Nova Sul, as formações paleozoicas não são aflorantes e apenas observadas sob a discordância com os terrenos da Bacia Terciária do Sado, como descrito acima.

4.2.3.3.1.1 Litologia

As litologias observadas são maioritariamente divididas por dois eventos de rochas vulcânicas.

Na jazida Venda Nova Norte é constituído por vulcanitos ácidos, de tonalidade clara-acinzentada, silico-sericítica, com matriz filitosa abundante e frequentemente afetada por mineralização de sulfuretos (principalmente pirite), em veios e filonetes sub-paralelos, bandados, em disseminação e/ou venular a fissural.

A muro desta unidade, ou mesmo diretamente sob a discordância, podem contactar as mineralizações de sulfuretos maciços polimetálicos e o *Gossan* associado à alteração supergénica dos sulfuretos maciços. Quando presente, o *gossan* pode ter até cerca de 10-15 m de desenvolvimento, abaixo da discordância. É comum intersectar-se um nível de jaspes cinzento-avermelhados no topo da mineralização maciça.

Na jazida Venda Nova Sul a mineralização está quase integralmente relacionada com rochas vulcânicas intermédias a básicas (de tonalidade esverdeada escura, onde parece dominar uma matriz clorítica). Por vezes esta unidade é bem compacta e homogénea a maciça, onde prevalece uma mineralização disseminada por vezes fissural.

4.2.3.3.1.2 Mineralização

Como mencionado acima, a mineralização é diferente para cada depósito, apresentando diferentes tipologias:

- Sulfuretos maciços polimetálicos e vulcanogénicos, que podem conter uma zona de alteração supergénica a topo, no contato com o Paleogénico da Formação do Vale do Guizo, designadamente;
  - *Gossan*, com o típico enriquecimento metálico associado;
  - Mineralização polimetálica disseminada/fissural nos vulcanitos ácidos a muro dos sulfuretos maciços.

Estas tipologias estão representadas em Venda Nova Norte.

- Mineralização polimetálica disseminada/fissural, em vulcanitos intermédio-básicos. Esta mineralização está quase exclusivamente associada ao depósito mineral Venda Nova Sul;

- Nos dois depósitos minerais identificados e avaliados, pode coexistir uma tipologia de mineralização essencialmente piritosa, disseminada/fissural, mas de carater bandado tipo, a afetar vulcanitos ácidos superiores, embora sem carater económico revelado à data.

4.2.3.3.1.3 Tectónica

A tectónica tardi-Varisca, Alpina e tardi-Alpina, estão em alguns casos associados a falhas ativas, que originaram alguns dos contatos nas escarpas das falhas (ex: falha de Grândola).

No contato Paleogénico/Paleozoico, junto à escarpa da serra de Grândola, e do inferimento de estruturas de *horst* e *graben,* estas falhas podem afetar a morfologia do topo do Paleozoico e do Paleogénico, mas não tanto das formações do Miocénico e mais recentes, como descrito acima, onde apenas se observa, em afloramento e em sondagens, a presença discreta de fracturação, insipiente e onde as falhas são dificilmente cartografáveis.

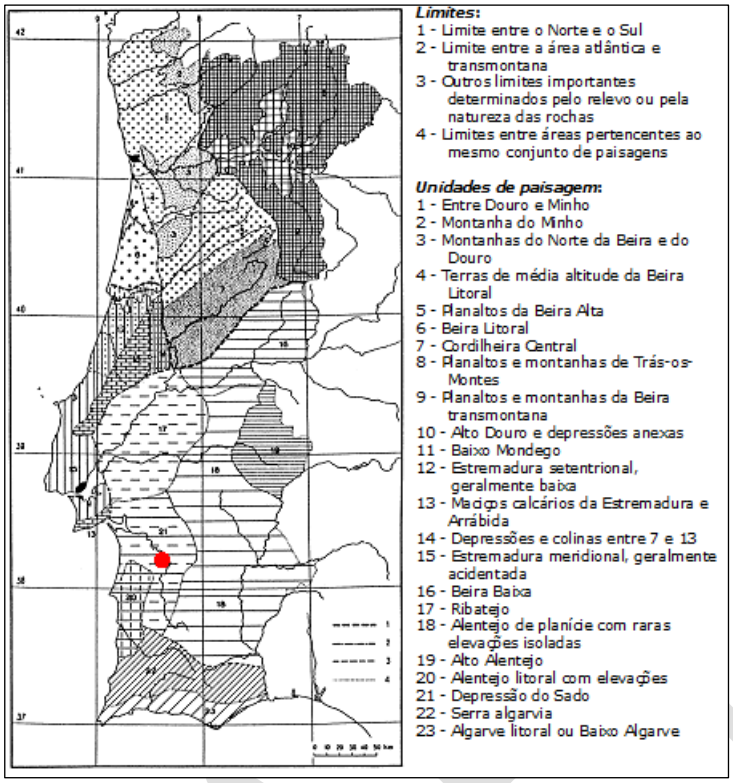
Salienta-se a observação, em sondagens, da existência de falhas recentes a afetar simultaneamente o Paleozoico e o Paleogénico. De facto, pode assinalar-se a observação em sondagem, de falhas inversas (do tipo dobra/falha cavalgante, de amplitude métrica a decamétrica) onde se repete no flanco inverso a observação de litologias do Paleogénico basal sob o Paleozoico antes intersectado na sondagem.

Quanto à tectónica Varisca regista-se, pela importância na definição de blocos estruturais na área dos depósitos minerais, a cartografia pelo Projeto, de algumas zonas de falha, nos perfis geológicos principais analisados. As orientações podem variar dominantemente entre N-S a NE-SW, sendo que algumas destas orientações marcam bem a estrutura de blocos, nas cartas geofísicas (principalmente gravimetria).

Estas estruturas tectónicas, quando identificadas nas sondagens, evidenciam, zonas de falha muito fraturadas, e alteradas a cataclásticas, e por vezes zonas microfissuradas marginais às falhas, em especial nos sulfuretos maciços, com fragmentação e rendilhação frágil associada.

4.3 Geomorfologia

Do ponto de vista paisagístico, a área do Projeto da Lagoa Salgada, integra-se na Unidade de Paisagem, definida por Ribeiro (1987) como Depressão do Sado (Figura 10). Esta unidade de paisagem, ocupa a parte NW do Alentejo, desde a Serra do Cercal até à zona a norte da povoação de Águas de Moura. No fundo esta área corresponde à Bacia do Sado.



Fonte: Ribeiro O. (1987)

Figura 10. Divisões geográficas de Portugal.

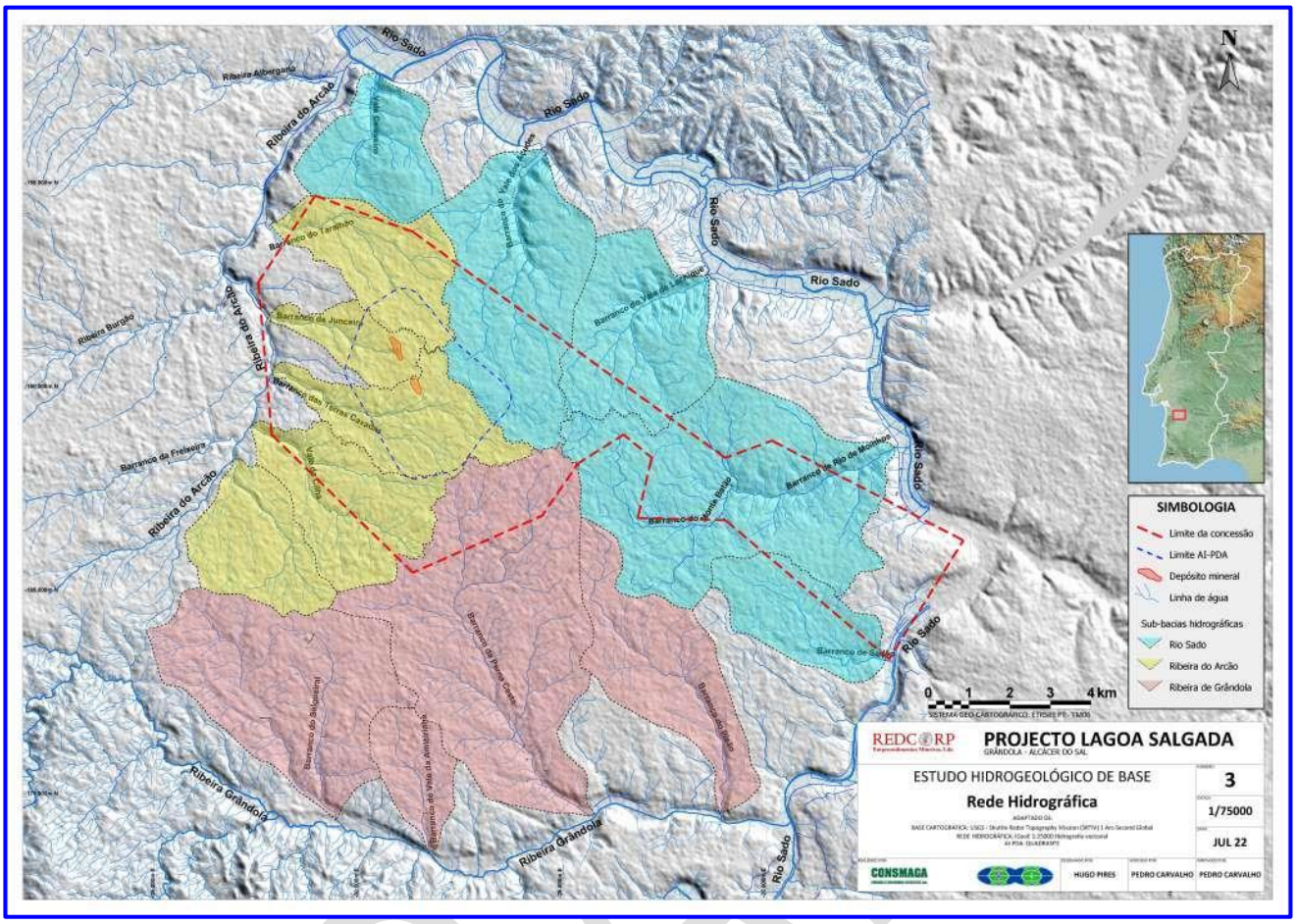
O rio Sado é considerado um exemplo de um rio tipicamente de planície, uma vez que mais de metade do seu percurso (cerca de 95 km) se situa abaixo dos 50 m a.n.m., apresentando um declive médio de 5,6 %. Esta circunstância deriva do tipo de formações geológicas que o rio Sado atravessa no seu percurso, sendo que, o encaixe mais significativo, que ocorre no rio, se verifica a Sul da área do Projeto, a cerca de 15 Km em Ermidas do Sado, quando este se encaixa, nos xistos do Carbónico. Todo o restante percurso é realizado sobre os depósitos cenozoicos de idade *diver*sa, essencialmente de idade plio-quaternária (Pimentel, 1997).

A bacia hidrográfica do Sado tem uma altitude média de 130 m e situa-se entre 37º25' e 38º40' de latitude N e 07º40' e 08º50' de longitude W (Loureiro, *et al.*, 1982, *in* Quevauviller, *et al.*, 1989). Esta bacia estende-se por uma área de 7.640 km^2, sendo a maior das que se integram totalmente em território português, dos quais 7.258 km^2 se situam na região Alentejo.

A bacia do Sado é limitada a Norte pela bacia do Tejo (80.629 km^2), a Este pela bacia do Guadiana (66.960 km^2), a Sul pela bacia do Mira (1.579 km^2) e a Oeste pelas bacias da faixa costeira atlântica.

A rede fluvial deste sistema é constituída por 828 linhas de água, apresentando uma disposição centrípeta, bem adaptada às formas da bacia. Os principais afluentes, na margem direita do rio Sado, são o rio Xarrama e as ribeiras de Marateca, São Martinho, Alcáçovas, Odivelas e Roxo. Na margem esquerda, são afluentes as ribeiras de Grândola, Corona e Campilhas.

Em particular, a zona afeta ao Projeto da Lagoa Salgada (Desenho 3) corresponde a uma zona aplanada e recortada entre rios, i.e., entre o rio Sado e seus dois afluentes principais da margem esquerda, a ribeira do Arcão a Norte e a ribeira de Grândola a Sul, formando uma elevação mais ou menos arredondada, a qual é limitada pelos vales dos rios principais, e todos os afluentes terciários que a eles aportam, e recortada por linhas de água com drenagem radial.



Fonte: Adaptado de BASE CARTOGRÁFICA: USGS - *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) 1 *Arc-Second Global* e REDE HIDROGRÁFICA: IGeoE 1:25000 Hidrografia vetorial

Desenho 3. Rede hidrográfica da área do Estudo Hidrogeológico e bacias hidrográficas.
(Desenho_3_Hidrografia.pdf)

Apesar da tendência subsidente da bacia do Sado, os rios não correm ao nível do enchimento da bacia, mas encaixam-se nela. Abriram vales largos, mas que mantêm algumas vertentes bastante íngremes, nas quais se escalonaram os terraços interglaciários, devido ao abaixamento do nível do mar durante as épocas glaciárias relativamente recentes, principalmente na glaciação de *Wurn*, os vales foram escavados muito abaixo do perfil atual.

Na época pós-glaciária a subida do nível do mar provocou neste entalhe a acumulação de depósitos arenosos e lodosos que atingem, muitas vezes, dezenas de metros de espessura e cuja superfície, larga e plana, forma impressionante contraste com as costas íngremes.

Nesta zona foi-se estabelecendo em áreas tectonicamente deprimidas, invadidas a ocidente pelo mar miocénico, foi alvo de sedimentação continental ativa no Cenozoico Superior, sendo constituída, essencialmente, por: calcários, geralmente pouco deslocados, umas vezes limitado por lacustres, argilas e areias, coroadas por mantos arenosos e por derrames grosseiros do fim do Pliocénico.

Este conjunto de formações sedimentares apresenta-se, em falhas marginais, outras vezes transbordando sobre as rochas de idade mais antiga, principalmente sobre o maciço Paleozoico. O contacto da bacia com o maciço antigo faz-se através das rochas mais antigas, que começam a surgir por baixo da cobertura terciária. Na zona dos jazigos minerais o Paleozoico contata a mais de 100 m de profundidade.

As vertentes, na área, apresentam diferentes dimensões e valores de declive, sendo estes aspetos uma das consequências da dissecação gradual, que os cursos de água imprimem às suas formas de relevo. A área do Projeto mineiro da Lagoa Salgada é assim, dominada fundamentalmente pelas áreas com

declives compreendidos entre os 0 e os 5 %, às quais correspondem, de uma forma geral, todo o estuário, a planície litoral, o «miolo» sedimentar da mesma e alguns retalhos marginais da peneplanície do Baixo Alentejo.

Geomorfologicamente, é possível descrever uma zona aplanada, entre o pico do marco geodésico da Fresta, com uma cota 107 m a.n.m., e a curva de referência 90 m a.n.m., na área dos dois depósitos minerais do Projeto e, entre esta curva e a curva de cota 70 m, que marca o declive mais acentuado no decaimento das escarpas dos vales.

A escavação dos vales produz-se em U ou em V, dependendo das caraterísticas geológicas e estruturais locais, sendo que na zona do Projeto se pode afirmar a preponderância para vales alargados em U, onde se instalam as terras de "lezíria" alagáveis para a produção de arroz. Em particular refere-se o vale do rio Sado dominado pelos mesmos arrozais, e o declive suave do seu perfil, entre o ponto a montante da confluência da ribeira de Grândola a uma cota aproximada de 10 m a.n.m., conquanto no ponto imediatamente a jusante da confluência da ribeira do Arcão a cota é de cerca de 2 m a.n.m., a refletir a influência das marés até um ponto intermédio do rio Sado, entre ribeiras. junto a Porto Rei (Desenho 1).

A natureza essencialmente arenosa dos terrenos de cobertura, relacionados com a deposição de areias eólicas a dunares durante o Quaternário, e as unidades areno-argilosas a silto-arenosas finas do Plio-Plistocénico, muito representadas à superfície, bem como a tendência de aplanação agrícola destes terrenos, ajudam a explicar estas observações.

Algumas ondulações da superfície do terreno, marcadas por intercalações de carater mais argiloso do Plio-Plistocénico, estão por regra relacionados com as lagoas (ex. Lagoa Salgada), lagunas e charcas, e ao regime de acumulação, retenção e escoamento das "águas derramadas" superficiais temporárias, que se observa acima da cota 70 m a.n.m., particularmente alimentados nos ciclos hidrológicos húmidos sazonais. A profusão de pequenas barragens e açudes ao longo de muitas linhas de talvegue da área, mostra a tendência para o escoamento pelicular a cutâneo, e por vezes mais profundo das mesmas águas infiltradas nos meios essencialmente porosos, que em profundidade possam estar a recarregar aquíferos por estes vales intersectados.

Apesar de escassa espessura de solos e húmus, e da humidade relativa geral observada, esta planície é povoada por manchas de sobreiros e de pinheiro, com mato e mata desenvolvida, nas zonas de baixa laboração agrícola atual (mais pecuária), que contrasta com as zonas mais desnudadas onde prevalece o uso agrícola e de regadio.

4.4 Meio físico

Em relação a incidência hidrológica, o meio físico da área do Projeto, apresenta um enquadramento quase completo entre as ribeiras do Arcão ao Oeste e ribeira de Grândola a Sul, ambas afluentes do rio Sado (Desenho 3).

A planície alentejana tem aqui plena expressão, sendo que a área dos dois depósitos minerais de Venda Nova Norte e Venda Nova Sul, que são o objetivo principal do Projeto Lagoa Salgada, se localizam num *platô* central à cota media aproximada 90 m a.n.m..

No marco geodésico da Fresta, estas cotas elevam-se até um máximo de 107 m a.n.m., numa área que é marcada pela linha ténue de divisão das três sub-bacias principais, do Sado (margem esquerda), Grândola (margem esquerda) e Arcão (margem direita).

Refere-se a linha ténue, o fato de ser difícil no terreno desenhar o seu início, pois as linhas de talvegue, são mal percetíveis, coincidindo com algumas das mais importantes zonas de lagoas, lagunas, brejos e águas derramadas[1]. Esta zona aplanada, quando considerada a cota 70 m a.n.m. aparece quase a fechar um círculo, à volta do Projeto, e é a cota a partir da qual o terreno decai para as escarpas mais acentuadas, junto ao rio Sado e afluentes principais, até à cota 10 m a.n.m.

Estes vales que apresentam morfologias em U ou em V, dependendo localmente do tipo de condicionantes erosivas durante a sua formação, têm por sua vez alguns aspetos relevantes, pois os mais significativos (ribeira do Arcão, barranco de Rio de Moinhos/Batão, barranco do Vale dos Açudes) contêm

[1] Águas derramadas: Áreas temporalmente alagadas, donde a escorrência flui em diferentes direções.

sempre água permanente, podem conter açudes e pequenas barragens, e mesmo zonas aplanadas de arrozais.

Os agricultores e proprietários das herdades da região, em conversas nos locais, notaram que o barranco de Rio de Moinhos/Batão, situado ao Leste do Projeto, pode ter um fluxo de águas permanente constante ao longo do ano de cerca de 80 L/s, e um desfasamento temporal de cerca de 2 dias entre um evento de máxima pluviometria no alto do *platô* e a descarga visível no vale do rio Sado.

Estes aspetos mostram a importância da descarga das águas dos níveis aquíferos do *platô* na rede de drenagem, prolongando o escoamento superficial ao longo do ano nas áreas topograficamente mais deprimidas.

Convém referir que os afluentes das ribeiras do Arcão a as suas respetivas sub-bacias, designadamente os barrancos do Taralhão, Junceira e Terras Cavadas, são os que têm relação mais direta com a zona foco dos depósitos minerais do projeto. Neste modelo relacional deve também considerar-se a sub-bacia do barranco do Vale do Açudes, na margem esquerda do rio Sado, cujo limite está muito próximo do limite Oeste das mineralizações, na sua vertical.

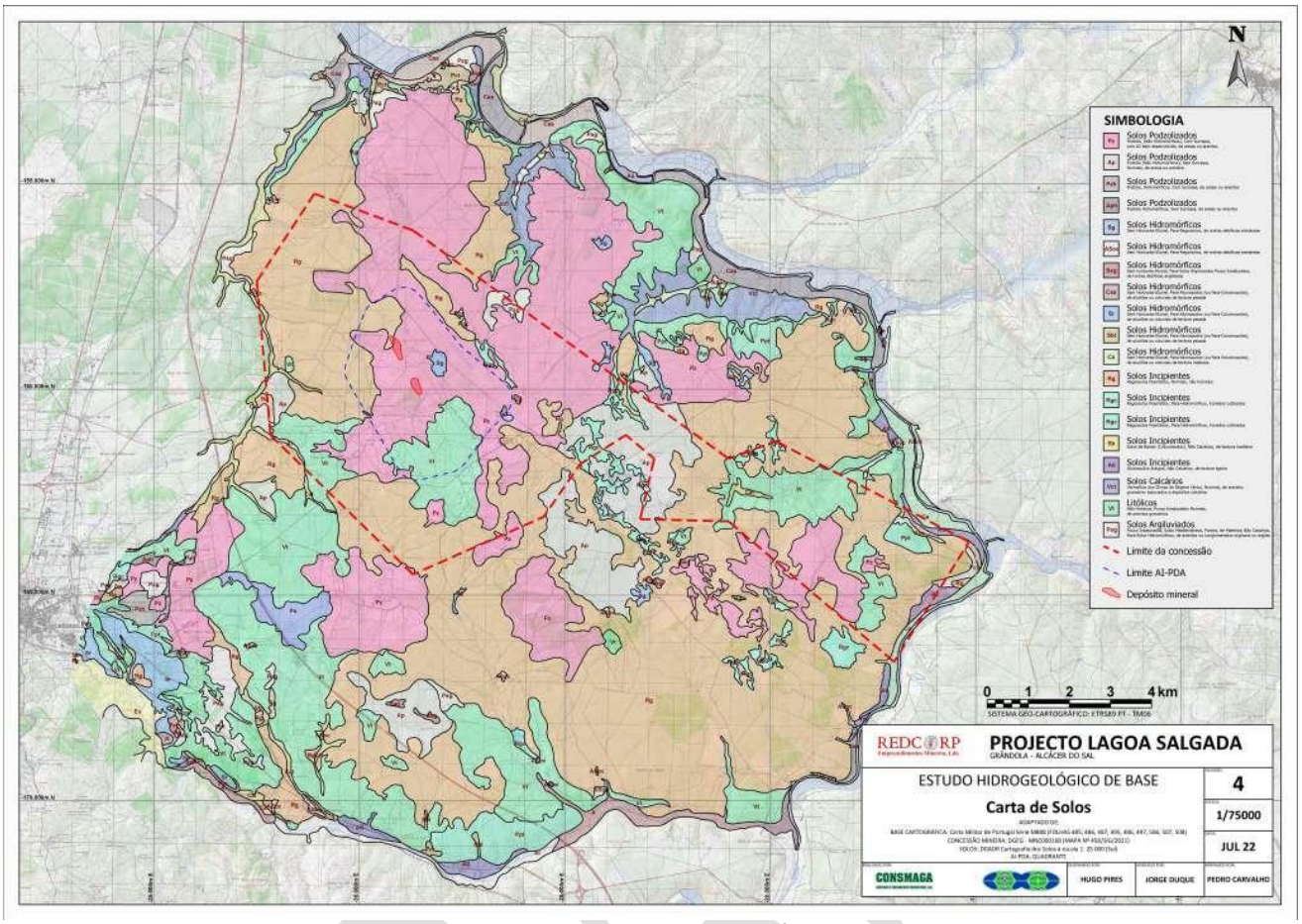
4.5 Solo, uso e cobertura vegetal

A caracterização dos solos tem como objetivos principais a identificação e o conhecimento das unidades pedológicas existentes, na área de estudo, que corresponde as jazidas e áreas envolventes.

A identificação das unidades pedológicas presentes foi elaborada com base na Carta de Solos em formato digital à escala 1:25.000. Recorreu-se ainda à consulta de bibliografia da especialidade, nomeadamente aos trabalhos de Cardoso (1965), que incidem sobre a caracterização dos solos a Sul do rio Tejo.

Note-se que para os solos foi estudada não só a zona diretamente abrangida pela área da Concessão Mineira, mas também aquela que corresponde a uma elevação mais ou menos arredondada com cerca de 25.000 ha entre o rio Sado e seus dois afluentes principais da margem esquerda, a ribeira do Arcão a Oeste e a ribeira de Grândola a Sul (Desenho 4).

DRAFT



Fonte: SOLOS: DGADR Cartografia dos Solos à escala 1: 25 000 (Sul). BASE CARTOGRÁFICA: Carta Militar de Portugal Série M888 (FOLHAS 485, 486, 487, 495, 496, 497, 506, 507, 508).

Desenho 4. Carta de Solos à escala 1:50.000. (Desenho_4_Solos.pdf)

Verificou-se que, tanto na grande área arredondada entre os principais rios, ribeiras e linhas de água, como na área da Concessão Mineira a predominância dos solos são os seguintes por ordem decrescente:

- Rg - Solos Incipientes - Regossolos psamíticos, normais, não húmicos;
- Pz - Solos Podzolizados - Podzóis, (não hidromórficos), com surraipa, com A2 bem desenvolvido, de areias ou arenitos;
- Vt - Litólicos, não húmicos, pouco insaturados normais, de arenitos grosseiros.

Relativamente às duas zonas mineralizadas que poderão a vir-se a constituir como mina, a tipologia de solos ocupada são os seguintes:

- Depósito Venda Nova Sul - ocupada totalmente com Rg;
- Depósito Venda Nova Norte - ocupada parcialmente com Rg e Pz.

Este agrupamento de solos caracteriza-se pelo seu baixo potencial agrícola, seja devido à carência de nutrientes minerais, seja em virtude da textura física desfavorável (demasiado grosseira e, consequentemente, com baixos teores de argila e fraca capacidade de campo), pobres em argila e catiões de troca.

Os solos que ocorrem nas várzeas próximas do rio Sado correspondem a aluviossolos, coluviossolos e solos hidromórficos, destacam-se pela fertilidade e boas condições hídricas.

Relativamente ao uso do solo verifica-se que grande parte da área é ocupada por componente florestal, com domínio do montado, pinhal manso e eucaliptal. Também existem grandes manchas de um misto de montado com pinhal manso. Nas zonas mais próximas das linhas de água (Arcão e Sado) existem extensas várzeas com arrozais. Na parte NW existe algum regadio com a estruturação de pivots de rega. Também existem de modo disperso alguma vinha. Nas zonas onde ou não existe a parte silvícola, ou o regadio, o terreno é ocupado com culturas arvenses e sequeiro, nas quais ocorre pastoreio de bovinos e ovinos.

4.6 Atividade mineira histórica

A preparação deste subcapítulo, contou quase exclusivamente com a replicação da Notícia Explicativa da Carta 42-B, por Oliveira *et al*, 2013, que mais aprofundadamente explicita a atividade mineira histórica no Município de Grândola, o mais representado entre os municípios vizinhos.

Refere-se somente à atividade na ZSP – Zona Sul Portuguesa e em particular na FPI – Faixa Piritosa Ibérica, onde o Projeto se engloba.

A atividade mineira divide-se entre recursos minerais não metálicos (areeiros, agregados, argilas etc), que mantêm grande atividade na região, e a atividade mineira de recursos minerais metálicos, por serem as mais significativas e históricas.

Quanto a Recursos Metálicos, mais importantes foram as antigas minas de Lousal e Canal Caveira, bem conhecidas, principalmente pela exploração de pirites, e ambas com mineração subterrânea, e que foram exploradas no Município de Grândola. A mina do Lousal operou durante cerca de 90 anos desde o início de 1900 e foi um importante centro de emprego na região.

A antiga mina do Lousal é atualmente uma Mina de Ciência – Associação Centro de Ciência Viva do Lousal, com visita pública, que inclui entre outros, uma antiga galeria mineira visitável, recuperada para o efeito. Esta antiga mina foi igualmente objeto de importantes obras de requalificação ambiental, pela EDM – Empresa de Desenvolvimento Mineira S.A., com

Esta Associação tem como parceiros a Ciência Viva – Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica, o Município de Grândola, a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, a SAPEC Parques Industriais e a Costaterra Lda.

Há um lema que se pode replicar, como assinalado em https://nei.cienciaviva.pt/2021, "…Visitar o Centro Ciência Viva do Lousal é recuar até à época em que a sua mina se encontrava ativa e onde minérios formados há milhões de anos eram explorados por milhares de mineiros que ali trabalharam e viveram com as suas famílias…".

Há outras explorações de pequena dimensão que se pode referenciar, sendo que, em Oliveira *et al*, 2013 pode ler-se:

"…. Na estrutura Lousal-Caveira observam-se pequenas ocorrências de pirite em metavulcanitos básicos do CVS, exploradas durante a década de vinte do século passado pelas concessões Sítio do Montado n° 1086 de 26-01-1922 e Cerro dos Arneirões n° 1107 de 18-02-1922…", e também;

"…. No sector oeste da estrutura Lousal - Caveira ocorreu também a exploração de óxidos de manganês e de ferro através de pequenos poços mineiros, escavados em xistos sericíticos esverdeados do CVS (Alves *et* al., 1985) …".

As potencialidades em recursos minerais não metálicos são elevadas, sendo os melhores exemplos, os depósitos predominantemente arenosos, explorados na área de Santa Margarida do Sádão, mas também em Albergaria-Casal Ventoso, Água Formosinho, etc...

Em algumas explorações antigas pode ainda observar-se as marcas da exploração no terreno.

Pelo enunciado, pode afirmar-se que as populações locais e o Município de Grândola, e certamente o Município de Alcácer do Sal, estão bem familiarizados com a temática mineira, mas também identificados com as prerrogativas modernas da mineração socialmente parceira , ambientalmente segura e industrialmente responsável, em obediência a um quadro legislativo impositivo e restritivo que a REDCORP respeita e cumpre, ou mesmo excede quando adota o conceito de uso das melhores praticas contemporâneas, o que na atividade mineira atual é paradigma.

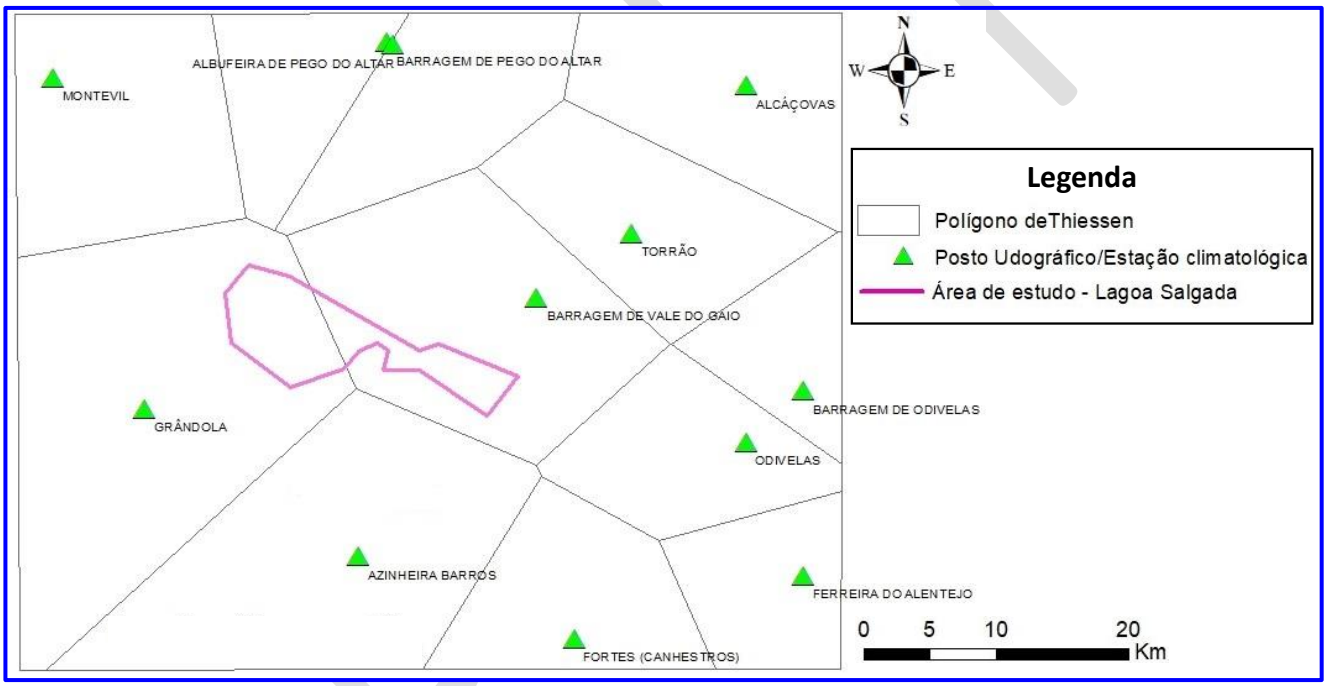
5 HIDROMETEOROLOGIA

5.1 Registos hidroclimatológicos

Para seleção das séries de precipitação recorreu-se ao método das áreas de influência, com base nos polígonos de Thiessen, cuja ponderação corresponde à taxa percentual de área de influência para uma dada estação.

A área do Projeto em estudo (Figura 11) estende-se nos polígonos de influência da estação meteorológica de Grândola (24F01C) e da estação climatológica da barragem de Vale do Gaio (24H/02C), com coeficientes de Thiessen (percentagem da área em consideração) de 0,58 % e 0,42 %, respetivamente).

No entanto, após análise dos dados disponíveis no sítio da APA, em http://snirh.pt/ verificou-se que a quantidade e qualidade dos dados existentes na estação climatológica de Vale do Gaio, retirariam vários anos de observação, por existirem vários anos inteiros sem qualquer tipo de informação (ver Anexo_A.pdf). Face ao que precede e considerando que a estação climatológica de Grândola influencia 58% da área de implementação do Projeto julgou-se adequado atribuir coeficiente de Thiessen igual à unidade, a esta estação, cujos dados disponíveis estarão na base da caraterização das variáveis climatológicas a estudar.



Fonte: SNHIR. Elaboração: Paulo Balsa.

Figura 11. Polígonos de Thiessen.

5.1.1 Precipitação

As séries de precipitação correspondem a 78 anos de observação, de 1939 a 2020, disponíveis no sítio da APA, em http://snirh.pt/. Foram excluídos os anos de 2010 a 2014 por não terem dados que pudessem ser tratados, verificando-se a existência de outras falhas de dados de precipitação nos anos 2001, 2002 e 2009, realçados a amarelo no (Anexo_A.pdf).

Dos vários métodos existentes para o preenchimento de falhas optou-se pelo método que consiste em utilizar regressões lineares simples, tendo em consideração a escassez de postos com dados de precipitação mensal concordantes com os meses dos anos em que se verificaram falhas na estação climatológica (EC) de Grândola.

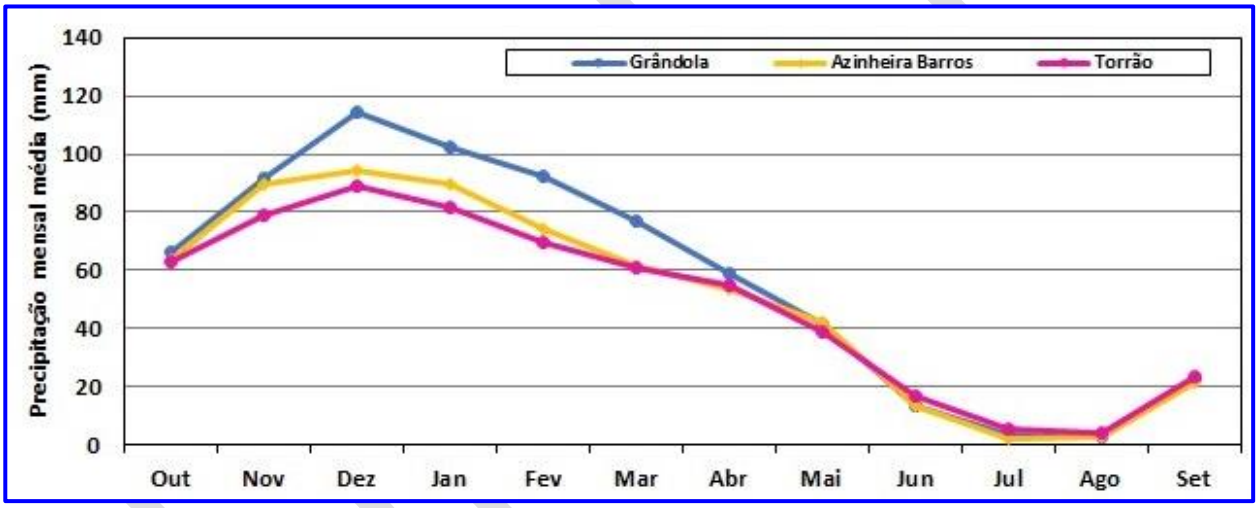
Para preenchimento dessas falhas aplicou-se a regressão linear simples aos registos no mês em causa, no posto com falhas e num outro posto geograficamente próximo e que exibisse correlação com o posto com série mensal a preencher.

Foram consultados os dados de precipitação dos postos udográficos de Torrão (24H/01UG), Ferreira do Alentejo (25I/01UG) e Azinheira Barros (25G/01UG), nas proximidades da estação climatológica (EC) de Grândola para garantir que estes mimetizavam as características da precipitação na região, e na tentativa de encontrar dados de precipitação mensal nos anos que apresentam falhas no referido posto, e com anos de observação que permitissem um índice de correlação, entre as séries de registos mensais neste posto e no posto com falhas, superior a 0,95.

Para a escolha destes postos foram tidos em consideração, em primeiro lugar, a proximidade à estação climatológica de Grândola e, em segundo lugar, possuírem séries de observação superiores a 30 anos.

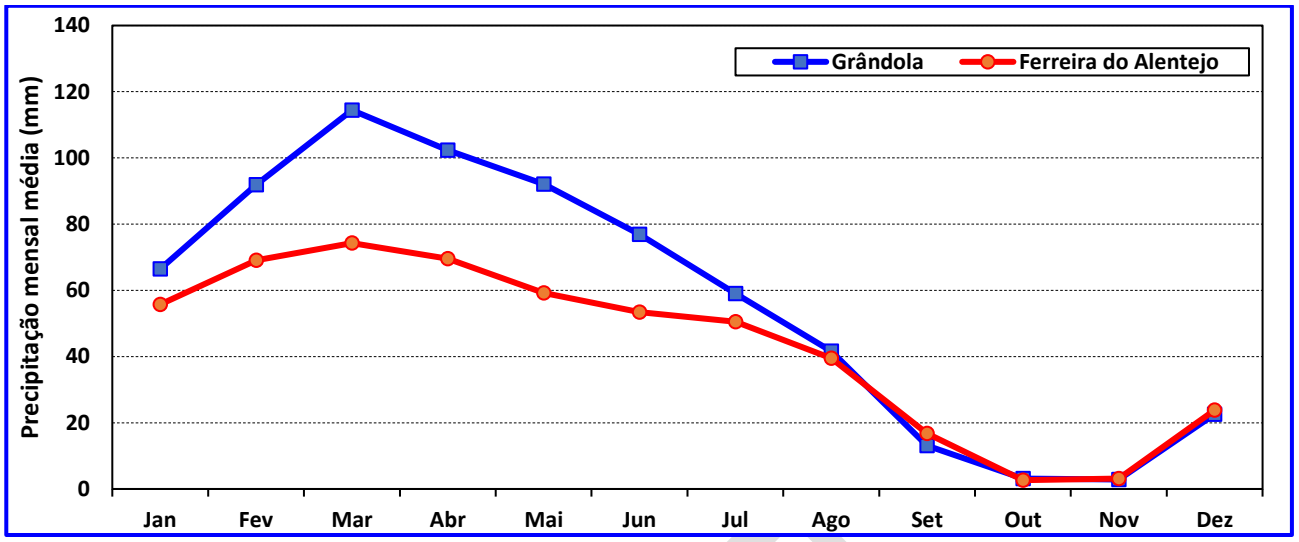
Os dados de precipitação dos postos utilizados para o preenchimento de falhas, bem como dos dados de precipitação de Grândola, encontram-se vertidos no (Anexo_A.pdf).

Para comparar a evolução na precipitação mensal nos postos de Azinheira Barros e Torrão com a EC de Grândola (Figura 12) foi utilizada a média mensal das precipitações mensais referentes a 50 anos de observação (1951 a 2000); para o posto de Ferreira do Alentejo com a EC de Grândola (Figura 13), foi utilizada a média mensal das precipitações mensais referentes a 62 anos de observação (1939 a 2000).



Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Figura 12. Evolução da precipitação média mensal na EC de Grândola e nos postos udográficos de Azinheira Barros e Torrão.

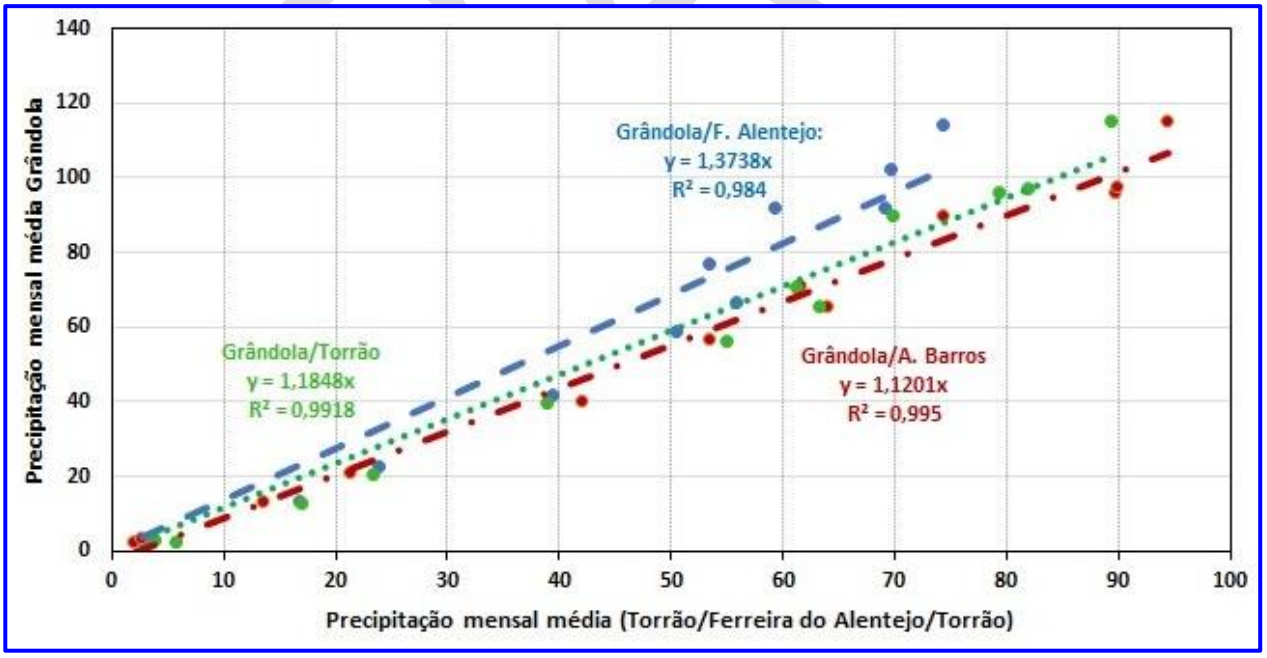


Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Figura 13. Evolução da precipitação média mensal na EC de Grândola no posto udométrico de Ferreira do Alentejo.

Como se pode observar, através das figuras atrás, existe um ajustamento melhor nos postos de Torrão e Azinheira Barros à EC de Grândola no que concerne à evolução mensal da precipitação. Relativamente ao ajustamento entre a EC de Grândola e o posto de Ferreira do Alentejo o ajustamento é menor no semestre húmido, mas bastante aceitável no semestre seco, altura em que serão utilizados os dados registados neste posto udográfico para o preenchimento de falhas.

Face ao que precede foram calculadas as retas de regressão (Figura 14), obtendo-se as respetivas equações de regressão, os coeficientes de determinação (R^2) e os coeficientes de correlação (r), este último obtido através da raiz quadrada de R^2 (Tabela 1).



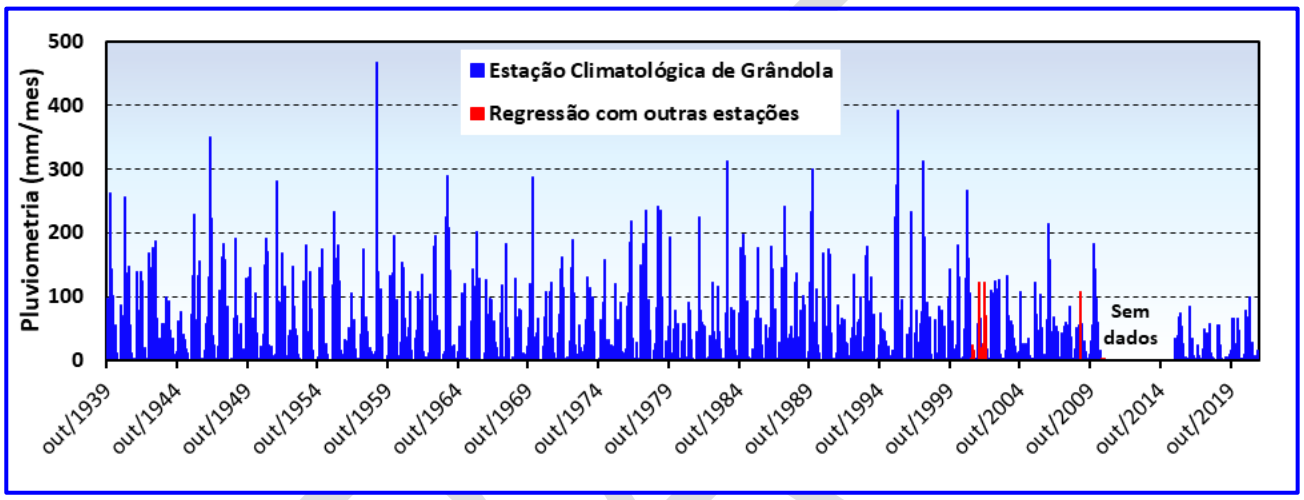
Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Figura 14. Representações gráficas das regressões lineares dos postos de Torrão Azinheira Barros e Ferreira do Alentejo face à EC de Grândola.

Regressão linear	Equação da reta	R^2	r
Torrão/Grândola	y = 1,1848x	0,99180	0,9959
Azinheira Barros/Grândola	y = 1,1201x	0,99953	0,9976
Ferreira do Alentejo/Grândola	y = 1,3738x	0,98400	0.9920

Tabela 1. Equação da reta, coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de correlação (r) obtidos.

Tendo em vista a robustez dos dados de precipitação da EC de Grândola, as falhas de precipitação ali observadas, no ano de 2000, foram preenchidas com os resultados da regressão linear simples Azinheira Barros/Grândola, sendo as falhas de precipitação registadas nos anos de 2001 e 2008 preenchidas com os resultados da regressão linear simples Torrão/Grândola, e as de 2009 com os resultados da regressão linear simples Ferreira do Alentejo/Grândola, os resultados obtidos encontram-se na Figura 15.

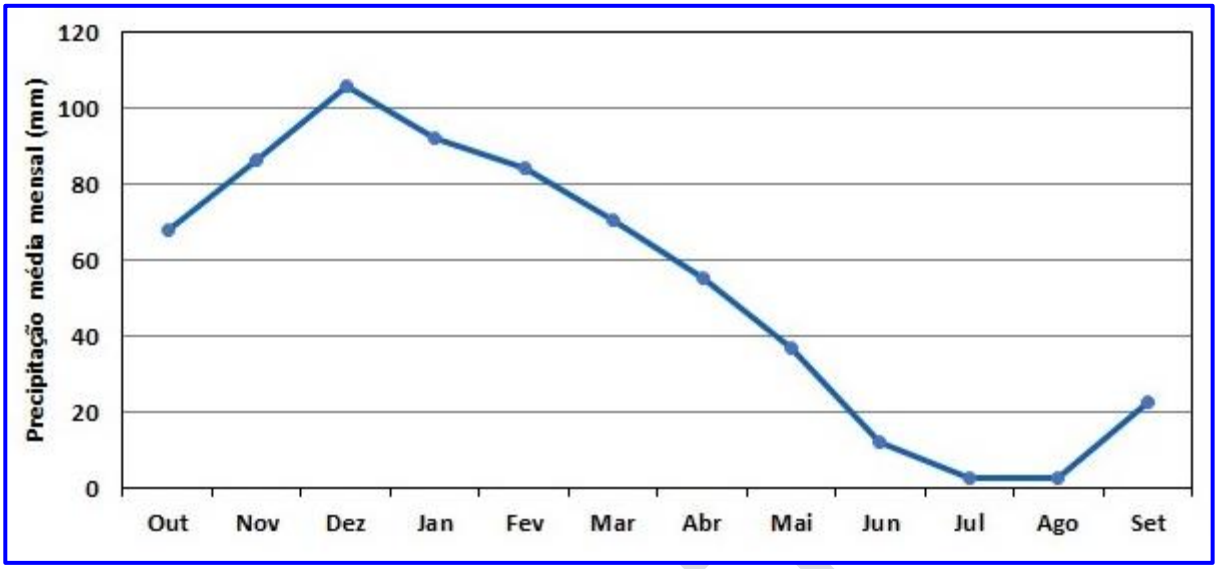


Fonte: APA. Elaboração: FRASA.

Figura 15. Série calculada para a precipitação mensal.

5.1.1.1 Evolução temporal

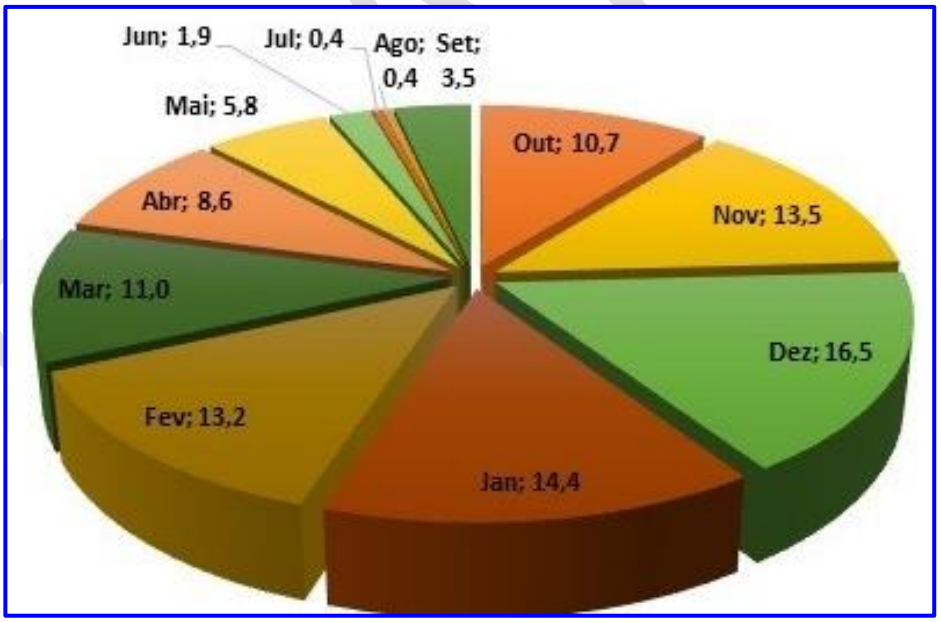
A evolução da precipitação mensal, ao longo do ano, na área de implementação do Projeto é apresentada na Figura 16. Como se pode observar a precipitação é quase nula em julho e agosto, sendo os meses mais chuvosos os de dezembro e janeiro.



Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Figura 16. Evolução da precipitação média mensal, na EC de Grândola. (outubro 1939 - setembro 2020).

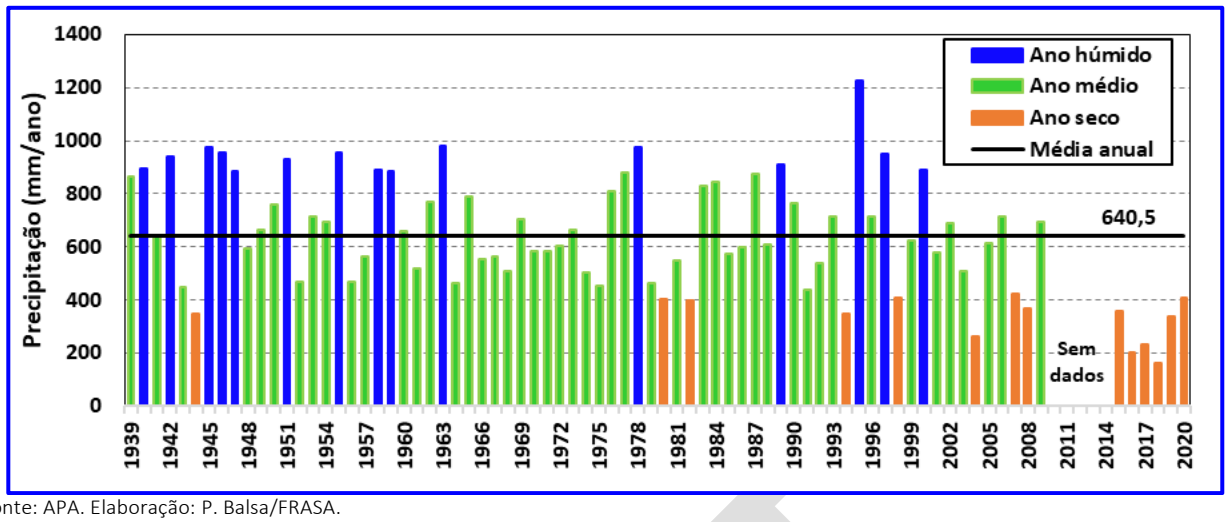
Na Figura 17 apresenta-se a distribuição da precipitação mensal verificando-se que a precipitação ocorrida em dezembro e janeiro totaliza cerca de 31% da precipitação média anual. A precipitação concentra-se sobretudo no semestre húmido (outubro a março), totalizando cerca de 507,7 mm, 79% da precipitação média anual. No semestre seco a precipitação totaliza cerca de 132,8 mm, 21% da precipitação média anual, valor menor do que o verificado no mês mais chuvoso.



Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Figura 17. Distribuição da precipitação média mensal na EC de Grândola.

Na Figura 18, representa-se graficamente a evolução da precipitação anual, para o período de estudo considerado. Como se pode observar verifica-se uma diminuição da ocorrência de anos húmidos e o aumento da ocorrência de anos secos, com particular ênfase nas primeiras décadas do século XXI.



Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa/FRASA.

Figura 18. Precipitação anual na EC de Grândola.

De seguida efetuou-se a caracterização dos anos em secos, médios e húmidos (Tabela 2). Consideraram-se como ano seco e ano húmido os anos com precipitação respetivamente inferior ao valor de percentil 20 e superior ao valor de percentil 80 da série de precipitação ponderada na região hidrográfica. Assim, o ano hidrológico classifica-se como seco, médio ou húmido se a precipitação média anual pertencer aos intervalos de percentis de precipitação de 0% a 20%, de 20% a 80% e de 80% a 100%, respetivamente. A precipitação no ano seco é de 433,1 mm, cerca de 68% da precipitação média anual, sendo a precipitação em ano húmido de 881,7 mm, cerca de 138% da precipitação média anual. O valor mínimo anual da precipitação, 159,7 mm registou-se no ano hidrológico de 2018/2019, tendo o valor máximo anual, 1 227,8 mm, ocorrido no ano de 1995/96.

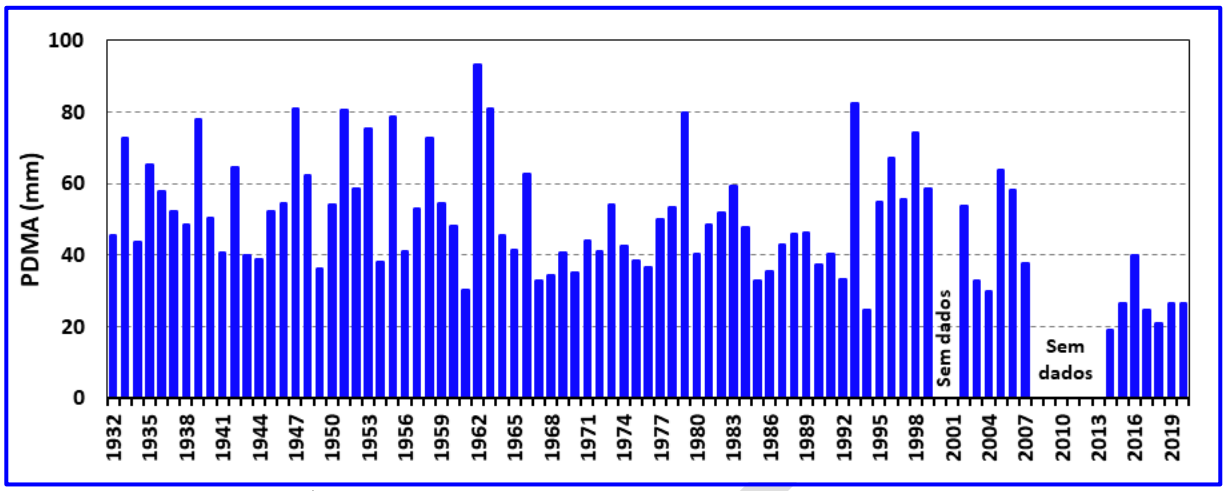
Ano	Precipitação (mm)	N.º de anos	Média
Anos secos (percentil 0% – 20%)	159,7 - 433,1	14	326,0
Anos médios (percentil 20% - 80%)	433,2 – 881,7	49	633,5
Anos húmidos (percentil 80% - 100%)	881,8- 1227,8	15	949,4
Ano de menor precipitação	159,7		
Precipitação anual média	640,5		
Ano de maior precipitação	1227,8		

Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 2. Caracterização da precipitação anual.

5.1.1.2 Precipitação intensa de curta duração

Para caraterização das precipitações de curta duração foram recolhidos os dados disponíveis no sítio da APA, em http://snirh.pt/ . As precipitações diárias máximas anuais (PDMA) obtidas correspondem a 89 anos de observação, de 1932 a 2020, com falhas de observação em oito anos (Figura 19). No (Anexo_A.pdf) apresentam-se os valores da PDMA, realçando-se a amarelo as falhas atrás descritas.



Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa/FRASA.

Figura 19. PDMA observadas na EC de Grândola de 1932 a 2020.

De forma a estimar a precipitação diária máxima anual, para vários períodos de retorno, aplicou-se a distribuição assimptótica de extremos tipo I - Gumbel, apresentando-se os resultados obtidos na Tabela 3.

T (anos)	PDMA (mm)
5	43,2
10	67,8
50	122,1
100	145,0
500	198,0
1000	220,8

Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 3. PDMA para vários períodos de retorno (T).

Para determinação da intensidade de precipitação associada aos períodos atrás descritos, foram utilizadas as curvas IDF (intensidade-duração-frequência), propostas por Brandão, *et al.* (2001) relativas ao posto udográfico de Sines, por ser este o posto que se encontra mais perto da área de implantação do Projeto, com curvas IDF definidas. Nestas curvas estão individualizados três Tramos (Tabela 4), o primeiro válido para uma duração da precipitação entre os 5 min e 30 min, o segundo válido entre 30 min e 6 h e um terceiro válido entre 6h e 48h. As curvas são do tipo $I = aD^b$ (sendo I a intensidade de precipitação em mm/h e D a duração da precipitação em min).

Duração da Precipitação	Parâmetros	Período de retorno (anos)				
		5	10	20	50	100
Entre 5 a 30 min	a	233,04	274,92	315,12	367,17	406,19
	b	-0,546	-0,55	-0,553	-0,556	-0,558
Entre 30 min a 6h	a	416,93	483,3	546,97	629,39	691,15
	b	-0,633	-0,711	-0,709	-0,707	-0,633
Entre 6 a 48h	a	455,06	566,36	675,25	818,37	926,8
	b	-0,733	-0,744	-0,759	-0,759	-0,764

Fonte: Brandão *et al*, (2001). Elaboração: P. Balsa.

Tabela 4. Parâmetros das curvas IDF para vários períodos de retorno e várias durações de precipitação.

Com base nos parâmetros das curvas IDF. atrás descritas. obtiveram-se as intensidades máximas de precipitação para diferentes durações e diferentes períodos de retorno, apresentando-se os resultados obtidos na Tabela 5.

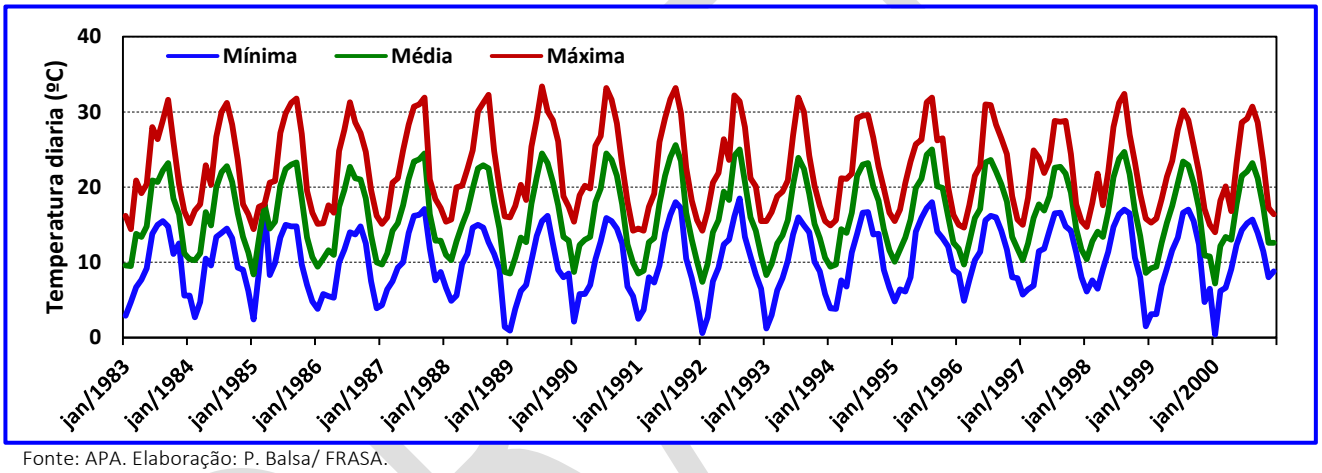
Duração da precipitação	Intensidade da precipitação (mm/h)				
	5	10	20	50	100
30 minutos	36,4	42,3	48,0	55,4	60,9
1 hora	31,2	26,3	30,0	34,8	51,8
2 horas	20,1	16,1	18,4	21,3	33,4
6 horas	10,0	7,4	8,4	9,8	16,7
12 horas	3,7	4,2	4,6	5,5	6,1
24 horas	2,2	2,5	2,7	3,3	3,6

Fonte: Brandão *et* al (2001). Elaboração: P. Balsa.

Tabela 5. Intensidade de precipitação para diferentes durações e diferentes períodos de retorno.

5.1.2 Temperatura

Para caraterização da temperatura do ar na área de implantação do Projeto, foram utilizadas as séries de temperatura, disponibilizadas pela APA e disponíveis em http://snirh.pt/ .As séries disponíveis correspondem a 18 anos de observação, de 1983 a 2000 (Figura 20).No (Anexo A.pdf), apresentam-se os valores da temperatura mínima, média e máxima, recolhidos.



Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa/ FRASA.

Figura 20. Temperaturas mínimas, médias e máximas diárias.

5.1.2.1 Evolução temporal

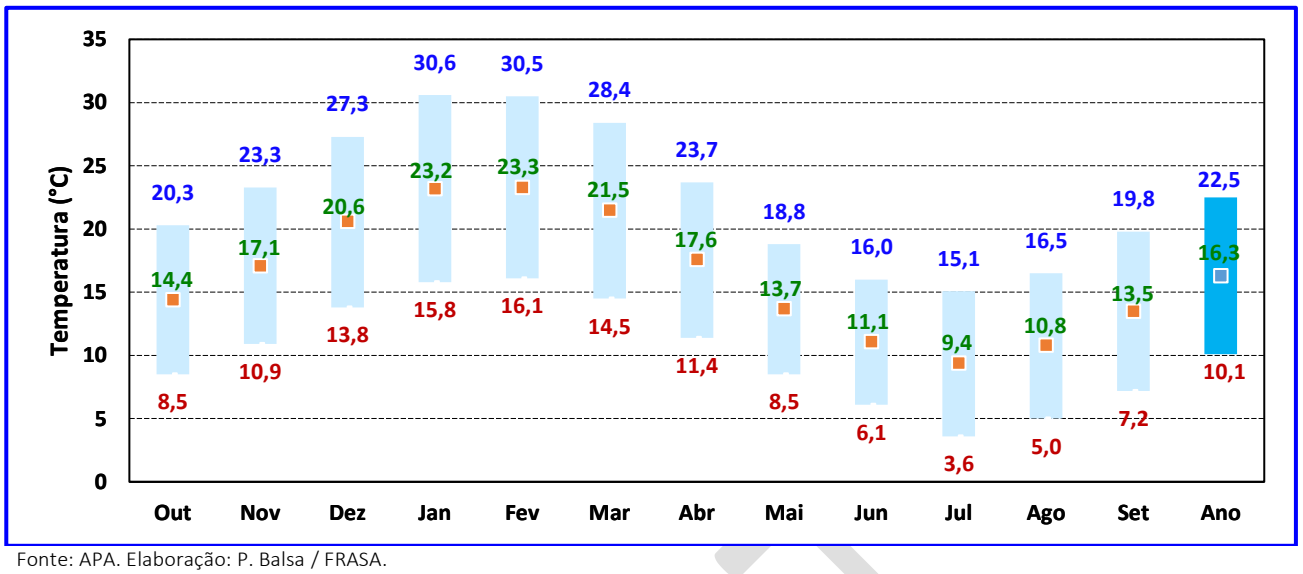
Tabela 6 apresenta-se a variação da temperatura máxima, média, mínima e amplitude térmica média mensal para a EC de Grândola.

Temperatura	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Máxima	15,1	16,5	19,8	20,3	23,3	27,3	30,6	30,5	28,4	23,7	18,8	16,0	22,5
Média	9,4	10,8	13,5	14,4	17,1	20,6	23,2	23,3	21,5	17,6	13,7	11,1	16,3
Mínima	3,6	5,0	7,2	8,5	10,9	13,8	15,8	16,1	14,5	11,4	8,5	6,1	10,1
Amplitude térmica	11,4	11,5	12,6	11,7	12,3	13,5	14,9	14,4	13,9	12,3	10,2	9,9	12,4

Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 6. Variação da temperatura máxima, média, mínima e amplitude térmica média mensal, em ºC, para a EC de Grândola.

Na Figura 21, efetua-se a representação gráfica da variação da temperatura máxima, média e mínima média mensal, em ºC, para a EC de Grândola.



Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa / FRASA.

Figura 21. Variações mensais e anual da temperatura máxima, média e mínima média, em ºC, para a EC de Grândola.

Da observação da Figura 21 verifica-se que a temperatura máxima média mensal varia entre 15,1 °C, em janeiro e 30,6 °C, em julho, variando a temperatura mínima média mensal entre 3,6 °C e 16,1 °C, em janeiro e agosto, respetivamente. A amplitude térmica média mensal varia entre 9,9 °C em dezembro e 14,9 °C em julho. No que diz respeito à temperatura média mensal o ano divide-se em dois semestres, um mais frio, de novembro a abril, em que a temperatura média mensal é inferior à temperatura média anual e um mais quente, de maio a outubro, em que a temperatura média mensal é superior à temperatura média anual. A temperatura média mensal varia entre os valores de 9,4 °C e 23,3 °C, em janeiro e agosto, respetivamente.

5.2 Balanço hídrico

5.2.1 Evaporação e evapotranspiração

Genericamente designa-se por evaporação o processo de passagem da água do estado líquido ao estado gasoso, sendo a evapotranspiração o conjunto de processos de evaporação e transpiração, incluindo a transpiração das plantas, a evaporação a partir de superfícies de água e solos húmidos e a intercetação.

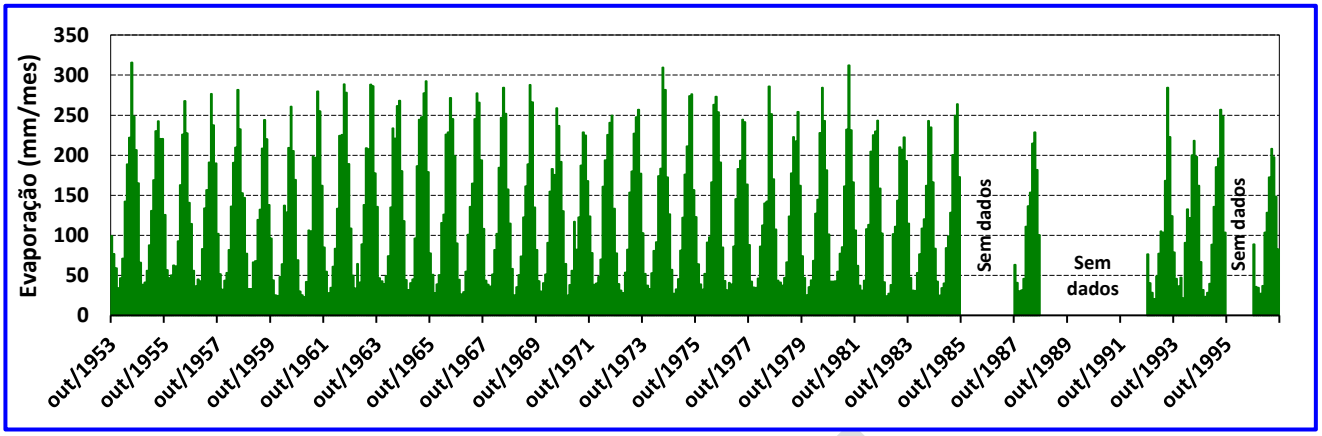
A passagem água do estado líquido ao estado de vapor, ocorre por processos hidrológicos, com consumo de energia de origem solar, sendo a evaporação e a evapotranspiração, usadas para referir quer os processos de transferência de água para a atmosfera, quer as respetivas quantidades, exprimindo-se em altura de água sobre a superfície (mm).

O conceito de evapotranspiração potencial define-se como a quantidade de água que poderá passar para a atmosfera, diretamente ou através das plantas, se a humidade existente no solo estiver sempre disponível em quantidade suficiente,

A evapotranspiração real representa a quantidade de água que efetivamente passa à atmosfera sob a forma de vapor.

5.2.1.1 Evaporação

A EC de Grândola não tem disponíveis dados de evaporação em quantidade e qualidade que permitam efetuar uma análise à evolução desta variável climática. Nesta situação, recorreu-se aos dados de evaporação tina mensal (Figura 22), observados na EC da barragem de Vale do Gaio, disponíveis em http://snirh.pt/ . Os dados recolhidos correspondem a 47 anos de observação, de 1953 a 1999, com falhas em 10 dos anos observados, que se encontram realçadas a amarelo no (Anexo_A.pdf).



Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa / FRASA.

Figura 22. Valores de evaporação tina mensal (mm) observados na EC da barragem de Vale do Gaio.

Tratando-se de valores de evaporação de tina os valores médios mensais encontrados devem ser afetados dos coeficientes aconselhados para Portugal, apresentados na Tabela 7.

Mês	Coeficiente de tina
Out e Nov	0,7
Dez a Mar	0,6
Abr e Mai	0,7
Jun a Set	0,8

Fonte: Universidade Évora.

Tabela 7. Coeficientes de tina.

Desta forma os valores de evaporação média mensal, depois de afetados dos coeficientes de tina, são os constantes da Tabela 8.

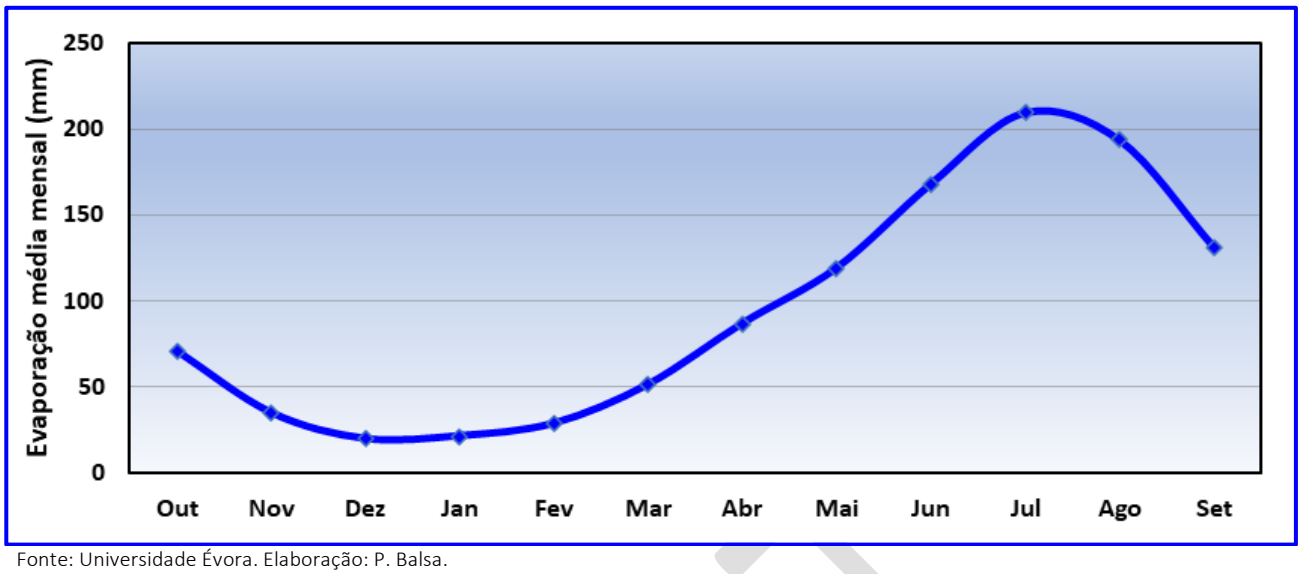
Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
71,0	35,0	19,8	21,5	28,8	51,4	87,0	119,3	168,2	209,6	193,8	131,6	1137,1

Fonte: Universidade Évora. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 8. Evaporação média mensal afetada dos coeficientes de tina.

Na Figura 23 apresenta-se a representação gráfica da evolução da evaporação média mensal. Verifica-se que a evaporação aumenta durante o semestre seco, de abril a setembro, sendo máxima em julho, 209,6 mm, decrescendo no semestre húmido, sendo mínima em dezembro com 19,8 mm.

DRAFT



Fonte: Universidade Évora. Elaboração: P. Balsa.

Figura 23. Evolução da evaporação média mensal.

5.2.1.2 *Evapotranspiração*

O método de Thronthwaite foi escolhido para caracterizar a evapotranspiração potencial de acordo com as especificações técnicas e por permitir a obtenção de uma superfície contínua para a região de uma forma expedita e por estar metodologicamente associada à classificação climática de Thornthwaite. Embora existam metodologias de cálculo mais completas baseadas em balanços energéticos, como a de Penman-Monteith, a aplicação destas metodologias a nível regional implica um grau de conhecimento de condições da área através de variáveis como a radiação solar ou o albedo e a condutividade ou a altura da camada limite, que não se encontram disponíveis com um grau de pormenorização satisfatório. A determinação da evapotranspiração potencial (ETP) em (mm/mês) pelo método de Thornthwaite necessita apenas dos valores médios da temperatura do ar. A evapotranspiração potencial, ETP, em mm, num local do equador (Latitude 0 e 12 horas de luz por dia), durante um mês com trinta dias é dada por:

$$ETP = 16\left(\frac{10T}{I}\right)^{a}$$

Em que: T é a temperatura média (°C), I é o índice térmico anual e a é um valor calculado através da expressão seguinte:

$$a = 0{,}000000675I^3 - 0{,}0000771I^2 + 0{,}01792I + 0{,}49239$$

O índice térmico anual I obtém-se do somatório dos índices térmicos mensais i através da seguinte expressão:

$$\sum_{i=1}^{12}\left(\frac{T_i}{5}\right)^{1{,}514}$$

A evapotranspiração potencial noutro local, obtém-se aplicando um fator corretivo, f , à equação anterior, dependendo esse fator da latitude do local e do número de dias do mês, tal que:

$$ETP = 16\left(\frac{10T}{I}\right)^{a} f$$

Com:

$$f = \frac{N/12 \times N_d}{30}$$

Em que N/12 traduz a insolação astronómica diária em função da latitude expressa em unidades de 12 h de um mês com 30 dias e Nd é o número de dias do mês.

Os valores de N encontram-se tabelados e são correspondentes ao 15º dia de cada mês em função da latitude. Normalmente assume-se que o 15º dia representa a média mensal para N. A área de implantação do projeto encontra-se na latitude 38º N, estando os valores de N, para esta latitude, plasmados nas constantes da Tabela 9.

Latitude	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
38º N	11,1	10,1	9,6	9,9	10,8	12,0	13,2	14,3	14,9	14,5	13,6	12,5

Fonte: Universidade Évora. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 9. Insolação astronómica em função da latitude.

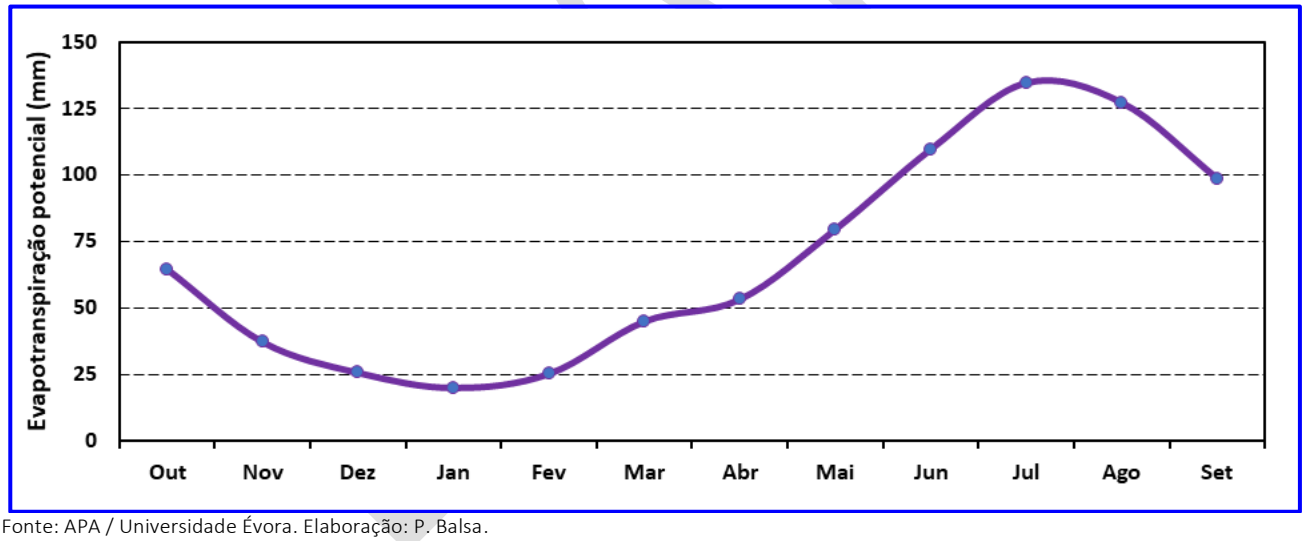
Na Tabela 10 encontram-se vertidos os cálculos da ETP mensal.

Variável	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total	
T	17,6	13,7	11,1	9,4	10,8	13,5	14,4	17,1	20,6	23,2	23,3	21,5		
I	6,7	4,6	3,3	2,6	3,2	4,5	5,0	6,4	8,5	10,2	10,3	9,1	74,4	a=1,677
ETP	67,6	44,3	31,1	23,5	29,9	43,5	48,4	64,6	88,3	107,7	108,5	94,6		
Nd	31	30	31	31	28,25	31	30	31	30	31	31	30		
N	11,1	10,1	9,6	9,9	10,8	12,0	13,2	14,3	14,9	14,5	13,6	12,5		
ETP corr.	64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,3	79,6	109,6	134,5	127,1	98,6	820,5	

Fonte: APA / Universidade Évora. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 10. Cálculo da ETP (valores em mm).

Da análise da Figura 24 verifica-se que a evapotranspiração potencial é menor no semestre húmido, sendo mínima em janeiro (20 mm), aumentando gradualmente no semestre seco, atingindo o máximo em julho, (134,5 mm).



Fonte: APA / Universidade Évora. Elaboração: P. Balsa.

Figura 24. Representação gráfica da evolução mensal da ETP.

5.2.1.3 *Balanço hidrológico*

De acordo com Lencastre e Franco (2006), a técnica mais divulgada da aplicação sequencial do balanço hidrológico é devida a Thorntwaite e Mather, utilizando a seguinte equação:

$$P - (ET + \Delta S_{so}) = R + \Delta S_s + G + \Delta S_{sso}$$

Em que: P é a precipitação; ETe a evapotranspiração efetiva; R o escoamento superficial; G o escoamento subterrâneo; ΔSs, ΔSso e ΔSsso as variações de armazenamento de água, respetivamente, à superfície, no solo arável e no subsolo.

São distinguidos dois intervalos de tempo:

↳ Intervalos com superavit hídrico, SH, em que P ≥ ETP, vindo:

$$SH = P - (ETP + \Delta S_{so});\ (\Delta S_{so} \geq 0)$$

↳ Intervalos com défice hídrico, DH, em que P < ETP, vindo:

$$DH = ETP - ETR;\ (\Delta S_{so} < 0)$$

Um conjunto de intervalos seguidos, com superavit hídrico, define um período húmido, da mesma forma que um conjunto de intervalos seguidos, com défice hídrico, define um período seco.

Durante um período húmido o aumento de armazenamento de água no solo é igual ao excesso da precipitação sobre a evapotranspiração, ΔSso = P - ETP. Até ao limite da capacidade utilizável do solo, Sso = nu, em que nu representa a capacidade utilizável do solo. Ao longo do período seco a diminuição do armazenamento não é linear, sendo obtido pela seguinte expressão proposta por Thorntwaite e Mather:

$$SS_{so} = n_u\, e^{\left(\frac{L}{n_u}\right)}$$

Em que Sso é o armazenamento de água que fica num solo de capacidade utilizável nu, quando sujeito a uma perda potencial de água, L.

Esta perda é obtida em cada intervalo de tempo do período seco, em que P < ETP, por:

$$L_{(i)} = \sum_{j=1}^{i}[P(j) - ETP(j)];\ (L<0)$$

Em que i é o número de ordem do intervalo em causa, desde o início do período seco, e j o de qualquer intervalo do mesmo período seco.

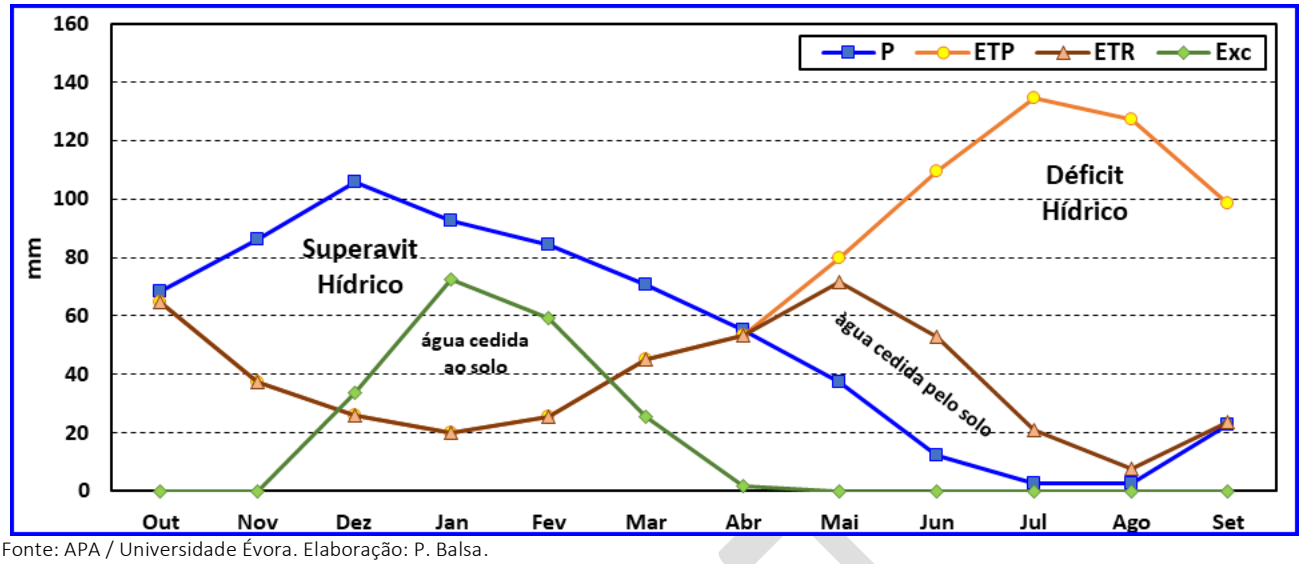
Na Tabela 11, apresentam-se os valores utilizados e obtidos, referindo-se que se utilizaram os valores médios da precipitação, na execução do balanço hídrico sequencial, considerando uma capacidade utilizável do solo de 100 mm, sujeito às condições meteorológicas mensais médias, anteriormente referidas.

Parâmetros (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
P	68,2	86,2	105,8	92,5	84,3	70,6	55,2	37,1	12,2	2,9	2,7	22,7	640,5
ETP	64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,3	79,6	109,6	134,5	127,1	98,6	820,5
P-ETP	3,6	49,0	80,1	72,5	59,0	25,6	1,9	-42,5	-97,3	-131,7	-124,4	-75,9	-180,0
L	-	-	-	-	-	-	-	-42,5	-139,8	-271,5	-395,8	-471,7	-417,7
S_{so}	4,5	53,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	65,4	24,7	6,6	1,9	0,9	-
ΔS_{so}	3,6	49,0	46,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-34,6	-40,7	-18,1	-4,7	-1,0	0,0
ETR	64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,3	71,7	52,9	20,9	7,4	23,7	448,0
Def	-	-	-	-	-	-	-	7,9	56,6	113,6	119,6	74,8	372,5
Exc	-	-	33,5	72,5	59,0	25,6	1,9	-	-	-	-	-	192,6

Fonte: APA / Universidade Évora. Elaboração: P. Balsa

Tabela 11. Balanço hidrológico sequencial mensal.

Na Figura 25 verifica-se a existência de um período húmido (SH) a partir de outubro, altura em que ETP = ETR. Em outubro e novembro, o excesso P -ETP, não é ainda suficiente para repor o armazenamento da água no solo ao nível da capacidade utilizável, sendo nulo o valor do SH. A partir de dezembro, dado o preenchimento que da capacidade utilizável já valor de SH o qual passa a ser igual ao excesso P - ETP, situação que se mantém até ao final do período húmido, em abril. Por outro lado, verifica-se também a existência de um período seco, com défice hídrico (DH), de maio a setembro.



Fonte: APA / Universidade Évora. Elaboração: P. Balsa.

Figura 25. Balanço hidrológico sequencial mensal.

5.3 Caraterização climática

Para a caraterização climática, foram estabelecidos os índices de aridez (I_a), humidade (I_u) e hídrico (I_h), com base nos valores anuais médios do défice hídrico (DH), do superavit hídrico (SH), e da evapotranspiração potencial (ETP), de acordo com as seguintes expressões:

$$I_a = \frac{DH}{ETP}$$

$$I_u = \frac{SH}{ETP}$$

$$I_h = I_u - 0{,}6I_a$$

Os valores obtidos são os seguintes:

- Ia = 43%
- Iu = 21%
- Ih = -5%

A partir dos valores obtidos para cada índice é estabelecida a seguinte classificação climática:

↳ Classificação pelo índice hídrico

$I_h \geq$	100%	A - Super-húmido
90% ≤ I_h <	100%	B_4 - Muito húmido
60% ≤ I_h <	80%	B_3 - Húmido
40% ≤ I_h <	60%	B_2 - Moderadamente húmido
20% ≤ I_h <	40%	B_1 - Pouco húmido
0% ≤ I_h <	20%	C_2 - Sub-húmido húmido
- 20% ≤ I_h <	0%	C_1 - Sub-húmido seco
-40% ≤ I_h <	- 20%	D– Semi-árido
-60% ≤ I_h <	- 40%	E - Árido

↳ Classificação pelos índices de aridez e humidade:

Os climas húmidos e os climas secos e áridos podem ainda ser classificados pelos valores, respetivamente, pelo índice de aridez e do índice de humidade, de acordo com a seguinte classificação:

↳ Climas húmidos (A, B e C2)

0,0% < I_a ≤	16,7%	r - DH nulo ou pequeno, no ano
16,7% < I_a ≤	33,3%	s - DH moderado, no verão
16,7 < I_a ≤	33,3%	w - DH moderado, no inverno
I_a >	33,3%	s_2 - DH grande, no Verão
I_a >	33,3%	w_2 - DH grande, no Inverno

↳ Climas secos e áridos (C1, De e E)

0,0% < I_u ≤	10%	r - DH nulo ou pequeno, no ano
10% < I_u ≤	20%	s - DH moderado, no verão
10% < I_u ≤	20%	w - DH moderado, no inverno
I_u >	20%	s_2 - DH grande, no Verão
I_u >	20%	w_2 - DH grande, no Inverno

Face ao que precede e com base nos valores obtidos para cada um dos índices a classificação pelo índice hídrico: C1 - **Sub-húmido seco** e de acordo com o índice de humidade S2 **com défice hídrico grande, no verão**.

5.3.1 Chuva útil

O escoamento direto, ou seja, o escoamento superficial, que atinge a rede hidrográfica caminhando sobre a superfície do terreno, junto com a infiltração, é conhecida como chuva útil, isto é, resulta da fração da precipitação que, depois de satisfeitos os processos de evaporação e retenção superficial na bacia, chega à rede hidrográfica. Com base neste pressuposto teórico e nos cálculos anteriormente efetuados realiza-se o cálculo do escoamento superficial.

5.3.2 Hidrologia e escoamento superficial

O escoamento superficial será determinado a partir do balanço hidrológico mensal.

DRAFT

Para efeitos comparativos será utilizado o método de regressão precipitação/escoamento proposto por Quintela, o qual utiliza curvas de regressão precipitação/escoamento, com curvas elaboradas com base na temperatura média anual e no tipo de solo.

De acordo com Lencastre e Franco (2006) o superavit hídrico corresponde a:

$$SH = R + \Delta S_s + G + \Delta S_{sso}$$

Ainda acordo com Lencastre e Franco (2006), em bacias com certa dimensão, em que o escoamento subterrâneo para fora da bacia, G, seja pouco significativo, Thorntwaite e Mather (Tabela 12) sugerem que se considere em cada mês cerca de metade do conjunto [SH (mês) + S_s +S_{sso} (mês anterior)] se traduzirá por escoamento superficial, R, na secção de saída e a outra metade ficará armazenada na bacia, à superfície ou no subsolo, até ao mês seguinte, permitindo a aplicação desta regra a determinação de valores mensais de escoamento de superfície, R, a partir dos valores do superavit, SH.

Parâmetros (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
Exc	0,0	0,0	15,0	72,5	59,0	25,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	174,1
R+S_{s+Sso}	0,6	0,3	15,0	80,0	99,0	75,1	39,5	19,7	9,9	4,9	2,5	1,2	347,8
R	0,3	0,2	7,5	40,0	49,5	37,6	19,7	10,0	5,0	2,5	1,2	0,6	174,1
S_{s+Sso}	0,3	0,2	7,5	40,0	49,5	37,6	19,7	9,9	4,9	2,5	1,2	0,6	173,9
ΔS_{s+Sso}	-0,3	-0,2	7,5	32,5	9,5	-11,9	-17,8	-10,0	-5,0	-2,5	-1,2	-0,6	0,0

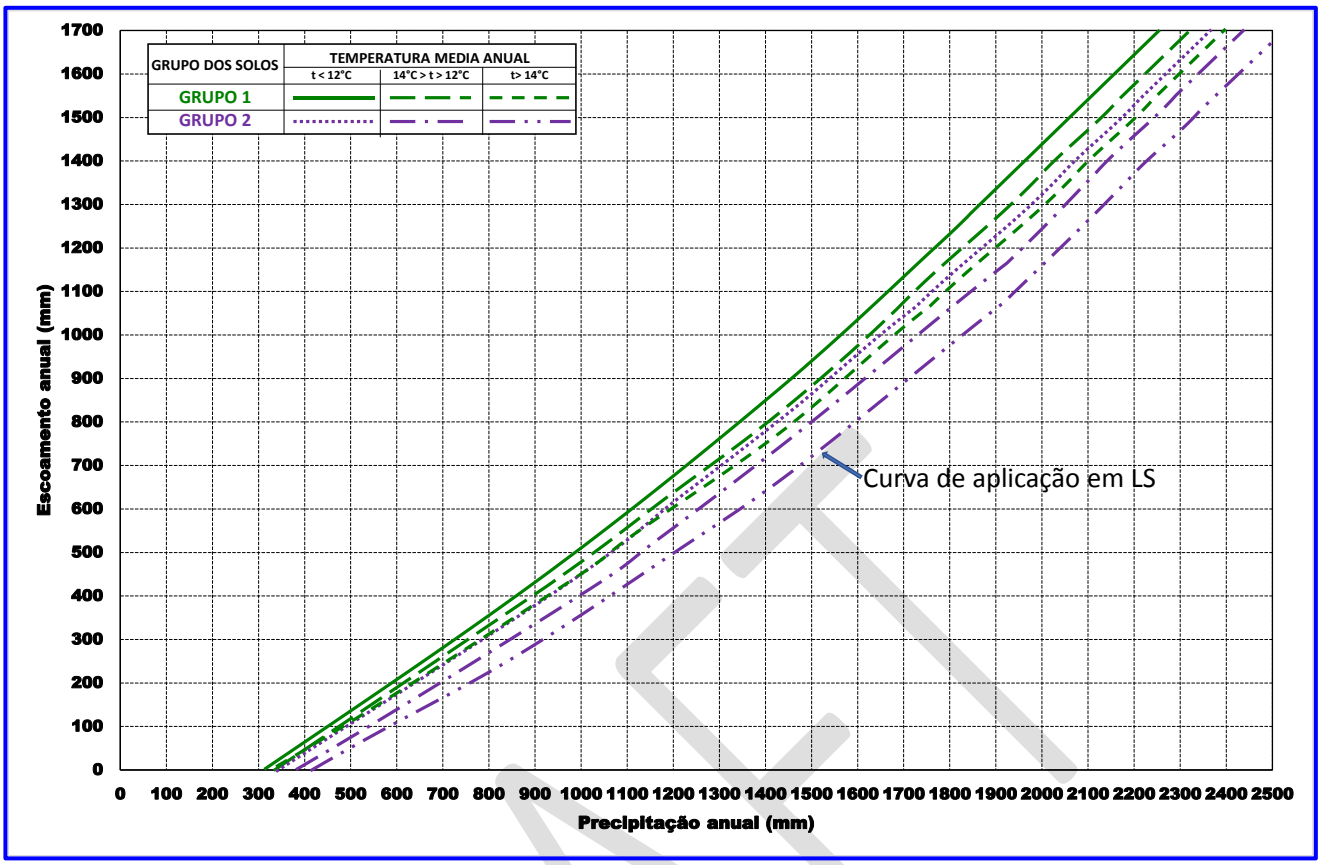
Fonte: Thorntwaite e Mather. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 12. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather ao balanço hidrológico sequencial mensal.

Para efeitos comparativos efetua-se a determinação do escoamento superficial através do método proposto por Quintela (1984).

Na envolvente da área de implantação do Projeto não existem quaisquer registos hidrométricos que permitam desenvolver modelos estatísticos das afluências mensais ou modelos de regressão que relacionem precipitações e escoamentos. Contudo, é absolutamente necessário dispor de valores de afluências mensais para fazer o estudo criterioso do escoamento superficial. Por outro lado, o eventual recurso a registos de escoamento em bacias próximas é impraticável, pela exiguidade dos dados disponíveis e por diferenças de escala. Para tentar solucionar este problema, recorreu-se à análise de regressão escoamento/precipitação proposta por Quintela (1984) (Figura 26), em função da temperatura média anual e do grupo de solos existentes, que permite obter os valores do escoamento útil afluente à secção de referência em estudo, em termos anuais.

DRAFT

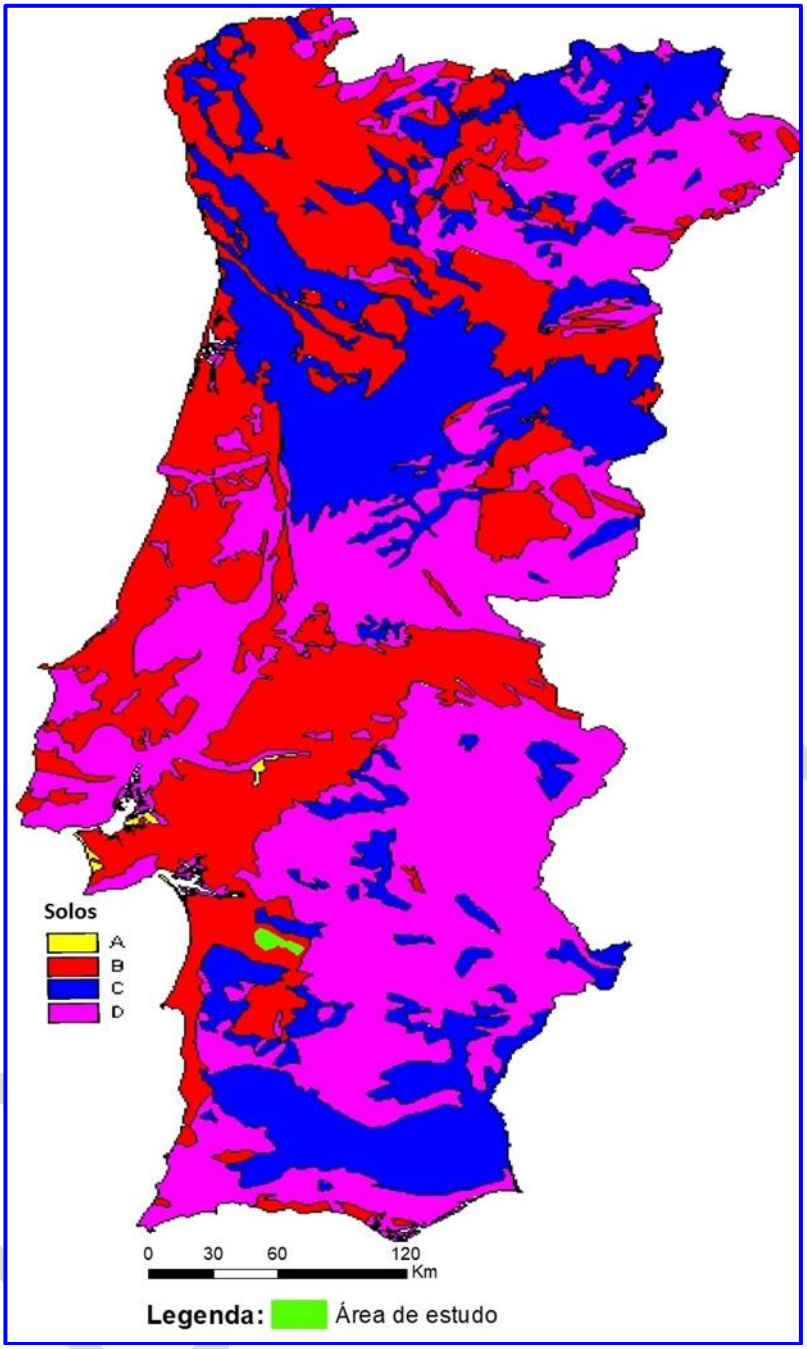


Fonte: Adaptado de Quintela (1984).

Figura 26. Relações médias em Portugal entre o escoamento anual e a precipitação anual.

De acordo com a Figura 27 na área de estudo os solos são do *tipo B* –potencial de escoamento superficial abaixo da média - solos com intensidades de infiltração moderadas, quando completamente humedecidos. Incluem principalmente solos medianamente profundos, com textura moderadamente fina e moderadamente grosseira, e medianamente drenados. Estes solos possuem uma permeabilidade média. Nesta conformidade, o grupo de solos a considerar, segundo Quintela (1984)[2], será o *grupo 2* - grupo de solos dando origem a escoamento anual de médio a baixo.

[2] Quintela, A.C, 1984.Curso Internacional de Hidrologia Operativa, Vol. II. DGRAH.



Fonte: Lencastre & Franco (2006).

Figura 27. Carta dos solos de Portugal Continental classificados pelas suas características hidrológicas.

De acordo com as séries de temperatura constantes da Tabela 6, a temperatura média mensal na área de estudo é de 16,3ºC. Desta forma a curva a utilizar é a que corresponde ao tipo de solos 2, e temperatura superior a 14ºC.

Nesta conformidade, obtiveram-se os dados de escoamento anual, para ano considerado como seco, medio, húmido, e os de menor e maior precipitação, constantes da Tabela 13.

Ano	Precipitação (mm)	Escoamento (mm)
Seco	<433,1	<0
Médio	640,5	134,8
Húmido	>881,7	>265,7
Maior	1227,8	480,0
Menor	159,70	0

Fonte: Adaptado de Quintela (1984). Elaboração: P. Balsa.

Tabela 13. Valores de escoamento em ano seco, médio e húmido.

5.4 Balanço hidrológico para diferentes capacidades utilizáveis do solo

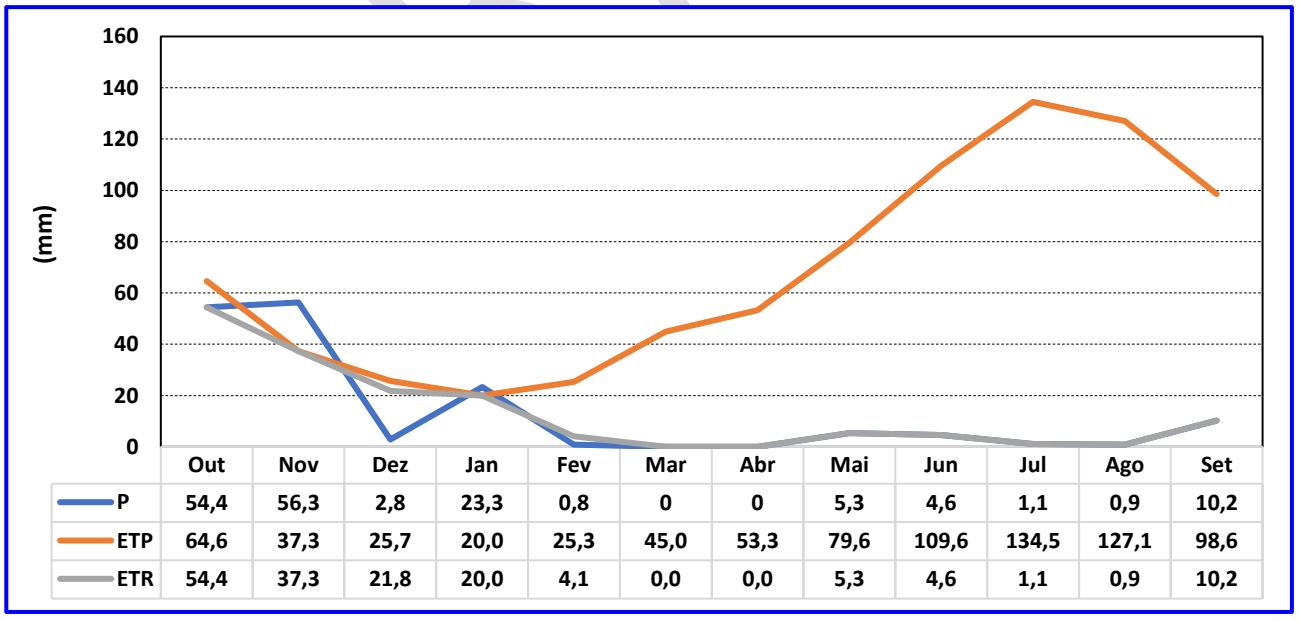
5.4.1 Ano de menor precipitação

Para o ano que registou a menor precipitação (159,7 mm em 2018/19) a amplitude de variação, para diferentes capacidades de armazenamento efetua-se de seguida o balanço o balanço hidrológico sequencial mensal (Tabela 14), utilizando para o efeito os dados de precipitação reais recolhidos.

Variáveis (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
P	54,4	56,3	2,8	23,3	0,8	0	0	5,3	4,6	1,1	0,9	10,2	159,7
ETP	64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,3	79,6	109,6	134,5	127,1	98,6	820,5
P-ETP	-10,2	19,0	-22,9	3,3	-24,5	-45,0	-53,3	-74,3	-105,0	-133,4	-126,2	-88,4	-660,8
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-468,4
Sso	0,0	19,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ΔSso	0,0	19,0	-19,0	3,3	-3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	54,4	37,3	21,8	20,0	4,1	0,0	0,0	5,3	4,6	1,1	0,9	10,2	159,7
Def	10,2	0,0	3,9	0,0	21,2	45,0	53,3	74,3	105,0	133,4	126,2	88,4	660,8
Exc		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 14. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidades utilizáveis do solo de 80 e120 mm no ano de menor precipitação (2018/19).



Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Figura 28. Representação gráfica do balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 80 e 120 mm, no ano de menor precipitação (2018/19).

Da análise da Figura 28 e da Tabela 14, verifica-se que, no ano mínimo apenas nos meses de janeiro e novembro ocorre precipitação superior à evapotranspiração potencial, não sendo suficiente para repor água no solo até à sua capacidade utilizável, seja ela de 80 ou 120 mm. Nos restantes meses em que ocorre precipitação a mesma é esgotada pela evapotranspiração. Assiste-se, portanto, à existência de um período seco ao longo de todo o ano.

5.4.2 Ano de precipitação média

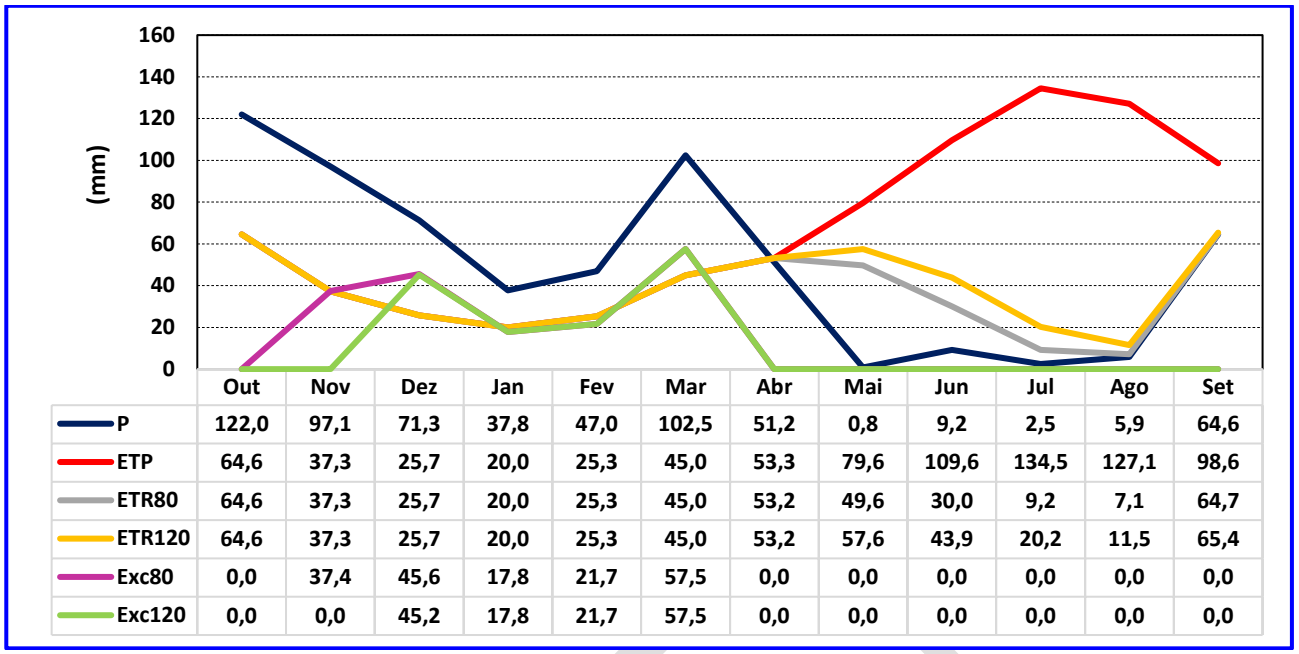
Para o ano de precipitação média (obtido do somatório das médias mensais das precipitações reais) a amplitude de variação, para diferentes capacidades de armazenamento efetua-se de seguida o balanço o balanço hidrológico sequencial mensal (Tabela 15), utilizando para o efeito os dados de precipitação reais recolhidos.

Variáveis (mm)		Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
P		122,0	97,1	71,3	37,8	47,0	102,5	51,2	0,8	9,2	2,5	5,9	64,6	611,9
ETP		64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,3	79,6	109,6	134,5	127,1	98,6	820,5
P-ETP		57,4	59,8	45,6	17,8	21,7	57,5	-2,1	-78,8	-100,4	-132,0	-121,2	-34,0	-208,6
L	80	-55,2	-22,3	-22,3	0,0	0,0	0,0	-2,1	-80,8	-181,2	-313,3	-434,4	-468,4	-468,4
	120	-51,4	17,9	18,2	0,0	0,0	0,0	-2,1	-80,8	-181,2	-313,3	-434,4	-468,4	-468,4
Sso	80	57,6	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	78,0	29,1	8,3	1,6	0,4	0,2	
	120	59,8	119,6	120,0	120,0	120,0	120,0	118,0	61,2	26,5	8,8	3,2	2,4	
Δsso	80	57,4	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,0	-48,8	-20,8	-6,7	-1,2	-0,1	0,0
	120	57,4	59,8	0,4	0,0	0,0	0,0	-2,0	-56,8	-34,7	-17,7	-5,6	-0,8	0,0
ETR	80	64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,2	49,6	30,0	9,2	7,1	64,7	431,9
	120	64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,2	57,6	43,9	20,2	11,5	65,4	469,7
Def	80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,9	79,6	125,3	119,9	33,8	388,6
	120	-	-	-	-	-	-	-	22,0	65,7	114,3	115,6	33,2	350,8
Exc	80	-	37,4	45,6	17,8	21,7	57,5	-	-	-	-	-	-	180,1
	120	-	-	45,2	17,8	21,7	57,5	-	-	-	-	-	-	142,3

Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 15. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm, para ano médio.

DRAFT



	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
P	122,0	97,1	71,3	37,8	47,0	102,5	51,2	0,8	9,2	2,5	5,9	64,6
ETP	64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,3	79,6	109,6	134,5	127,1	98,6
ETR80	64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,2	49,6	30,0	9,2	7,1	64,7
ETR120	64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,2	57,6	43,9	20,2	11,5	65,4
Exc80	0,0	37,4	45,6	17,8	21,7	57,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Exc120	0,0	0,0	45,2	17,8	21,7	57,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Figura 29. Valores balanço hidrológico sequencial mensal para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm, para ano médio.

Da análise da Figura 29 e da Tabela 15, verifica-se que, considerando capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm, existe um superavit hídrico, no período húmido de novembro a março, com cedência de água ao solo, de 180,1 e 142,3 mm em termos anuais. Por outro lado, existe um défice hídrico anual de 388,6 e 350,8 mm em que o solo cede água para a evapotranspiração real de maio a setembro.

5.4.3 Ano de maior precipitação

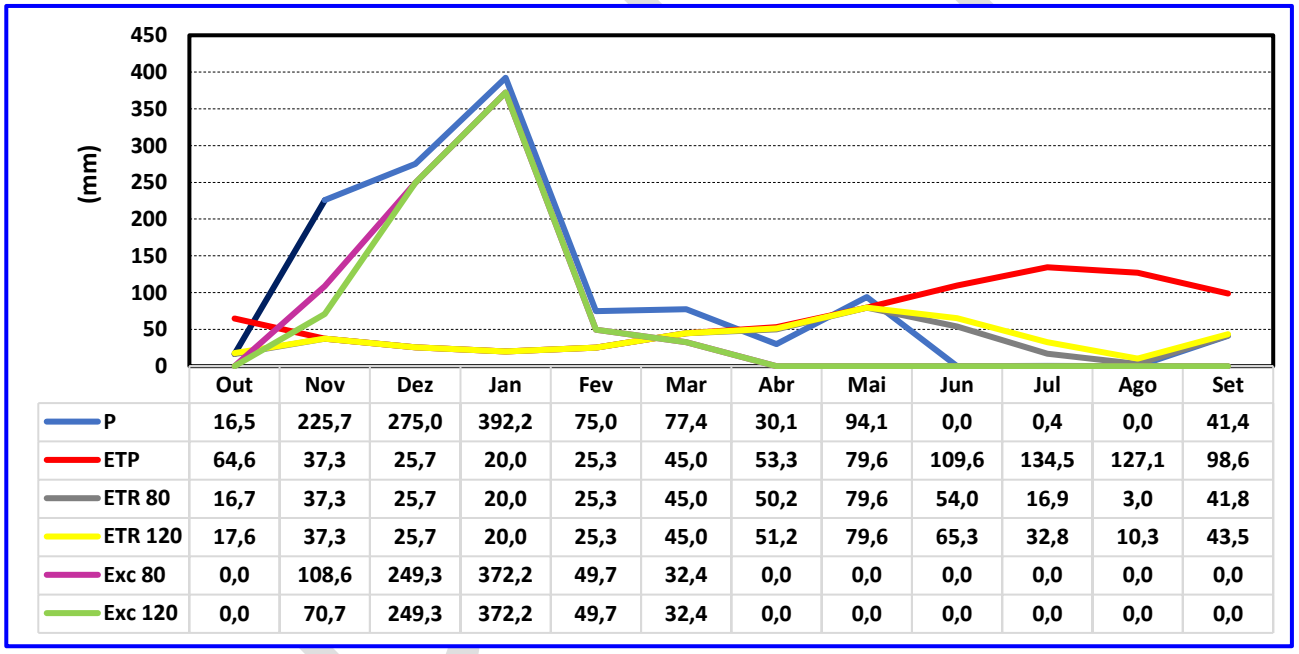
O limite de armazenamento da humidade do solo é um valor calibrável para cada caso em função da capacidade do solo para armazenar água. Thornthwaite, na conceção base do modelo, admitiu um solo genérico com capacidade de armazenamento igual a 100 mm. Neste contexto, e para delimitar a amplitude de variação, para diferentes capacidades de armazenamento (80 e 120 mm) efetua-se de seguida o balanço hidrológico sequencial mensal (Tabela 16), para o ano de maior precipitação (1995/96), utilizando para o efeito os dados de precipitação reais recolhidos.

DRAFT

Variáveis (mm)		Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
P		16,5	225,7	275,0	392,2	75,0	77,4	30,1	94,1	0,0	0,4	0,0	41,4	1 227,8
ETP		64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,3	79,6	109,6	134,5	127,1	98,6	820,5
P-ETP		-48,1	188,4	249,3	372,2	49,7	32,4	-23,2	14,5	-109,6	-134,1	-127,1	-57,2	407,3
L	80	-476,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-23,2	0,0	-109,6	-243,7	-370,8	-428,0	-1 653
	120	-476,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-23,2	0,0	-109,6	-243,7	-370,8	-428,0	-1 651
Sso	80	0,2	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	59,9	74,4	20,3	3,8	0,8	0,4	
	120	2,3	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	98,9	113,4	48,1	15,7	5,5	3,4	
Δsso	80	-0,2	79,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-20,1	14,5	-54,0	-16,5	-3,0	-0,4	
	120	-1,1	117,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-21,1	14,5	-65,3	-32,4	-10,3	-2,1	
ETR	80	16,7	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	50,2	79,6	54,0	16,9	3,0	41,8	415,6
	120	17,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	51,2	79,6	65,3	32,8	10,3	43,5	453,5
Def	80	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	55,5	117,6	124,1	56,8	404,9
	120	47,0	-	-	-	-	-	2,1	-	44,3	101,7	116,8	55,1	366,9
Exc	80	-	108,6	249,3	372,2	49,7	32,4	-	-	-	-	-	-	812,3
	120	-	70,7	249,3	372,2	49,7	32,4	-	-	-	-	-	-	774,3

Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 16. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm no ano de maior precipitação (1995/96).



	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
P	16,5	225,7	275,0	392,2	75,0	77,4	30,1	94,1	0,0	0,4	0,0	41,4
ETP	64,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	53,3	79,6	109,6	134,5	127,1	98,6
ETR 80	16,7	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	50,2	79,6	54,0	16,9	3,0	41,8
ETR 120	17,6	37,3	25,7	20,0	25,3	45,0	51,2	79,6	65,3	32,8	10,3	43,5
Exc 80	0,0	108,6	249,3	372,2	49,7	32,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Exc 120	0,0	70,7	249,3	372,2	49,7	32,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Figura 30. Comparação dos valores do balanço hidrológico sequencial mensal para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm no ano de maior precipitação (1995/96).

Da análise da Figura 30 e da Tabela 16, verifica-se que, considerando a capacidade utilizável do solo de 80 mm, existe um superavit hídrico, no período húmido de novembro a março, com cedência de água ao solo, de 812,3 mm em termos anuais. Por outro lado, existe um défice hídrico anual de 404,9 mm em que o solo cede água para a evapotranspiração real de maio a setembro

Também, considerando a capacidade utilizável do solo de 120 mm, verifica-se que existe um superavit hídrico, no período húmido de novembro a março, com cedência de água ao solo, de 774,3 mm em termos anuais. Por outro lado, existe um défice hídrico anual de 366,9 mm em que o solo cede água para a evapotranspiração real de maio a setembro.

5.5 Escoamento superficial para diferentes capacidades de campo

Após ter sido determinado o valor do excedente para as tipologias anuais e para capacidades utilizáveis do solo de 80 mm e 120 mm, apresenta-se de seguida a determinação do escoamento superficial, para o ano medio calculado e o ano de maior precipitação. No que concerne ao ano de menor precipitação verifica-se que não ocorre escoamento superficial anual em conformidade com os dados vertidos na Tabela 14.

Considerando os valores para o excedente no ano médio calculado (Tabela 15) e os valores plasmados na Tabela 17, verifica-se que o escoamento superficial anual é 142,2 mm considerando uma capacidade utilizável do solo de 80 mm e de 180,0 mm, para uma capacidade utilizável do solo de 120 mm.

Variáveis (mm)		Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
Exc	80	0,0	0,0	45,2	17,8	21,7	57,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	142,2
	120	0,0	37,4	45,6	17,8	21,7	57,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	180,0
R	80	0,3	0,2	22,6	20,2	20,9	39,2	19,6	9,8	4,9	2,500	1,300	0,613	142,2
	120	0,3	18,7	32,2	25,1	23,4	40,5	20,2	10,2	5,1	2,5	1,3	0,6	180,0
Ss+Sso	80	0,3	0,2	22,6	20,2	20,9	39,2	19,6	9,8	4,9	2,5	1,1	0,6	141,9
	120	0,3	18,7	32,2	25,0	23,2	40,4	20,1	10,0	5,1	2,5	1,3	0,6	179,3
ΔSs+Sso	80	-0,3	-0,2	22,6	-2,4	0,7	18,3	-19,6	-9,8	-4,9	-2,5	-1,3	-0,6	0,1
	120	-0,3	18,7	13,5	-7,3	-1,7	17,0	-20,2	-10,2	-5,1	-2,5	-1,3	-0,6	0,0
R+Ss+Sso	80	0,6	0,3	45,2	40,4	41,9	78,5	39,2	19,6	9,8	4,9	2,5	1,2	284,1
	120	0,6	37,4	64,3	49,9	46,7	80,9	40,4	20,2	10,1	5,1	2,5	1,3	359,3

Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 17 Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 15, para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm, no ano de precipitação média.

Como e apresentado na Tabela 18, no ano de maior precipitação, considerando o excedente expresso na Tabela 16, para uma capacidade utilizável de solo de 80 mm o escoamento superficial anual é de 812,3 mm e de 774,3 mm para uma capacidade utilizável do solo de 120 mm.

Variáveis (mm)		Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
Exc	80	0,0	108,6	249,3	372,2	49,7	32,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	812,3
	120	0,0	70,7	249,3	372,2	49,7	32,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	774,3
R	80	0,8	54,4	151,8	262,0	155,9	94,1	47,2	23,6	11,9	6,0	3,0	1,6	812,3
	120	0,7	35,7	142,5	257,4	153,5	93,0	46,5	23,2	11,6	5,8	2,9	1,5	774,3
Ss+Sso	80	0,7	54,3	151,8	262,0	155,7	94,0	47,0	23,4	11,8	5,8	2,8	1,4	810,7
	120	0,8	35,7	142,5	257,4	153,5	93,0	46,5	23,2	11,6	5,8	2,9	1,5	774,4
ΔSs+Sso	80	-0,8	54,2	97,5	110,2	-106,2	-61,7	-47,2	-23,6	-11,9	-6,0	-3,0	-1,6	0,0
	120	-0,7	35,0	106,8	114,8	-103,8	-60,5	-46,5	-23,2	-11,6	-5,8	-2,9	-1,5	0,0
R+Ss+Sso	80	1,5	108,6	303,6	524,0	311,7	188,3	94,1	47,1	23,5	11,8	5,9	2,9	1623,0
	120	1,5	71,4	285,0	514,7	307,0	186,0	93,0	46,5	23,2	11,6	5,8	2,9	1548,7

Fonte: APA. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 18. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 16, para capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm, no ano de maior precipitação (1995/96).

5.5.1 Infiltração

A infiltração obtida para ano húmido, médio e seco e para as capacidades do solo de 80 e 120 mm, constantes das Tabela 17 e Tabela 18 que corresponde à parcela Ss+Sso, uma vez que o volume de água armazenado à superfície tende assintoticamente para zero para o período de um ano, já que não é possível, nesta fase, depressões marcantes no terreno, apresentando-se na Tabela 19 o resumo dos valores constantes das tabelas anteriores.

Infiltração (mm)	n_u	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
Máximo	80	262,0	155,7	94,0	47,0	23,4	11,8	5,8	2,8	1,4	0,7	54,3	151,8	810,7
	120	0,8	35,7	142,5	257,4	153,5	93,0	46,5	23,2	11,6	5,8	2,9	1,5	774,4
Médio	80	0,3	18,7	32,2	25,0	23,2	40,4	20,1	10,0	5,1	2,5	1,3	0,6	179,3
	120	0,3	0,2	22,6	20,2	20,9	39,2	19,6	9,8	4,9	2,5	1,1	0,6	141,9

Fonte: Tabela 17 e Tabela 18. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 19. Valores de infiltração, para ano máximo e ano médio.

Da observação da Tabela 19 e considerando que a precipitação no ano máximo é de 1.228 mm e em ano médio de 612 mm verifica-se que a percentagem de infiltração oscila entre os 66 % para n_u = 80 mm, e 63% para n_u = 120 mm, em ano húmido, e oscila entre 29% para n_u = 80 mm e 23% para n_u = 120 mm, em ano médio, relativamente à precipitação verificada. No ano mínimo, como referido anteriormente, não existe qualquer escoamento, não ocorrendo reposição do armazenamento até à capacidade útil do solo e, consequentemente, infiltração para os horizontes aquíferos mais profundos do solo.

5.6 Alterações climáticas

O Portal do Clima disponível em linha em http://portaldoclima.pt elabora vários cenários futuros relativamente à evolução, entre outros, da temperatura máxima e da precipitação até ao final do século XXI para as estações meteorológicas/climatológicas do IPMA instaladas nas capitais de Distrito. Considerando a vulnerabilidade do nosso país e da zona em questão, à diminuição da precipitação média anual e ao aumento da temperatura média anual, em especial da máxima (com consequências ao nível da evaporação e da evapotranspiração), perspetivando-se o aumento da frequência e intensidade das secas, efetuar-se-á uma análise da evolução da média da temperatura máxima mensal e da precipitação. A análise incidirá na estação meteorológica instalada em Setúbal, utilizando os registos históricos de 1971 a 2000 para comparação com os dados modelados para 2011-2040 (Futuro próximo) e 2041-2070 (Futuro intermédio), considerando o cenário RCP 4.5, menos restritivo e o cenário mais restritivo RCP 8.5.

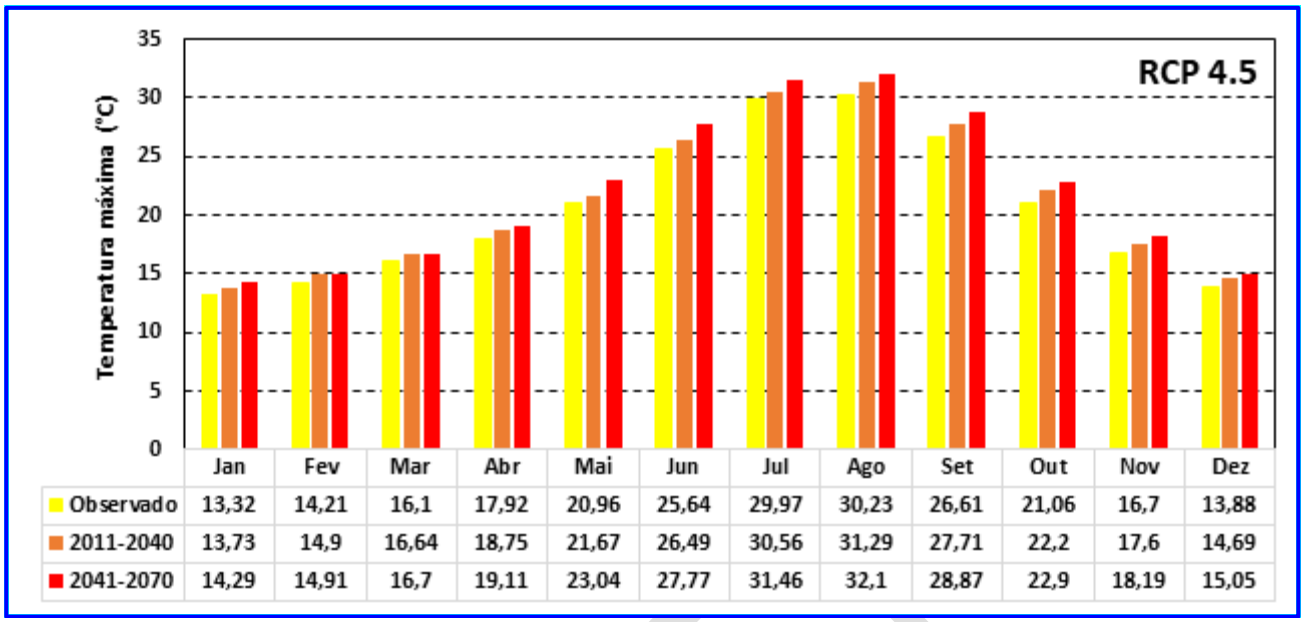
De acordo com a informação disponibilizada pelo Portal do clima, os Cenário RCP (Representative Concentration Pathways) referem-se à porção dos patamares de concentração que se prolongam até 2100, para os quais os modelos de avaliação integrada produzem cenários de emissões correspondentes [IPCC, 2013].

RCP4.5 é um patamar de estabilização intermediário em que o forçamento radiativo está estabilizado a aproximadamente 4,5Wm^{-2} e 6,0Wm^{-2} após 2100 (o RCP correspondente assume emissões constantes após 2150) [IPCC, 2013].

RCP8.5 é um patamar elevado para cada forçamento radiativo e superior a 8,5 Wm^{-2} em 2100 e continua a aumentar durante algum tempo (o RCP correspondente assume emissões constantes após 2250) [IPCC, 2013].

5.6.1 Evolução da temperatura face às alterações climáticas

Da observação da Figura 31 verifica-se que, em ambos os cenários, existe um aumento da temperatura máxima média mensal, em todos os meses. Em termos médios anuais haverá um aumento de cerca de 0,8 ºC no futuro próximo e de 1,4 ºC no futuro intermédio, considerando o cenário menos restritivo RCP 4.5.

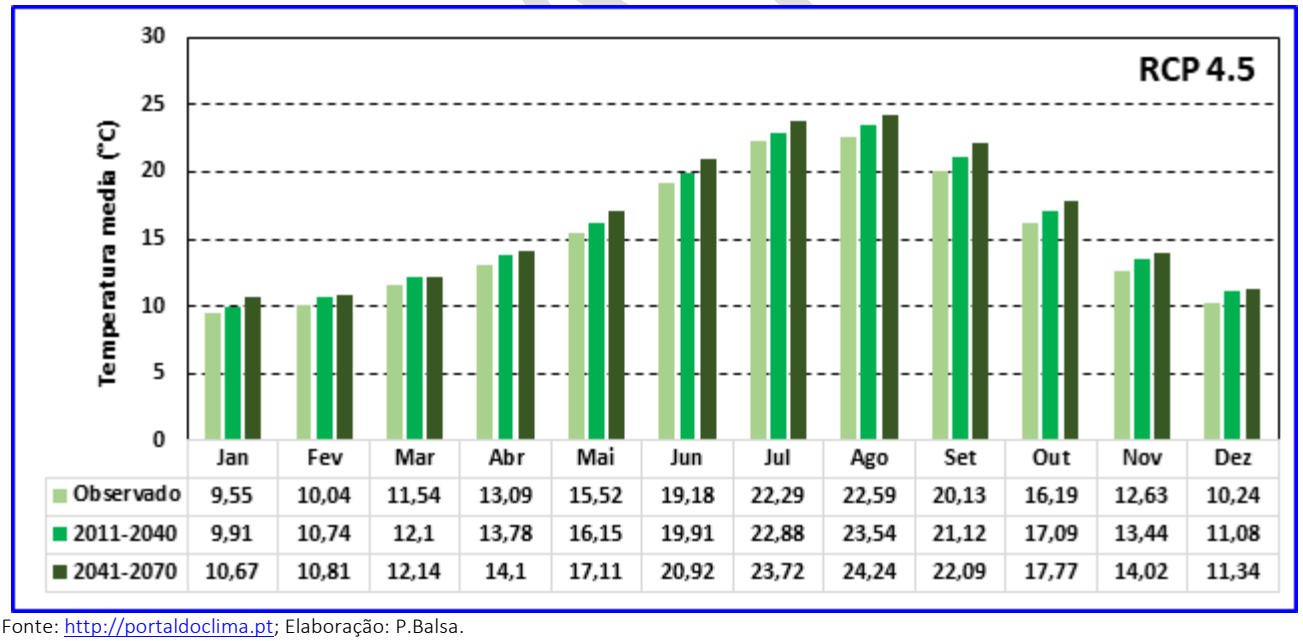


	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Observado	13,32	14,21	16,1	17,92	20,96	25,64	29,97	30,23	26,61	21,06	16,7	13,88
2011-2040	13,73	14,9	16,64	18,75	21,67	26,49	30,56	31,29	27,71	22,2	17,6	14,69
2041-2070	14,29	14,91	16,7	19,11	23,04	27,77	31,46	32,1	28,87	22,9	18,19	15,05

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 31. Representação gráfica da evolução da temperatura máxima considerando o cenário RCP 4.5.

No que concerne à temperatura média é expectável que ocorra uma subida em todos os meses. Em termos médios anuais haverá um aumento de cerca de 0,8 °C no futuro próximo e de 1,4 °C no futuro intermédio, considerando o cenário RCP 4.5 (Figura 32).

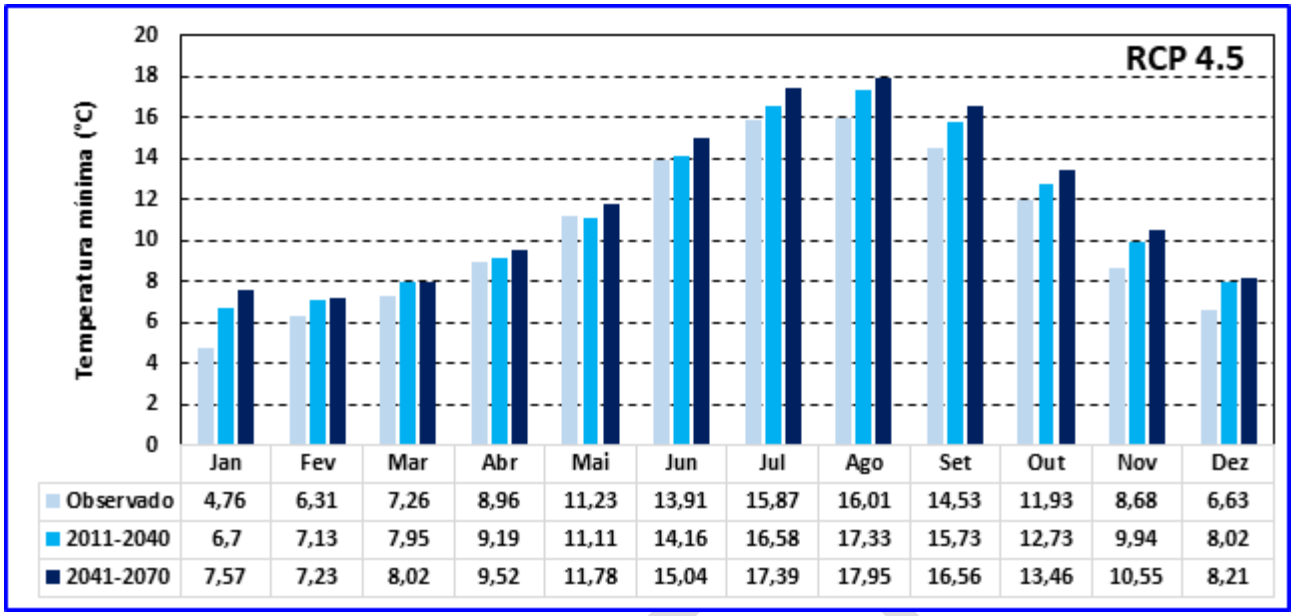


	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Observado	9,55	10,04	11,54	13,09	15,52	19,18	22,29	22,59	20,13	16,19	12,63	10,24
2011-2040	9,91	10,74	12,1	13,78	16,15	19,91	22,88	23,54	21,12	17,09	13,44	11,08
2041-2070	10,67	10,81	12,14	14,1	17,11	20,92	23,72	24,24	22,09	17,77	14,02	11,34

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 32. Representação gráfica da evolução da temperatura média considerando o cenário RCP 4.5.

Relativamente à temperatura mínima é projeta-se uma subida em todos os meses. Em termos médios anuais haverá um aumento de cerca de 0,9 °C no futuro próximo e de 1,4°C no futuro intermédio, considerando o cenário RCP 4.5 (Figura 33).

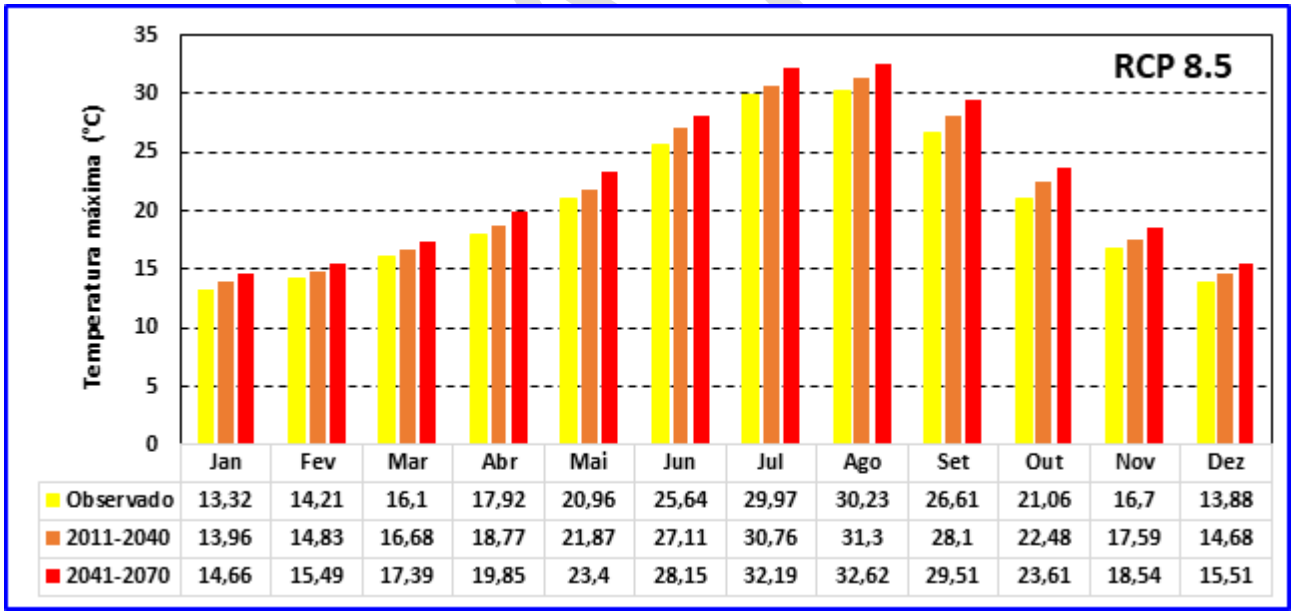


	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Observado	4,76	6,31	7,26	8,96	11,23	13,91	15,87	16,01	14,53	11,93	8,68	6,63
2011-2040	6,7	7,13	7,95	9,19	11,11	14,16	16,58	17,33	15,73	12,73	9,94	8,02
2041-2070	7,57	7,23	8,02	9,52	11,78	15,04	17,39	17,95	16,56	13,46	10,55	8,21

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 33. Representação gráfica da evolução da temperatura mínima considerando o cenário RCP 4.5.

No cenário RCP 8.5 em termos médios anuais as projeções indicam uma subida de cerca de 0,9 ºC no futuro próximo e de cerca de 2 ºC no futuro intermédio, em termos mensais o aumento de temperatura média máxima será mais acentuado nos meses de verão (Figura 34).

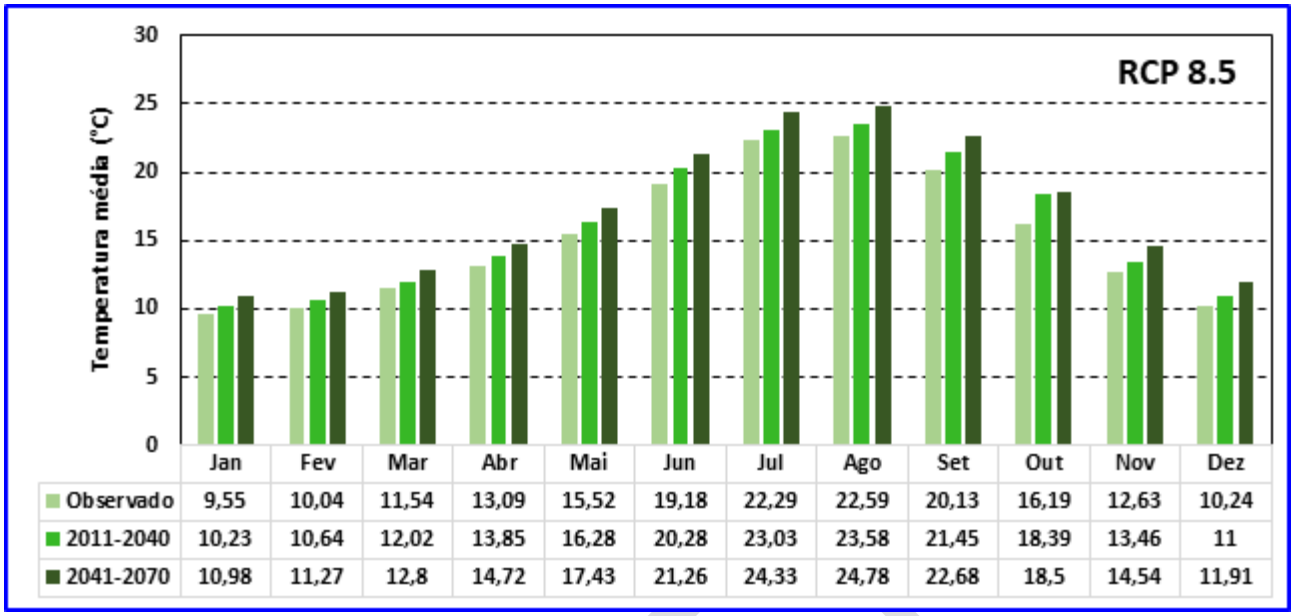


	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Observado	13,32	14,21	16,1	17,92	20,96	25,64	29,97	30,23	26,61	21,06	16,7	13,88
2011-2040	13,96	14,83	16,68	18,77	21,87	27,11	30,76	31,3	28,1	22,48	17,59	14,68
2041-2070	14,66	15,49	17,39	19,85	23,4	28,15	32,19	32,62	29,51	23,61	18,54	15,51

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 34. Representação gráfica da evolução da temperatura máxima considerando o cenário RCP 8.5.

Relativamente à temperatura média projeta-se um aumento, em termos médios anuais de cerca de 1 ºC no futuro próximo e de 1,9 ºC no futuro intermédio, considerando o cenário RCP 8.5 (Figura 35).

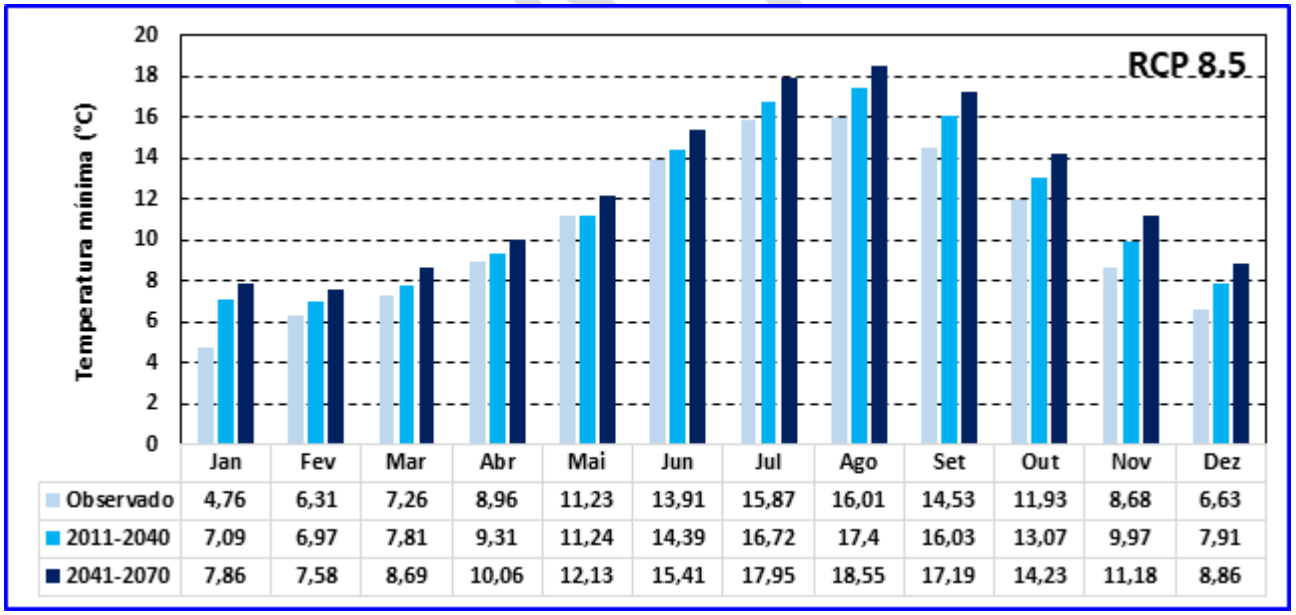


	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Observado	9,55	10,04	11,54	13,09	15,52	19,18	22,29	22,59	20,13	16,19	12,63	10,24
2011-2040	10,23	10,64	12,02	13,85	16,28	20,28	23,03	23,58	21,45	18,39	13,46	11
2041-2070	10,98	11,27	12,8	14,72	17,43	21,26	24,33	24,78	22,68	18,5	14,54	11,91

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 35. Representação gráfica da evolução da temperatura média considerando o cenário RCP 8.5.

Da análise da Figura 36 pode-se verificar um aumento da temperatura mínima em linha com a temperatura máxima e média, cifrando-se esse aumento em cerca de 1 ºC no futuro próximo e em cerca de 2 ºC no futuro intermédio.



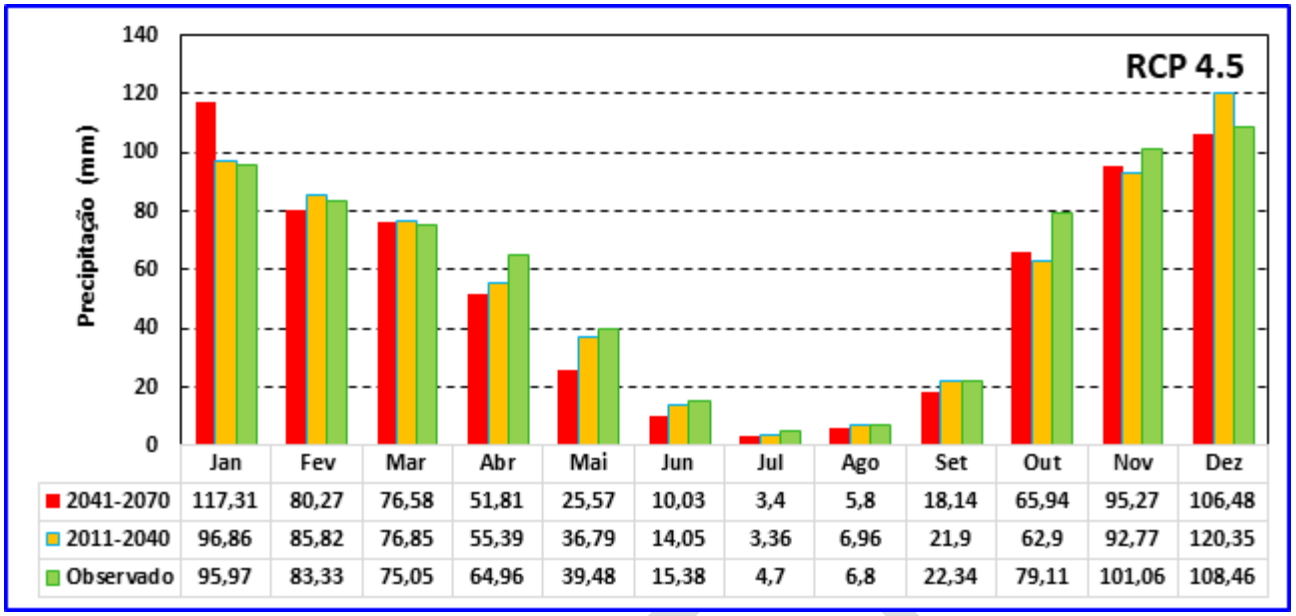
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Observado	4,76	6,31	7,26	8,96	11,23	13,91	15,87	16,01	14,53	11,93	8,68	6,63
2011-2040	7,09	6,97	7,81	9,31	11,24	14,39	16,72	17,4	16,03	13,07	9,97	7,91
2041-2070	7,86	7,58	8,69	10,06	12,13	15,41	17,95	18,55	17,19	14,23	11,18	8,86

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 36. Representação gráfica da evolução da temperatura mínima considerando o cenário RCP 8.5.

5.6.2 Evolução da precipitação face às alterações climáticas

No que concerne à evolução da precipitação, em termos mensais, apesar de se verificar um aumento nos meses de dezembro e janeiro, em termos médios anuais projeta-se uma diminuição de cerca de 3,3% no futuro próximo e de cerca de 5,7% no futuro intermédio, considerando o cenário RCP 4.5, (Figura 37).

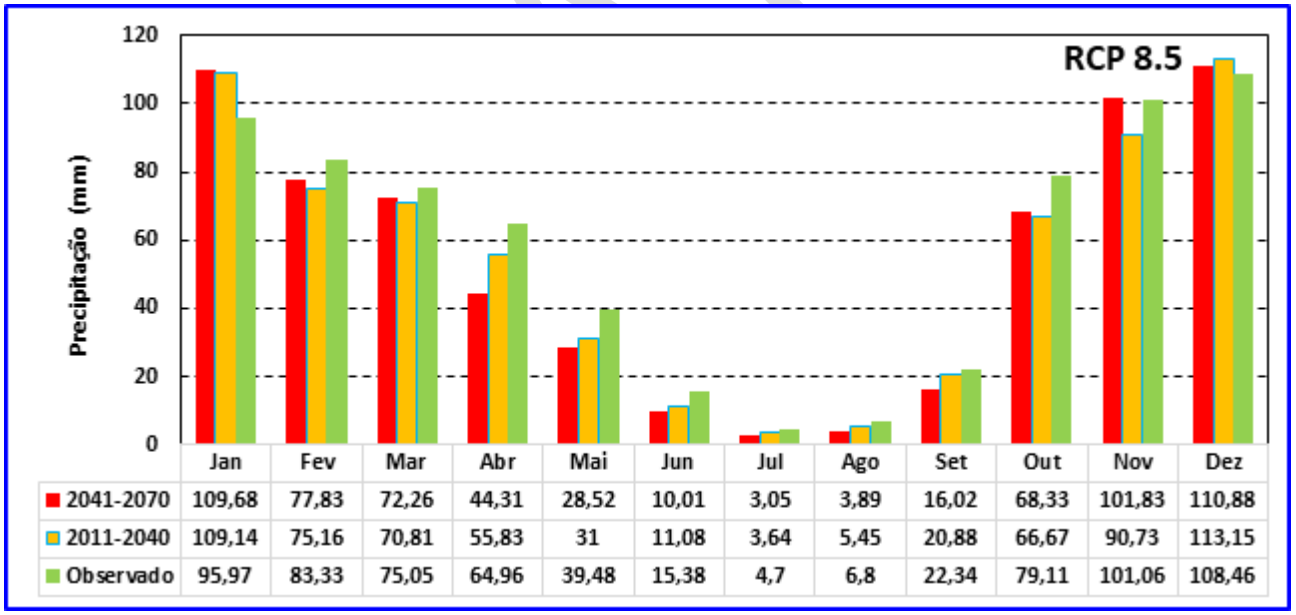


	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2041-2070	117,31	80,27	76,58	51,81	25,57	10,03	3,4	5,8	18,14	65,94	95,27	106,48
2011-2040	96,86	85,82	76,85	55,39	36,79	14,05	3,36	6,96	21,9	62,9	92,77	120,35
Observado	95,97	83,33	75,05	64,96	39,48	15,38	4,7	6,8	22,34	79,11	101,06	108,46

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 37. Representação gráfica da evolução da precipitação considerando o cenário RCP 4.5.

No cenário RCP 8.5, verifica-se também um aumento da precipitação nos meses de dezembro e janeiro, no entanto em termos anuais prevê-se uma diminuição de cerca de 6,2 % no futuro próximo de cerca de 7,2 % no futuro intermédio Figura 38.



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2041-2070	109,68	77,83	72,26	44,31	28,52	10,01	3,05	3,89	16,02	68,33	101,83	110,88
2011-2040	109,14	75,16	70,81	55,83	31	11,08	3,64	5,45	20,88	66,67	90,73	113,15
Observado	95,97	83,33	75,05	64,96	39,48	15,38	4,7	6,8	22,34	79,11	101,06	108,46

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 38. Representação gráfica da evolução da precipitação considerando o cenário RCP 8.5.

5.6.3 Evapotranspiração potencial face às alterações climáticas

De seguida efetua-se o cálculo da evapotranspiração potencial balanço hídrico, considerando os dados de temperatura observados (1971-2000).

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total	
T (°C)	16,2	12,6	10,2	9,6	10,0	11,5	13,1	15,5	19,2	22,3	22,6	20,1		
I	5,9	4,1	3,0	2,7	2,9	3,5	4,3	5,6	7,7	9,6	9,8	8,2	67,2	a=1,5532
ETP	62,7	42,6	30,8	27,6	29,9	37,1	45,1	58,7	81,6	103,0	105,2	87,9		
Nd	31,0	30,0	31,0	31,0	28,3	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0		
N	11,1	10,1	9,6	9,9	10,8	12,0	13,2	14,3	14,9	14,5	13,6	12,5		
ETP corr	59,9	35,9	25,4	23,5	25,3	38,3	49,6	72,3	101,3	128,6	123,2	91,6	775,1	

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Tabela 20. Cálculo da ETP para valores observados (1971-2000).

As evapotranspirações potenciais calculadas para o futuro próximo (2011-2040) e para o futuro intermédio (2041-2070) no cenário RCP 4.5, são mostradas na Tabela 21 e na Tabela 22

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total	
T (°C)	17,1	13,4	11,08	9,91	10,74	12,1	13,78	16,2	19,91	22,88	23,54	21,12		
I	6,4	4,5	3,3	2,8	3,2	3,8	4,6	5,9	8,1	10,0	10,4	8,9	72,0	a=1,6346
ETP	65,8	44,4	32,4	27,0	30,8	37,4	46,2	59,9	84,4	105,9	111,0	92,9		
Nd	31,0	30,0	31,0	31,0	28,3	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0		
N	11,1	10,1	9,6	9,9	10,8	12,0	13,2	14,3	14,9	14,5	13,6	12,5		
ETP corr	62,9	37,4	26,8	23,0	26,1	38,6	50,9	73,8	104,8	132,3	130,0	96,8	803,3	

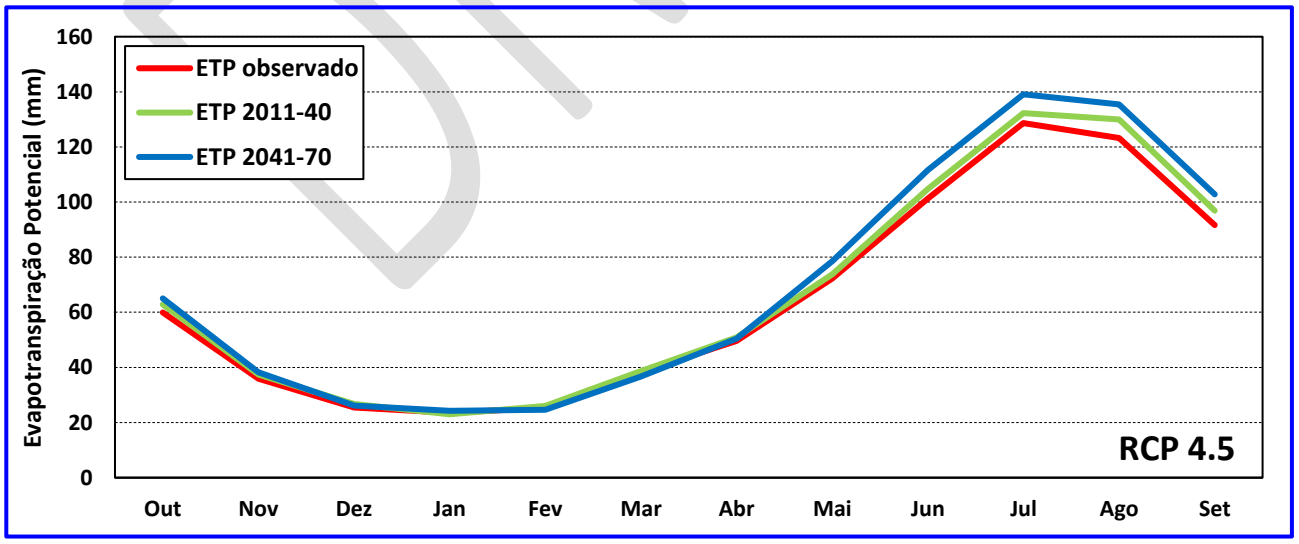
Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Tabela 21. Cálculo da ETP para futuro próximo (2011-2040), cenário RCP 4.5.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total	
T (°C)	17,8	14,0	11,3	10,7	10,8	12,1	14,1	17,1	20,9	23,7	24,2	22,1		
I	6,8	4,8	3,5	3,2	3,2	3,8	4,8	6,4	8,7	10,6	10,9	9,5	76,2	a=1,7082
ETP	68,0	45,4	31,6	28,5	29,1	35,5	45,8	63,8	89,9	111,4	115,6	98,6		
Nd	31,0	30,0	31,0	31,0	28,3	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0		
N	11,1	10,1	9,6	9,9	10,8	12,0	13,2	14,3	14,9	14,5	13,6	12,5		
ETP corr	65,0	38,2	26,1	24,3	24,7	36,7	50,4	78,5	111,6	139,1	135,4	102,8	832,7	

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Tabela 22. Cálculo da ETP para futuro intermédio (2041-2070), cenário RCP 4.5.



Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 39. Comparação da evolução da EPT, considerando os valores históricos, futuro próximo e intermédio no cenário RCP 4.5.

Com base nos valores da evapotranspiração potencial constantes das Tabela 20, Tabela 21 e na Tabela 22 e da análise gráfica efetuada na Figura 39, verifica-se que, no cenário RCP 4.5, projeta-se um aumento de maio a outubro da ETP, com especial incidência nos meses de verão, cifrando-se esse aumento, em termos anuais em cerca de 3,5% no futuro próximo e de 7% no futuro intermédio.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total	
T (°C)	17,1	13,4	11,08	9,91	10,74	12,1	13,78	16,2	19,91	22,88	23,54	21,12		
I	6,4	4,5	3,3	2,8	3,2	3,8	4,6	5,9	8,1	10,0	10,4	8,9	72,0	a=1,66
ETP	65,8	44,4	32,4	27,0	30,8	37,4	46,2	59,9	84,4	105,9	111,0	92,9		
Nd	31,0	30,0	31,0	31,0	28,3	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0		
N	11,1	10,1	9,6	9,9	10,8	12,0	13,2	14,3	14,9	14,5	13,6	12,5		
ETP corr	62,9	37,4	26,8	23,0	26,1	38,6	50,9	73,8	104,8	132,3	130,0	96,8	803,3	

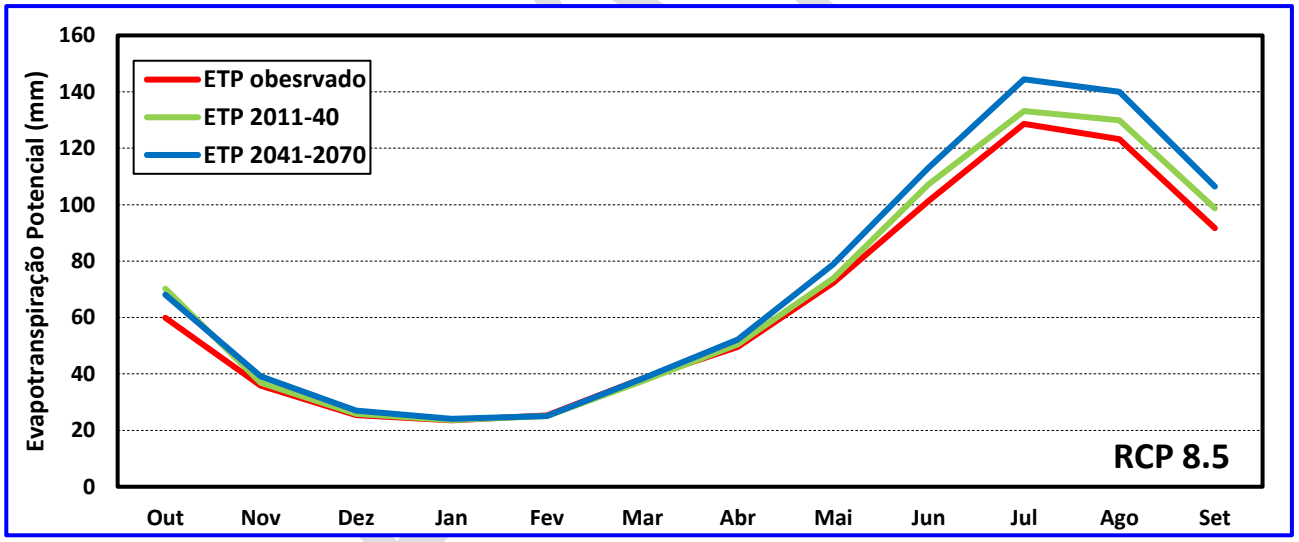
Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Tabela 23. Cálculo da ETP para futuro próximo (2011-2040), cenário RCP 8.5.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total	
T (°C)	18,5	14,5	11,9	11,0	11,3	12,8	14,7	17,4	21,3	24,3	24,8	22,7		
I	7,2	5,0	3,7	3,3	3,4	4,2	5,1	6,6	8,9	11,0	11,3	9,9	79,7	a=1,7724
ETP	71,2	46,5	32,6	28,2	29,6	37,1	47,5	64,1	91,1	115,7	119,5	102,1		
Nd	31,0	30,0	31,0	31,0	28,3	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0		
N	11,1	10,1	9,6	9,9	10,8	12,0	13,2	14,3	14,9	14,5	13,6	12,5		
ETP corr	68,0	39,1	27,0	24,1	25,1	38,3	52,2	78,9	113,1	144,4	140,0	106,4	856,5	

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Tabela 24. Cálculo da ETP para futuro intermédio (2041-2070), cenário RCP 8.5.



Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 40. Comparação da evolução da ETP, considerando os valores históricos, futuro próximo e intermédio, no cenário RCP 8.5.

Na mesma abordagem à evolução dos valores da evapotranspiração potencial, agora no cenário RCP 8.5, verifica-se um aumento, de acordo com os dados vertidos na Tabela 20, Tabela 23 e Tabela 24 e na representação gráfica exposta na Figura 40, verifica-se um aumento dos valores da evapotranspiração potencial de novembro a setembro, com maior incidência de aumento nos meses de verão, sendo esse aumento, em termos anuais, de cerca de 4,6% no futuro próximo de cerca de 9,0% no futuro intermédio.

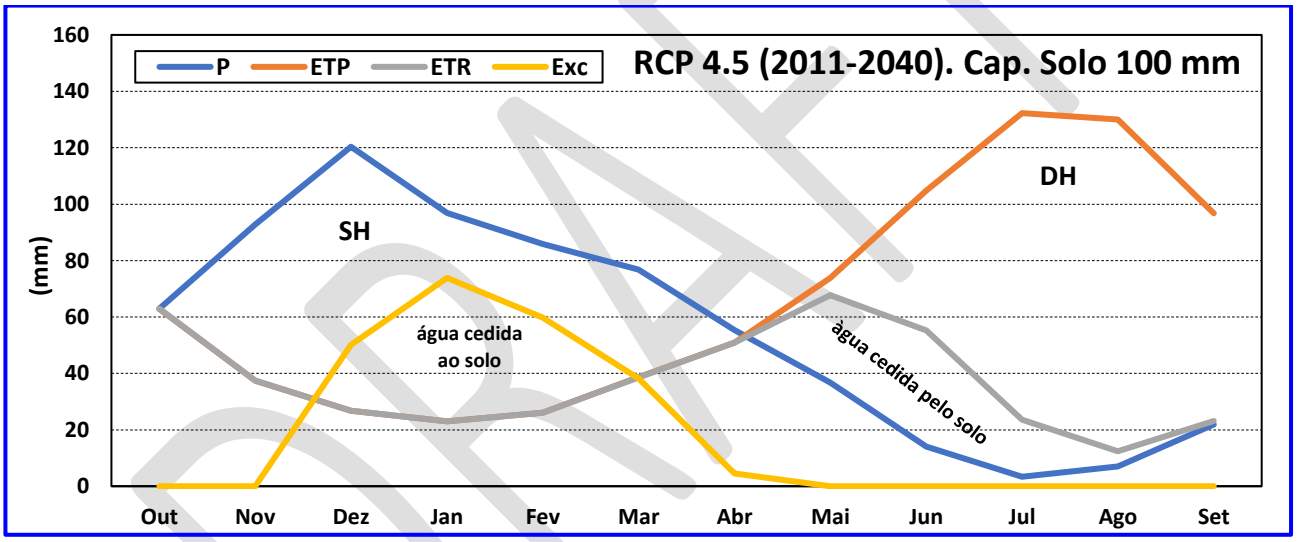
5.6.4 Balanço hídrico face às alterações climáticas

Com base nos valores de evapotranspiração obtidos apresenta-se o cálculo do balanço hidrológico para o futuro próximo e intermédio nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 com a capacidade utilizável do solo de 100 mm/m^2.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
P	63	93	120	97	86	77	55	37	14	3	7	22	674
ETP	63	37	27	23	26	39	51	74	105	132	130	97	803
P-ETP	0	55	94	74	60	38	5	-37	-91	-129	-123	-75	-129
L	-450	-57	0	0	0	0	0	-37	-128	-257	-380	-455	-1763
Sso	1	57	100	100	100	100	100	69	28	8	2	1	
ΔSso	0	55	44	0	0	0	0	-31	-41	-20	-5	-1	0
ETR	63	37	27	23	26	39	51	68	55	24	12	23	448
Def	0	0	0	0	0	0	0	6	50	109	118	74	356
Exc	0	0	50	74	60	38	5	0	0	0	0	0	226

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Tabela 25. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 4.5.



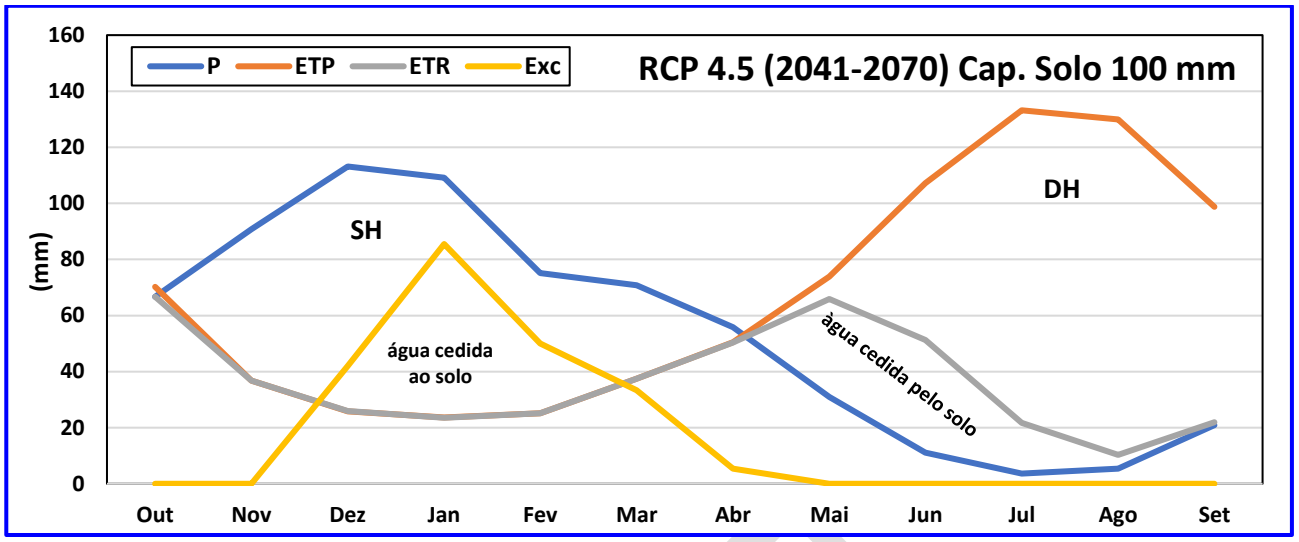
Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 41. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 4.5.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
P	66	95	107	117	80	77	52	26	10	3	6	18	657
ETP	65	38	26	24	25	37	50	79	112	139	135	103	833
P-ETP	1	57	80	93	56	40	1	-53	-102	-136	-130	-85	-176
L	-416	-53	0	0	0	0	0	-53	-155	-290	-420	-504	-1891
Sso	2	59	100	100	100	100	100	59	21	6	2	1	648
ΔSso	1	57	41	0	0	0	0	-41	-38	-16	-4	-1	0
ETR	65	38	26	24	25	37	50	67	48	19	10	19	428
Def	0	0	0	0	0	0	0	12	64	120	126	84	405
Exc	0	0	39	93	56	40	1	0	0	0	0	0	229

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Tabela 26. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 4.5.



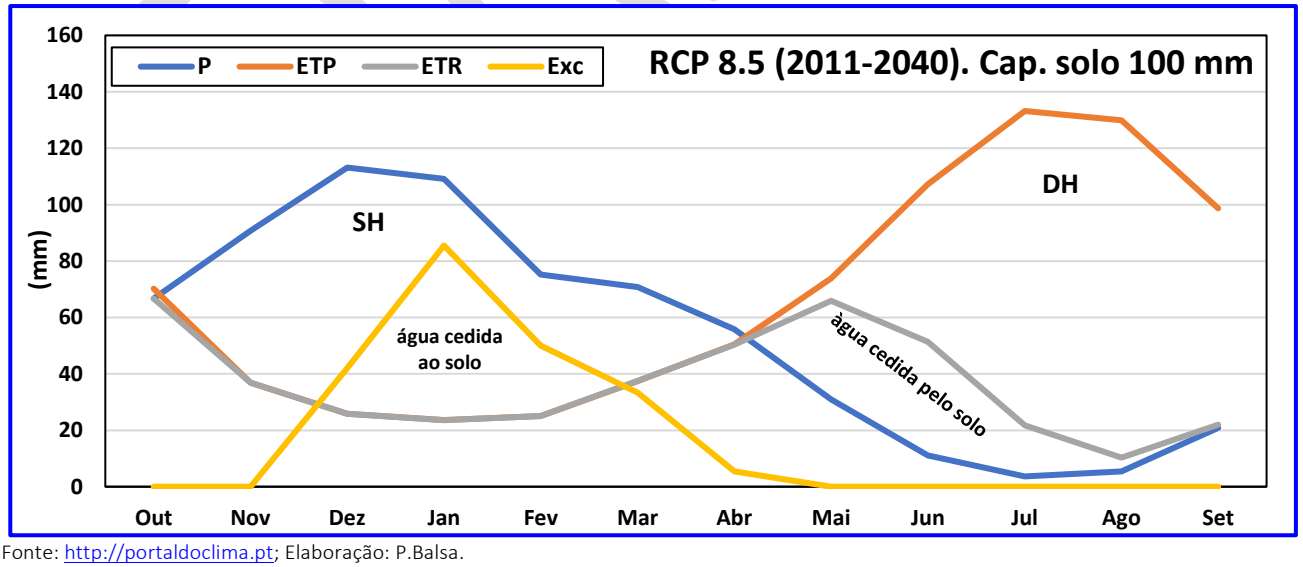
Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 42. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 4.5.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
P	67	91	113	109	75	71	56	31	11	4	6	21	654
ETP	70	37	26	24	25	38	50	74	107	133	130	99	813
P-ETP	-4	54	87	86	50	33	5	-43	-96	-130	-125	-78	-159
L	-474	-60	0	0	0	0	0	-43	-139	-269	-393	-471	-1849
Sso	1	55	100	100	100	100	100	65	25	7	2	1	655
ΔSso	0	54	45	0	0	0	0	-35	-40	-18	-5	-1	0
ETR	67	37	26	24	25	38	50	66	51	22	10	22	437
Def	4	0	0	0	0	0	0	8	56	112	120	77	375
Exc	0	0	42	86	50	33	5	0	0	0	0	0	216

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Tabela 27. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 8.5.



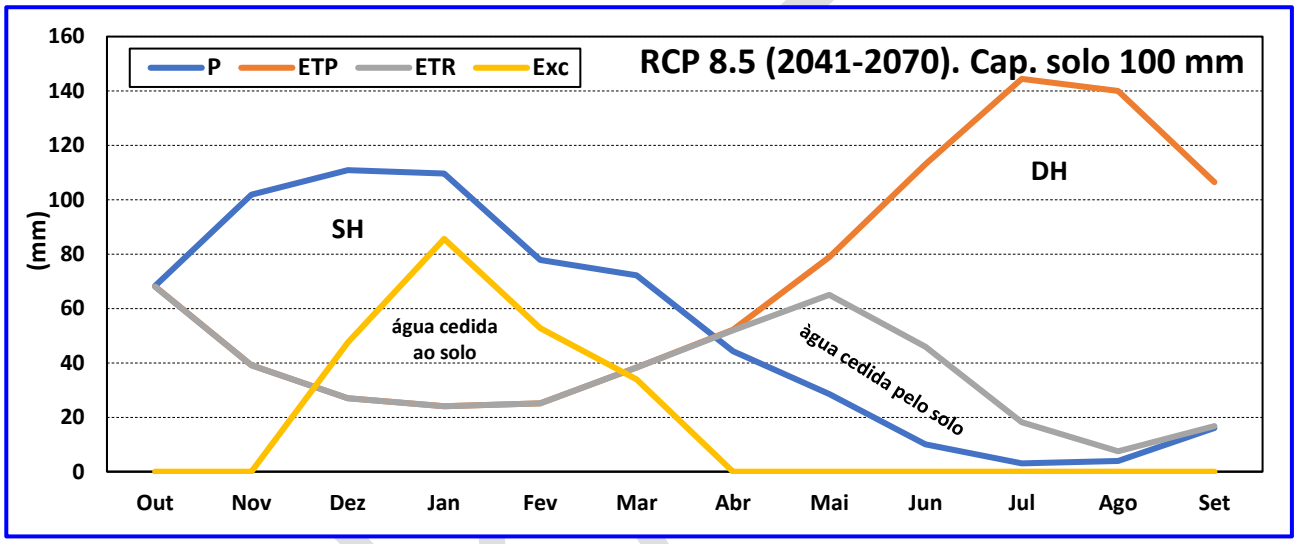
Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Figura 43. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 8.5.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
P	68	102	111	110	78	72	44	29	10	3	4	16	647
ETP	68	39	27	24	25	38	52	79	113	144	140	106	857
P-ETP	0	63	84	86	53	34	-8	-50	-103	-141	-136	-90	-210
L	-529	-45	0	0	0	0	-8	-58	-161	-303	-439	-529	-2073
Sso	1	64	100	100	100	100	92	56	20	5	1	1	
ΔSso	0	63	37	0	0	0	-8	-37	-36	-15	-4	-1	0
ETR	68	39	27	24	25	38	52	65	46	18	8	17	427
Def	0	0	0	0	0	0	0	14	67	126	133	90	430
Exc	0	0	47	86	53	34	0	0	0	0	0	0	220

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Tabela 28. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 8.5.



Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

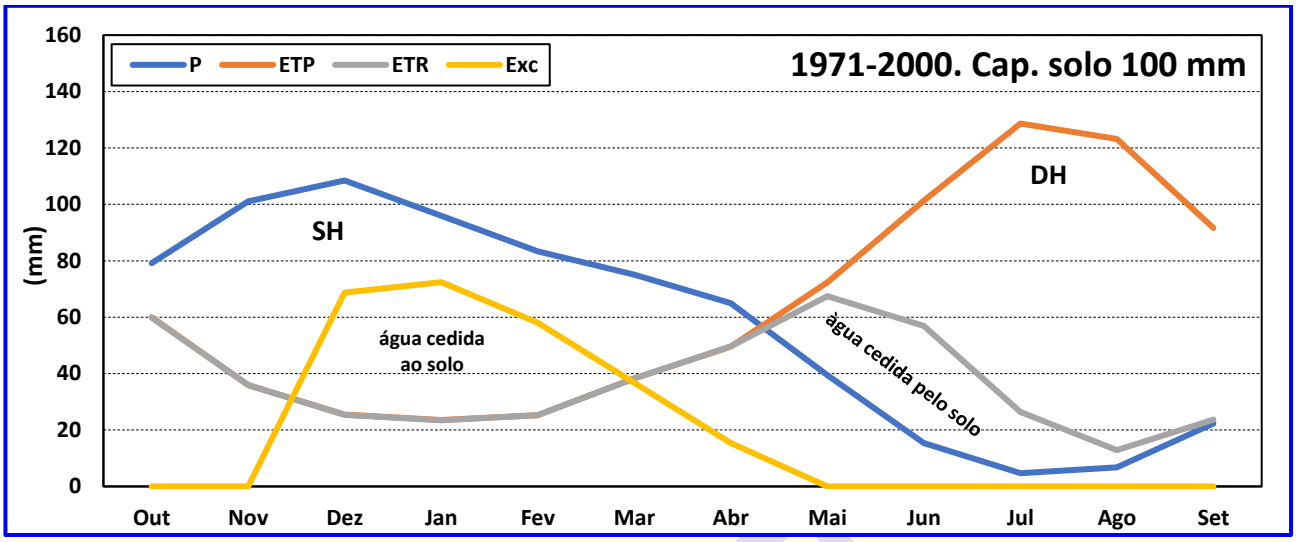
Figura 44. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 8.5

Com base nos valores constantes da Tabela 25, Tabela 26, Tabela 27 e Tabela 28, comparativamente aos valores vertidos Tabela 29, valores observados no período 1971-2000, verifica-se existirá uma diminuição do excedente e um aumento do défice, no futuro próximo e no futuro intermédio em ambos os cenários.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
P	79	101	109	96	83	75	65	40	15	5	7	22	697
ETP	60	36	25	24	25	38	50	72	101	129	123	92	775
P-ETP	19	65	83	72	58	37	15	-33	-86	-124	-116	-69	-78
L	0	0	0	0	0	0	0	-33	-119	-243	-359	-428	-1182
Sso	21	86	100	100	100	100	100	72	31	9	3	1	
Δsso	19	65	14	0	0	0	0	-28	-42	-22	-6	-1	0
ETR	60	36	25	24	25	38	50	68	57	26	13	24	445
Def	0	0	0	0	0	0	0	5	44	102	110	68	330
Exc	0	0	69	72	58	37	15	0	0	0	0	0	251

Fonte: http://portaldoclima.pt; Elaboração: P.Balsa.

Tabela 29. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, valores observados 1971-2000.



Fonte: http://portaldoclima.pt. Elaboração: P. Balsa.

Figura 45. Balanço hidrológico sequencial mensal para capacidade utilizável do solo de 100 mm, valores observados 1971-2000.

Da análise das Figura 41, Figura 42, Figura 43 e Figura 44, por comparação com a Figura 45 verifica-se que continua a existir um período húmido em que ETR = ETP, com cedência de água ao solo entre dezembro e abril em todos os cenários, exceto no futuro intermédio no cenário RCP 8.5.

5.6.5 Escoamento face às alterações climáticas

Por aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos balanços hídricos calculados no contexto das alterações climáticas, apresentam-se de seguida os valores de escoamento para o futuro próximo e futuro intermédio, nos cenários RCP 4.5 e 8.5.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
Exc	0,0	0,0	50,1	73,9	59,7	38,2	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	226,4
R+Ss+Sso	0,8	0,4	50,1	98,9	109,2	92,8	50,9	25,5	12,7	6,4	3,2	1,6	452,4
R	0,4	0,2	25,1	49,6	54,6	46,4	25,5	12,7	6,4	3,2	1,6	0,8	226,4
Ss+Sso	0,3	0,2	25,1	49,5	54,6	46,4	25,5	12,7	6,4	3,2	1,6	0,7	226,0
ΔSs+Sso	-0,4	-0,2	25,0	24,3	5,1	-8,2	-20,9	-12,7	-6,4	-3,2	-1,6	-0,8	0,0

Fonte: Thorntwaite e Mather. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 30. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 25, para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 4.5.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
Exc	0,0	0,0	39,0	93,0	55,6	39,9	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	229,0
R+Ss+Sso	0,8	0,4	39,0	112,5	111,9	95,9	49,3	24,7	12,3	6,2	3,1	1,5	457,6
R	0,5	0,3	19,5	56,3	55,9	47,9	24,7	12,3	6,2	3,1	1,5	0,8	229,0
Ss+Sso	0,4	0,2	19,5	56,3	55,9	47,9	24,7	12,3	6,1	3,0	1,5	0,8	228,6
ΔSs+Sso	-0,5	-0,3	19,5	36,8	-0,3	-8,0	-23,3	-12,3	-6,2	-3,1	-1,5	-0,8	0,0

Fonte: Thorntwaite e Mather. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 31. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 26, para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 4.5.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
Exc	0,0	0,0	42,1	85,5	50,1	33,4	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	216,4
R+Ss+Sso	0,7	0,4	42,1	106,5	103,3	85,0	47,9	23,9	12,0	6,0	3,0	1,5	432,4
R	0,4	0,2	21,1	53,4	51,7	42,6	23,9	12,0	6,0	3,0	1,5	0,7	216,4
Ss+Sso	0,4	0,2	21,1	53,2	51,7	42,4	23,9	12,0	6,0	3,0	1,5	0,7	216,0
ΔSs+Sso	-0,4	-0,2	21,0	32,1	-1,6	-9,2	-18,6	-12,0	-6,0	-3,0	-1,5	-0,7	0,0

Fonte: Thorntwaite e Mather. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 32. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 27 para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro próximo e no cenário RCP 8.5.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
Exc	0,0	0,0	47,4	85,6	52,8	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	219,8
R+Ss+Sso	0,7	0,3	47,4	109,3	107,4	87,7	43,8	21,9	11,0	5,5	2,7	1,4	439,1
R	0,3	0,2	23,7	54,8	53,8	43,8	21,9	11,0	5,5	2,7	1,4	0,7	219,8
Ss+Sso	0,3	0,2	23,7	54,6	53,6	43,7	21,9	11,0	5,5	2,7	1,4	0,7	219,3
ΔSs+Sso	-0,3	-0,2	23,7	30,8	-1,0	-9,9	-21,9	-11,0	-5,5	-2,7	-1,4	-0,7	0,0

Fonte: Thorntwaite e Mather. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 33. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 28 para capacidade utilizável do solo de 100 mm, no futuro intermédio e no cenário RCP 85.

Variável (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
Exc	0,0	0,0	68,7	72,4	58,0	36,8	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	251,3
R+Ss+Sso	1,0	0,5	68,7	106,8	111,4	92,5	61,6	30,8	15,4	7,7	3,9	1,9	502,1
R	0,5	0,3	34,4	53,5	55,8	46,2	30,8	15,4	7,7	3,9	1,9	1,0	251,3
Ss+Sso	0,5	0,2	34,4	53,3	55,6	46,2	30,8	15,3	7,7	3,9	1,9	1,0	250,8
ΔSs+Sso	-0,5	-0,3	34,4	18,9	2,2	-9,5	-15,4	-15,4	-7,7	-3,9	-1,9	-1,0	0,0

Fonte: Thorntwaite e Mather. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 34. Aplicação da regra de Thorntwaite e Mather aos resultados da Tabela 29 para capacidade utilizável do solo de 100 mm, valores observados 1971-2000.

Por observação dos valores de escoamento anual constantes das Tabela 30, Tabela 31, Tabela 32 e Tabela 33, futuro próximo e futuro intermédio, nos cenários RCP 4.5 e 8.5, por comparação com os valores de escoamento anual obtidos com os valores observados entre 1971 e 2000 (Tabela 34), verifica-se a diminuição do escoamento anual em cerca de 10% no cenário RCP 4.5 no futuro próximo e de 9% no futuro intermédio. No cenário RCP 8.5, verifica-se uma diminuição de cerca de 14 % no futuro próximo e de 13% no futuro intermédio.

5.6.6 Infiltração face às alterações climáticas

No que concerne à infiltração no contexto das alterações climáticas apresenta-se na Tabela 35 na infiltração anual, a precipitação anual e a percentagem de infiltração, para os cenários RCP 4.5 e 8.5, no futuro próximo e intermédio.

RCP	Horizonte	Infiltração (mm)	Precipitação (mm)	% infiltração
4.5	Futuro próximo	226,0	674,0	34%
	Futuro intermédio	228,6	656,6	35%
8.5	Futuro próximo	216,0	653,5	33%
	Futuro intermédio	219,3	646,6	34%

Fonte: Tabela 30,Tabela 31, Tabela 32 e Tabela 33. Elaboração: P. Balsa.

Tabela 35. Infiltração, precipitação e percentagem de infiltração nos cenários RCP 4.5 e 8.5.

5.7 Demanda e uso dos recursos hídricos

De acordo com a informação constante do PGRH da RH6 - Sado e Mira, 2.º ciclo de planeamento 2016/2021, no que concerne às pressões quantitativas sobre o recurso água refere-se que a utilização

CONSMAGA GEÓLOGOS E ENGENHEIROS CONSULTORES, Lda. QUADRANTE

sustentável das águas, em especial nos seus aspetos quantitativos, constitui um verdadeiro desafio para a gestão dos recursos hídricos, tendo em conta os usos atuais e futuros e sua conjugação com os cenários de alterações climáticas.

Na Tabela 36 apresenta-se o volume de água captado para os *diver*sos setores de atividade (urbano, indústria, agricultura, pecuária, turismo e golfe).

Setor		Volume		Total (hm³)
		Superficial	Subterrâneo	
Urbano	Abastecimento público	9,06	14,05	23,11
	Consumo particular	-	1,45	1,45
Industrial	PCIP*	4,34	-	4,34
	Não PCIP	25,41	1,87	27,28
Agrícola	Agricultura	387,57	41,92	429,49
	Pecuária	0,792	2,41	3,2
Turismo	Golfe	-	-	-
	Hotelaria	0,09	0,8	0,89
Energia	Termoelétrica	1.158,5	-	1.158,5
	Hidroelétrica <10m	25,8	-	25,8
Outros		-	14,5	14,5
Total		1.611,56	77,00	1.688,56

* Instalações PCIP (REI) - instalações abrangidas pelo Regime de Emissões Industriais (REI), aplicável à prevenção e ao controlo integrados da poluição, reguladas pelo Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto, que transpõe a Diretiva 2010/75/EU, de 24 de novembro;

Fonte: PGRH da RH6 - Sado e Mira, 2.º ciclo de planeamento 2016/2021

Tabela 36. Volumes de água captados por setor na RH6.

Na RH6 os maiores volumes captados dizem respeito à energia com 70% do volume captado (embora sejam volumes não consumptivos, uma vez que são integralmente restituídos ao meio), à agricultura com 25,4%, à indústria (não PCIP) com 1,6% e ao abastecimento público com 1,4%.

5.8 Observações e recomendações

Para as determinações das variáveis hidroclimatológicas, e a partir do sítio da Internet da Agência Portuguesa do Ambiente, disponíveis no SNIRH, foram delineados os polígonos de Thiessen, na área de interesse do Projeto verificando-se que a área de implantação é influenciada está coberta pela estação meteorológica de Grândola (24F01C) e pela estação climatológica da barragem de Vale de Gaio (24H/02C), com coeficientes de Thiessen de 0,58% e 0,42%, respetivamente.

Devido a falhas registadas nos dados disponíveis da estação climatológica da barragem de Vale do Gaio, foram utilizados os dados da estação climatológica Grândola, para caraterização das variáveis climatológicas requeridas.

No que concerne à **precipitação**, após tratamento dos dados disponíveis conclui-se que a precipitação em ano seco é menor de 435,6 mm e em ano húmido é maior que 883,4 mm.

O ano de maior precipitação registada foi 1995/96 (1.227,8 mm) e o menor foi de 159,7 mm registado em 2018/19, e no ano médio de 640,5 mm.

A **temperatura** máxima média anual do ar é de 22,5 ºC, a mínima média anual de 10,1 ºC e a média anual de 16,3 ºC, sendo assim a amplitude térmica média anual de 12,4 ºC.

A **evapotranspiração** média anual, calculada pelo método de Thorntwaite é de 821 mm, ocorrendo os valores mais elevados no semestre seco, atingindo o valor máximo em julho (135 mm). No semestre húmido ocorrem os valores mais baixos, sendo o valor mínimo atingido em janeiro (20 mm).

Os **balanços hidrológicos** efetuados permitem identificar um **período seco** entre outubro e abril, em que existe cedência de água do solo para a evapotranspiração, com défice hídrico de maio a setembro, e um **período húmido**, com superavit hídrico, em que a evapotranspiração potencial iguala evapotranspiração real, sendo estas inferiores à precipitação, o que origina uma cedência de água ao solo

onde fica temporalmente armazenada e a os aquíferos subjacentes (onde é representada em forma de recursos hídricos subterrâneos).

Do ponto de vista hidrológico, os **solos** da área de implantação do Projeto são do tipo B que, de acordo com o método proposto por Quintela, não produz **escoamentos superficiais** em ano seco. No ano húmido o escoamento superficial é de 480 mm, e no ano medio de 135 mm. Os valores calculados são similares em ano médio, considerando os valores de escoamento encontrados através dos balanços hidrológicos efetuados, 180 mm para n_u = 80 mm e 142,2 mm para n_u = 120 mm. No entanto, são bastante superiores no caso ano máximo.

Para a **classificação climática** foram estabelecidos os índices de aridez (I_a), humidade (I_u) e hídrico (I_h), com base nos valores anuais médios do défice hídrico (DH), do superavit hídrico (SH), e da evapotranspiração potencial (ETP), classificando-se o **clima** como **C1 s2 - Sub-húmido seco com défice hídrico grande, no verão**.

No contexto das **alterações climáticas** prevê-se um **aumento da temperatura média anual** de cerca de 0,8 ºC no futuro próximo e de 1,4 ºC no futuro intermédio, considerando o cenário RCP 4.5 e de cerca de 1 ºC no futuro próximo e de 1,9 ºC no futuro intermédio, considerando o cenário RCP 8.5. Projeta-se igualmente uma **diminuição** da **precipitação média anual** de cerca de 3,3% no futuro próximo e de cerca de 5,7% no futuro intermédio, considerando o cenário RCP 4.5, no cenário RCP 8.5, prevê-se uma diminuição de cerca de 6,2% no futuro próximo, e de cerca de 7,2% no futuro intermédio.

Estes fatores terão repercussões ao nível **do escoamento superficial** próximo e futuro intermédio, nos cenários RCP 4.5 e 8.5, por comparação com os valores de escoamento anual obtidos com os valores observados entre 1971 e 2000, verificando-se a **diminuição do escoamento anual** em cerca de 10% no cenário RCP 4.5 no futuro próximo e de 9% no futuro intermédio. No cenário RCP 8.5, verifica-se uma diminuição de cerca de 14% no futuro próximo e de 13% no futuro intermédio.

Para o ano seco, não existe qualquer **escoamento**, não ocorrendo reposição do armazenamento até à capacidade útil do solo e, consequentemente, a infiltração, para os horizontes mais profundos do solo, oscila entre os 66% (para n_u = 80 mm) e 63 % (para n_u = 120 mm) em ano húmido é entre 29% (para n_u = 80 mm) e 23% (para n_u = 120 mm) em ano médio, relativamente à precipitação verificada.

O fato de não existirem estações hidrométricas, que permitiria obter a medição dos caudais escoados, e dadas as aproximações efetuadas pelo método do balanço hidrológico, proposto por Thorntwaite e Mather, para cálculo do escoamento superficial, e considerando os valores de escoamento superficial encontrados pelo modelo por Quintela, poderá existir um excesso de escoamento superficial estimado, com o resultado de que a infiltração poderá estar subavaliada nas estimativas realizadas.

Devido ao grande défice de água na estação seca e à diminuição esperada dos recursos hidrológicos devido à precipitação, não é previsível que o armazenamento de água de escorrências ou drenagem superficial em barragens ou reservatórios próprios construídos possa constituir um recurso fiável para o abastecimento de água do projeto.

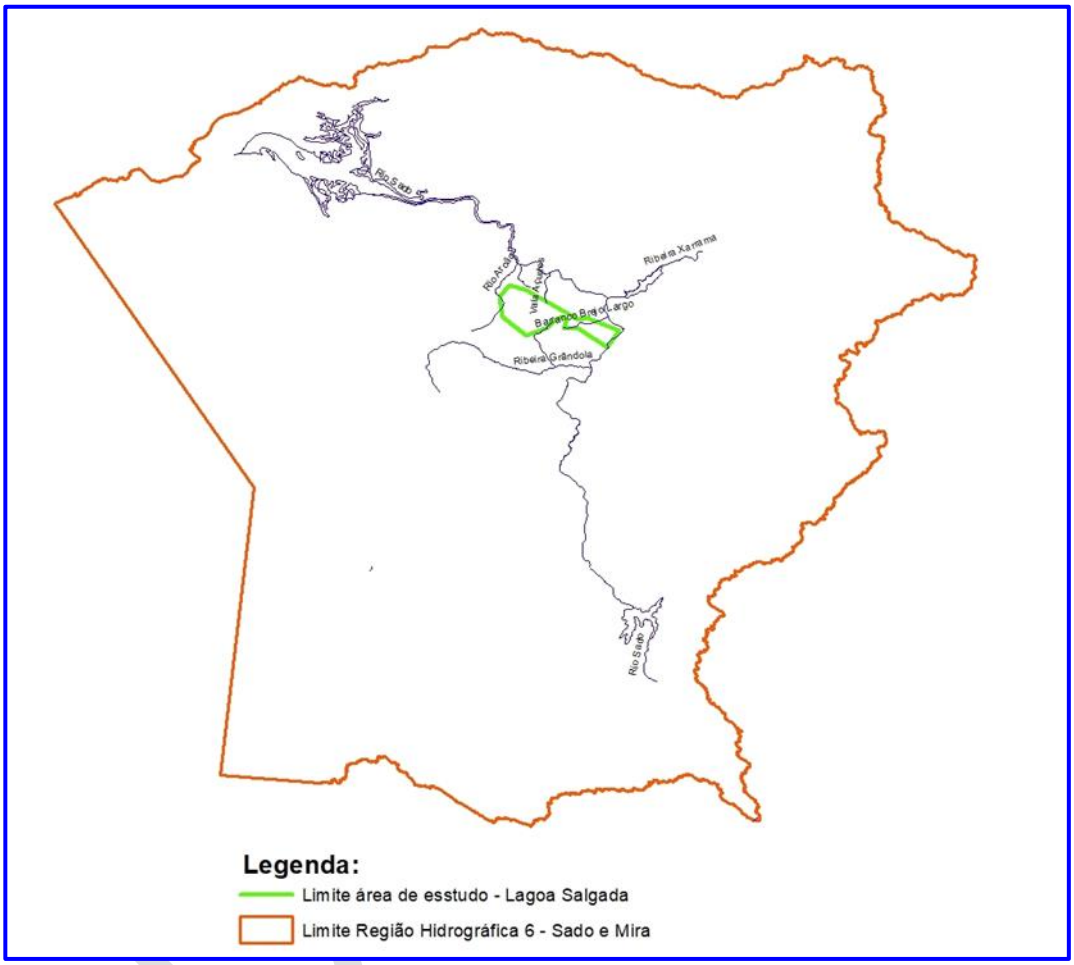
Do ponto de vista da conceção, será necessário ter uma gestão da precipitação em áreas que possam gerar uma diminuição da qualidade da água, como depósitos de materiais reativos (escombreiras de estéreis com baixo teor de sulfuretos), áreas industriais e instalações de tratamento de resíduos.

DRAFT

6 HIDROLOGIA: ÁGUAS SUPERFICIAIS

6.1 Caracterização das linhas de água e bacias hidrográficas

A área de implementação do projeto encontra-se inserida na Região Hidrográfica 6 (RH6) (Figura 46), a qual integra as bacias hidrográficas dos rios Sado e Mira e as bacias hidrográficas das ribeiras adjacentes nas costas Alentejana e Algarvia, incluindo as respetivas águas subterrâneas e águas costeiras adjacentes, com uma área total de 12 149 Km^2.



Fonte: https://sniamb.apambiente.pt/.

Figura 46. Enquadramento geral da área do Projeto, no seio da RH6 – Sado e Mira

O rio Sado nasce na serra da Vigia, a 230 m de altitude, desenvolve-se ao longo de 180 km até à foz, no oceano Atlântico, junto a Setúbal. Num primeiro troço, entre a nascente e a confluência com a ribeira de Odivelas, o rio corre na direção Sul – Norte, fletindo depois para Noroeste, direção que segue até à sua foz. A bacia hidrográfica do Rio Sado é limitada a Norte pela bacia do Tejo, a Este pela bacia do Guadiana, a Sul pela bacia do Mira e a Oeste por uma faixa costeira que drena diretamente para o mar. A bacia apresenta uma orientação geral Sul-Norte, sendo a sua largura apenas ligeiramente inferior ao seu comprimento.

Na área do Projeto (Desenho 3), elenca-se dois de cursos de água, na margem esquerda do rio Sado, que têm relação direta com esse mesmo Projeto, a ribeira do Arcão e a ribeira de Grândola.

O rio Sado na área LS, corre a cotas entre 2m e 12 m a.n.m. (com influência de marés, até ao seu troço intermédio, junto a Porto Rei, a Este dos jazigos), pode sentir os efeitos da recarga, a partir de montante e a partir do fluxo direto da drenagem superficial da rede hidrográfica daquelas duas ribeiras na margem esquerda. Pode ter ainda comportamento ganhador a partir da descarga aquífera dos sistemas

hidrogeológicos Miocénicos e Plio-Plistocénicos, mas pode ter comportamento perdedor em profundidade, para jusante, onde o limite de contatos tectónicos e-estratigráficos favoreça essa recarga aquífera mais profunda da base do Cenozoico e do Paleozoico.

A rede hidrográfica mais representativa da área do Projeto é a seguinte:

- Rio Sado (margem esquerda)
  - Barranco do Vale Ceisseiro
  - Barranco do Vale de Lachique
  - Barranco do Vale dos Açudes
  - Barranco do Batão/ Rio de Moinhos
  - Barranco do Pisão
- Ribeira do Arcão (margem direita)
  - Barranco do Taralhão
  - Barranco da Junceira
  - Barranco das Terras Cavadas
  - Barranco do Vale da Cilha
- Ribeira de Grândola (margem esquerda)
  - Barranco do Salgueiral
  - Barranco do Vale da Ameirinha
  - Barranco da Perna Cesta

A ribeira de Grândola tem uma relação direta com a área do Projeto na medida que a área de cabeceira, na serra de Grândola e o curso final até à confluência no rio Sado, a Sul do Projeto, esta ribeira corre quase paralelamente ao flanco Norte da serra e na escarpa da falha de Grândola com uma orientação semelhante. Se a isto juntarmos uma geologia de contato favorável, com os terrenos aflorantes do Paleozoico, e a Norte da falha os terrenos mais baixos da sequência Cenozoica, designadamente a Formação Vale do Guizo e a Formação do Esbarrondadoiro/Melides, que expõem uma relação de vulnerabilidade à recarga aquífera em profundidade, que se poderá fazer sentir ao longo da área do projeto, a estes níveis.

A ribeira do Arcão que é tida por ter curso de água permanente e ser alimentada a montante pela sua cabeceira, e pelas ribeiras da Freixeira e do Burgão na sua margem esquerda, mostra ao longo do seu vale principal, uma relação de proximidade com a Formação de Alcácer do Sal, aflorante. Também mantém, para além do fluxo de superfície, um potencial de recarga aquífera dos sistemas intermédios do Miocénico.

Acresce a água residual tratada da ETAR de Grândola que é descarregada na ribeira. Em 2021 foram descarregados cerca de 620.000 m^3 (AgdA, doc. interno, 2022), ou seja, uma média de 20 L/s, que é manifestamente um volume de água descarregado que o Projeto pode ter em consideração e conversar com a AgdA, como uma fonte de água potencial para o empreendimento.

6.2 Controlos precedentes

Não se conhece, ou não se teve acesso, a qualquer tipo de controlo hidrológico precedente de quantidade e de qualidade, embora se conheça a existência de um ponto de controlo fixo no local Salema pela ARH Alentejo, no rio Sado, pelo que se assume que o presente estudo e o controlo hidrológico serão estabelecidos como a situação de referência de base da situação pré Projeto.

É importante salientar todo o processo de inventariação, explicitado acima, e que serviu de muleta para a seleção de pontos de monitorização e controlo que constituirão a rede final de monitorização das águas superficiais (e subterrâneas) estabelecida em sede do Projeto.

A área é tida por ter quantidade de água superficial disponível para o uso agrícola, em particular a cultura do arroz, mas é certo que este sistema de irrigação se mantém com a ajuda da Vala Real e sistema de valas de regadio associadas ao longo do curso do rio Sado.

6.2.1 Controlo hidrométrico das águas superficiais

No futuro requer-se instalar uma rede de estações de controlo de caudais, nos principais cursos de água, muito em particular na ribeira do Arcão a montante e a jusante dos pontos de afluência dos vales do barranco da Junceira e do barranco das Terras Cavadas, por se tratar das duas sub-bacias hidrográficas mais diretamente relacionadas com o Projeto.

Na atualidade não existe nenhum tipo de controlo na área do estudo. Uma exceção, que nos é referida, corresponde ao barranco do Batão/Rio de Moinhos, a sul do projeto, a descarregar diretamente na vala perimetral esquerda do rio Sado, onde o proprietário tem controlo de caudais neste ponto de confluência e refere (Portela de Morais, *comm. oral*, mar 2022) que há um caudal medido de cerca de 80 L/s, constante ao longo do ano que ali aporta à vala.

Na ribeira do Arcão, a montante da confluência da ribeira da Freixeira, nos pontos de controlo e monitorização de água, no âmbito do BHS, ali localizados, em abril de 2022 (ano seco), estimou-se um fluxo de água da ordem de20 L/s, ou superior, onde cabe a descarga da ETAR de Grândola a montante destes dois pontos.

DRAFT

7 HIDROGEOLOGIA: ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

7.1 Caraterização hidrogeológica

7.1.1 Bacia Cenozoica do Baixo Sado / Margem Esquerda (T3)

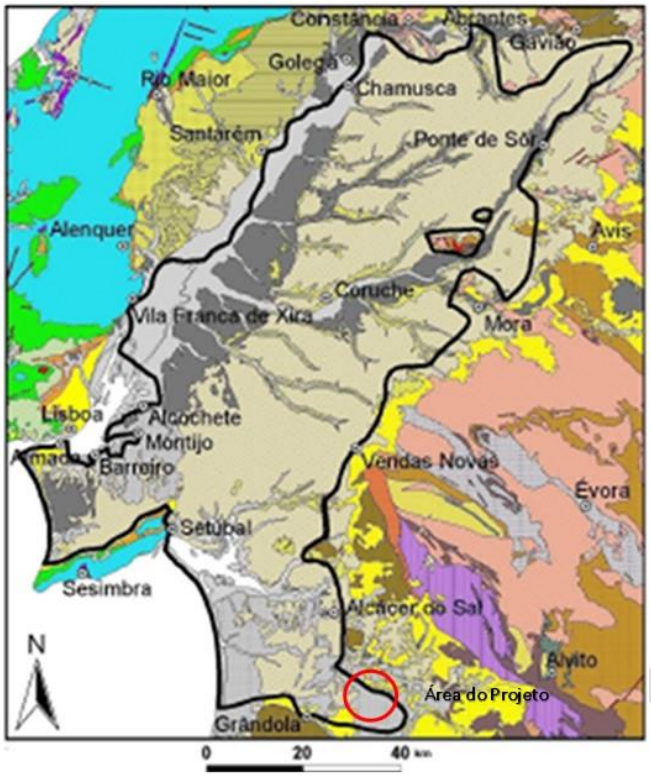
Entre os sistemas aquíferos de Portugal Continental, tal como definidos (Almeida *et al*, 2000; Chambel *et al*, 2005; e SNIRH/APA, 2022), a área do Projeto Lagoa Salgada inclui-se no Sistema Aquífero Tejo-Sado / Margem Esquerda (T3), como observado na Figura 47.



Fonte: https://snirh.apambiente.pt/

Figura 47. Sistema aquífero da bacia do Tejo-Sado / Margem Esquerda (T3).

Este sistema é delimitado a Sul pela serra de Grândola, falha de Grândola e pela confluência da ribeira de Grândola com o rio Sado.



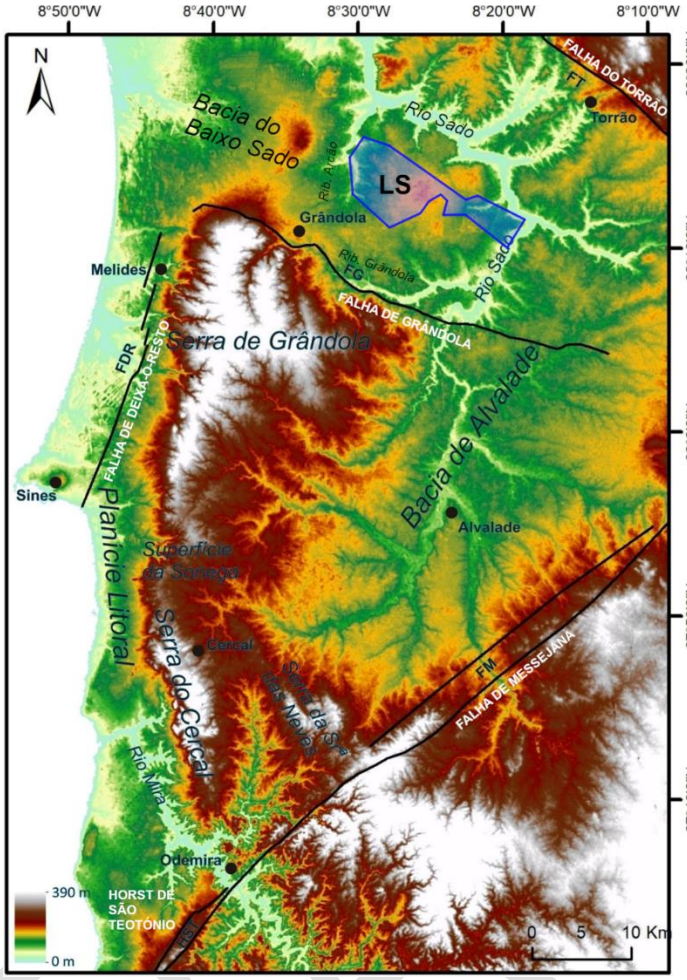
Fonte: Digitalizado depois de imprimido de Almeida *et al*, 2000

Figura 48. Sistema Aquífero Tejo-Sado: Margem Esquerda (T3). Detalhe ilustrativo da sua delimitação geográfica e localização do Projeto.

O conjunto sedimentar do Cenozoico e do Quaternário, na área de estudo, é parte integrante do sistema acima, onde, em particular, se insere o Sistema Aquífero Detrítico da Bacia do Baixo Sado, na margem esquerda do rio Sado.

Na Figura 49 mostra a área da Concessão da Lagoa Salgada (LS), contexto hipsométrico regional.

DRAFT



Fonte: ASTRE GDEM – NASA. Adaptado de Ressureição,2018

Figura 49. Mapa hipsométrico com localização da área do Projeto a norte da falha de Grândola

Na ficha do sistema aquífero da Bacia do Tejo-Sado/Margem Esquerda, em: https://snirh.apambiente.pt/, pode observar-se as seguintes caraterísticas hidrogeológicas gerais (Quadro 2).

Características Gerais	Sistema multiaquífero, livre, confinado ou semiconfinado, em que as variações laterais e verticais de fácies são responsáveis por mudanças significativas nas condições hidrogeológicas
Produtividade (L/s)	Pliocénico: mediana = 15,5; Arenitos de Ota: mediana = 9,7; Formações greso-calcárias: mediana = 35
Parâmetros Hidráulicos	Pliocénico: transmissividade, entre 100 e 3000 m²/dia; Arenitos de Ota: valores mais frequentes de transmissividade, entre 45 e 179 m²/dia; Série calco-gresosa marinha: valores mais frequentes de transmissividade, entre 127 e 693 m²/dia e coeficiente de armazenamento=10^{-3}
Funcionamento Hidráulico	Os aquíferos estão separados por camadas de permeabilidade baixa ou muito baixa (aquitardos e aquiclusos). Na Península de Setúbal, o sistema é constituído por um aquífero superior livre, sobrejacente a um aquífero confinado, multicamada. Subjacente a este conjunto, separado por formações margosas espessas, existe um aquífero confinado multicamada cujo suporte litológico são as formações greso-calcárias da base do Miocénico. A recarga faz-se por infiltração da precipitação, infiltração nas linhas de água
Piezometria / Direções de Fluxo	Em termos gerais, o escoamento subterrâneo dá-se em direção ao rio Tejo e ao longo do sistema aquífero até ao Oceano Atlântico
Balanço Hídrico	Foram elaborados vários modelos e exceto o da HP (1994), todos eles dão o sistema como estando em equilíbrio
Fácies Química	Pliocénico: cloretada sódica e cálcicas, bicarbonatadas calco-magnesianas; Arenitos de Ota: bicarbonatada sódica e cálcica; Série calco-gresosa marinha: bicarbonatada calco-magnesianas

Fonte: https://snirh.apambiente.pt/

Quadro 2. Caraterísticas Hidrogeológicas Gerais do Sistema Aquífero Tejo/Sado: Margem Esquerda

Por outro lado, na área do EHB, a caracterização detalhada, geológica (lito-estratigrafia) e hidrogeológica (águas subterrâneas), tem sido complexa, uma vez que não era feito antes a amostragem e o *logging* detalhados destas formações de cobertura recentes, pelo Projeto.

A base de referência era em grande medida a que derivava da observação das 4 cartas geológicas de Portugal, à escala 1:50.000, das suas Notícias Explicativas, e da bibliografia pública pesquisada.

O apoio da REDCORP e a adesão à realização de sondagens carotadas com recuperação integral do testemunho, foi decisiva ao estudo das sondagens e discussão detalhada com a equipa do Projeto (particularmente: Vitor Arezes, e Avelino Pinheiro, pela REDCORP, e Pedro Carvalho e José Martins pela (CONSMAGA/FRASA), o que permitiu a comparação fina de 5 sondagens inclinadas carotadas no Terciário e o estabelecimento da sequência lito-estratigráfica, seguido tudo isso de um exercício de extrapolação, para as cotas dos contatos nos furos vizinhos, e para as observações da piezometria, tendo em conta o dimensionamento dos parâmetros hidrodinâmicos efetuado no âmbito deste estudo.

Atualmente eleva-se para 12, o número de sondagens carotadas no Terciário, efetuadas pela REDCORP, durante 2022.

Teve-se igualmente acesso a dados de antigas sondagens realizadas pelo LNEG, na área do estudo, quer no Geoportal-Sondabase, quer no CEGMA, designadamente a sondagem vertical LS01 em Lagoa Salgada, carotada desde o início, e as sondagens RM01 e RM02 em Rio de Moinhos, em apoio às observações nas sondagens acima e outras antigas, com enfoque na informação dos contatos do Paleozoico e outras incidências litológicas, tectónicas e hidrogeológicas relevantes (Matos J., *comm. oral*, 2022, que se agradece).

A sequência lito-estratigráfica estabelecida para a área do Projeto e para a área do Estudo Hidrogeológico de Base, foi detalhadamente descrita no capítulo 4.2 (Geologia) acima, de que se realça as figuras 6 a 9, e o Desenho 2. Para melhor enquadramento.

De notar. porém, que as espessuras, profundidades e cotas altimétricas tipo mostradas, são válidas para a secção dos depósitos minerais respetivos, portanto, circunscrevem-se a uma área muito limitada de influência, quando comparada com a área mais alargada do EHB, e não contempla as variações nas paleo-superfícies do terreno respetivo entre cada uma das formações geológicas e as variações laterais que possam ocorrer, quer ao nível estratigráfico, quer ao nível hidrogeológico, sendo necessário considerar os devidos ajustamentos, à medida que mais recente informação seja produzida.

O mesmo se aplica aos considerandos hidrogeológicos que, complementarmente, estas sondagens também possibilitaram identificar e confirmar, com realce na definição das principais intersecções aquíferas, como a seguir se descreve:

7.1.2 Sistemas aquíferos

Os sistemas aquíferos multicamada, identificados neste contexto, são complexos e de produtividade variável, sendo que, para os quais, foi estabelecido o seguinte contexto hidrogeológico geral:

- Sistema Cutâneo. Formações do Holocénico e Plio-Plistocénico; aquífero livre poroso em arenitos finos não consolidados, com profundidades de 0 a 20 m. Pode subdividir-se num aquífero livre pelicular sub-superficial do Holocénico, nas areias soltas desta formação (até 2-4 m), e no sistema cutâneo do Plio-Plistocénico *ss*, por vezes separado daquele por uma camada silto-argilosa que faz de "cama" à acumulação de águas no Holocénico, incluindo as lagoas existentes da área (L1 a L16).

- Sistema Intermédio. Formações do Miocénico; arenitos porosos, conglomerados e calcarenitos; aquífero semi-confinado multicamada (até 4-5 m de espessura cada uma), atingindo uma profundidade intermédia entre 30 e 80 m); inclui a formação do topo do Paleogénico quando arenítica no seio de argilitos (80-85m). Ocasionalmente estas profundidades podem atingir até 110-115 m, dependendo das variações laterais de facies e das caraterísticas do paleo-relevo.

- Sistema Basal. No contacto Paleogénico/Paleozoico, correspondente ao importante hiato sedimentológico ocorrido; aquífero poroso heterogéneo, à profundidade variável do contato entre 120 e 150 m. Nem sempre é aquífero, designadamente quando o contato abruto se apresenta consolidado e sem alteração/fraturação, entre as formações do Paleogénico e do Paleozoico.

- Sistema Profundo. Paleozoico vulcano-sedimentar com sulfuretos polimetálicos; corresponde a rochas fraturadas e/ou relacionadas com a mineralização (sulfuretos maciços, stockwork, e o *gossan*); sistema heterogéneo misto poroso/fissurado, confinado a semi-confinado; profundidade indefinida. Por vezes o contato é direto com o Paleogénico, através de uma pequena franja de paleo-alteração e hidrólise.

Como síntese, foi efetuado o estabelecimento da relação dos sistemas hidrogeológicos *vs* litologias, sendo, que resultou no seguinte, do topo para a base:

7.1.2.1 Sistema Aquífero Cutâneo

O Sistema Aquífero Cutâneo, subdivide-se na sua parte mais someira, por um aquífero pelicular do Holocénico de espessura métrica e na parte mais basal, por um aquífero cutâneo propriamente dito de espessura decamétrica.

7.1.2.1.1 *Aquífero livre a semi-livre pelicular a superficial nas areias eólicas e aluviões inconsolidados do Holocénico*

Este aquífero pelicular a sub-superficial, hospeda-se nas areias eólicas do holocénico (até 2-4 m)

A acumulação de águas nas lagoas e charcos, brejos etc., e no sei das areias soltas eólicas, em grande medida, devida aos ciclos hidrológicos de recarga anual, represa sobre um nível métrico fino a argiloso da formação de Ulme do Plio-Plistocénico, portanto, trata-se de águas sazonais (ex: Lagoa Salgada), essencialmente represadas, também por efeito associado da evaporação sucessiva e acumulação de matéria orgânica, que ajuda a essa colmatação de base, com produtos quase argilosos nas áreas de maior depressão. Na cartografia geológica (Desenho 2) pode observar-se que, sistematicamente, a base das lagoas mapeadas é sempre constituída pela formação de Ulme (topo fino silto-argiloso, de espessura métrica, como observado nas sondagens carotadas da área do Projeto).

Na área da cartografia geológica (Desenho 2) assume-se que a inexistência de acumulação de águas peliculares (ex: lagoas/charcos/brejos e águas derramadas) supõe que a água da chuva recargue e alimente verticalmente e de modo direto o sistema aquífero cutâneo subjacente do Plio-Plistocénico. Ao contrário, quando sub-saturado por efeito de eventos pluviais, sobre a "cama" argilosa de base, pode dar-se a acumulação provisória seguida de emergências laterais para as areias do Plio-Plistocénico e para a rede hidrográfica adjacente.

7.1.2.1.2 *Aquífero cutâneo, livre a semi-livre nas areias, conglomerados e argilas do Plio-Plistocénico (Formação de Ulme)*

É um aquífero cutâneo *ss* do Plio-Plistocénico.

O aquífero cutâneo, está intimamente relacionado com as areias finas monogranulares, muito finas, inconsolidadas a semi-consolidadas, da Formação de Ulme do Plio-Plistocénico indiferenciado, onde naturalmente se incorpora o aquífero acima do Holocénico, para se fundir no Sistema Aquífero Cutâneo.

Na base pode observar-se a presença ocasional de cascalheira fina de espessura centimétrica.

Tem espessura observada em sondagens até cerca de 20 m, ou seja, à cota altimétrica de cerca de 70 m a.n.m., relativamente à cota de superfície de referência de 90 m a.n.m. na área do Projeto, de modo que localmente pode interpretar-se como podendo ter maior espessura, entre esta cota e a cota 107 m a.n.m. do marco geodésico da Fresta, que subdivide as sub-bacias hidrográficas principais (Desenho 3).

O Sistema Aquífero Cutâneo, contata com as formações do Miocénico, particularmente com a Formação de Esbarrondadoiro, que no topo, apresenta uma unidade argilítica e aquitarda, de espessura decamétrica (cerca de 15 a 20 m) onde assenta. Quando este sistema aquífero se desenvolve para além da cota de referência 70 m a.n.m, descrita acima, e recubra as formações miocénicas até cotas mais baixas, como se descreverá abaixo no modelo de fluxos, é porque possa ter havido erosão diferencial e uma configuração da superfície do terreno, à época, que possa ter exposto e permitido os primeiros depósitos arenosos pliocénicos em contato direto, também com as formações mais baixas do Miocénico.

7.1.2.2 *Sistema Aquífero Intermédio multicamada do Miocénico (Formação de Esbarrondadoiro; Formação de Alcácer do Sal e Unidade de topo da Formação de Vale do Guizo, tVG)*

O Sistema Intermédio integra 2 aquíferos principais, além de ter potencial para conter um ou outro de menor importância, não discriminado, portanto sendo;

- Um aquífero próximo do topo na sequência estratigráfica do Miocénico. Localiza-se no seio da Formação de Esbarrondadoiro, do Miocénico Superior, a uma profundidade média de cerca de 40 m, ou seja, à cota aproximada de 50 m a.n.m., relativamente à cota de superfície de referência de 90 m a.n.m., na área do Projeto.

- Um aquífero mais baixo na sequência estratigráfica do Miocénico, localiza-se na base da Formação de Alcácer do Sal, igualmente do Miocénico Superior, no contato com a formação do topo de Vale do Guizo (tVG), ou mesmo no interior desta última, quando se apresente com níveis areníticos e conglomeráticos desagregados porosos. Trata-se do aquífero mais importante pesquisado pelos furos de captação na região do Estudo. De relembrar que o topo

da Formação de Vale do Guizo (tVG), pode ter idade do Oligocénico a Miocénico Inferior, daí a sua integração no sistema intermédio do Miocénico.

No conjunto estas formações do Miocénico desenvolvem-se, na área do Projeto, entre aproximadamente 30 m e cerca de 75-80 m de profundidade, como referido, sendo que esta última é, por ora, ainda difícil de estabelecer em pormenor, dependendo da morfologia da paleo-superfície do terreno no contato com o Paleogénico e o pendor para Norte observado que justifica as diferentes profundidades, por vezes decamétricas, como mostrado nas Figura 7, Figura 8 e Figura 9.

Trata-se de uma sequência sedimentar multicamada, com aquíferos confinados a semi-confinados pelos argilitos depositados entre as camadas ou lentículas de arenitos (mais ou menos conglomeráticos), calcarenitos e biocalcarenitos.

Em particular, a Formação de Esbarrondadoiro, na área do Projeto, contempla, como referido, uma unidade superior, composta por argilitos avermelhados a arenitos com matriz argilosa abundante, de cerca de 15 m de espessura, que constitui uma barreira impermeável, com carácter aquícludo a aquitardo.

Resulta que abaixo desta unidade argilosa se identifica o comportamento aquífero multicamada, no restante conjunto do Miocénico onde se releva o elevado grau de litificação das litologias observadas, normalmente muito consolidadas e compactas, e onde, igualmente se excetua a intercalação de alguns arenitos e calcarenitos que se apresentem tendencialmente desagregáveis (dois a três níveis identificados), que podem ter comportamento aquífero.

São estes aquíferos que justificam as elevadas produtividades nas captações do Miocénico, como referenciado acima e na bibliografia consultada e coligido nas observações de campo.

Designadamente no Miocénico Superior ainda na unidade da base da Formação do Esbarrondadoiro, observa-se comportamento aquífero, assumidamente relacionado com o nível métrico (até 5 m) arenítico a conglomerático e do calcarenito existente. Esta unidade que assume comportamento aquífero, constitui o primeiro aquífero reconhecido do sistema intermédio multicamada.

Na Formação de Alcácer do Sal, que se inicia com uma unidade essencialmente argilitica, com alternâncias areníticas a conglomeráticas compactas, é possível distinguir para a base, uma unidade pouco espessa (métrica a plurimétrica), que inclui, pontualmente, alguns arenitos desagregados, com caraterísticas aquíferas. A referência à existência de uma unidade biocalcarenitica fossilífera, eventualmente associada a esses arenitos, pode ser confirmada numa barreira da margem direita da ribeira do Arcão, a norte da confluência do barranco das Terras Cavadas (Desenho 3), no entanto nunca foi observada nas sondagens da área do Projeto.

Por sua vez, no seu contato com o topo da Formação do Vale do Guizo (tVG), embora essencialmente argilitico, sem a caraterística calichificação da formação Vale do Guizo (bVG), que se desenvolve em profundidade, constitui-se como a aquífero mais importante como definido e realçado acima.

Neste conjunto pode haver localmente mais algum aquífero de pequena espessura, associado com alguns arenitos intercalados, porém, ainda não sustentadamente confirmados nas sondagens à data.

7.1.2.3 Sistema Aquífero Profundo

O comportamento aquífero destes materiais é principalmente consequência da fraturação, incluindo tanto antigas falhas paleozoicas, com a fraturação e fissuração Hercínica e Alpina, das rochas vulcânicas hospedeiras e dos sulfuretos.

Inclui-se a permeabilidade de fratura na mineralização Paleozoica e/ou nas rochas vulcânicas, quando associadas ao processo de fraturação/fissuração tectónica e da *gossanização*.

Integra-se aqui, por comodidade, o sistema aquífero basal, da base do Paleogénico, uma vez que se torna quase indissociável no contexto de interface com os sistemas fissurados subjacentes

Assim, passa-se a tratar de um Sistema Aquífero Profundo, misto poroso/fissurado, mineiro, confinado a semi-confinado e muito heterogéneo, típico dos sistemas aquíferos fissurados, em meios maciços consolidados a muito competentes a a sua associação à natureza porosa do contato superior com a formação.

7.1.2.3.1 Aquífero Basal, no contato entre o Terciário e o Paleozoico

O contato de base entre o Paleogénico da Formação Vale do Guizo e o Paleozoico, corresponde aos materiais do Eocénico-Oligocénico (Formação Vale do Guizo, bVG) essencialmente conglomeráticos, que depositaram diretamente sobre a superfície dos terrenos do Paleozoico.

Pode definir-se como um aquífero poroso, embora num meio rochoso já com elevados padrões diagenéticos, com frequente perda das lamas de perfuração o que denota a elevada permeabilidade local deste meio, na zona do contato discordante entre o Terciário e o Paleozoico.

Excetua-se quando este contato é brusco ("à faca"), com as formações perfeitamente consolidadas entre elas, como também observado em sondagem, que corresponderia a um aquitardo.

Para completa apreciação deste sistema basal, deve-se associar as apreciações devidas abaixo ao sistema fissurado definido.

7.1.2.3.2 Sistema fissurado profundo

A macrofraturação associada a falhas Variscas e, em certa medida, a algumas falhas tardi-Variscas, que tenham condicionado a morfologia de base do Paleogénico, no contato com o Paleozoico, e a própria natureza da distribuição das mineralizações e das rochas vulcânicas hospedeiras, de comportamento hidrogeológico diferencial, faz com que se tenha uma abordagem cautelosa a estes sistemas heterogéneos.

A água original pode ser antiga, mas quer o efeito da drenagem mineira futura, em que o regime hidrodinâmico pode ser intensificado por essa drenagem, obrigam a que se coloque este meio no foco da atenção mineira futura e no desenho adequado de lavra mineira que vai ter lugar.

Também, a acrescentar complexidade, tem de se ter em consideração o possível efeito de contato, na superfície mais regionalizada, com o desenvolvimento de uma porosidade no contato quando a discordância entre a Formação do Vale do Guizo e o Paleozoico subjacente, for incrementada pela própria desagregação dos conglomerados na base da formação.

É relatado o comportamento deste contato, nas perfurações para a captação de águas subterrâneas na região, onde se refere a "perda" de lamas e de águas a este nível, durante as perfurações, incluindo a perda de produtividade na perfuração em relação com a dos sistemas aquíferos mais altos na sequência estratigráfica.

Em todo o caso, refere-se, a título informativo, que a perfuração dos piezómetros para o presente Estudo Hidrogeológico de base, em particular, no caso do piezómetro profundo, neste contato formacional discordante, começou por evidenciar alguma tendência para perda de injeção das lamas de furação, alguns metros acima ainda nos conglomerados e, mais particularmente, na faixa de contato. Porém, já durante o desenvolvimento e limpeza do piezómetro regista-se que em *air-lift*, se produziu um caudal elevado à boca.

Chama-se ainda à atenção, como já referido, que este contato nem sempre apresenta-se fraturado e permeável, pois há observação de carotes onde o contato "à faca" embora discordante se faz entre rochas compactas e aparentemente impermeáveis (baixa ou nula porosidade primária), que nos abriga a ponderar os efeitos regionais da carga/descarga deste meio, tendo em conta a cota de base, claramente abaixo do nível médio das águas do mar (na área do projeto esta cota é de cerca de 40 m b.n.m..

7.1.2.3.2.1 Os sulfuretos maciços

Como referido acima quando a fraturação e fissuração incidem na mineralização de sulfuretos maciços, incluindo as rochas resultantes de alteração supergénica, como é o caso do *Gossan,* ou outras rochas vulcânicas quando estas se apresentem competentes e com fraturação frágil, induzem uma capacidade aquífera própria, e traduz um comportamento hidrogeológico específico.

De facto, o comportamento frágil destas mineralizações e a desagregação provocada pela alteração e, sobretudo, a microfissuração, conferem uma permeabilidade de fratura elevada, generalizada a estes corpos minerais, de tal forma, que se constituem como aquíferos confinados a semi-confinados.

7.1.2.3.2.2 O gossan e zona de enriquecimento supergénica

Estes materiais apresentam-se muito alterados, pulverulentos e desagregados a fragmentados, nos carotes, inequivocamente associado a um incremento da permeabilidade do próprio corpo mineral *gossanizado*.

Em qualquer caso, não é possível antecipar um cenário de armazenamento e fluxo favorável. Pode haver alguma retenção da água na componente mais fina, eventualmente aquitarda.

7.1.3 Considerações gerais

O sistema aquífero da bacia do Baixo-Sado/margem esquerda, onde a área do Projeto se insere, é considerado conter água de boa qualidade para consumo humano e para rega.

O comportamento hidrogeológico destes materiais será um vetor importante a ter em conta no Projeto, fundamental e na relação com o contexto hidrológico e ambiental envolvente.

As cabeceiras das linhas de água, nas sub-bacias das diferentes ribeiras desenvolvidas nessa superfície aplanada, são irregulares e "difusas", antes de claramente drenar para o rio Sado ou para as ribeiras de Grândola e Arcão. Esta drenagem é mais clara por baixo da linha de escarpa, cerca da cota altimétrica 70 m a.n.m. $\pm$ 5 m.

Os sistemas hidrogeológicos são sensíveis à seca prolongada, e em particular o sistema hidrogeológico pelicular e cutâneo.

Os principais cursos de água secundários (ribeiras e barrancos) têm caudal permanente, contrastante com o regime temporário dominante nas ribeiras e barrancos do Baixo-Alentejo, porque são alimentados por descargas dos sistemas hidrogeológicos cutâneo e intermédio.

O rio Sado tem influência das marés até à zona de Porto Rei, a montante do barranco dos Açudes, sendo que, por isso, as amostragens de águas para análise hidroquímica foram efetuadas na maré baixa.

7.2 Determinação de parâmetros hidrogeológicos

7.2.1 Novos furos curtos para estudos geotécnicos (aproveitamento como piezómetros)

Foram efetuadas 2 sondagens carotadas curtas de cerca de 40 m, para estudos geotécnicos, que foram reconvertidas para piezómetros de monitorização hidrogeológica.

São os furos GT-ST 01 e GT-ST02.

A sua execução até cerca de 40 m de profundidade garante que controlam a piezometria do sistema aquífero do Plio-Plistocénico e eventualmente o aquífero mais alto do Miocénico Superior, quando intersectado acima de 40 m.

7.2.2 Furos de investigação hidrogeológica

Para completar o conhecimento hidrodinâmico dos diferentes sistemas aquíferos, foram perfurados furos de grande diâmetro, alinhados, preparados como piezómetros, neles se tendo executado testes de bombeamento.

Estes piezómetros foram devidamente entubados e com proteção do godo filtrante de areia fina calibrada na porção ranhurada das captações nas zonas aquíferas, e protegidos nos troços acima com recurso a impermeabilização com “troptogel” no anel exterior dos tubos cegos colocados. O seu uso futuro está previsto para piezómetros e controlo hidroquímico.

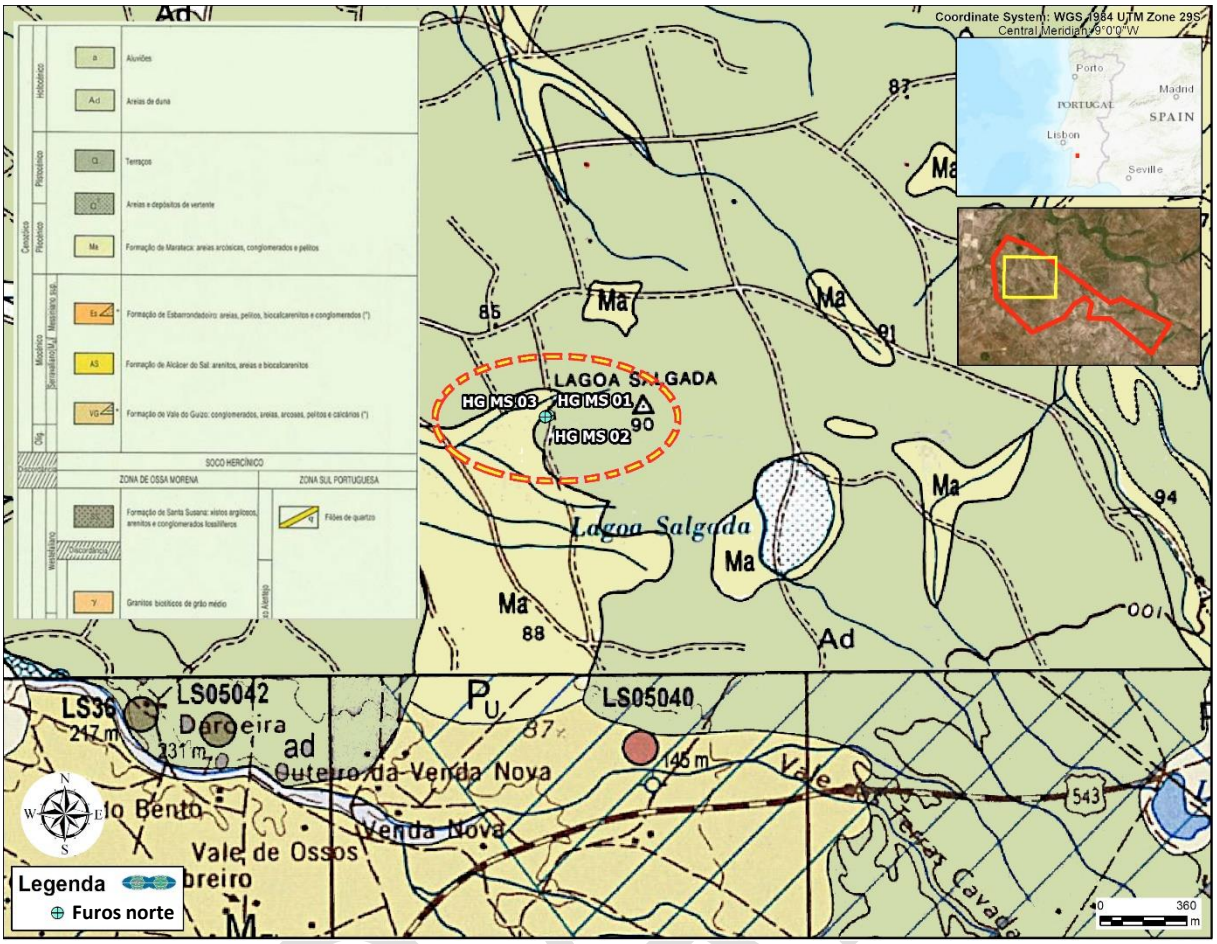
DRAFT



Fotografia 3. Construção de piezómetros para hidrogeologia.

No depósito Venda Nova Norte, foram construídos, 3 furos (Figura 50); um curto de 22 m para o aquífero cutâneo, outro de 90 m, para captar o sistema intermédio multicamada, isolados do aquífero cutâneo e um terceiro a captar o sistema profundo de 157 m, intercetando o contato Terciário/Paleozoico com isolamento dos troços superiores, correspondentes aos aquíferos cutâneo e intermédio.

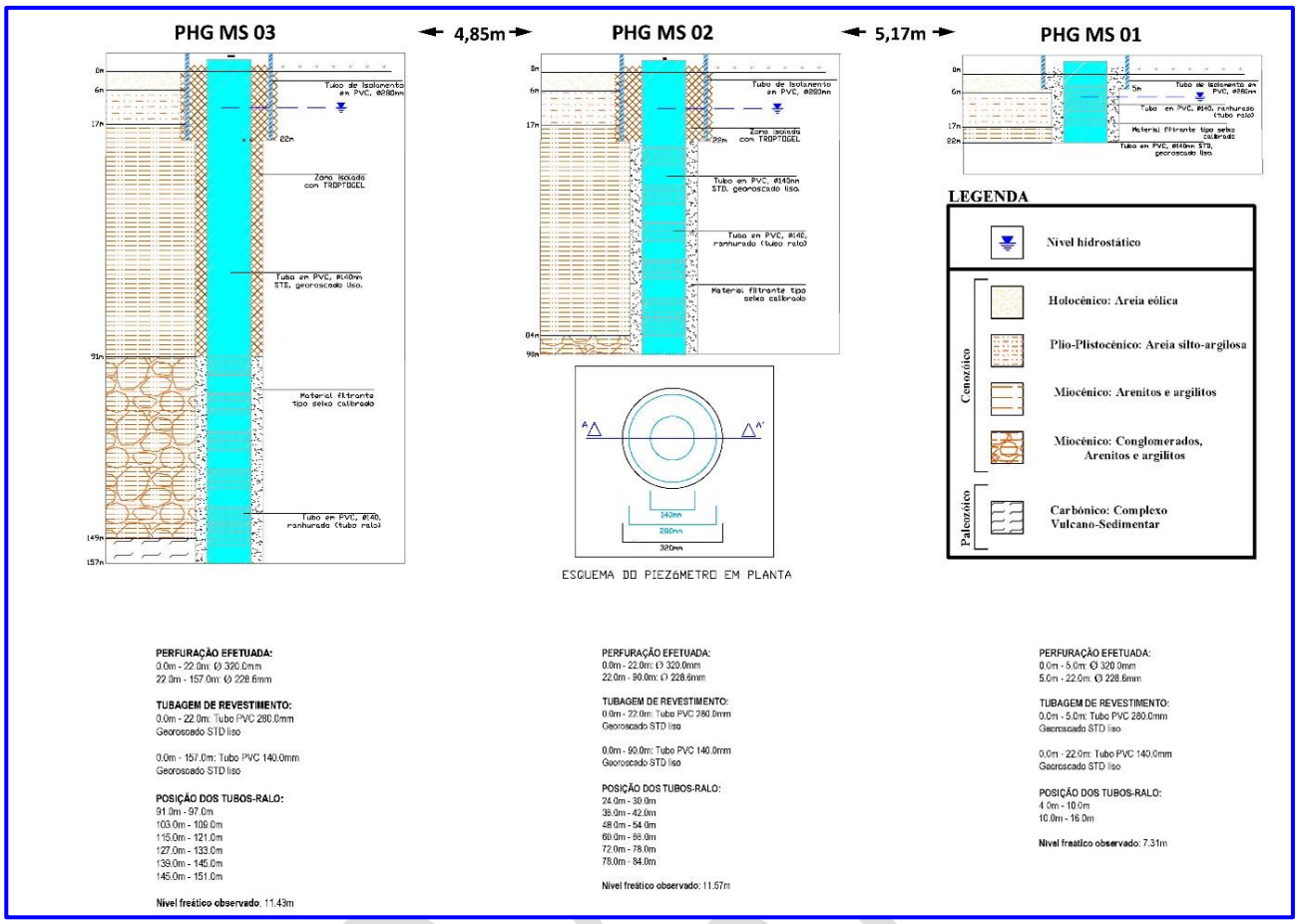
Como os furos foram perfurados antes de se haver informação adequada e se poder interpretar em detalhe as colunas litológicas das sondagens de investigação mineira na sua envolvente imediata, o isolamento do furo HG-MS03 ficou curto, com 2 m de tramo filtrante no aquífero intermédio.



Fonte: FRASA, 2022. Adaptado de Carta Geológica de Portugal, Folha 39D-Torrão (escala original 1:50 000), e de Triáguas, 2022.

Figura 50. Enquadramento geológico dos furos de investigação hidrogeológica no jazigo Venda Nova Norte.

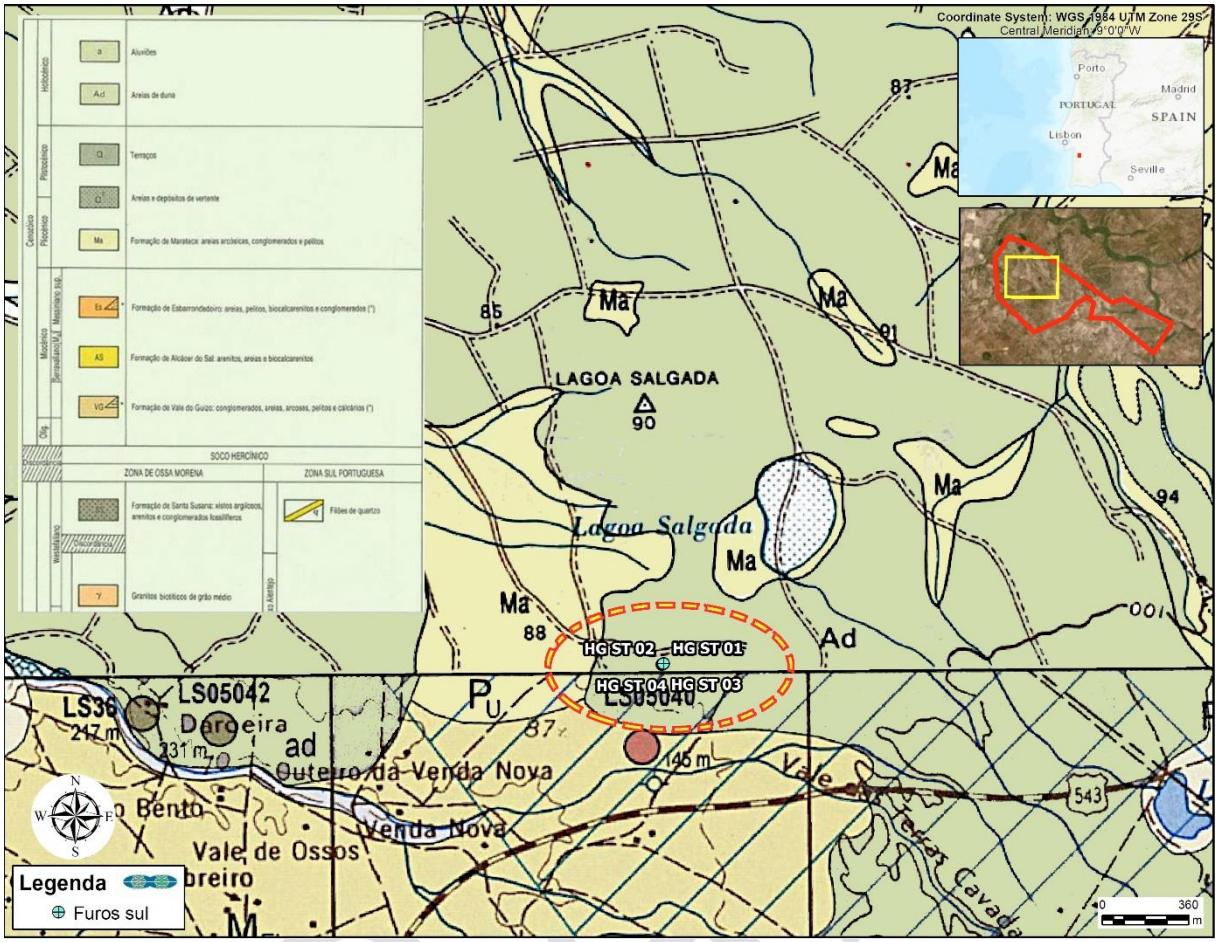
A Figura 51 resume estes dados, os instrumentos são representados de acordo com a sua localização, de oeste para leste.



Fonte: Triáguas, 2022.

Figura 51. Desenho representativo dos furos investigação hidrogeológica no jazigo Venda Nova Norte.

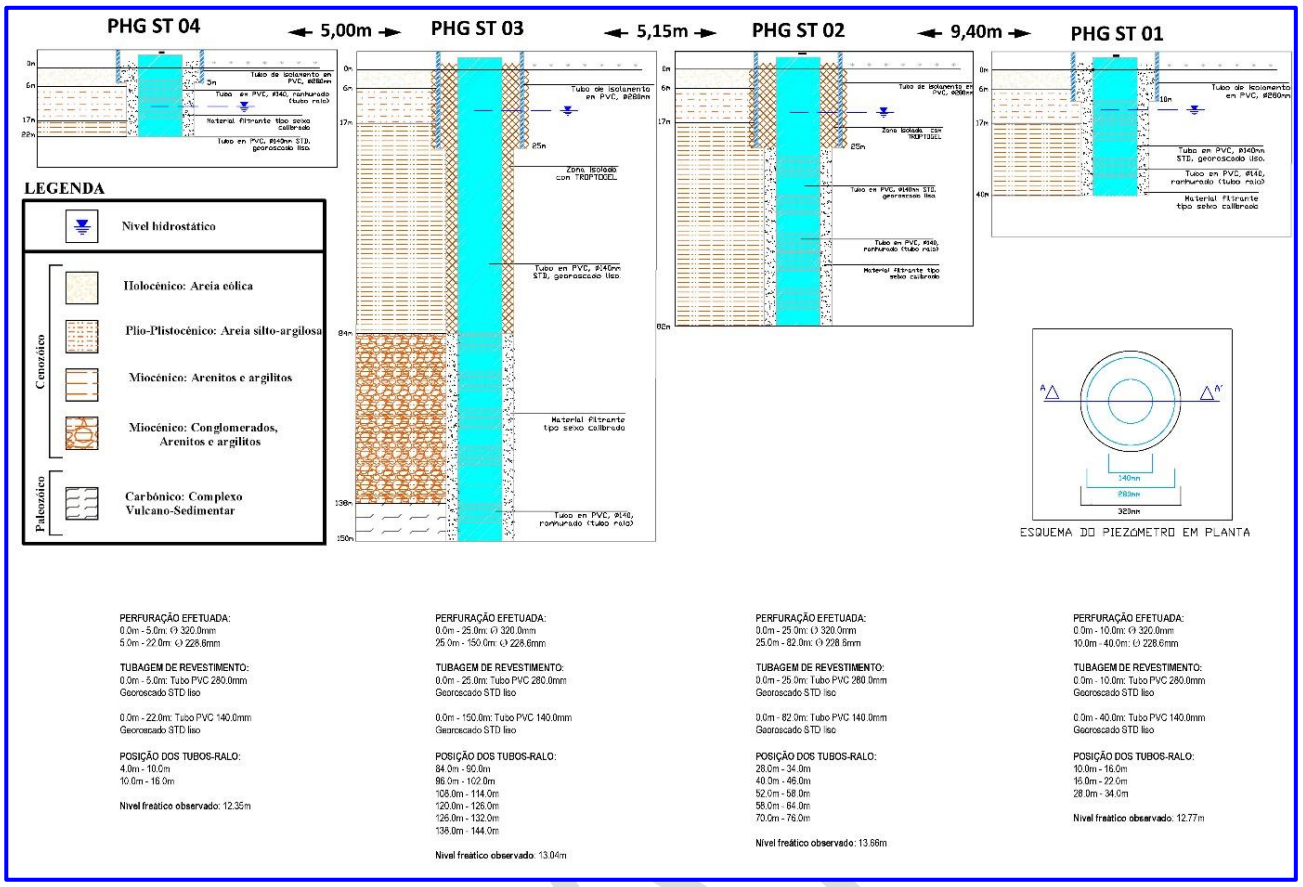
Por sua vez, no Depósito Venda Nova Sul foram construídos 4 furos (Figura 52); um curto, de 22 m de profundidade, para captar o aquífero cutâneo, um de 40 m, a captar o primeiro aquífero do sistema intermédio em conjunto com a captação do sistema cutâneo, outro de 82 m, para captar o sistema intermédio multicamada, isolados do aquífero cutâneo e um quarto a captar o sistema profundo de 150 m, intercetando o contato Terciário/Paleozoico com isolamento dos troços superiores, correspondentes aos aquíferos cutâneo e intermédio.



Fonte: FRASA, 2022, Adaptado de Carta Geológica de Portugal, Folha 39D-Torrão (escala original 1:50 000), e de Triáguas, 2022.

Figura 52. Enquadramento geológico dos furos de investigação hidrogeológica no jazigo Venda Nova Sul.

A Figura 53 resume os dados construtivos e colunas litológicas, os instrumentos são representados de acordo com a sua localização, de Oeste para Este.



Fonte: Triáguas, 2022.

Figura 53. Furos de investigação hidrogeológica do jazigo Venda Nova Sul.

7.2.3 Ensaios de caudal e hidrodimensionamento

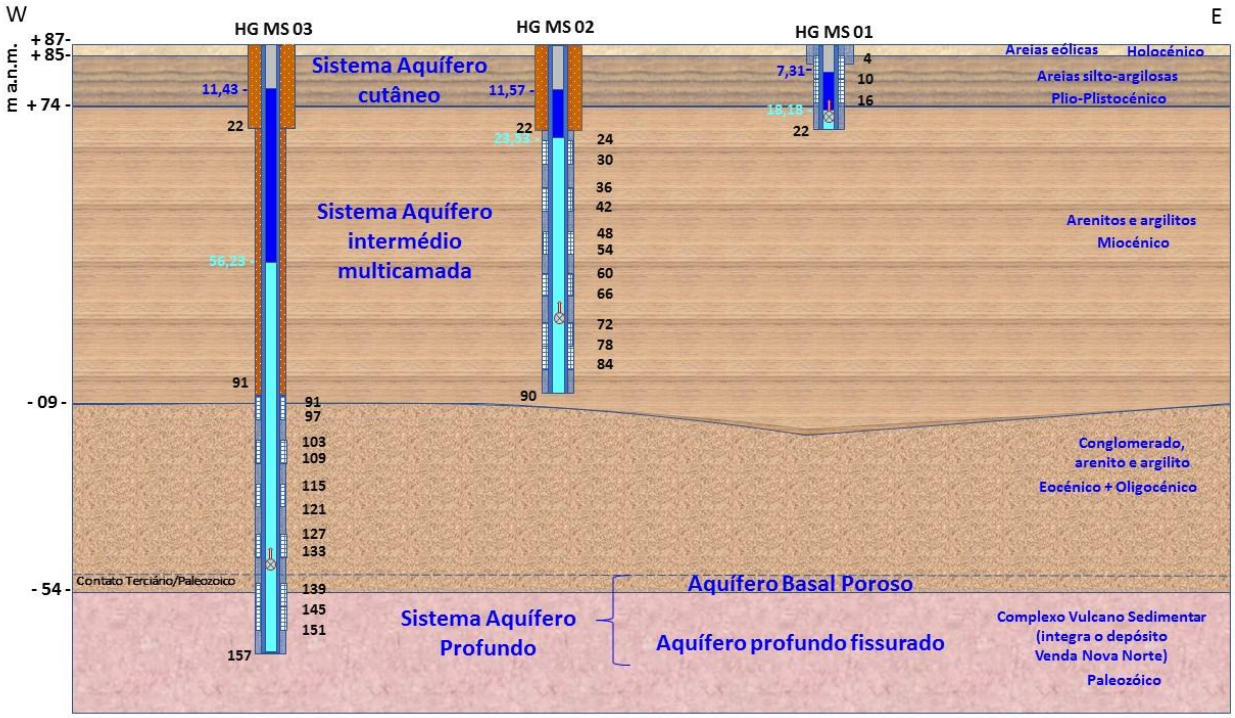
Foram executados ensaios de bombagem em cada um dos 7 furos de Hidrogeologia. Além disso, alguns bombeamentos controlados foram realizados no furo privado WH-HCC01. Também no furo de abastecimento público, renomeado como WH-ADA01, se recorreu a dados disponibilizados pela AgdA - Águas Públicas do Alentejo.



Fotografia 4. Ensaios de caudal nos piezómetros para hidrogeologia

7.2.3.1 Ensaios de caudal no depósito mineral Venda Nova Norte

A Figura 54 mostra o esboço característico para cada furo e as litologias atravessadas.

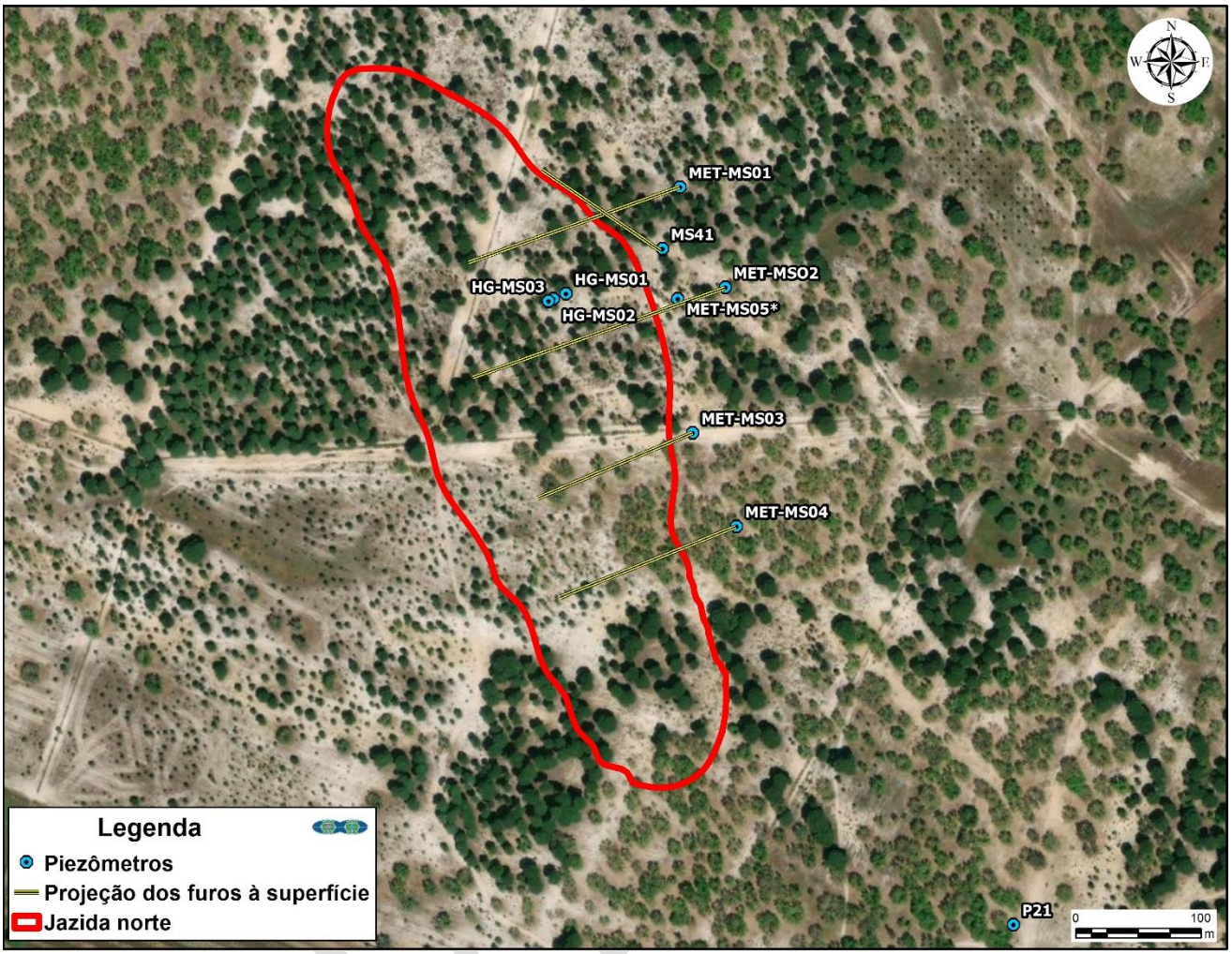


Fonte: FRASA, 2022

Figura 54. Esboço dos furos e litologias no jazigo Venda Nova Norte.

A Figura 55 mostra a sua posição sob imagem satélite. O MS 41 é incluído porque nos testes de bombeamento é o ponto de observação de nível de água, dada a sua proximidade relativamente aos piezómetros instalados.

DRAFT



Fonte: Imagem: Google earth. Coordenadas REDCORP.

Figura 55. Posição relativa dos furos no jazigo Venda Nova Norte e os desvios produzidos.

Além disso, durante os ensaios, foram medidos os níveis de água em 4 poços de investigação metalúrgica (Met-MS01 a Met-MS04) localizados a Este do depósito.

São perfurações direcionadas, inclinadas a 60°, para atravessar transversalmente o depósito mineral. Nestes furos foi colocado um tubo de revestimento, com porção ranhurada no fundo, mas sem vedação isolante, pelo que o nível medido pode ser influenciado pelos diferentes sistemas aquíferos.

7.2.3.1.1 Ensaio de caudal HG-MS01

O teste no furo HG-MS01 foi realizado o 21/04/2022, a partir das 17:25 horas.

No furo de 22 m de profundidade, o ralo de sucção da bomba foi colocado a 20 m. O tempo de extração foi de 22 minutos a um fluxo constante de 0,3 L/s, interrompendo o bombeamento devido ao esgotamento do nível. Os dados de recuperação foram levados até o minuto 925.

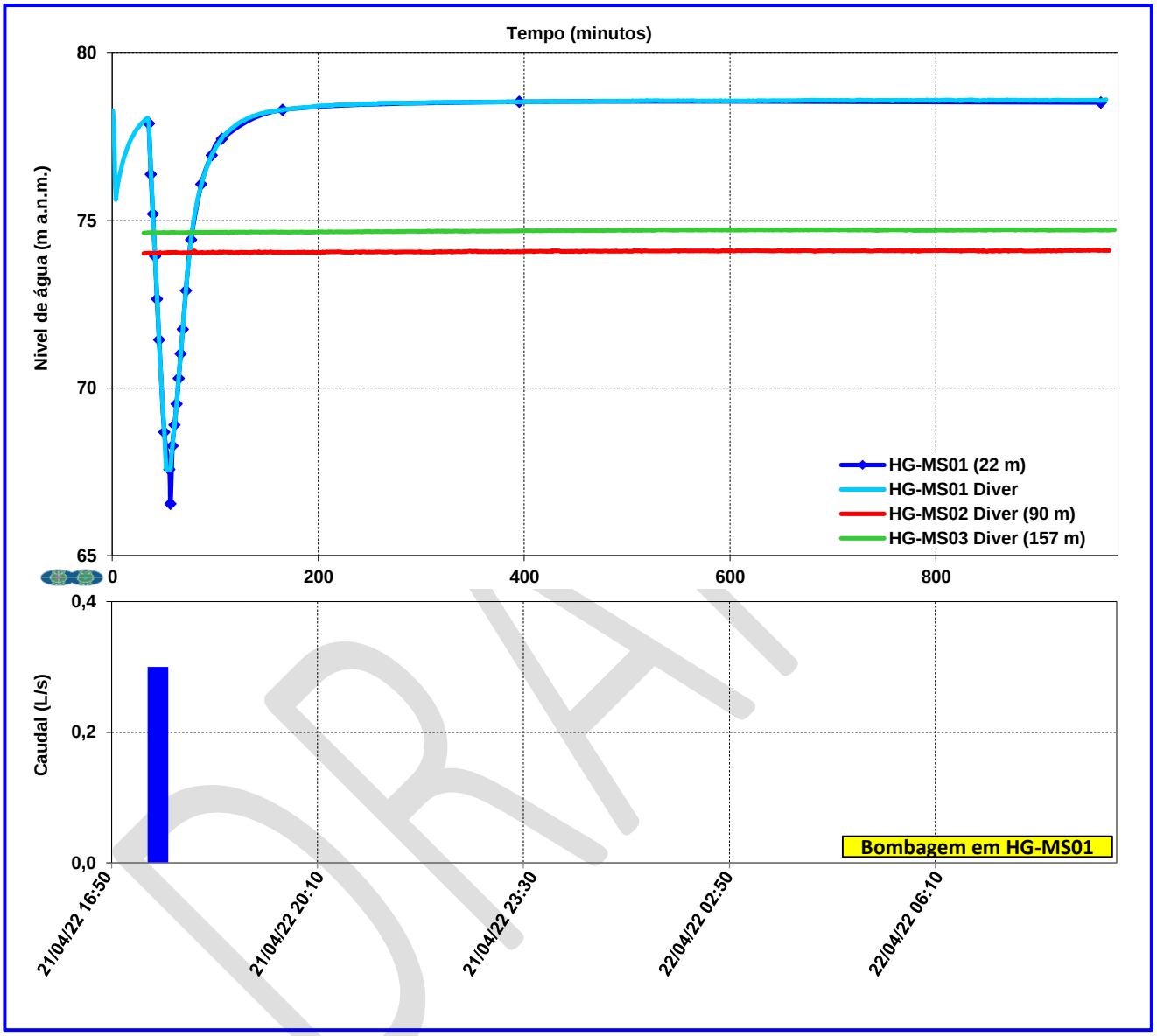
No mesmo ponto de bombeamento, as leituras do caudal foram feitas com medidor de caudal eletromagnético e *diver* (medidor de nível). As leituras também foram feitas nos instrumentos HG-MS02 e HG-MS03 por meio de *diver*.

A coluna litológica deste furo enquadra-se geologicamente em formações sedimentares datadas do Cenozoico, caracterizadas essencialmente por areias eólicas, areias silto-argilosas, arenitos e argilitos das Formações do Holocénico e Plio-Plistocénico.

Os arenitos finos não consolidados da formação de Ulme (PU), constituem o sistema aquífero superior, de caracter cutâneo livre, com espessura média até 20 m.

O HG-MS01 atravessou areias eólicas até 2 m, areias silto-argilosas até os 16 m e arenitos e argilitos até os 22 m.

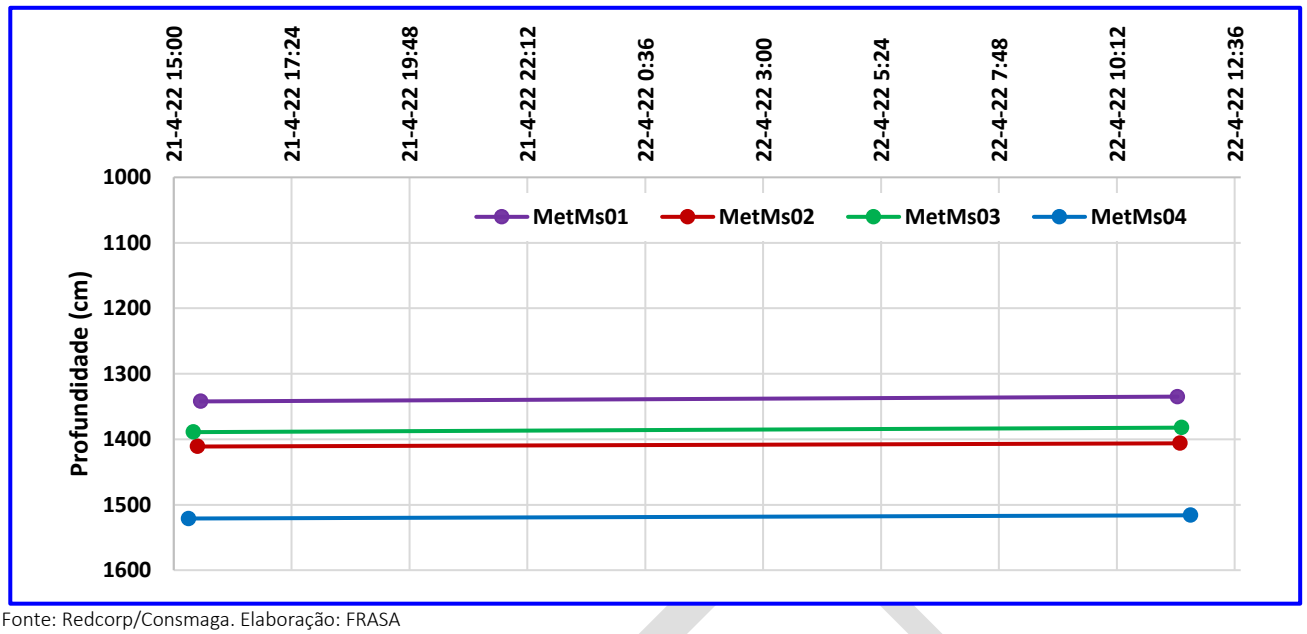
Os níveis piezométricos registados em cada furo, em função do tempo decorrido desde o início da bombagem são traçadas na Figura 56. Deve notar-se que foi realizado um arranque prévio de teste da bomba.



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 56. Ensaio de caudal HG-MS01. Níveis piezométricos (m a.n.m.).

No furo HG-MS01 o rebaixamento máximo é de cerca de 12 m, os dados do *diver* instalado no mesmo ponto mostram uma certa disparidade com os dados obtidos manualmente. Nos furos HG-MS02, HG-MS03 e nos furos Met, para ensaios metalúrgicos (Figura 67) não foi observada influência no nível da água da bombagem no sistema superficial. Os cálculos dos parâmetros hidrogeológicos neste teste não são representativos para os instrumentos mais profundos



Fonte: Redcorp/Consmaga. Elaboração: FRASA

Figura 57. Nível de água nas sondagens de investigação metalúrgica durante o ensaio de bombagem no furo HG-MS01.

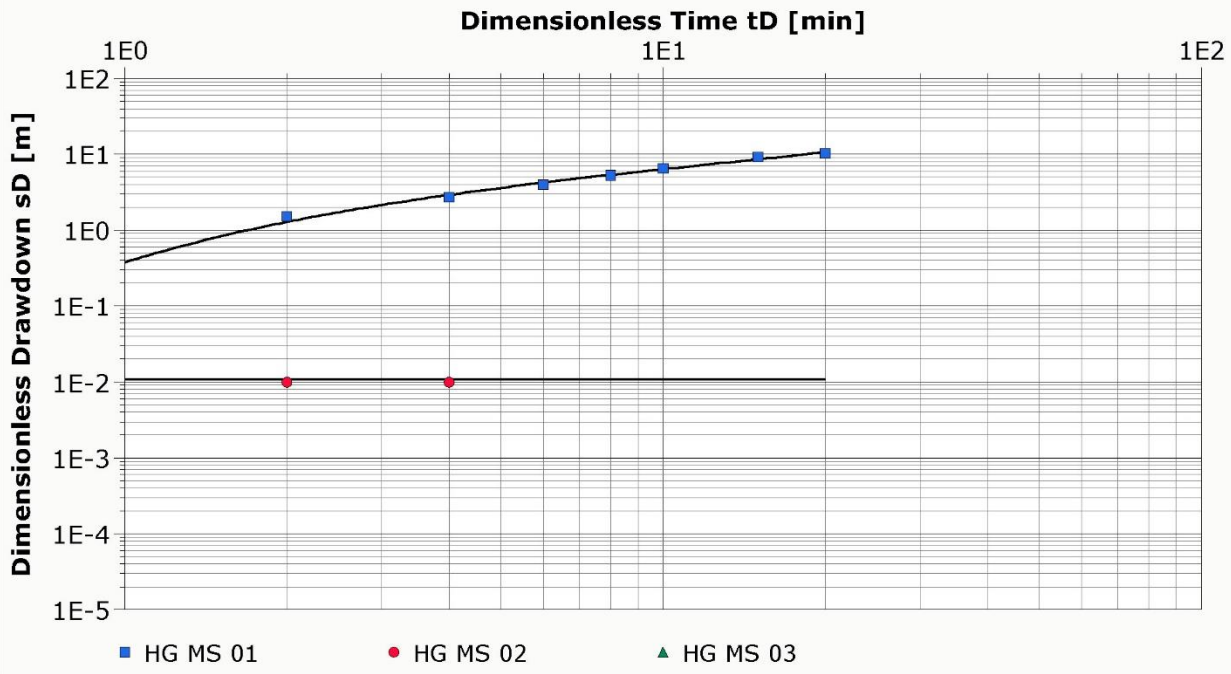
A fim de definir as condições de contorno, foi tomada como ponto de partida a profundidade do HG-MS01 (22 m). Assim, a bombagem foi realizada nos arenitos finos não consolidados da formação de Ulme, hidrogeologicamente definidos como um sistema aquífero cutâneo superior não confinado, litologicamente caracterizado por areias silto-argilosas (Plio-Plistoceno) com uma espessura média de 14 m; acima do qual é presente o estrato superior das areias eólicas (Holoceno), com uma espessura de 2 m. A espessura total do conjunto é de 16 m.

No cálculo dos parâmetros hidrogeológicos, foi obtido um bom ajuste utilizando o método Theis com correção Jacob (adequado para aquíferos livres). O ajustamento obtido e os resultados para a transmissividade (T)[3] e coeficiente de armazenamento (S)[4] mostram-se na Figura 58. Devido à curta duração do teste, a validação dos dados é limitada, especialmente para os furos HG-MS02 e HG-MS03 em que não foi observada resposta, para estes instrumentos considera-se que os resultados calculados neste ensaio não são válidos.

[3] A transmissividade (T), ou transmissividade hidráulica de um aquífero é a taxa de fluxo sob um determinado gradiente hidráulico através de uma unidade de largura de aquífero de determinada espessura, e saturada. Assim, a transmissividade é o volume de água que flui através de uma banda de aquífero de largura unitária no tempo unitário e sob a carga de um metro. É o produto da espessura saturada desse aquífero e da condutividade hidráulica (K). É medido numa área unitária dividida por uma unidade de tempo. Tem dimensões L^2/T: m^2/dia ou cm^2/s. É representativa da capacidade do aquífero de produzir agua.

[4] O coeficiente de armazenamento (S) ou porosidade drenável é definido como a água que pode ser libertada por um prisma vertical do aquífero, de secção igual à unidade e altura equivalente à espessura saturada do aquífero, quando existe uma unidade de descida do nível piezométrico. É um valor sem dimensão. Num aquífero livre, corresponde à porosidade efetiva (m_e).

Location: Grandola (Portugal)	Pumping Test: Ensaio de caudal Nº3	Pumping Well: HG MS 01
Test Conducted by: Triáguas		Test Date: 21/04/2022
Analysis Performed by:	Ensaio de caudal Nº3	Analysis Date: 17/05/2022
Aquifer Thickness: 17,00 m	Discharge Rate: 0,3 [l/s]	



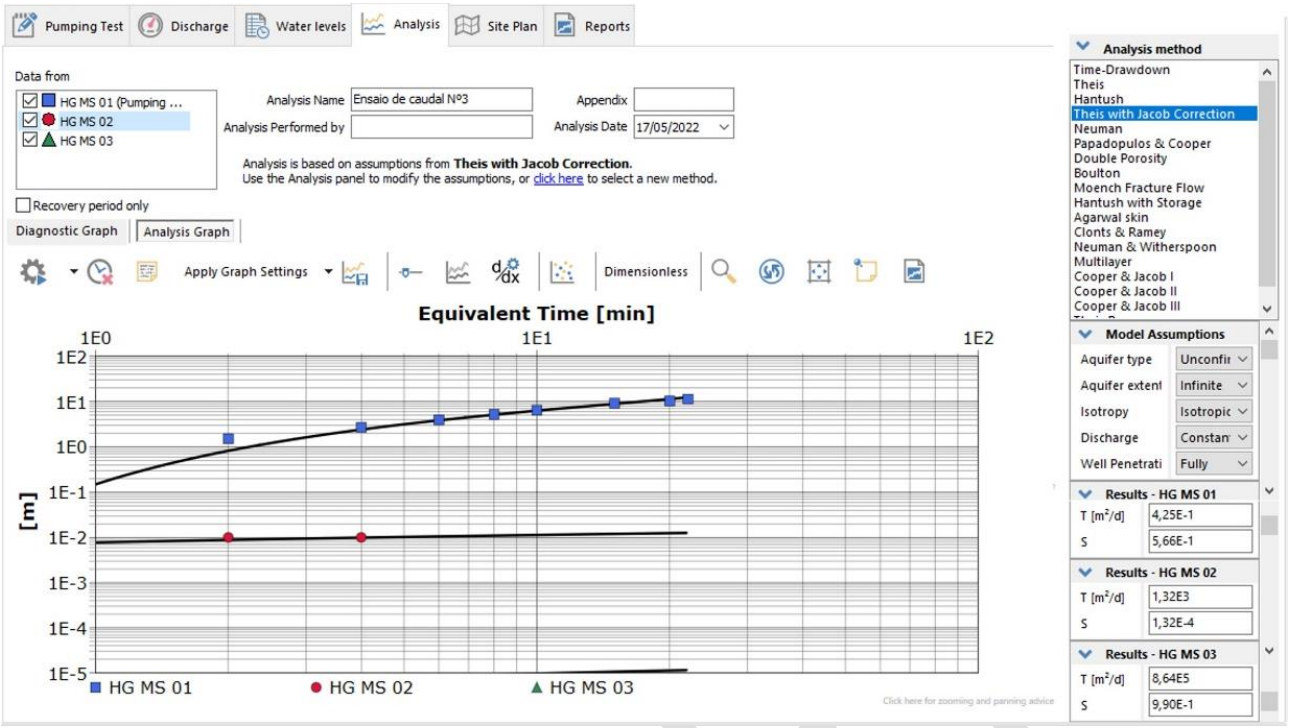
Calculation using Theis with Jacob Correction

Observation Well	Transmissivity [m²/d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [m]	
HG MS 01	$5{,}96 \times 10^{-1}$	$3{,}50 \times 10^{-2}$	$4{,}91 \times 10^{-1}$	0,07	
HG MS 02	$1{,}91 \times 10^{-6}$	$1{,}12 \times 10^{-7}$	$2{,}19 \times 10^{-1}$	996,05	
HG MS 03	$8{,}51 \times 10^{5}$	$5{,}00 \times 10^{4}$	$9{,}11 \times 10^{-1}$	994,1	
Average	$2{,}84 \times 10^{5}$	$1{,}67 \times 10^{4}$	$5{,}40 \times 10^{-1}$		

Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 58. Ensaio de caudal HG-MS01. Ajuste manual (Theis com correção Jacob).

Um segundo ajuste automático foi realizado utilizando o mesmo método (Theis com correção Jacob). A Figura 59 mostra os resultados obtidos e a transmissividade (T) e coeficiente de armazenamento (S).



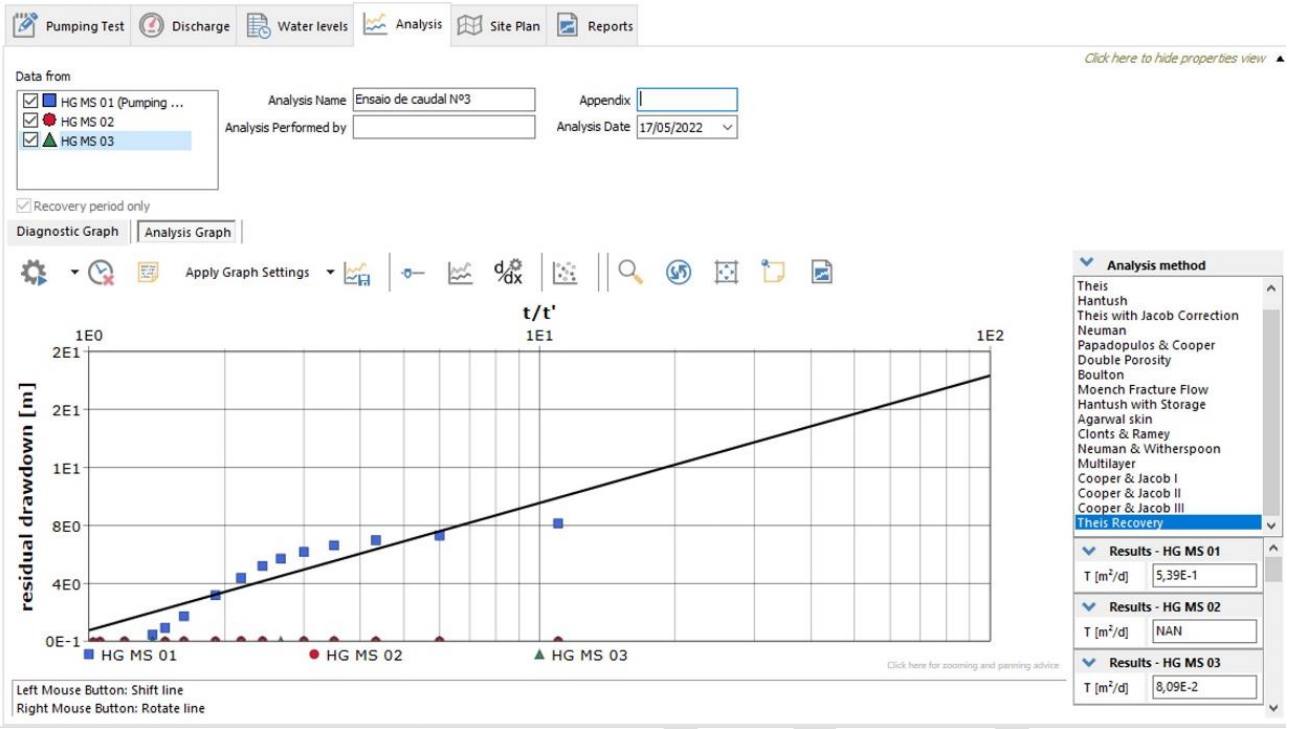
Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 59. Ensaio de caudal HG-MS01. Ajuste automático (Theis com correção de Jacob).

Devido à profundidade do furo, a bomba foi situada baixo o último tramo de filtro. O volume de água extraída (396 L) foi algo maior que a capacidade de armazenamento do furo (291 L) estimando que na área anelar filtrante de areia fina teria uma percentagem de água de cerca de 50%.

Pode-se considerar que a água foi extraída principalmente da própria perfuração, sendo muito pequena a quantidade extraída do sistema aquífero. Portanto, apenas os dados obtidos na recuperação podem ser considerados válidos.

Considerando apenas os dados da recuperação e analisando-a utilizando o método Theis, obtêm-se os seguintes resultados (Figura 60).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 60. Ensaio de caudal HG-MS01. Ajuste manual (Theis recuperação).

A Tabela 37 resume os resultados obtidos do ensaio de caudal HG-MS01, os resultados para os furos HG-MS02 e HG-MS03 apresentam um leque alargado de incerteza, pois não mostraram efeito da bombagem.

	Instrumento	Profundidade	Parâmetro	Bombeamento		Recuperação
				(Theis com correção de Jacob)	(Theis com correção de Jacob)	(Theis)
Bombagem	HG-MS01	22	T (m^2/d)	$5{,}96E^{-1}$	$4{,}25E^{-1}$	**$5{,}39E^{-1}$**
			S	$4{,}91E^{-1}$	$5{,}66\ E^{-1}$	
			K (m/d)	$3{,}50E^{-2}$		
Controlo	HG-MS02	90	T (m^2/d)	$1{,}91E^{-6}$	$1{,}32E^{3}$	NAN
			S	$2{,}19E^{-1}$	$1{,}32\ E^{-4}$	
			K (m/d)	$1{,}12E^{-7}$		
Controlo	HG-MS03	157	T (m^2/d)	$8{,}51E^{5}$	$8{,}64E^{5}$	$8{,}09E^{-2}$
			S	$9{,}11E^{-1}$	$9{,}90\ E^{-1}$	
			K (m/d)	$5{,}00E^{4}$		

T: Transmissividade. S: Coeficiente de armazenamento. K: Condutividade hidráulica.
Fonte: FRASA, 2022

Tabela 37. Ensaio de caudal HG-MS01. Resultados.

7.2.3.1.2 Ensaio de caudal HG-MS02

O ensaio no furo HG MS 02 foi realizado o dia 26/04/22, tendo iniciado às 14:10 horas. O furo é de 90 m de profundidade, com o ralo de sucção da bomba a 71,3 m.

A duração da bombagem foi de 1320 minutos (22 horas) com caudal variável (Tabela 38).

Etapa	Tempo (Min.)	Caudal (L/s)	Volume (L)
1	40	1,2	2.880
2	40	1,5	3.600
3	1240	1,8	111.600
Recuperação	120	0	Volume (L)

Tabela 38. Duração e caudal das etapas de bombagem no furo HG-MS02.

No mesmo ponto de bombeamento, as leituras tempo / caudal – rebaixamento, foram feitas com medidor de fluxo eletromagnético e *diver* (medidor de nível). As leituras também foram feitas nos instrumentos HG-MS01, HG-MS03 por meio de *diver* e no MS41 com fita.

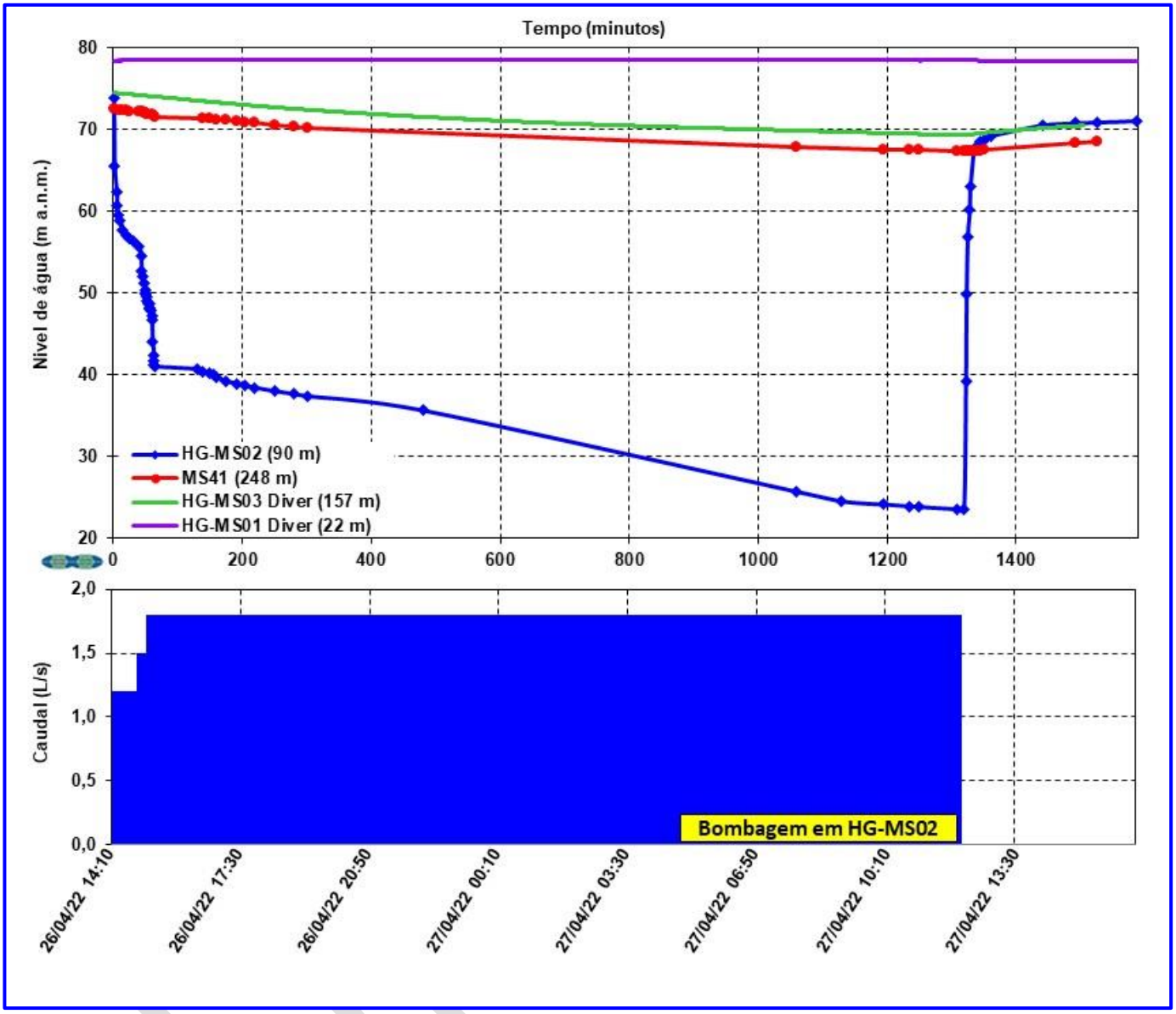
De acordo com informações de Triáguas, (2022), baseadas na Carta Geológica de Portugal e, mais em detalhe, no presente relatório, até às profundidades atingidas, o local em estudo enquadra-se geologicamente em formações sedimentares datadas do Cenozoico, caraterizadas essencialmente por areias eólicas, areias silto-argilosas, arenitos, argilitos e conglomerados.

O piezómetro atravessou areias eólicas até os 2 m, areias silto-argilosas até 16 m do Plio-Plistocénico que foi isolado do troço subjacente do Miocénico Superior e do topo do Paleogénico, com arenitos e argilitos e conglomerados, até 90 m, sendo que capta os sistemas aquíferos multicamada entre 22 m e 90 m de profundidade.

A sondagem tem os ralos nos materiais conglomeráticos compactos calcificados, do topo da formação do Topo Vale do Guizo (tVG)/base da formação de Alcácer do Sal (AS) e, mais alto na Formação Esbarrondadoiro (MEb), que hidrogeologicamente é um sistema aquífero heterogéneo, semi-confinado, com espessura média de 50 m.

Os níveis piezométricos (m a.n.m.) registados em cada furo em função do tempo decorrido desde o início da bombagem são traçados na Figura 61. Deve notar-se que o nível no tempo 0 de cada teste foi tomado como nível piezométrico de cada ponto.

DRAFT

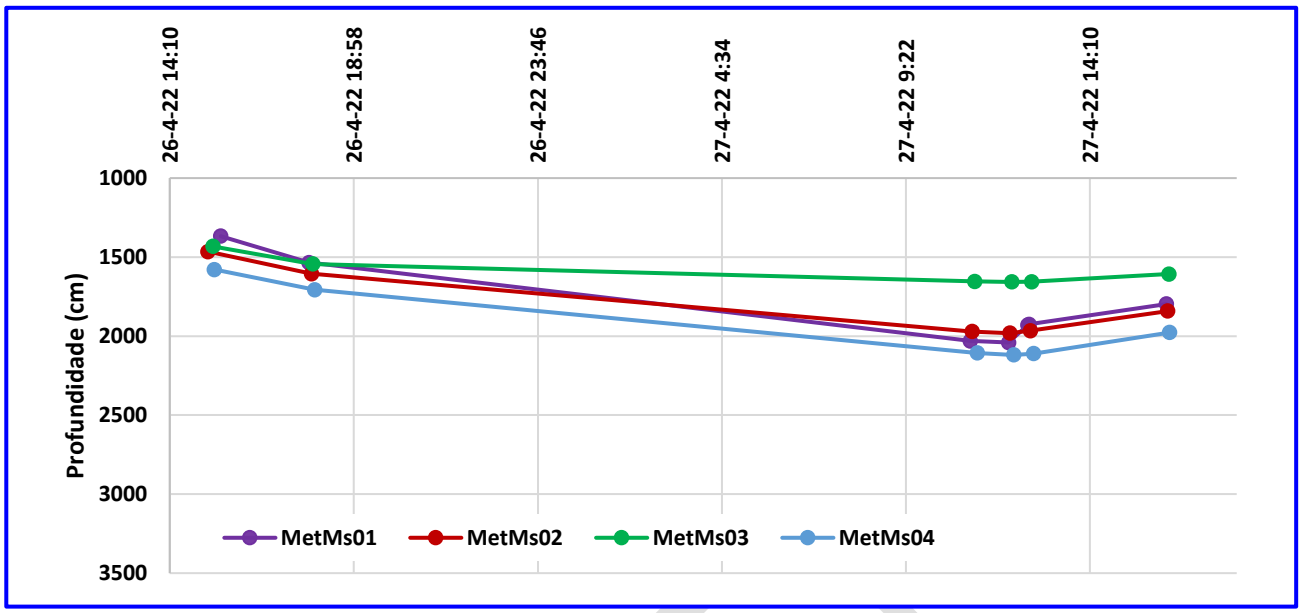


Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 61. Ensaio de caudal HG-MS02. Níveis piezométricos (m a.n.m.).

Como se pode ver, a bombagem reflete-se claramente no instrumento HG-MS02 (com um rebaixamento máximo de cerca de 50,10 m). Nos furos MS41 e HG-MS03 há um rebaixamento relativamente constante do nível da água, atingindo até 5,10 e 5,16 m respetivamente, com recuperação subsequente após a paragem da bombagem, sendo que a resposta dos piezómetros instalados no sistema aquífero profundo poderia ser justificada pela interconexão de 2 m do HG-MS03 no aquífero intermédio e pela falta de isolamento nas sondagens metalúrgicas, que também refletem o efeito do bombagem, com respostas de rebaixamento e recuperações rápidas, não sendo de descartar a interconexão natural entre os sistemas aquíferos intermédio e profundo por fraturas alpinas.

O maior rebaixamento foi medido no Met-MS01, a norte do HG-MS02, singularmente o rebaixamento menor foi medido no Met-MS03, que não é o mais afastado para Sul, indicando alguma irregularidade no depósito mineral.



Fonte: Redcorp/Consmaga. Elaboração: FRASA

Figura 62. Rebaixamentos do nível de água nas sondagens de investigação metalúrgica durante o ensaio de bombagem no furo HG-MS02.

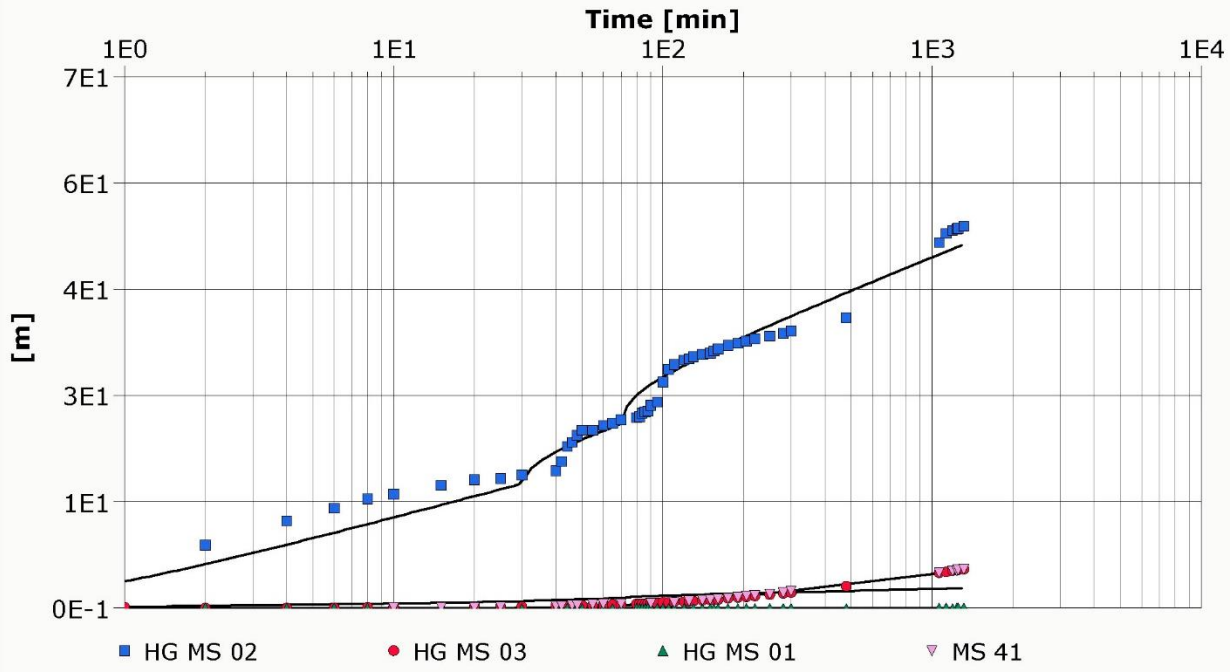
No furo HG-MS01 o rebaixamento é mínimo (0,07 m), e ocorre depois da bombagem. Os cálculos dos parâmetros hidrogeológicos neste teste não são representativos para este instrumento.

A fim de definir as condições de contorno, a profundidade do HG-MS02 foi tomada como ponto de partida (90 m). O bombeamento foi efetuado nos arenitos, argilitos e conglomerados compactos calichificados da formação tVG - Topo Vale do Guizo (Sistema Intermédio Multicamada), hidrogeologicamente definido como um sistema aquífero heterogéneo semi-confinado, litologicamente caracterizado por arenitos e argilitos (Miocénico) com uma profundidade média de 67 m entre os 20-85m, em média.

Para o cálculo dos parâmetros hidrogeológicos, foi obtido um ajuste consistente utilizando o método Theis (adequado para aquíferos confinados). O ajustamento manual obtido e os resultados para a transmissividade (T) e o coeficiente de armazenamento (S) são apresentados na Figura 63.

DRAFT

Location: Grândola (Portugal)	Pumping Test: Ensaio de caudal Nº4	Pumping Well: HG MS 02
Test Conducted by: Triáguas		Test Date: 26/04/2022
Analysis Performed by:	Ensaio de caudal Nº4	Analysis Date: 17/05/2022
Aquifer Thickness: 67,00 m	Discharge: variable, average rate 1,7771 [l/s]	



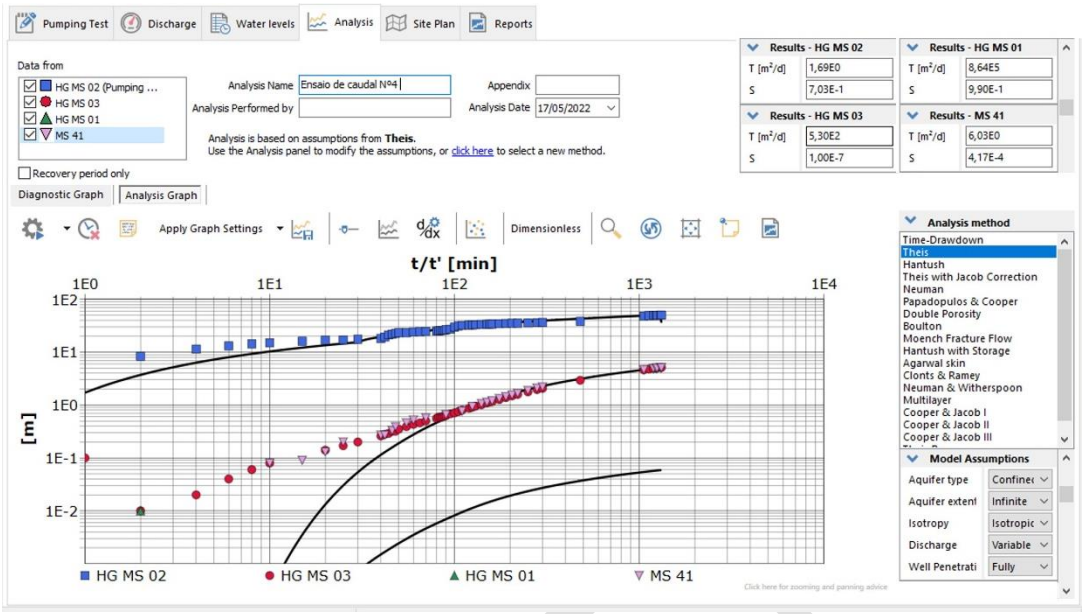
Calculation using Theis

Observation Well	Transmissivity [m²/d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Storage coefficient	Ratio K(v)/K(h)	Radial Distance to PW [m]
HG MS 02	$1,99 \times 10^{0}$	$2,98 \times 10^{-2}$	$3,66 \times 10^{-1}$	$2,62 \times 10^{-1}$	0,07
HG MS 03	$3,56 \times 10^{1}$	$5,32 \times 10^{-1}$	$1,91 \times 10^{-3}$	$9,00 \times 10^{-3}$	4,47
HG MS 01	$8,64 \times 10^{5}$	$1,29 \times 10^{4}$	$5,00 \times 10^{-1}$	$1,28 \times 10^{-1}$	10,77
MS 41	$6,04 \times 10^{0}$	$9,01 \times 10^{-2}$	$4,17 \times 10^{-4}$	$2,41 \times 10^{-1}$	51,04
Average	$2,16 \times 10^{5}$	$3,22 \times 10^{3}$	$2,17 \times 10^{-1}$	$1,60 \times 10^{-1}$	

Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 63. Ensaio de caudal HG-MS02. Ajuste manual e resultados (Theis).

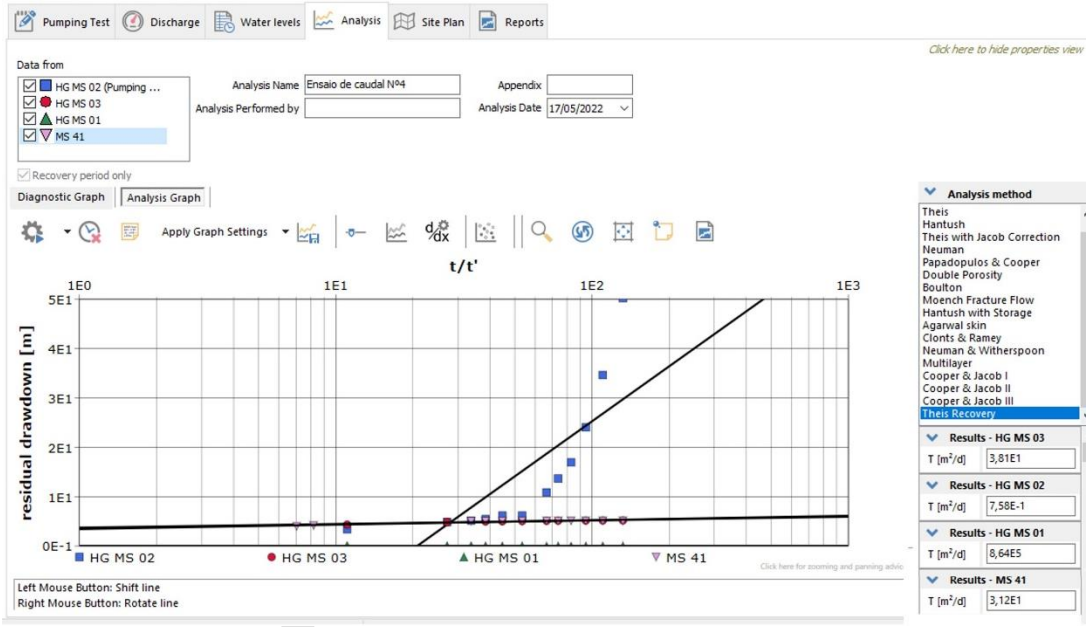
Uma segunda análise automática foi realizada utilizando o método Theis. Na Figura 64 são apresentados os ajustamentos obtidos por este método e os resultados da transmissividade (T) e do coeficiente de armazenamento (S).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 64. Ensaio de caudal HG-MS02. Ajuste automático e resultados (Theis).

Considerando apenas a recuperação e analisando-a utilizando o método Theis, obtêm-se os seguintes resultados (Figura 65).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 65. Ensaio de caudal HG-MS02. Ajuste e resultados (Theis recuperação).

A Tabela 39 resume os resultados do ensaio de caudal HG-MS02.

	Instrumento	Profundidade	Parâmetro	Bombeamento		Recuperação
				(Theis)	(Theis)	(Theis)
Bombeamento	HG-MS02	90	T (m^2/d)	**1,99E^{0}**	**1,69E^{0}**	**7,58E^{1}**
			S	**3,66E^{-1}**	**7,03E^{-1}**	
			K (m/d)	**2,98E^{-2}**		
Controlo	HG-MS01	22	T (m^2/d)	8,64E^{5}	8,64E^{5}	8,64E^{5}
			S	5,00E^{-1}	9,90E^{-1}	
			K (m/d)	1,29E^{4}		
Controlo	HG-MS03	157	T (m^2/d)	3,56E^{1}	5,30E^{2}	3,81E^{1}
			S	1,91E^{-3}	1,00E^{-7}	
			K (m/d)	5,32E^{-1}		
Controlo	MS41	248	T (m^2/d)	6,04E^{0}	6,03E^{0}	3,12E^{1}
			S	4,17E^{-4}	4,17E^{-4}	
			K (m/d)	9,01E^{-2}		

T: Transmissividade. S: Coeficiente de armazenamento.
Fonte: FRASA, 2022

Tabela 39. Ensaio de caudal HG-MS02. Resultados.

7.2.3.1.3 Ensaio de caudal HG-MS03

No dia 09/05/2022 foi feita um ensaio de bombagem neste furo, de 75 minutos, para comprovar se ele estava bem desenvolvido e limpo. O ensaio no furo HG-SM03 é do dia 09/05/2022, às 11:09 horas. O instrumento tem 157 m de profundidade, a profundidade do ralo de sucção da bomba foi de 135 m.

O tempo de bombagem foi de 1651 minutos (27 h 31 min) com um caudal médio de 4,071 L/s (4,2 L/s no início, finalizando a 4,03 L/S), prolongando-se a recuperação 267 minutos (4 horas 27 min), o volume extraído foi de 403.273 m^3.

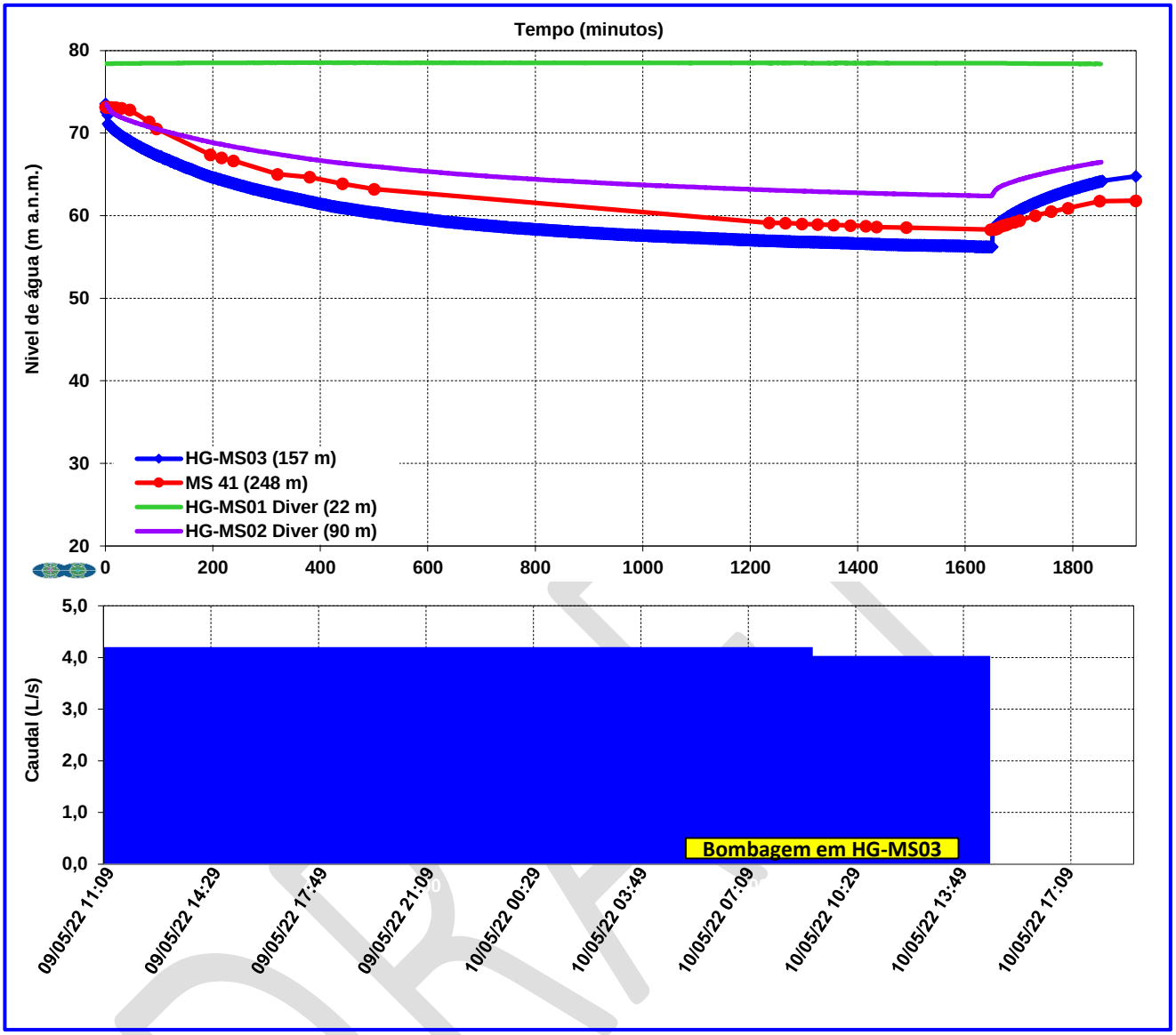
As leituras no instrumento foram feitas usando um medidor de vazão eletromagnético e *diver*. Da mesma forma, as leituras foram feitas nos instrumentos MS-41, HG-MS01, HG-MS02, os dois últimos por meio de *diver*.

A coluna litológica enquadra-se geologicamente em formações sedimentares datadas do Cenozoico caracterizadas essencialmente por conglomerados de base do bVG, sobrepostas às formações do Paleozoico.

O piezómetro atravessou areias eólicas até os 2 m, areias silto-argilosas até os 16 m, arenitos e argilitos até os 93 m, conglomerados, arenitos e argilitos até os 141 m e o Complexo Vulcano-Sedimentar, dos 141 m aos 157 m.

O bombeamento foi realizado nas rochas fraturadas e/ou relacionadas à mineralização, sulfuretos polimetálicos e *gossan* do Complexo Vulcano-Sedimentar, definido hidrogeologicamente como um sistema heterogéneo misto poroso/fissurado confinado a semi-confinado, com espessura em profundidade indefinida. Deve-se ter em consideração que, devido ao lapso no isolamento deste instrumento, subsiste uma secção filtrante de 2 metros no aquífero intermédio.

Os níveis piezométricos (m a.n.m.) registados em cada furo em função do tempo decorrido desde o início da bombagem são traçados na Figura 66. Deve notar-se que foi tomado o nível no tempo 0 de cada teste como nível piezométrico de cada ponto.



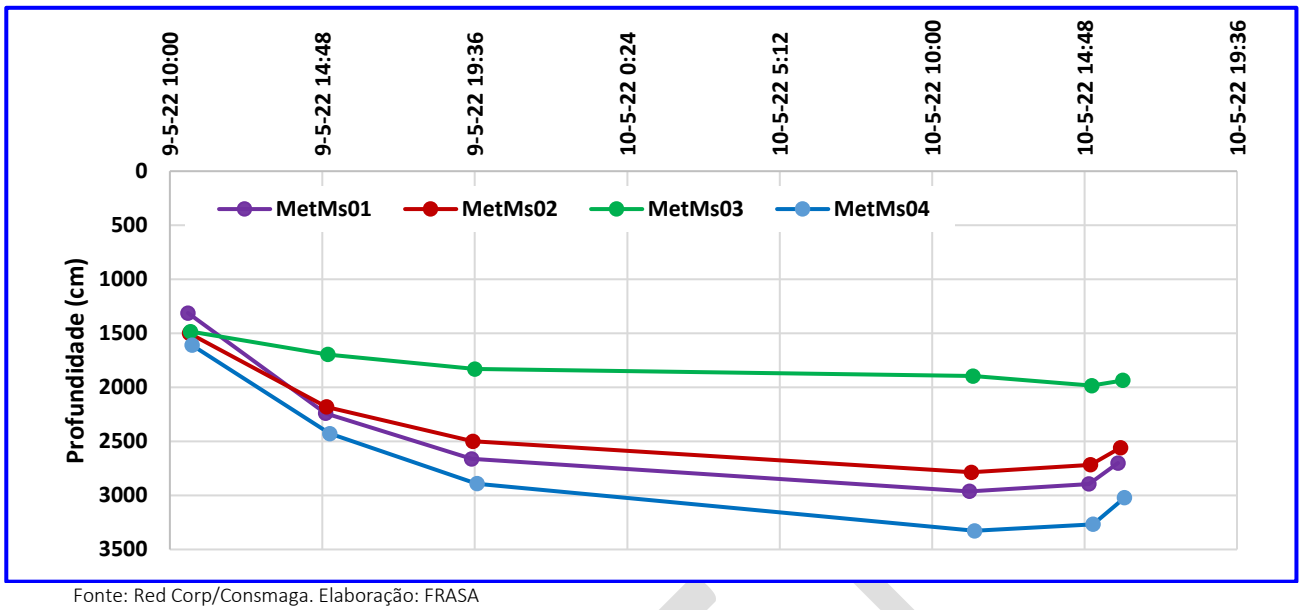
Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 66. Ensaio de caudal HG-MS03. Níveis piezométricos (m a.n.m.).

A bombagem reflete-se claramente nos instrumentos HG-MS03 (ponto de bombagem), com um rebaixamento máximo 16,81 m, sendo que no MS41 o rebaixamento é de 14,82 m e no HG-MS02 é de 10,62 m. Todos eles mostram recuperação após a paragem da bombagem (o que marca comunicação entre os sistemas aquíferos monitorizados por cada instrumento).

O instrumento HG-MS01, não mostra uma resposta significativa ao bombeamento. Os cálculos dos parâmetros hidrogeológicos neste teste não são representativos para este instrumento.

As sondagens de investigação metalúrgica também mostraram forte rebaixamento (Figura 67). De forma semelhante ao que ocorreu no teste realizado em HG-MS02, sendo de realçar que no Met_MS04, estando mais distante do furo de bombagem do que o Met_MS03 e Met_MS02, reflete mais o efeito do bombeamento, indicando que no depósito mineral as interconexões não seguem uma distribuição uniforme.



Fonte: Red Corp/Consmaga. Elaboração: FRASA

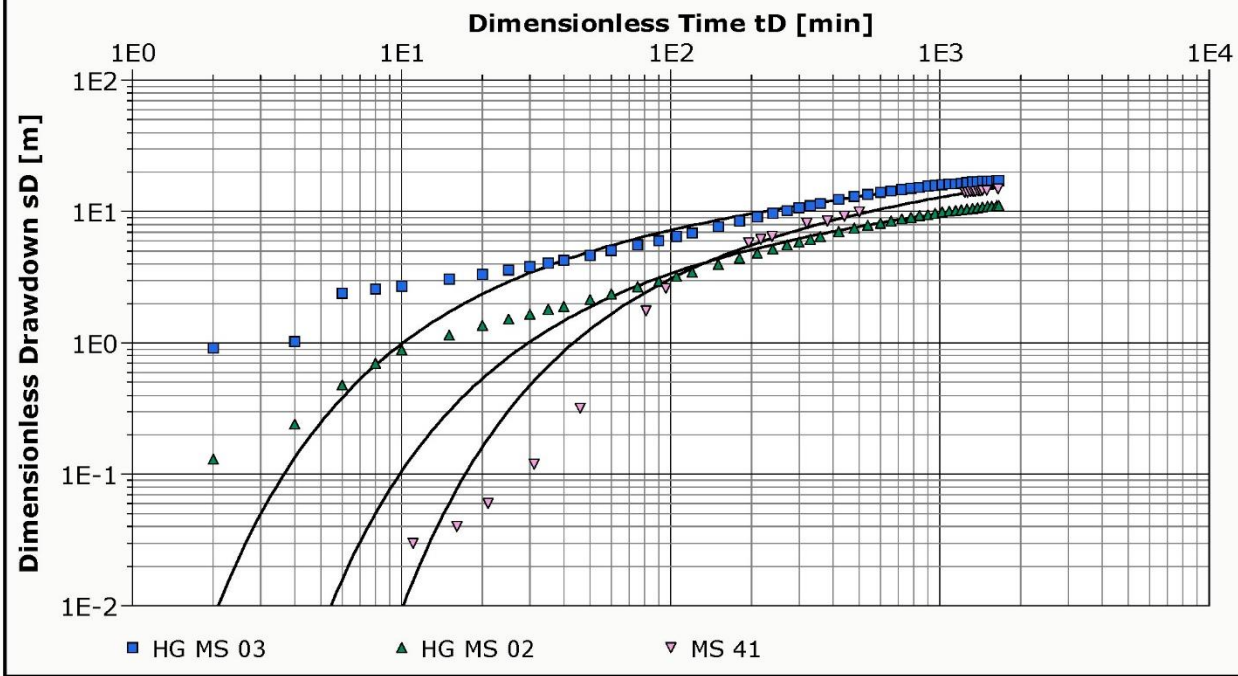
Figura 67. Rebaixamento do nível da água nas sondagens de investigação metalúrgica durante o ensaio de bombagem no furo HG-MS03

Para definir as condições de contorno, foi tomada a profundidade do HG-MS03 (157 m). Assim, o bombeamento foi efetuado nos conglomerados compactos calichificados da formação bVG - Basal do Vale do Guizo e hidrogeologicamente definido como um sistema aquífero heterogéneo semi-confinado, com uma potência média de cerca de 5 m. Foi também capturada a parte superior (19 m) do Complexo Vulcano Sedimentar hidrogeologicamente definida como um sistema heterogéneo misto poroso/fissurado confinado a semi-confinado, litologicamente caracterizado por rochas fraturadas e/ou relacionadas com a mineralização. (sulfuretos polimetálicos, *stockwork* e *gossan*, com uma profundidade indefinida.

Para o cálculo dos parâmetros hidrogeológicos, foi obtido um ajuste manual consistente utilizando o método Theis (adequado para aquíferos confinados). O ajuste e os resultados da transmissividade (T) e do coeficiente de armazenamento (S) são apresentados na Figura 68.

DRAFT

Location: Grândola (Portugal)	Pumping Test: Ensaio de caudal Nº7	Pumping Well: HG MS 03
Test Conducted by: Triáguas		Test Date: 09/05/2022
Analysis Performed by:	Ensaio de caudal Nº7	Analysis Date: 17/05/2022
Aquifer Thickness: 54,00 m	Discharge Rate: 4,2 [l/s]	



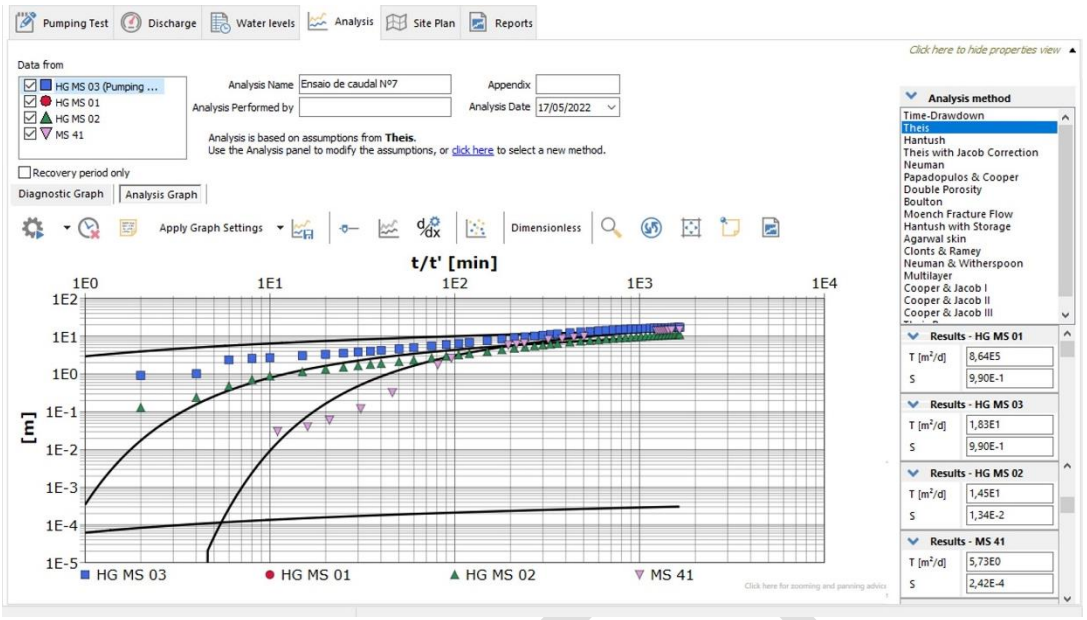
Calculation using Theis

Observation Well	Transmissivity [m²/d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [m]	
HG MS 03	$7{,}69 \times 10^{0}$	$1{,}42 \times 10^{-1}$	$3{,}90 \times 10^{1}$	0,07	
HG MS 02	$9{,}68 \times 10^{0}$	$1{,}79 \times 10^{-1}$	$3{,}01 \times 10^{-2}$	4,47	
MS 41	$5{,}73 \times 10^{0}$	$1{,}06 \times 10^{-1}$	$2{,}42 \times 10^{-4}$	55,0	
Average	$7{,}70 \times 10^{0}$	$1{,}43 \times 10^{-1}$	$1{,}30 \times 10^{1}$		

Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 68. Ensaio de caudal HG-MS03. Ajuste manual e resultados (Theis).

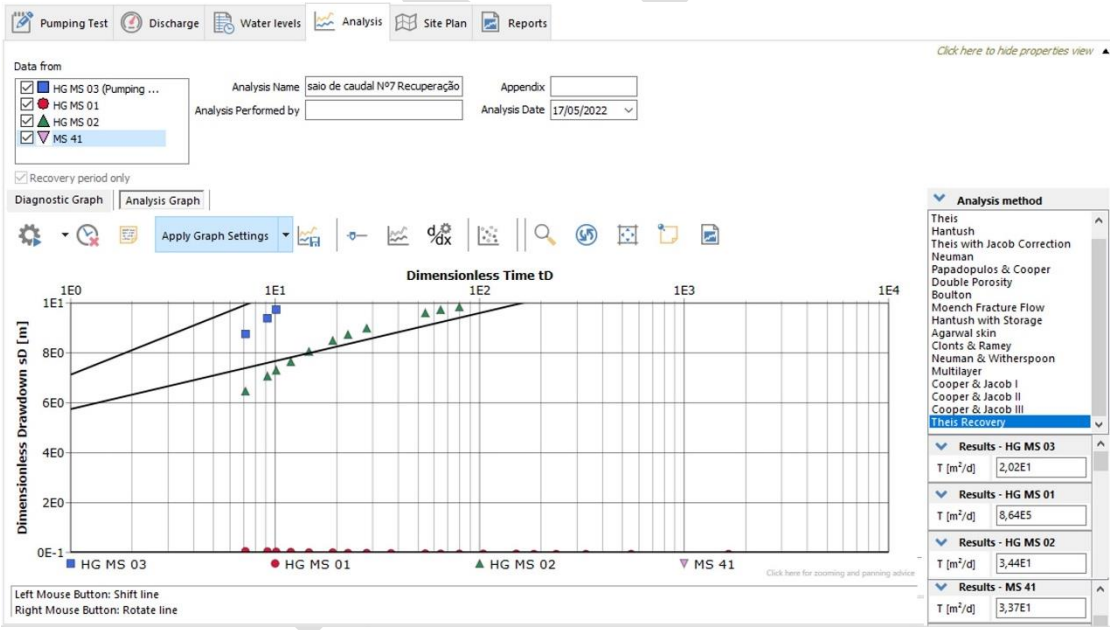
Uma segunda análise foi realizada utilizando o método Theis automático. A Figura 69 mostra os ajustamentos obtidos por este método e os resultados para a transmissividade (T) e para o coeficiente de armazenamento (S).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 69. Ensaio de caudal HG MS 03. Ajuste automático e resultados (Theis).

Considerando apenas a recuperação e analisando-a utilizando o método Theis, obtêm-se os seguintes resultados (Figura 70).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 70. Ensaio de HG-MS03. Ajuste e resultados (Theis recuperação).

A Tabela 40 resume os resultados do ensaio de caudal.

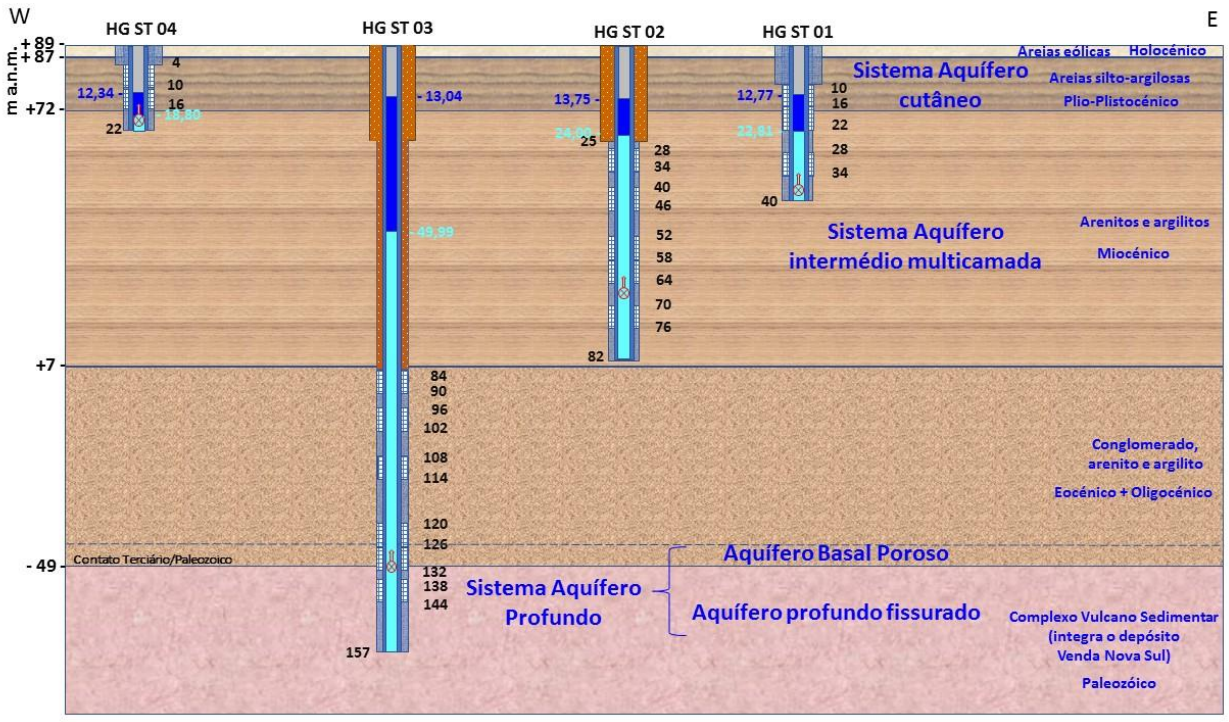
	Instrumento	Profundidade	Parâmetro	Bombagem		Recuperação
				(Theis)	(Theis)	(Theis)
Bombeamento	HG-MS03	157	T (m^2/d)	**$7{,}69E^{0}$**	**$1{,}83E^{1}$**	**$2{,}02E^{1}$**
			S	**$3{,}90E^{1}$**	**$9{,}90E^{-1}$**	
			K (m/d)	**$1{,}42E^{-1}$**		
Controlo	MS41	248	T (m^2/d)	$5{,}73E^{0}$	$5{,}73E^{0}$	$3{,}37E^{1}$
			S	$2{,}42E^{-4}$	$2{,}42E^{-4}$	
			K (m/d)	$1{,}06E^{-1}$		
Controlo	HG-MS01	22	T (m^2/d)	NA	$8{,}64E^{5}$	$8{,}64E^{5}$
			S	NA	$9{,}90E^{-1}$	
			K (m/d)	NA		
Controlo	HG-MS02	90	T (m^2/d)	$9{,}68E^{0}$	$1{,}45E^{1}$	$3{,}44E^{1}$
			S	$3{,}01E^{-2}$	$1{,}34E^{-2}$	
			K (m/d)	$1{,}79E^{-1}$		

T: Transmissividade. S: Coeficiente de armazenamento.
Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Tabela 40. Ensaio no HG-MS03. Resultados.

7.2.3.2 Ensaios no depósito mineral Venda Nova Sul

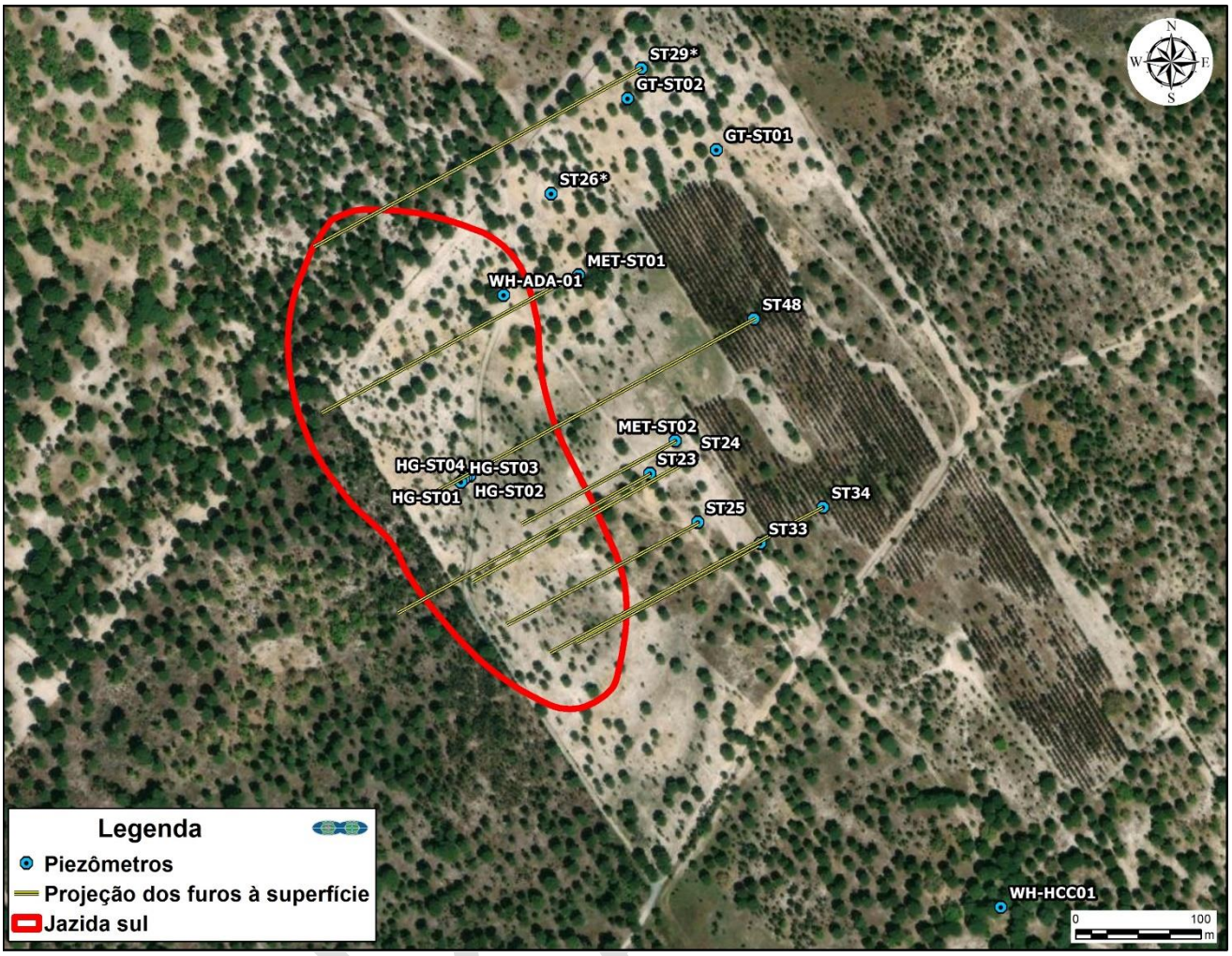
Os ensaios de bombagem foram realizados nos furos de investigação hidrogeológica do jazigo da Venda Nova Sul. A Figura 71 mostra o esboço característico para cada furo e as litologias atravessadas no jazigo Sul.



FRASA, 2022

Figura 71. Esboço e litologias dos furos de investigação hidrogeológica no jazigo Venda Nova Sul.

A Figura 72 mostra sua posição sobre imagem satélite.



Fonte: Imegem: Google Earth. Coordenadas: REDCORP.

Figura 72. Localização dos furos de investigação hidrogeológica no jazigo Venda Nova Sul.

Além disso, durante os ensaios, os níveis de água foram medidos em 10 sondagens de pesquisa localizados a Este do local dos ensaios. São sondagens direcionadas com inclinações de 60 °, para cortar perpendicularmente as formações mineralizadas, pelo que, embora as bocas não estejam na vertical do depósito, as perfurações cruzam-na.

7.2.3.2.1 Ensaio de caudal HG-ST04

O ensaio foi realizado no dia 19/04/2022, às 18:00 horas. O instrumento tem 22 m de profundidade, o ralo de sucção da bomba foi instalado a 19 m.

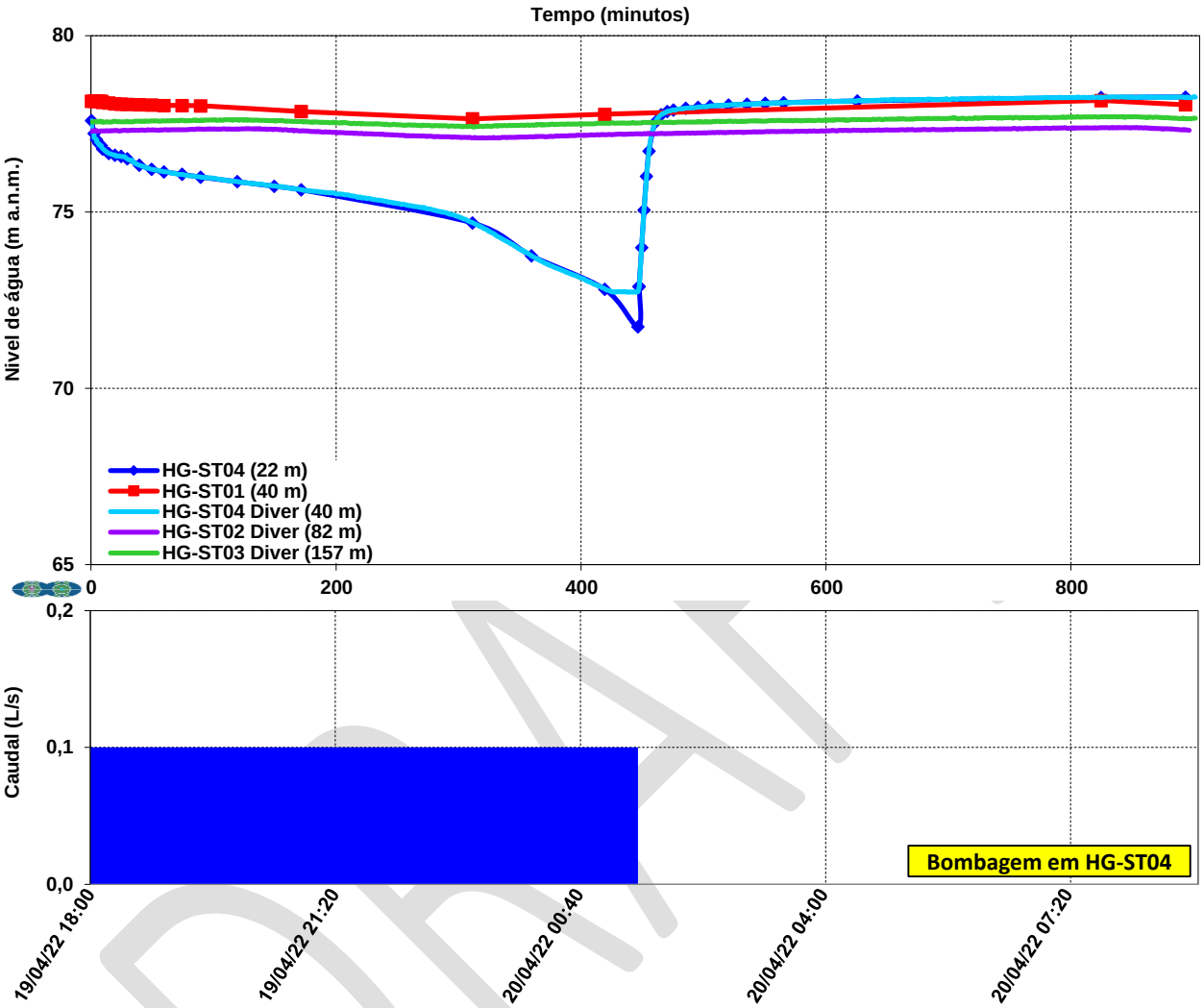
O tempo de bombagem foi de 447 minutos (7 h 27 min) a caudal constante de 0,1 L/s, e um volume extraído de 2.682 L, finalizando por esgotamento do nível de água. A recuperação do nível foi medida 438 minutos (7 hs 18 min).

Os dados no furo vêm de um caudalímetro eletromagnético e diver. As leituras nos instrumentos HG-ST02 e HG-ST03 foram obtidas com diver enquanto as do HG-ST01 foram tomadas manualmente com fita piezométrica.

O piezómetro atravessou areias eólicas até 2 m, areias silto-argilosas até os 17 m e arenitos e argilitos até os 22 m.

O ensaio de bombagem realizou-se nos arenitos finos não consolidados da formação de Ulme, definida hidrogeologicamente como o sistema aquífero cutâneo não confinado superior, com uma espessura média de 20 m.

Os níveis piezométricos (m a.n.m.) registados em cada furo em função do tempo decorrido desde o início da bombagem são traçados na Figura 73. Deve notar-se que o nível no tempo 0 de cada teste foi tomado como nível piezométrico de cada ponto.

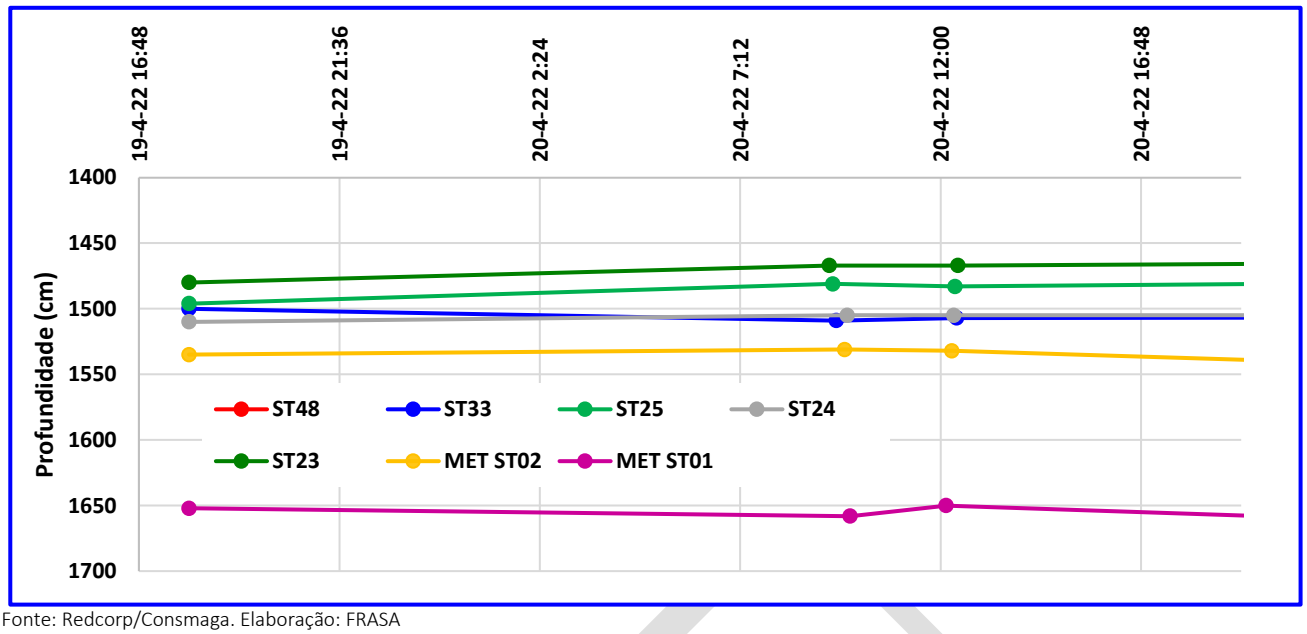


Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 73. Ensaio de caudal HG-ST04. Níveis piezométricos (m a.n.m.).

Como se pode ver, a bombagem reflete-se claramente no instrumento HG-ST04 (com uma descida máxima de 6,23 m), os dados refletidos pelo Diver instalado no mesmo ponto mostram alguma disparidade com os dados obtidos manualmente. Parece haver uma ligeira resposta no HG-ST01 (0,5 m), e uma resposta muito mais fraca no HG-ST03 (0,2 m) e no HG-ST02 (0,13 m).

Nos pontos de observação na envolvente, não foi observado qualquer impacto significativo do bombeamento. (Figura 74).

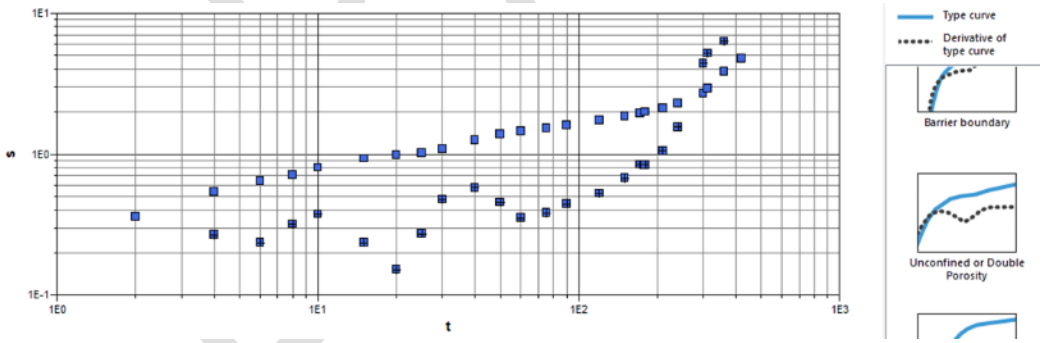


Fonte: Redcorp/Consmaga. Elaboração: FRASA

Figura 74. Rebaixamentos do nível de água nos furos de investigação na envolvente do ensaio de caudal no furo HG-ST04

A fim de definir as condições de contorno, foi tomada a profundidade do HG-ST04 como ponto de partida, sendo de 22 m. Assim, a bombagem foi realizada nos arenitos finos não consolidados da formação de Ulme, hidrogeologicamente definidos como um sistema aquífero cutâneo superior não confinado, litologicamente caracterizado por areias finas monogranulares a silto-argilosas (Plio-Plistocénico), com uma espessura média de 11 m; sobre a qual existe uma camada superior de areias eólicas (Holocénico), com uma espessura de 6m. A espessura total do conjunto é de 17 m.

O tipo de aquífero foi diagnosticado por meio do Aquifer Test (Figura 75), ratificando o comportamento como aquífero não confinado para os estratos superiores.

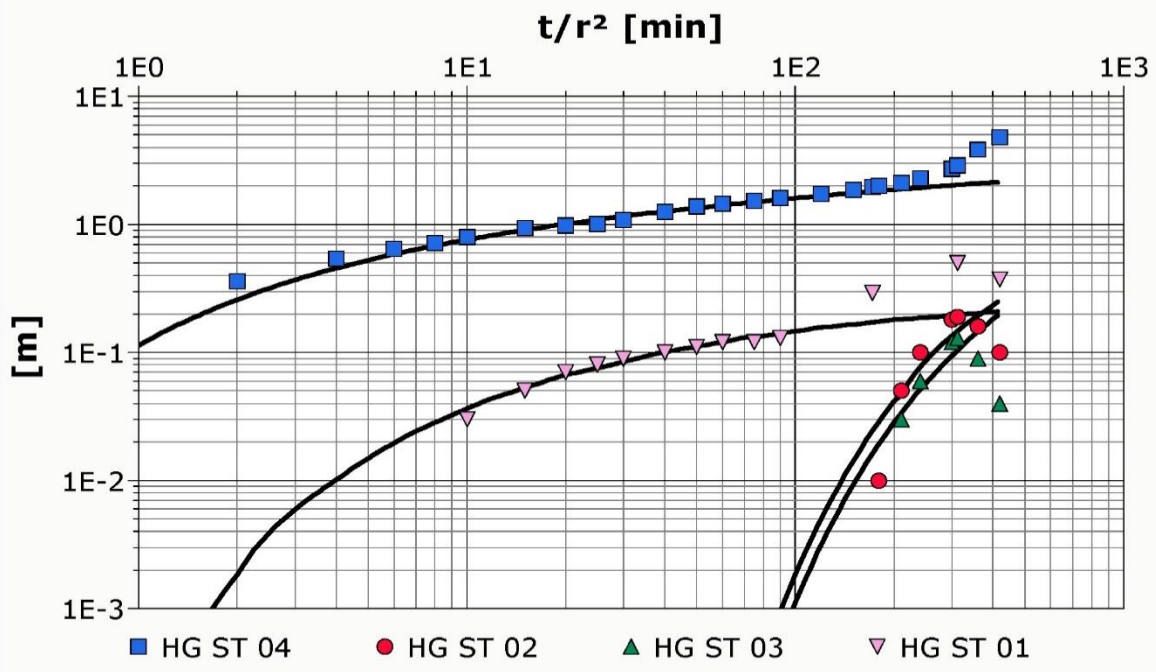


Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 75. Diagnóstico HG-ST04.

Para o cálculo dos parâmetros hidrogeológicos, foi obtido um ajuste consistente utilizando o método de Neuman (adequado para aquíferos livres). Os resultados da transmissividade (T) e do coeficiente de armazenamento (S) são mostrados na Figura 76. Vale a pena notar a validação limitada dos resultados para HG-ST02 e HG-ST03, uma vez que, como acima mencionado, não há nenhuma alteração aparente dos níveis devido ao bombeamento no HG-ST04.

Location: Grândola (Portugal)	Pumping Test: Ensaio de caudal Nº1	Pumping Well: HG ST 04
Test Conducted by: Triáguas		Test Date: 19/04/2022
Analysis Performed by:	Ensaio de caudal Nº1	Analysis Date: 12/05/2022
Aquifer Thickness: 17,00 m	Discharge Rate: 0,1 [l/s]	



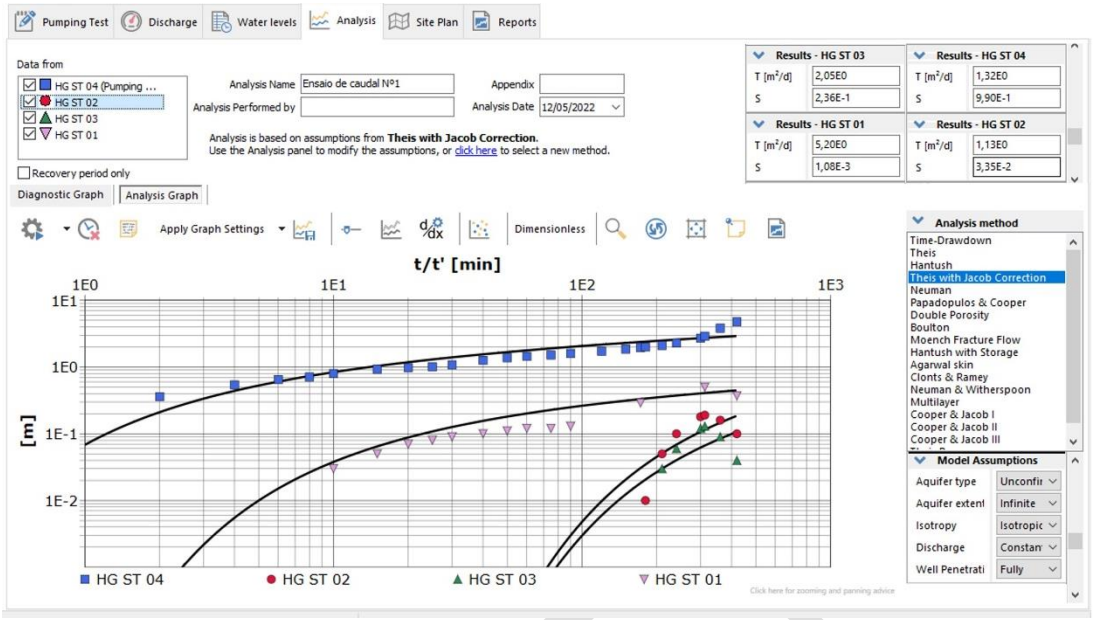
Calculation using Neuman

Observation Well	Transmissivity [m²/d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Specific Yield	Ratio K(v)/K(h)	Ratio Sy/S	Radial Distance to PW [m]
HG ST 04	$1,81 \times 10^{0}$	$1,07 \times 10^{-1}$	$8,46 \times 10^{5}$	$6,63 \times 10^{-2}$	$1,00 \times 10^{6}$	0,07
HG ST 02	$3,85 \times 10^{-1}$	$2,27 \times 10^{-2}$	$4,30 \times 10^{-1}$	$3,99 \times 10^{-1}$	$2,53 \times 10^{1}$	5,66
HG ST 03	$4,88 \times 10^{-1}$	$2,87 \times 10^{-2}$	$9,02 \times 10^{-1}$	$2,77 \times 10^{-3}$	$1,00 \times 10^{1}$	2,83
HG ST 01	$1,01 \times 10^{1}$	$5,96 \times 10^{-1}$	$9,15 \times 10^{-2}$	$2,28 \times 10^{-2}$	$7,55 \times 10^{1}$	10,63
Average	$3,20 \times 10^{0}$	$1,88 \times 10^{-1}$	$2,11 \times 10^{5}$	$1,23 \times 10^{-1}$	$2,50 \times 10^{5}$	

Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 76. Ensaio de caudal HG-ST04. Ajuste e resultados (Neuman).

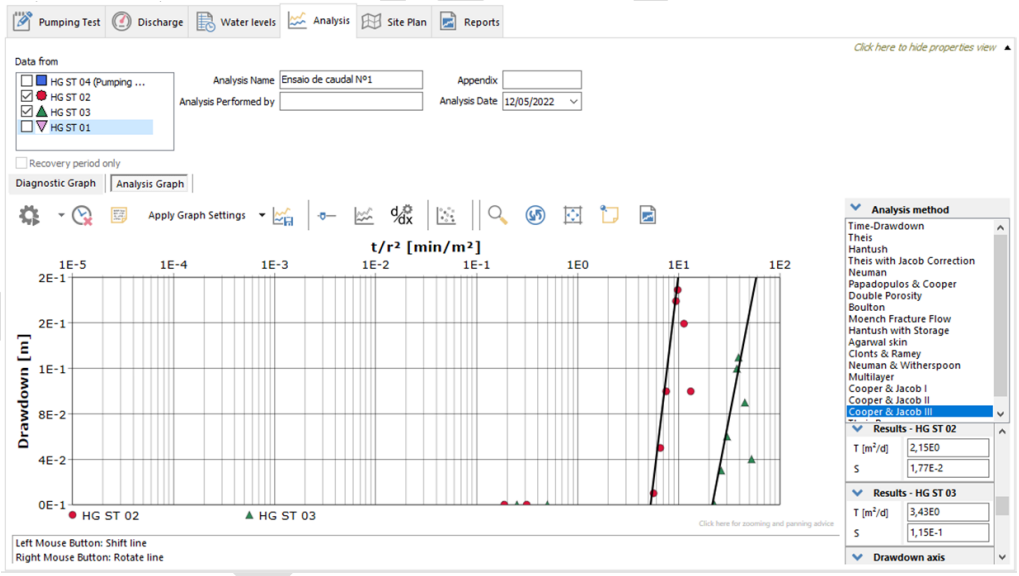
Foi realizada uma segunda análise, utilizando o método Theis com a correção de Jacob. A Figura 77 mostra os ajustes e resultados obtidos através deste método.



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 77. Ensaio de caudal HG-ST04. Ajuste e resultados (Theis com correção de Jacob).

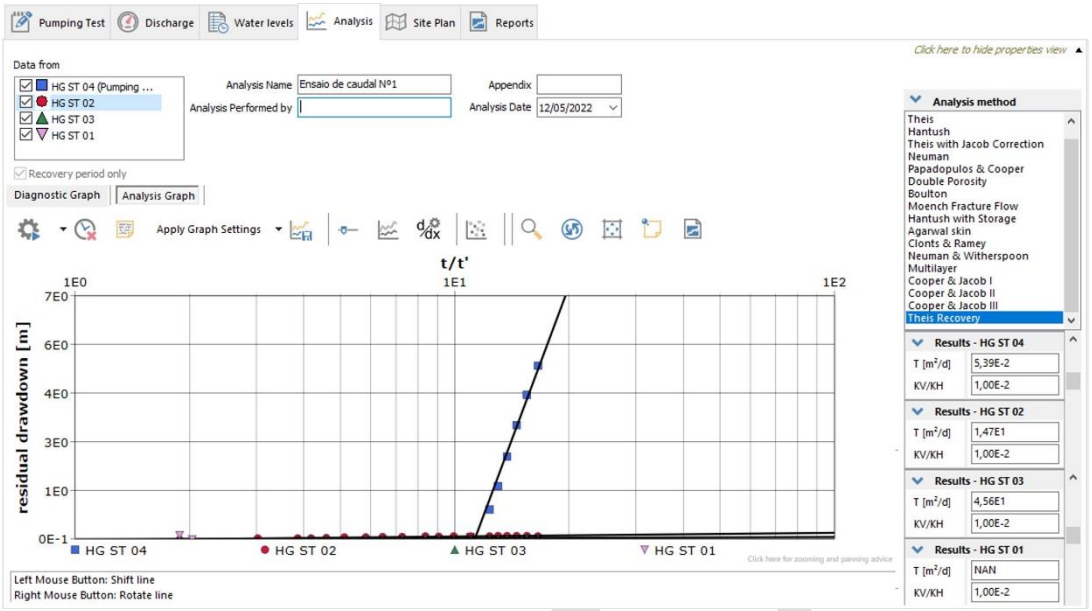
É de notar que os furos HG-ST02 e HG-ST03 não obtêm um bom ajuste utilizando este método. Para estes, foi efetuado um segundo cálculo utilizando o método de Cooper e Jacob III (Figura 78). Os valores obtidos são muito semelhantes aos obtidos pelo método anterior.



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 78. Ensaio de caudal HG-ST04. Ajuste e resultados nos furos HG-ST02 e HG-ST03 (Cooper e Jacob III).

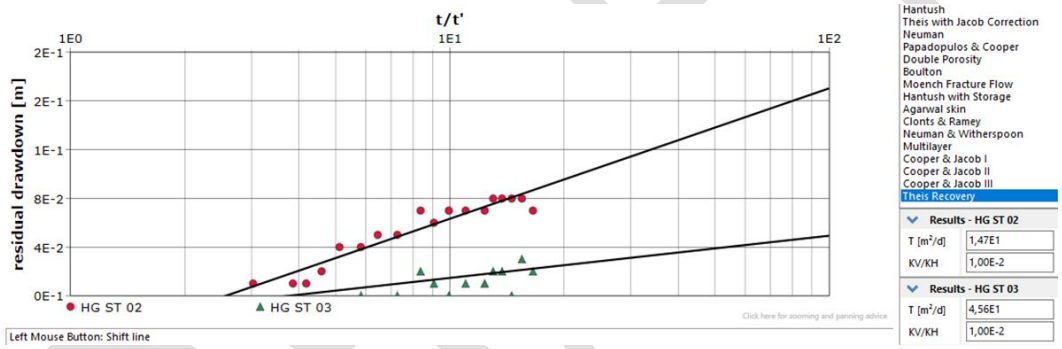
Considerando apenas a recuperação, e analisando-a utilizando o método Theis, obtêm-se os resultados mostrado na Figura 79. No furo HG-ST01, apenas duas leituras de recuperação foram feitas nos minutos 826 e 895, o que não é considerado representativo nesta análise.



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 79. Ensaio de caudal HG-ST04. Ajuste e resultados (Theis recuperação).

A Figura 80 mostra o detalhe do ajuste e resultados para os furos HG-ST02 e HG-ST03.



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 80. Ensaio de caudal HG-ST04. Ajuste e resultados (Theis recuperação). Detalhe do ajuste para os furos HG-ST02 y HG-ST03.

A Tabela 41 resume os resultados obtidos do ensaio de caudal HG-ST04.

	Instrumento	Profundidade	Parâmetro	Bombagem			Recuperação
				(Newman)	(Theis com correção de Jacob)	(Cooper & Jacob)	(Theis)
Bombeamento	HG-ST04	22	T (m^2/d)	**$1{,}81E^{0}$**	**$1{,}32E^{0}$**		**$5{,}39E^{-2}$**
			S	$8{,}46E^{-5}$	$9{,}90\ E^{-1}$		
			K (m/d)	$1{,}07E^{-1}$			
Controlo	HG-ST02	82	T (m^2/d)	$3{,}85E^{-1}$	$1{,}13E^{0}$	$2{,}15E^{0}$	$1{,}47E^{1}$
			S	$4{,}30E^{-1}$	$3{,}35\ E^{-2}$	$1{,}77E^{-2}$	
			K (m/d)	$2{,}27E^{-2}$			
Controlo	HG-ST03	150	T (m^2/d)	$4{,}88E^{-1}$	$2{,}05E^{0}$	$3{,}43E^{0}$	$4{,}56E^{1}$
			S	$9{,}02E^{-1}$	$2{,}36\ E^{-1}$	$1{,}15E^{-1}$	
			K (m/d)	$2{,}87E^{-2}$			
Controlo	HG-ST01	40	T (m^2/d)	$1{,}01E^{-1}$	$5{,}20E^{0}$		NAN
			S	$9{,}15E^{-2}$	$1{,}08E^{-3}$		
			K (m/d)	$5{,}96E^{-1}$			

T: Transmissividade. S: Coeficiente de armazenamento.
Fonte: FRASA, 2022

Tabela 41. Ensaio de caudal HG-ST04. Resultados.

7.2.3.2.2 Ensaio de caudal HG-ST01

O ensaio no furo HG-ST01 é do dia 20/04/2022, às 14:45 horas. O instrumento tem 40 m de profundidade, a profundidade do ralo de sucção da bomba foi de 38 m.

O tempo de bombagem foi de 1.250 minutos (20 h 50 min) a caudal variável, prolongando-se a recuperação 160 minutos (2 horas 40 min) (Tabela 42).

Etapa	Tempo (min.)	Caudal (L/s)	Volume (L)
1	30	0,3	1.080
2	30	0,6	1.440
3	1190	1,0	71.400
Recuperação	160	0	

Tabela 42. Etapas do ensaio no furo HG-ST01.

As leituras no instrumento foram feitas usando um medidor de vazão eletromagnético e *diver*. Da mesma forma, as leituras foram feitas nos instrumentos HG-ST02, HG-ST04 por meio de *diver* e no HG-ST03 foi medido com fita piezométrica.

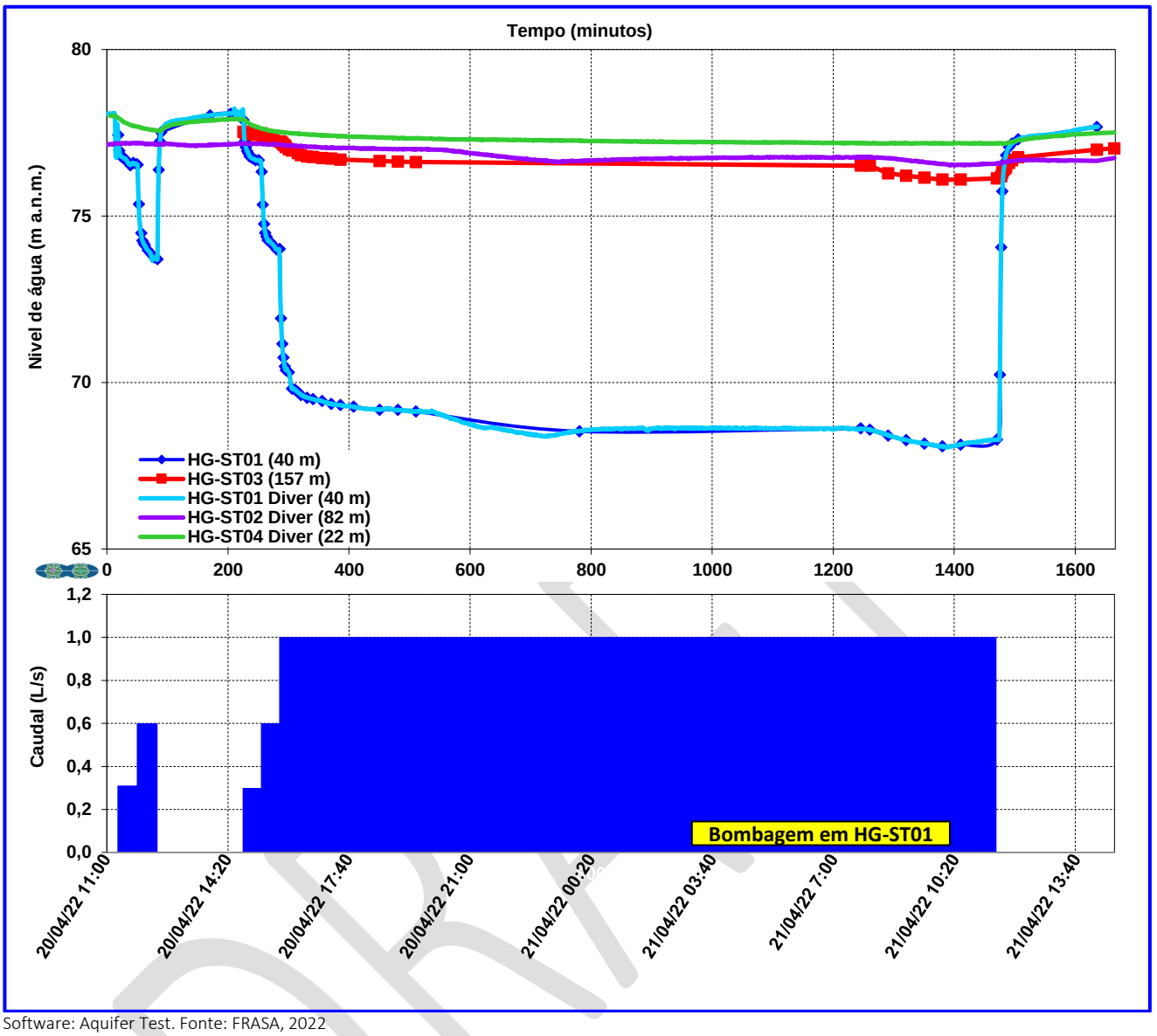
A litologia enquadra-se geologicamente em formações sedimentares datadas do Cenozoico, caracterizadas essencialmente por areias eólicas, areias silto-argilosas, arenitos e argilitos.

O piezómetro atravessou areias eólicas até 2 m, areias silto-argilosas dos 2 m aos 17 m.

Já no Mioceno Superior, dos 17 até 25 m de profundidade argilas compactas, de 25 até 27 m conglomerados com matriz arenosa e argilosa, de 27 até 30 calcarenitos, de 30 até 38 m de profundidade arenitos e argilitos. Dos 38 m aos 40 m intercetou areias grosseiras, aquíferas.

O bombeamento foi realizado nos arenitos e calcarenitos da Formação Esbarrondadoiro, definido hidrogeologicamente como aquífero semiconfinado multicamada, com espessura média métrica.

Os níveis piezométricos (m a.n.m.) registados em cada furo em função do tempo decorrido desde o início da bombagem são traçados na Figura 81. Deve notar-se que o nível no tempo 0 de cada teste foi tomado como nível piezométrico estático de cada ponto.



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

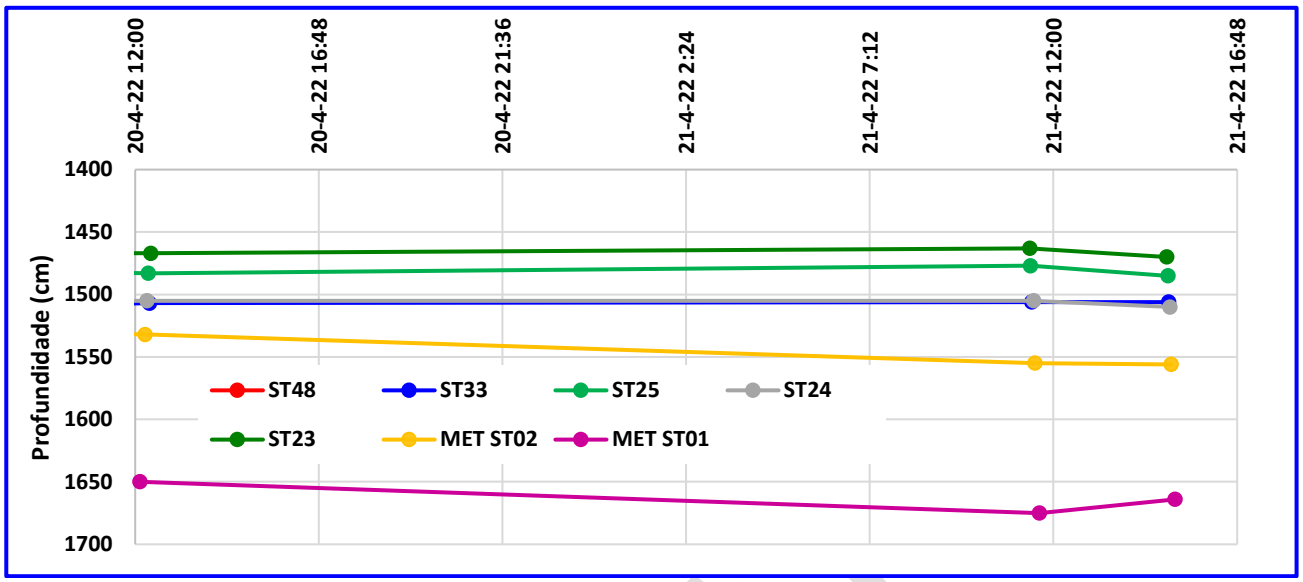
Figura 81. Ensaio de caudal HG-ST01. Níveis piezométricos (m a.n.m.).

Os escalões de bombagem, tanto o primeiro como o segundo, foram semelhantes aos escalões do segundo ensaio (prolongado), observando-se uma evolução semelhante dos níveis, como que uma réplica.

Como se pode ver-se, a bombagem está claramente refletida no próprio instrumento HG-ST01 (com um rebaixamento máximo de 9,64 m), os dados refletidos pelo *diver* instalado no mesmo ponto mostram uma certa disparidade com os dados obtidos manualmente. No HG-ST02 o rebaixamento máximo foi de 0,65 m e no HG-ST03 de 1,44 m. A partir do minuto 1.037, pode ser observado um rebaixamento anómalo, também refletido no instrumento HG-ST03 e mais ligeiramente, com um efeito de atraso, no HG-ST01.

Estas anomalias podem dever-se ao bombeamento realizado no furo de captação para abastecimento público WH-ADA01, em concomitância naqueles mesmos períodos.

As sondagens de reconhecimento geológico e as sondagens para ensaios mineralúrgicos mostraram alguma reação ao bombeamento efetuado (Figura 82). O maior rebaixamento é no Met-ST01, que fica a norte.



Fonte: Red Corp/Consmaga. Elaboração: FRASA

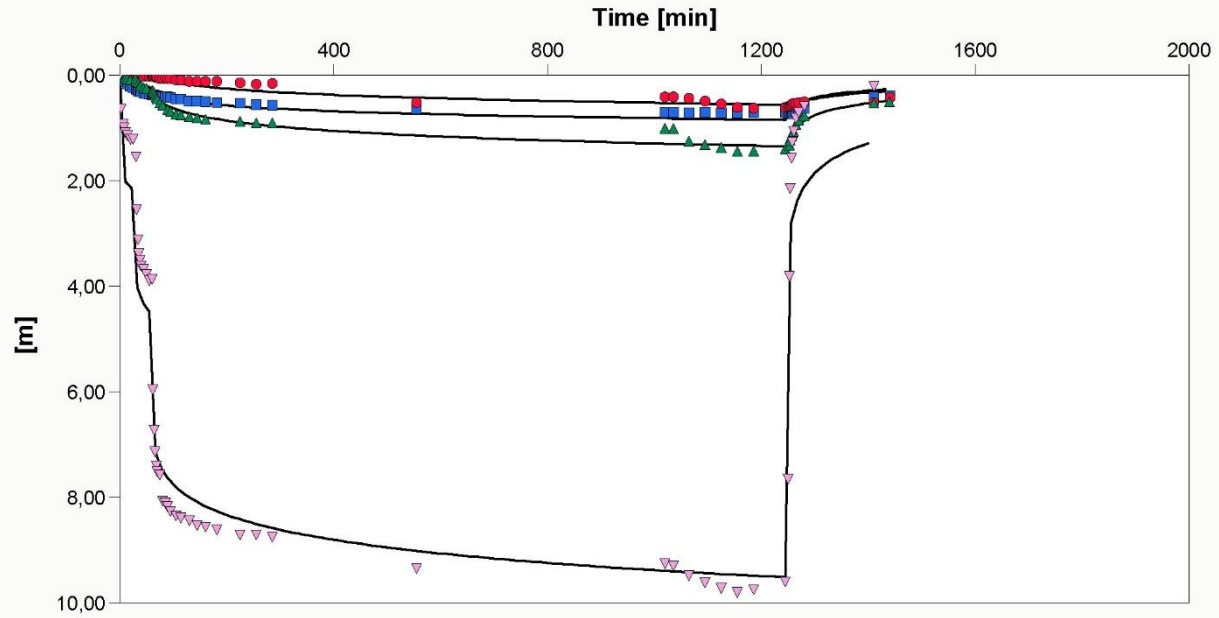
Figura 82. Rebaixamentos nas sondagens de investigação geológica e metalúrgica, na envolvente do ensaio de caudal no furo HG-ST01

A fim de definir as condições de contorno, foi tomado como ponto de partida a profundidade do HG-ST01 (40 m). Assim, a bombagem foi realizada nos arenitos finos não consolidados da formação de Ulme, hidrogeologicamente definidos como um sistema de aquífero cutâneo superior não confinado, litologicamente caracterizado por areias silto-argilosas (Plio-Plistoceno) com uma espessura média de 15 m; acima do qual está presente o estrato superior das areias eólicas (Holocénico), com uma espessura de 2 m. A espessura total do conjunto é de 17 m. O furo também captura o primeiro aquífero do sistema intermédio (arenitos e argilitos da formação Esbarrondadoiro do Miocénico Superior) juntamente com o sistema cutâneo. A espessura total do conjunto é de 40 m.

Para o cálculo dos parâmetros hidrogeológicos, foi obtido um ajuste consistente utilizando o método de Neuman (adequado para aquíferos livres). O ajuste e os resultados da transmissividade (T) e do coeficiente de armazenamento (S) são mostrados na Figura 83.

DRAFT

Location: Grândola (Portugal)	Pumping Test: Ensaio de caudal Nº2	Pumping Well: HG ST 01
Test Conducted by: Triáguas		Test Date: 20/04/2022
Analysis Performed by:	Ensaio de caudal Nº2	Analysis Date: 23/05/2022
Aquifer Thickness: 40,00 m	Discharge: variable, average rate 0,97349 [l/s]	



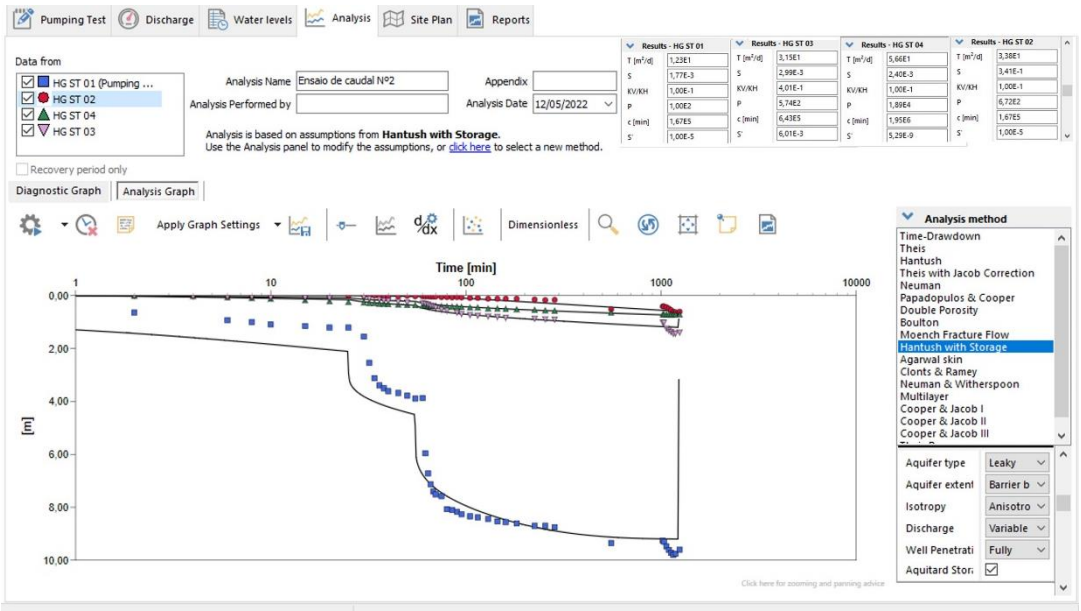
Calculation using Neuman

Observation Well	Transmissivity [m²/d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Specific Yield	Ratio K(v)/K(h)	Ratio Sy/S	Radial Distance to PW [m]
HG ST04	$5,05 \times 10^{1}$	$1,26 \times 10^{0}$	$5,08 \times 10^{-2}$	$3,49 \times 10^{-3}$	$3,02 \times 10^{1}$	10,63
HG ST02	$4,30 \times 10^{1}$	$1,07 \times 10^{0}$	$9,90 \times 10^{-1}$	$4,70 \times 10^{-2}$	$1,00 \times 10^{1}$	5,0
HG ST03	$2,79 \times 10^{1}$	$6,96 \times 10^{-1}$	$3,64 \times 10^{-2}$	$9,12 \times 10^{-3}$	$1,01 \times 10^{1}$	7,81
HG ST01	$1,16 \times 10^{1}$	$2,90 \times 10^{-1}$	$1,51 \times 10^{-2}$	$1,20 \times 10^{-2}$	$3,18 \times 10^{1}$	0,07
Average	$3,32 \times 10^{1}$	$8,31 \times 10^{-1}$	$2,73 \times 10^{-1}$	$1,79 \times 10^{-2}$	$2,05 \times 10^{1}$	

Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 83. Ensaio de caudal HG-ST01. Ajuste e resultados (Neuman).

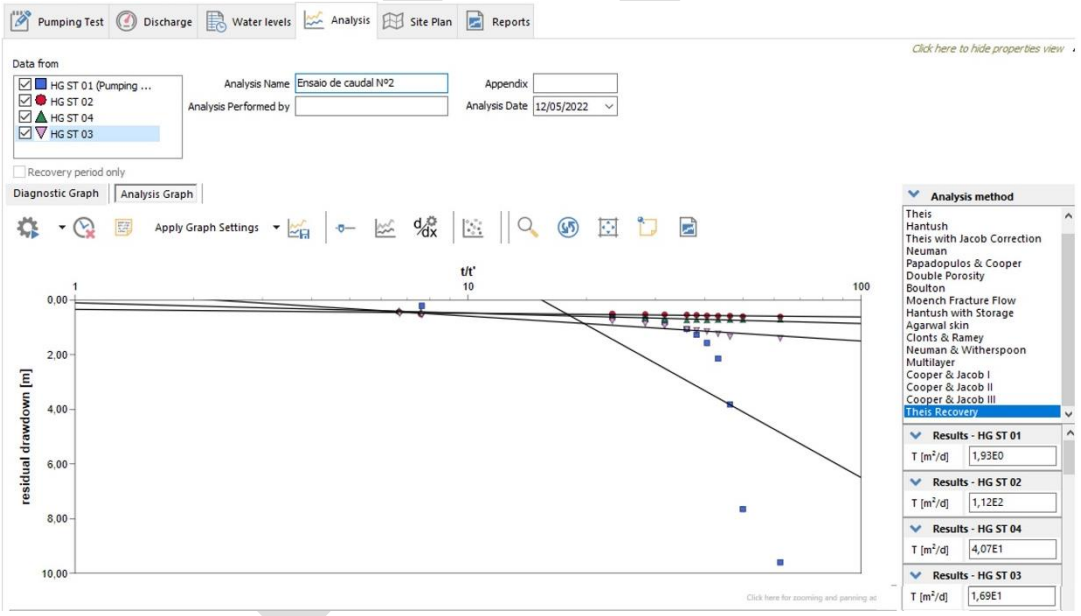
Uma segunda análise foi realizada utilizando o método Hantush com armazenamento (aquíferos semi-confinados). A Figura 84 mostra os ajustes obtidos e os resultados da transmissividade (T) e do coeficiente de armazenamento (S).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 84. Ensaio de caudal HG-ST01. Ajuste e resultados (Hantush com armazenamento).

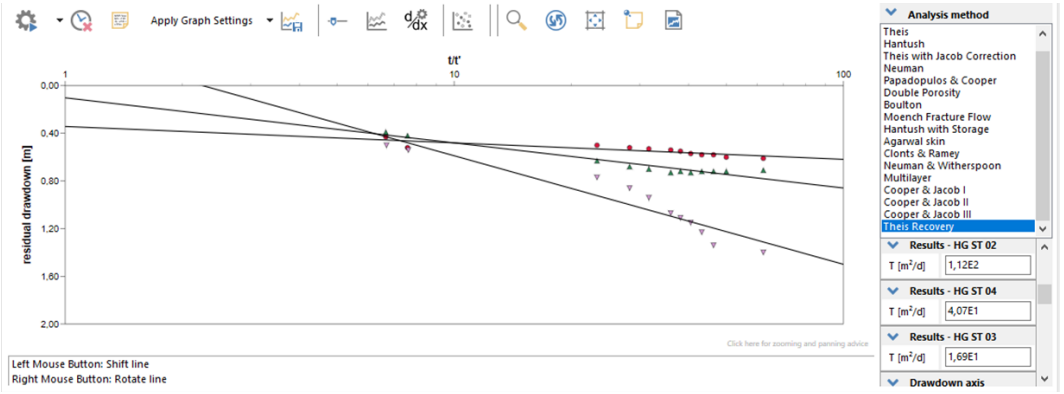
Considerando apenas a recuperação e analisando-a utilizando o método Theis, obtêm-se os seguintes resultados (Figura 85).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 85. Ensaio de caudal HG-ST01. Ajuste e resultados. (Theis recuperação).

A Figura 86 mostra o detalhe do ajuste para os furos HG-ST02, HG-ST04 e HG-ST03.



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 86. Ensaio de caudal HG-ST01. Ajuste e resultados (Theis recuperação). Detalhe para HG-ST02, HG-ST04 e HG-ST03.

A Tabela 43 resume os resultados do ensaio de caudal HG-ST01.

	Instrumento	Profundidade	Parâmetro	Bombagem		Recuperação
				(Newman)	(Hantush)	(Theis)
Bombeamento	HG-ST01	40	T (m^2/d)	**$5{,}05E^{1}$**	**$1{,}23E^{1}$**	**$1{,}93E^{0}$**
			S	$5{,}08E^{-2}$	$1{,}77\ E^{-3}$	
			K (m/d)	$1{,}26E^{0}$		
Controlo	HG-ST02	82	T (m^2/d)	$4{,}30E^{1}$	$3{,}38E^{1}$	$1{,}12E^{-2}$
			S	$9{,}90E^{-1}$	$3{,}41E^{-1}$	
			K (m/d)	$1{,}07E^{0}$		
Controlo	HG-ST03	150	T (m^2/d)	$2{,}79E^{1}$	$3{,}15E^{1}$	$1.69E^{1}$
			S	$3{,}64E^{-2}$	$2{,}99E^{-3}$	
			K (m/d)	$6{,}69E^{-1}$		
Controlo	HG-ST04	22	T (m^2/d)	$1{,}16E^{1}$	$5{,}66E^{1}$	$4{,}07E^{1}$
			S	$1{,}51E^{-2}$	$2{,}40E^{-3}$	
			K (m/d)	$2{,}90E^{-1}$		

T: Transmissividade. S: Coeficiente de armazenamento.
Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Tabela 43. Ensaio de caudal HG-ST01. Resultados.

7.2.3.2.3 Ensaio de caudal HG-ST02

O ensaio no HG-ST02 foi realizado em 28/04/2022, a partir das 12:05 horas. É um furo que atinge 82 m de profundidade, situando-se a bomba a 67,86 m.

O tempo de extração foi de 1375 minutos (22 horas 55 min) a caudal constante de 0,4 L/s, com um volume extraído de 33 m^3. A recuperação medida foi de 65 minutos.

Os dados no furo vêm de um caudalímetro eletromagnético e *diver*. As leituras nos instrumentos HG-ST01 e HG-ST03 foram obtidas com *diver* e as de o HG-ST04 tomadas manualmente com fita piezométrica.

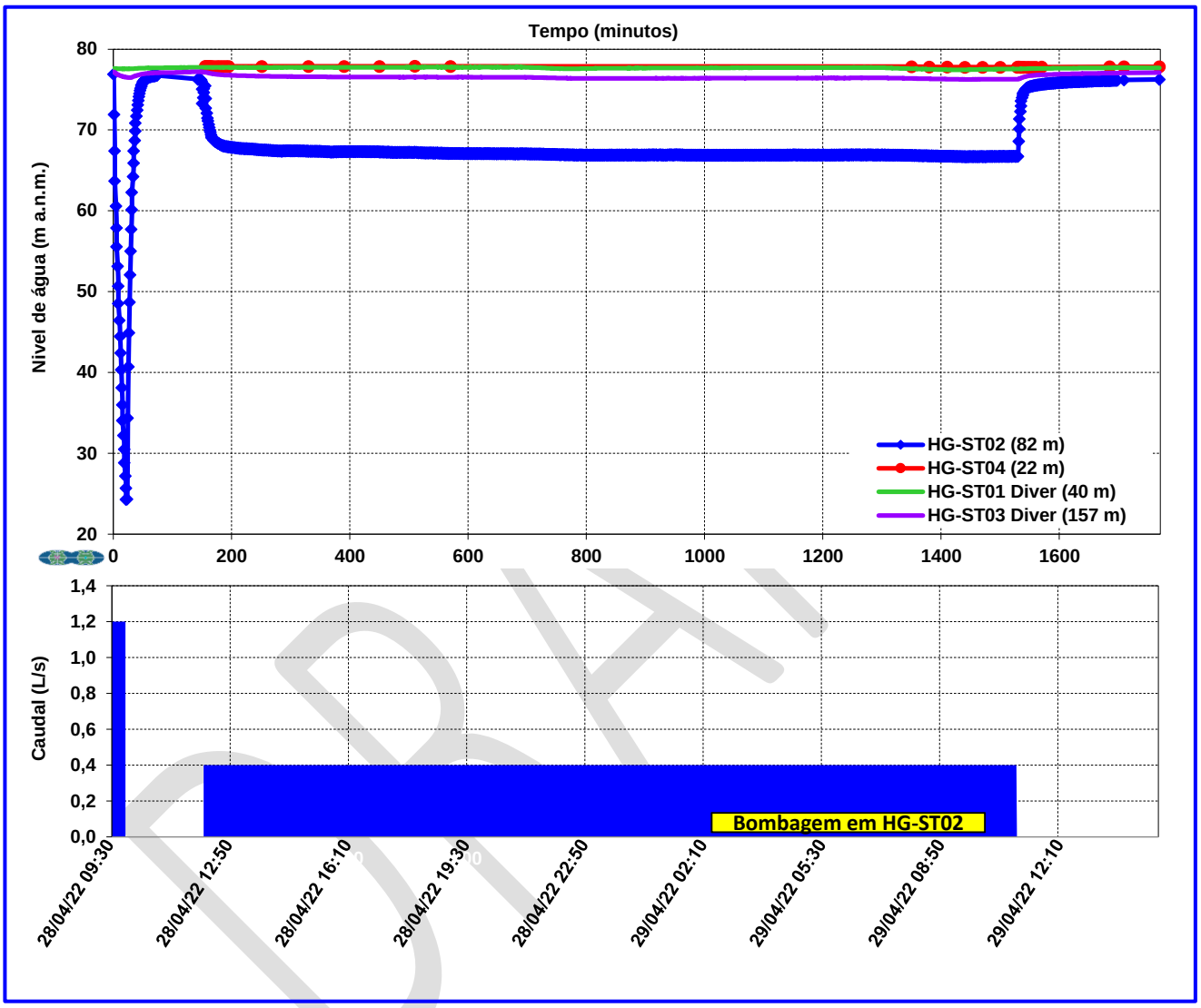
Até às profundidades atingidas, o local em estudo enquadra-se geologicamente em formações sedimentares datadas do Cenozoico, caracterizadas essencialmente por areias eólicas, areias silto-argilosas, arenitos e argilitos do Miocénico.

O piezómetro atravessou areias eólicas do Holocénico até 2 m, areias finas a silto-argilosas do Plio-Plistocénico dos 2 m aos 17 m.

Já no Miocénico Superior, argilas compactas dos 17 até 25 m de profundidade, de 25 até 27 m conglomerados com matriz arenosa e argilosa, de 27 até 30 calcarenitos, arenitos e argilitos e de 30 até 51 m de profundidade, com areias grosseiras aquíferas de 38 m aos 40 m.

De 51 m a 73 m intersectou a formação de Alcácer do Sal do Miocénico Médio a Superior, com arenitos e conglomerados e de 73 até 82 m o Oligocénico a Mioceno Inferior do topo Vale do Guizo (tVG), composta pelo conglomerado calichificados, de natureza aquífera.

Os níveis piezométricos (m a.n.m.) registados em cada furo em função do tempo decorrido desde o início da bombagem são traçados na Figura 87. Ensaio de caudal HG-ST02. Níveis piezométricos (m a.n.m.).. Deve notar-se que foi tomado o nível no tempo 0 de cada teste como nível piezométrico de cada ponto.



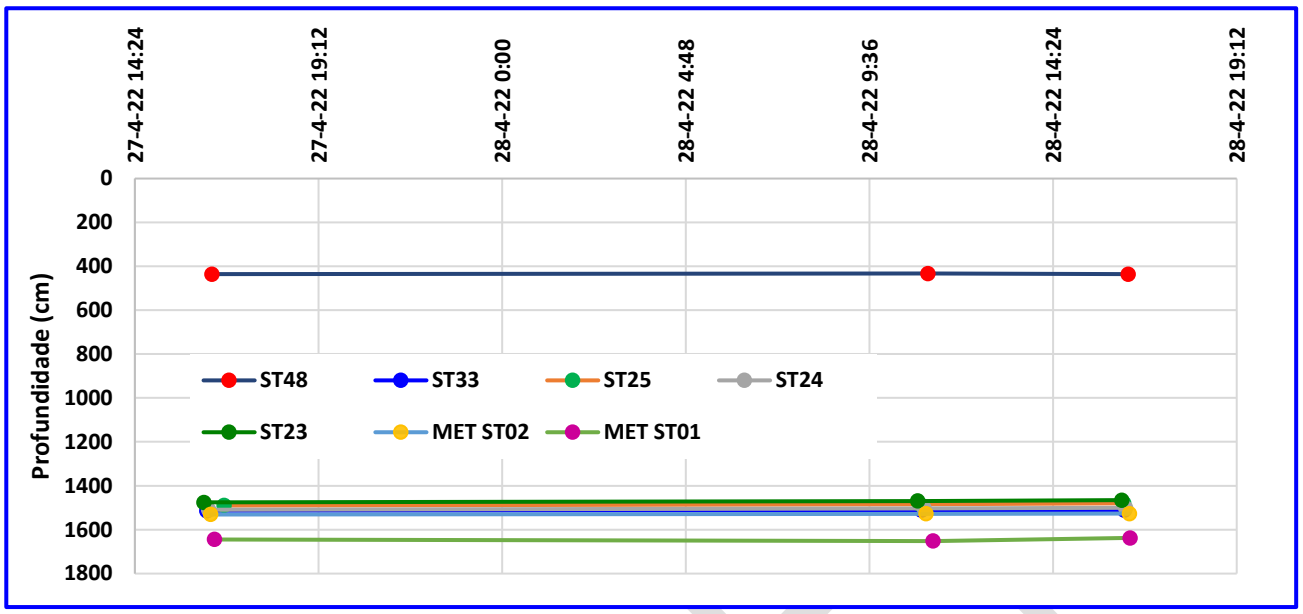
Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 87. Ensaio de caudal HG-ST02. Níveis piezométricos (m a.n.m.).

A sondagem é de pouca capacidade, não tendo sido possível manter um caudal inicial de 1,2 L/s, portanto, optou-se por interromper o bombeamento, deixar o nível recuperar e reiniciar o teste.

Passando a um caudal de 0,4 L/s foi possível manter o nível, como se pode ver, o bombeamento reflete-se claramente no instrumento HG-ST02 (com um rebaixamento máximo de 10,30 m). No furo HG-ST03, há um rebaixamento após o início da bombagem com uma recuperação subsequente, seguido de uma nova queda, mantendo um rebaixamento ligeiro ao longo da bombagem (0,19 m). No final do tempo de registo do *diver* instalado, pode ser visto o início da recuperação. Nos furos HG-ST04 e HG-ST01, não há diminuição significativa de níveis (0,10 e 0,19 m), embora o HG-ST01 mostre oscilações diferentes por volta dos minutos 600 e 1200.

Os pontos de controlo na envolvente não mostram efeitos de bombeamento realizados no HG-ST02 (Figura 88. Rebaixamentos do nível de água nas sondagens de investigação na envolvente do ensaio de caudal no furo HG-ST02).



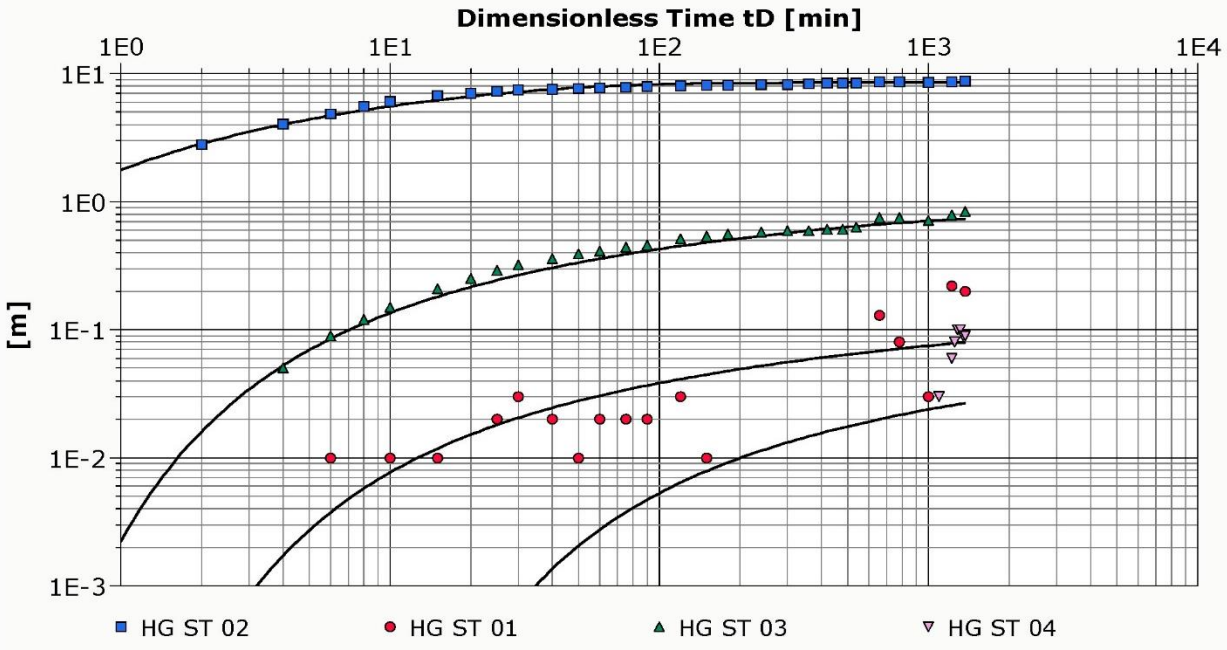
Fonte: Red Corp/Consmaga. Elaboração: FRASA

Figura 88. Rebaixamentos do nível de água nas sondagens de investigação na envolvente do ensaio de caudal no furo HG-ST02

A fim de definir as condições de contorno, foi tomada como ponto de partida a profundidade do HG-ST02 (82 m). Assim, o bombeamento foi efetuado nos conglomerados compactos calichificados da formação tVG - Topo Vale do Guizo (Sistema Aquífero Intermédio Multicamada), hidrogeologicamente definido como um sistema aquífero heterogéneo semi-confinado, litologicamente caracterizado por arenitos e argilitos (Miocénico) com uma profundidade média de 67 m.

Para o cálculo dos parâmetros hidrogeológicos, foi obtido um ajuste consistente utilizando o método Hantush com blindagem (adequado para aquíferos semi-confinados). Os resultados para a transmissividade (T) e o coeficiente de armazenamento (S) são apresentados na Figura 89. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados (Hantush com armazenamento)..

Location: Grândola (Portugal)	Pumping Test: Ensaio de caudal Nº5	Pumping Well: HG ST 02
Test Conducted by: Triáguas		Test Date: 28/04/2022
Analysis Performed by:	Ensaio de caudal Nº5	Analysis Date: 23/05/2022
Aquifer Thickness: 67,00 m	Discharge Rate: 0,4 [l/s]	



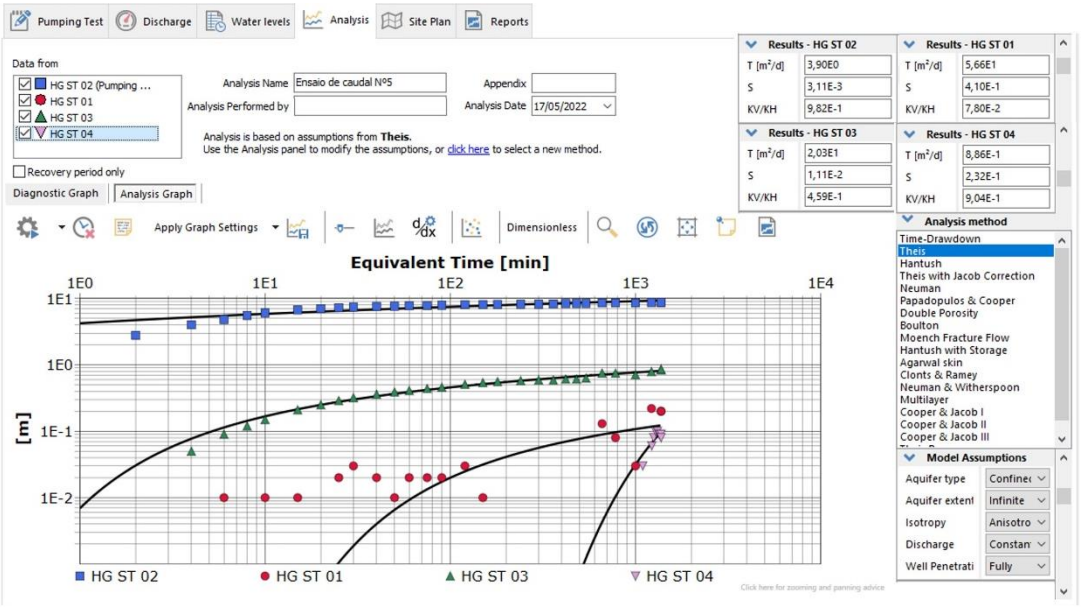
Calculation using Hantush with Storage

Observation Well	Transmissivity [m²/d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Storage coefficient	Hydr. resistance [min]	Storage coefficient of the aquitard	Leakage factor [m]	Radial Distance to PW [m]
HG ST 02	$1,41 \times 10^{0}$	$2,10 \times 10^{-2}$	$2,38 \times 10^{-1}$	$2,99 \times 10^{2}$	$1,50 \times 10^{-5}$	$5,41 \times 10^{-1}$	0,07
HG ST 01	$1,65 \times 10^{2}$	$2,47 \times 10^{0}$	$1,09 \times 10^{-1}$	$1,67 \times 10^{5}$	$1,00 \times 10^{-5}$	$1,38 \times 10^{2}$	5,0
HG ST 03	$1,92 \times 10^{1}$	$2,87 \times 10^{-1}$	$1,52 \times 10^{-2}$	$1,67 \times 10^{5}$	$1,00 \times 10^{-5}$	$4,72 \times 10^{1}$	3,16
HG ST 04	$2,81 \times 10^{2}$	$4,20 \times 10^{0}$	$1,19 \times 10^{0}$	$1,04 \times 10^{8}$	$1,28 \times 10^{-1}$	$4,49 \times 10^{3}$	5,83
Average	$1,17 \times 10^{2}$	$1,74 \times 10^{0}$	$3,87 \times 10^{-1}$	$2,60 \times 10^{7}$	$3,21 \times 10^{-2}$	$1,17 \times 10^{3}$	

Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 89. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados (Hantush com armazenamento).

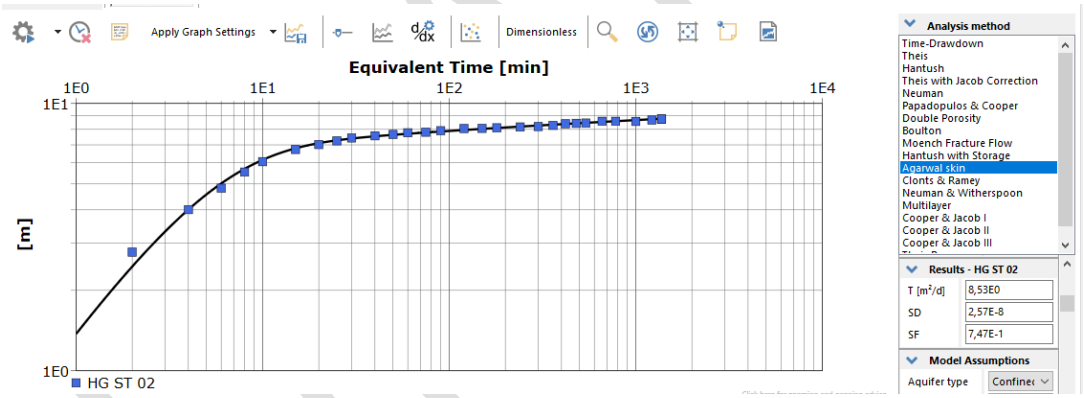
Uma segunda análise foi realizada utilizando o método Theis. A Figura 90. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados (Theis). apresenta os ajustamentos obtidos por este método e os resultados para a transmissividade (T) e o coeficiente de armazenamento (S).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 90. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados (Theis).

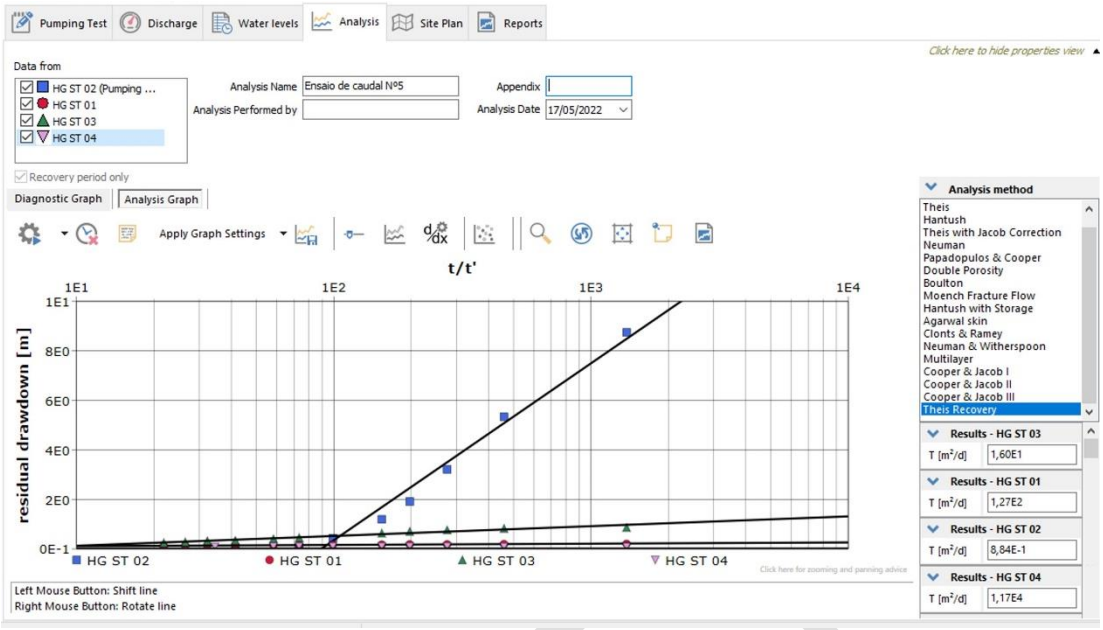
Para o furo HG-ST02, foi realizada uma terceira análise utilizando o método de Agarwal Skin, obtendo-se um ajuste aceitável para toda a curva. (Figura 91. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados HG-ST02 (Agarwal skin).).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 91. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados HG-ST02 (Agarwal skin).

Considerando apenas a recuperação e analisando-a utilizando o método Theis, obtêm-se os seguintes resultados (Figura 92. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados (Theis recuperação).).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 92. Ensaio de caudal HG-ST02. Ajuste e resultados (Theis recuperação).

A Tabela 44 resume os resultados do ensaio de caudal.

	Instrumento	Profundidade	Parâmetro	Bombagem			Recuperação
				(Hantush com armazenamento)	(Theis)	(Argawal Skin)	(Theis)
Bombeamento	HG-ST02	82	T (m^2/d)	**1,41E^{0}**	**3,90E^{0}**	**8,53E^{0}**	**8,84E^{-1}**
			S	2,38E^{-1}	3,11E^{-3}		
			K (m/d)	2,10E^{-2}			
Controlo	HG-ST04	22	T (m^2/d)	1,65E^{2}	8,86E^{-1}		1,17E^{4}
			S	1,09E^{-1}	2,32E^{-1}		
			K (m/d)	2,47E^{0}			
Controlo	HG-ST01	40	T (m^2/d)	1,92E^{1}	5,66E^{1}		1,27E^{2}
			S	1,52E^{-2}	4,10E^{-1}		
			K (m/d)	2,87E^{-1}			
Controlo	HG-ST03	150	T (m^2/d)	2,81E^{2}	2,03E^{1}		1,60E^{1}
			S	1,19E^{0}	1,11E^{-2}		
			K (m/d)	4,20E^{0}			

T: Transmissividade. S: Coeficiente de armazenamento.
Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Tabela 44. Ensaio de caudal HG-ST02. Resultados.

7.2.3.2.4 Ensaio de caudal HG-ST03

O teste no piezómetro HG-ST03 foi realizado no dia 03/05/2022, com início às 14:39. Este furo foi perfurado a uma profundidade de 150 m, colocando a bomba a 131 m.

O tempo de extração foi de 1.220 minutos (20 horas e 20 minutos) a uma taxa de fluxo variável (Tabela 45).

Etapa	Tempo (Min.)	Caudal (L/s)	Volume (L)
1	30	1,0	1.860
2	30	1,2	2.160
3	30	1,5	2.700
4	1130	1,8	122.040
Recuperação	220	0	

Tabela 45. Duração e caudal das etapas de bombagem no HG-ST03.

Os dados no furo vêm de um caudalímetro eletromagnético e *diver*. As leituras nos instrumentos HG-ST02 e HG-ST04 foram obtidas com *diver* e as do HG-ST01 tomadas manualmente com fita piezométrica.

De acordo com informações de Triáguas, 2022, segundo a Carta Geológica de Portugal e, em mais detalhe, conforme o corrente Estudo, o local em estudo enquadra-se geologicamente em formações sedimentares datadas do Cenozoico, caracterizadas essencialmente por conglomerados da base da formação bVG, sobrepostos às formações do Paleozoico - Complexo Vulcano-Sedimentar.

O piezómetro atravessou areias eólicas holocénicass até 2 m, areias silto-argilosas plio-plistocénicas dos 2 m aos 17 m.

Já no Mioceno Superior, dos 17 até 25 m de profundidade argilas compactas, de 25 até 27 m conglomerados com matriz arenosa e argilosa, de 37 até 30 calcarenitos, de 30 até 51 m de profundidade arenitos e argilitos.

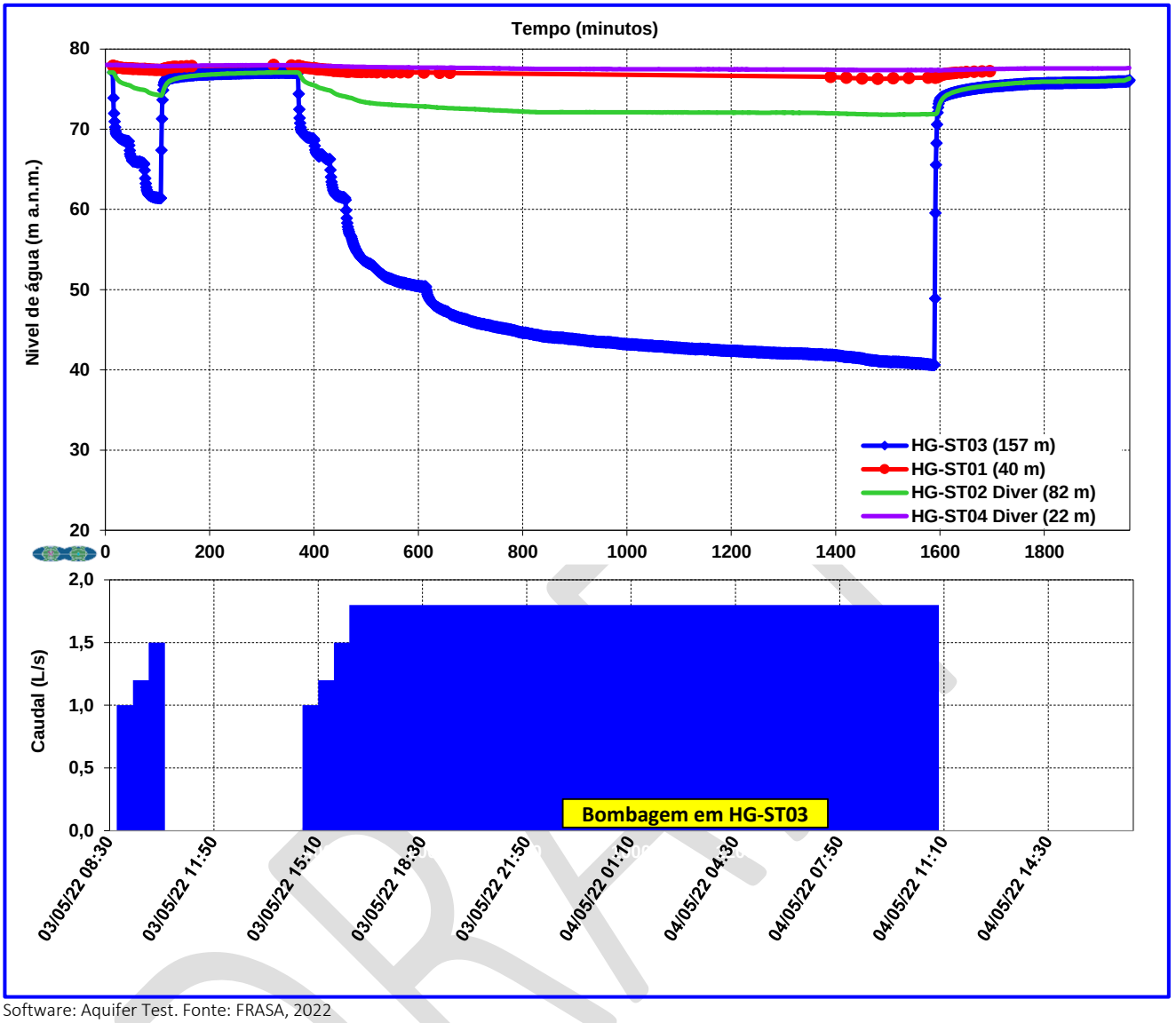
De 51 m a 73 m atravessou a formação Alcácer do Sal do Miocénico Médio a Superior, com arenitos e conglomerados e de 73 até 82 m, o Oligocénico a Mioceno Inferior do tVG - topo Vale do Guizo, composto por arenitos, argilitos e conglomerado calichificados, de natureza aquífera.

De 82 até 138 m conglomerados calichificados até os 138 m e o complexo Vulcano-Sedimentar até os 150 m, sendo que os troços superiores foram impermeabilizados até aos 84 m.

O tramo filtrante do furo é nas rochas fraturadas e/ou relacionadas com a mineralização de *stockwork* do Complexo Vulcano-Sedimentar, definido hidrogeologicamente como sistema heterogéneo misto poroso/fissurado confinado a semi-confinado, no furo dos 138-150 m, mas no geral com espessura indefinida.

Os níveis piezométricos (m a.n.m.) registados em cada furo em função do tempo decorrido desde o início da bombagem são traçados na Figura 93. Deve notar-se que foi tomado o nível no tempo 0 de cada teste como nível piezométrico de cada ponto.

DRAFT



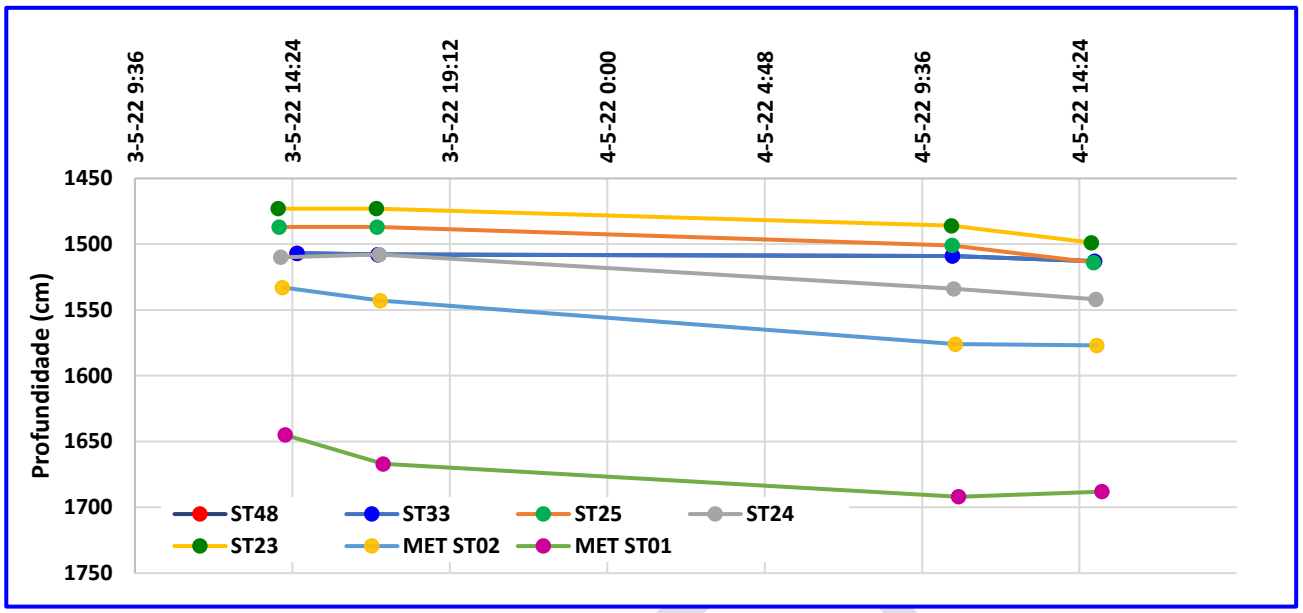
Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 93. Ensaio de caudal HG-ST03. Níveis piezométricos (m a.n.m.).

A bombagem reflete-se claramente no instrumento HG-ST03 (ponto de bombagem), com um rebaixamento máximo de 36,10 m (de notar que a partir do minuto 600 há uma queda acentuada do nível), no HG-ST02 sendo o rebaixamento máximo de 5,21 m, e que mostra recuperação semelhante após a paragem da bombagem (o que pode apontar para a comunicação entre os aquíferos controlados).

Os instrumentos mais superficiais não mostram uma resposta significativa ao bombeamento, no HG-ST01 (1,61 m) e no HG-ST04 (0,64 m), possível existência de níveis impermeáveis.

A maioria dos pontos de controlo na envolvente do furo de ensaios também mostra alguma influência de bombeamento, com decréscimos de 0,5 m (Figura 94).



Fonte: Red Corp/Consmaga. Elaboração: FRASA

Figura 94. Rebaixamentos do nível de água nas sondagens de investigação na envolvente do ensaio de caudal no HG-ST03

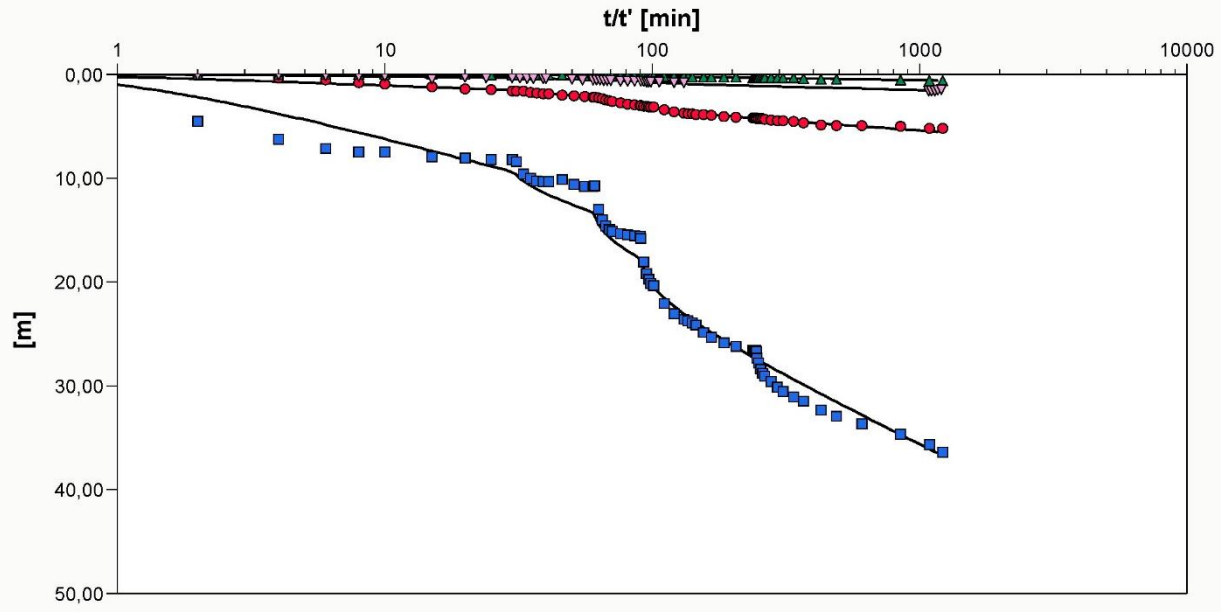
A fim de definir as condições de contorno, como ponto de partida, foi tomada a profundidade do HG-ST03 (150 m). O bombeamento foi efetuado nos conglomerados compactos calichificados da base da Formação de Base Vale do Guizo (sistema profundo), hidrogeologicamente definido como um sistema aquífero heterogéneo semi-confinado, litologicamente caracterizado por conglomerados (Paleogénico).

Foi também captada a parte superior (12 m) do Complexo Vulcano Sedimentar (Carbónico) hidrogeologicamente definido como um sistema heterogéneo misto poroso/fissurado confinado a semi-confinado, litologicamente caracterizado por rochas fraturadas e/ou relacionadas com a mineralização sulfuretos polimetálicos, *stockwork* e *gossan*, com uma espessura indefinida.

Para o cálculo dos parâmetros hidrogeológicos, foi obtido um ajuste consistente utilizando o método Theis (adequado para aquíferos confinados). Os resultados da transmissividade (T) e do coeficiente de armazenamento (S) são apresentados na (Figura 95).

DRAFT

Location: Grândola (Portugal)	Pumping Test: Ensaio de caudal Nº6	Pumping Well: HG ST 03
Test Conducted by: Triáguas		Test Date: 03/05/2022
Analysis Performed by:	Ensaio de caudal Nº6	Analysis Date: 17/05/2022
Aquifer Thickness: 54,00 m	Discharge: variable, average rate 1,7582 [l/s]	



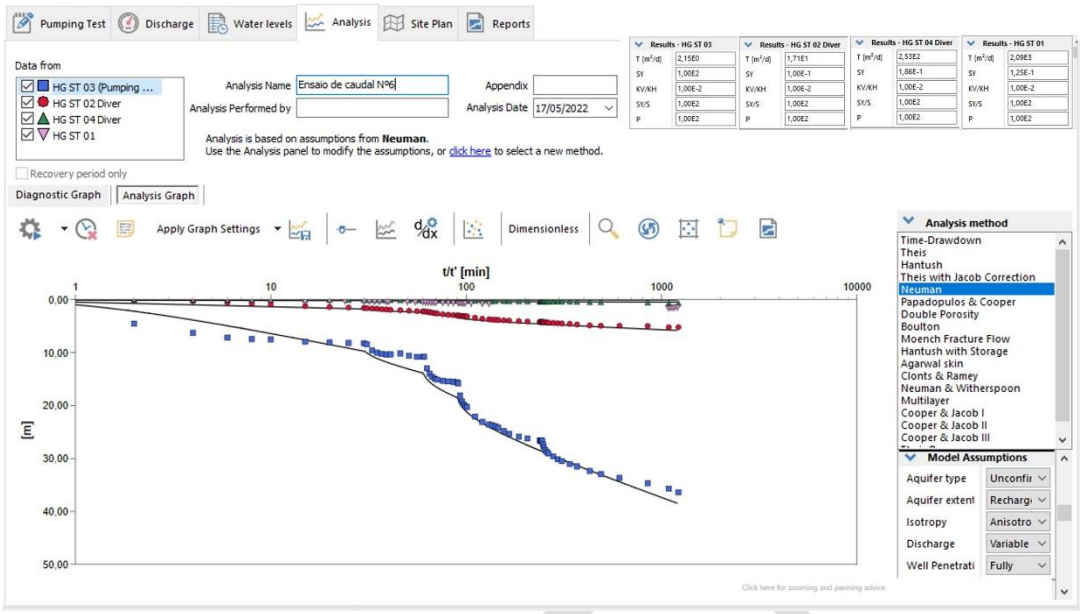
Calculation using Theis

Observation Well	Transmissivity [m²/d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Storage coefficient	Ratio K(v)/K(h)	P	Radial Distance to PW [m]
HG ST 03	$2,28 \times 10^{0}$	$4,23 \times 10^{-2}$	$9,90 \times 10^{-1}$	$5,56 \times 10^{-1}$	$3,11 \times 10^{4}$	0,07
HG ST 02 Diver	$1,61 \times 10^{1}$	$2,97 \times 10^{-1}$	$2,18 \times 10^{-3}$	$1,00 \times 10^{-1}$	$1,00 \times 10^{2}$	3,16
HG ST 04 Diver	$8,57 \times 10^{1}$	$1,59 \times 10^{0}$	$3,76 \times 10^{-1}$	$1,00 \times 10^{-1}$	$1,00 \times 10^{2}$	2,83
HG ST 01	$4,72 \times 10^{1}$	$8,73 \times 10^{-1}$	$3,78 \times 10^{-3}$	$1,00 \times 10^{-1}$	$1,00 \times 10^{2}$	7,81
Average	$3,78 \times 10^{1}$	$7,00 \times 10^{-1}$	$3,43 \times 10^{-1}$	$2,14 \times 10^{-1}$	$7,84 \times 10^{3}$	

Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 95. Ensaio de caudal HG-ST03. Ajuste e resultados (Theis).

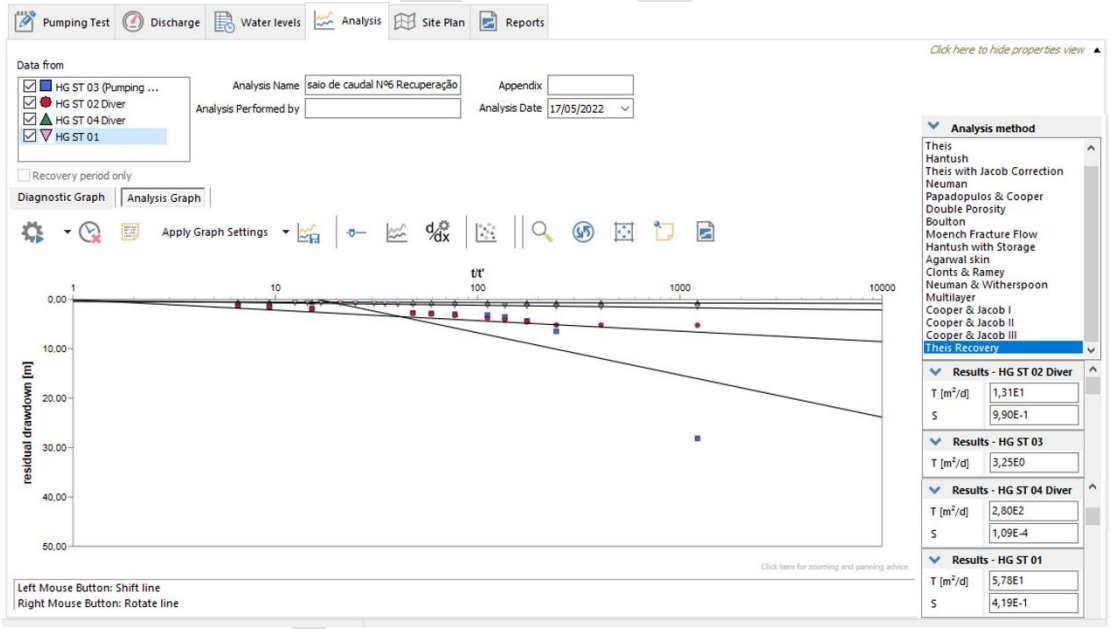
Uma segunda análise foi levada a cabo utilizando o método de Newman. A Figura 96 apresenta os ajustamentos obtidos por este método e os resultados da transmissividade (T) e do coeficiente de armazenamento (S).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 96. Ensaio de caudal HG-ST03. Ajuste e resultados (Newman).

Considerando apenas a recuperação e analisando-a utilizando o método Theis, obtêm-se os seguintes resultados (Figura 97).



Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Figura 97. Ensaio de caudal HG-ST03. Ajuste e resultados (Theis recuperação).

A Tabela 46 resume os resultados do ensaio de caudal HG-ST03.

	Instrumento	Profundidade	Parâmetro	Bombagem		Recuperação
				(Theis)	(Newman)	(Theis)
Bombeamento	HG-ST03	150	T (m^2/d)	**$2{,}28E^{0}$**	**$2{,}15E^{0}$**	**$3{,}25E^{0}$**
			S	**$9{,}90E^{-1}$**	**$1{,}00E^{2}$**	
			K (m/d)	**$4{,}23E^{-2}$**		
Controlo	HG-ST01	40	T (m^2/d)	$1{,}61E^{1}$	$2{,}09E^{3}$	$5{,}78E^{1}$
			S	$2{,}18E^{-3}$	$1{,}25E^{-1}$	
			K (m/d)	$2{,}97E^{-1}$		
Controlo	HG-ST02	82	T (m^2/d)	$8{,}57E^{1}$	$1{,}71E^{1}$	$1{,}31E^{1}$
			S	$3{,}76E^{-1}$	$1{,}00E^{-1}$	
			K (m/d)	$1{,}59E^{0}$		
Controlo	HG-ST04	22	T (m^2/d)	$4{,}72E^{1}$	$2{,}53E^{2}$	$2{,}80E^{2}$
			S	$3{,}78E^{-3}$	$1{,}00E^{-1}$	
			K (m/d)	$8{,}73E^{-1}$		

T: Transmissividade. S: Coeficiente de armazenamento.
Software: Aquifer Test. Fonte: FRASA, 2022

Tabela 46. Resultados. Ensaio de caudal HG-ST03.

7.2.3.3 Ensaios de caudal, análise de resultados

A Tabela 47 resume os resultados obtidos para cada furo na Venda Nova Norte, uma vez descartados os valores claramente anómalos para se destacar somente os considerados mais reais (a negrito).

	Instrumento	Profundidade	Ensaio	Parâmetro	Bombeamento			Recuperação	Média
					Mínimo	Máximo	Média		
Furos Venda Nova Norte	HG-MS01	22	Bombeamento em HG-MS01	T (m^2/d)	$4{,}25E^{-1}$	$5{,}96E^{-1}$	$5{,}11E^{-1}$	**$5{,}39E^{-1}$**	$5{,}25E^{-1}$
				S	4,91 E^{-1}	$5{,}66E^{-1}$	$5{,}29E^{-1}$		$5{,}29E^{-1}$
				K (m/d)					$3{,}50E^{-2}$
	HG-MS02	90	Bombeamento em HG-MS02	T (m^2/d)	$1{,}69E^{0}$	$1{,}99E^{0}$	$1{,}84E^{0}$	$7{,}58E^{1}$	**$3{,}87E^{1}$**
				S	$3{,}66E^{-1}$	$7{,}03E^{-1}$	$5{,}35E^{-1}$		**$5{,}35E^{-1}$**
				K (m/d)					**$2{,}98E^{-2}$**
			Bombeamento em HG-MS03	T (m^2/d)	$9{,}68E^{0}$	$1{,}45E^{1}$	$1{,}13E^{1}$	$3{,}44E^{1}$	$2{,}32E^{1}$
				S	$1{,}34E^{-2}$	$3{,}01E^{-2}$	$2{,}18E^{-2}$		$2{,}18E^{-2}$
				K (m/d)					$1{,}79E^{-1}$
	HG -MS03	157	Bombeamento em HG-MS03	T (m^2/d)	$7{,}69E^{0}$	$1{,}83E^{1}$	$1{,}30E^{1}$	$2{,}02E^{1}$	**$1{,}66E^{1}$**
				S	$3{,}90E^{-1}$	$9{,}90E^{1}$	$4{,}99E^{1}$E		**$4{,}99E^{1}$**
				K (m/d)					**$1{,}42E^{-1}$**
			Bombeamento em HG-MS02	T (m^2/d)	$3{,}56E^{1}$	$5{,}30E^{2}$	$2{,}89E^{2}$	$3{,}81E^{1}$	$1{,}57E^{2}$
				S	$1{,}00E^{-7}$	$1{,}91E^{-3}$	Anômalo		Anômalo
				K (m/d)					$5{,}32E^{-1}$
	MS-41	248	Bombeamento em HG-MS02	T (m^2/d)	$6{,}03E^{0}$	$6{,}04E^{0}$	$6{,}03E^{0}$	$3{,}12E^{1}$	$1{,}86E^{1}$
				S	$4{,}17E^{-4}$	$4{,}17E^{-4}$	$4{,}17E^{-4}$		$4{,}17E^{-4}$
				K (m/d)					$9{,}01E^{-2}$
			Bombeamento em HG-MS03	T (m^2/d)	$5{,}73E^{0}$	$5{,}73E^{0}$	$5{,}73E^{0}$	$3{,}37E^{1}$	**$1{,}97E^{1}$**
				S	$2{,}42E^{-4}$	$2{,}42E^{-4}$	$2{,}42E^{-4}$		**$2{,}42E^{-4}$**
				K (m/d)					**$1{,}06E^{-1}$**

Fonte: FRASA, 2022

Tabela 47. Resumo estatístico de resultados, Venda Nova Norte.

A Tabela 48 resume os resultados obtidos para cada instrumento, na Venda Nova Sul.

	Instrumento	Profundidade	Ensaio	Parâmetro	Bombagem			Recuperação	Média
					Mínimo	Máximo	Média		
Furos Venda Nova Sul	HG-ST01	40	Bombeamento em HG-ST01	T (m^2/d)	$1,23E^{1}$	$5,05E^{1}$	$3,14E^{1}$	$1,93E^{0}$	**$1,67E^{1}$**
				S	$1,77E^{-3}$	$5,08E^{-2}$	$2,26E^{-2}$		**$2,26E^{-2}$**
				K (m/d)					**$1,26E^{0}$**
			Bombeamento em HG-ST02	T (m^2/d)	$1,92E^{1}$	$5,66E^{1}$	$3,79E^{1}$	$1,27E^{2}$	$8,25E^{1}$
				S	$4,10E^{-1}$	$1,52E^{-2}$	$2,12E^{-1}$		$2,12E^{-1}$
				K (m/d)					$2,87E^{-1}$
			Bombeamento em HG-ST03	T (m^2/d)	$1,61E^{1}$	$2,09E^{3}$	$1,21E^{2}$	$5,78E^{1}$	$8,92E^{1}$
				S	$2,18E^{-3}$	$1,25E^{-1}$	$6,36E^{-2}$		$6,36E^{-2}$
				K (m/d)					$2,97E^{-1}$
			Bombeamento em HG-ST04	T (m^2/d)	$1,01E^{-1}$	$5,20E^{0}$	$2,65E^{0}$	NAN	$2,65E^{0}$
				S	$1,08E^{-3}$	$9,15E^{-2}$	$4,63E^{-2}$		$4,63E^{-2}$
				K (m/d)					$5,96E^{-1}$
	HG-ST02	82	Bombeamento em HG-ST02	T (m^2/d)	$1,41E^{0}$	$8,53E^{0}$	$4,61E^{0}$	$8,84E^{-1}$	**$2,75E^{0}$**
				S	$3,11E^{-3}$	$2,38E^{-1}$	$1,12E^{-1}$		**$1,12E^{-1}$**
				K (m/d)					**$2,10E^{-2}$**
			Bombeamento em HG-ST01	T (m^2/d)	$3,38E^{1}$	$4,30E^{1}$	$3,84E^{1}$	$1,12E^{-2}$	$1,92E^{1}$
				S	$3,41E^{-1}$	$9,90E^{-1}$	$6,66E^{-1}$		$6,61E^{-1}$
				K (m/d)					$1,07E^{0}$
			Bombeamento em HG-ST03	T (m^2/d)	$1,71E^{1}$	$8,57E^{1}$	$5,99E^{1}$	$1,31E^{1}$	$3,62E^{1}$
				S	$1,00E^{-1}$	$3,76E^{-1}$	$2,38E^{-1}$		$2,38E^{-1}$
				K (m/d)					$1,59E^{0}$
			Bombeamento em HG-ST04	T (m^2/d)	$3,85E^{-1}$	$2,15E^{0}$	$1,22E^{0}$	$1,47E^{1}$	$7,96E^{0}$
				S	$1,77E^{-2}$	$4,30E^{-1}$	$1,61E^{-1}$		$1,61E^{-1}$
				K (m/d)					$2,27E^{-2}$
	HG-ST03	150	Bombeamento em HG-ST03	T (m^2/d)	$2,15E^{0}$	$2,28E^{0}$	$2,22E^{0}$	$3,25E^{0}$	**$2,73E^{0}$**
				S	$1,00E^{2}$	$9,90E^{-1}$	$5,05E^{1}$		**$5,05E^{1}$**
				K (m/d)					**$4,23E^{-2}$**
			Bombeamento em HG-ST01	T (m^2/d)	$2,79E^{1}$	$3,15E^{1}$	$2,97E^{1}$	$1,69E^{1}$	$2,33E^{1}$
				S	$2,99E^{-3}$	$3,64E^{-2}$	$1,97E^{-2}$		$1,97E^{-2}$
				K (m/d)					$6,69E^{-1}$
			Bombeamento em HG-ST02	T (m^2/d)	$2,03E^{1}$	$2,81E^{2}$	$1,51E^{2}$	$1,60E^{1}$	$8,33E^{1}$
				S	$1,11E^{-2}$	$1,19E^{0}$	$6,01E^{-1}$		$6,01E^{-1}$
				K (m/d)					$4,20E^{0}$
			Bombeamento em HG-ST04	T (m^2/d)	$4,88E^{-1}$	$3,43E^{0}$	$1,99E^{0}$	$4,56E^{1}$	$2,79E^{1}$
				S	$1,15E^{-1}$	$9,02E^{-1}$	$4,18E^{-1}$		$4,18E^{-1}$
				K (m/d)					$2,87E^{-2}$
	HG-ST04	22	Bombeamento em HG-ST04	T (m^2/d)	$1,32E^{0}$	$1,81E^{0}$	$1,57E^{0}$	$5,39E^{-2}$	**$8,05E^{-1}$**
				S	$8,46E^{-5}$	9,90 E^{-1}	$4,50E^{-1}$		**$4,50E^{-1}$**
				K (m/d)					**$1,07E^{-1}$**
			Bombeamento em HG-ST01	T (m^2/d)	$1,16E^{1}$	$5,66E^{1}$	$3,41E^{1}$	$4,07E^{1}$	$3,74E^{1}$
				S	$2,40E^{-3}$	$1,51E^{-2}$	$8,75E^{-3}$		$8,75E^{-3}$
				K (m/d)					$2,90E^{-1}$
			Bombeamento em HG-ST02	T (m^2/d)	$8,86E^{-1}$	$1,65E^{2}$	$8,29E^{1}$	$1,17E^{4}$	Anômalo
				S	$1,09E^{-1}$	$2,32E^{-1}$	$1,71E^{-1}$		$1,71E^{-1}$
				K (m/d)					$2,47E^{0}$
			Bombeamento em HG-ST03	T (m^2/d)	$4,72E^{1}$	$2,53E^{2}$	$1,50E^{2}$	$2,80E^{2}$	$2,15E^{2}$
				S	$3,78E^{-3}$	$1,00E^{-1}$	$5,12E^{-2}$		$5,12E^{-2}$
				K (m/d)					$8,73E^{-1}$

Fonte: FRASA, 2022

Tabela 48. Resumo estatístico de resultados, Venda Nova Sul.

Na Tabela 49 mostra uma média dos resultados nos piezómetros quando o bombeamento foi realizado.

DRAFT

	Aquífero	Instrumento	Parâmetro	Valor
Furos Venda Nova Norte	Aquífero cutâneo	HG-MS01	T (m^2/d)	$5{,}25E^{-1}$
			S	$5{,}29E^{-1}$
			K (m/d)	$3{,}50E^{-2}$
	Sistema intermédio multicamada	HG-MS02	T (m^2/d)	$3{,}87E^{1}$
			S	$5{,}35E^{-1}$
			K (m/d)	$2{,}98E^{-2}$
	Sistema profundo e CVS	HG-MS03	T (m^2/d)	$1{,}66E^{1}$
			S	$4{,}99E^{1}$
			K (m/d)	$1{,}42E^{-1}$
	CVS	MS41	T (m^2/d)	$1{,}86E^{1}$
			S	$4{,}17E^{-4}$
			K (m/d)	$9{,}01E^{-2}$
Furos Venda Nova SuL	Aquífero cutâneo	HG-ST04	T (m^2/d)	$8{,}05E^{-1}$
			S	$4{,}50E^{-1}$
			K (m/d)	$1{,}07E^{-1}$
	Aquífero cutâneo e 1º intermédio	HG-ST01	T (m^2/d)	$1{,}67E^{1}$
			S	$2{,}26E^{-2}$
			K (m/d)	$1{,}26E^{0}$
	Sistema intermédio multicamada	HG-ST02	T (m^2/d)	$2{,}75E^{0}$
			S	$1{,}12E^{-1}$
			K (m/d)	$2{,}10E^{-2}$
	Sistema profundo e CVS	HG-ST03	T (m^2/d)	$2{,}73E^{0}$
			S	$5{,}05E^{1}$
			K (m/d)	$4{,}23E^{-2}$

Fonte: FRASA, 2022

Tabela 49. Resumo estatístico de resultados.

No que diz respeito à intercomunicação dos sistemas de aquíferos, pode destacar-se que, de acordo com os resultados obtidos, existe uma influência da bombagem nos sistemas profundo e intermédio e vice-versa, pelo que é provável que a drenagem dos depósitos possa ter um efeito no sistema intermédio, tanto por deficiente conceção do piezómetro que os interligue, quer por sondagens antigas, que por fraturação (alpina)

No jazigo Venda Nova Norte o furo de controlo profundo do sistema HGMS03 (157 m) tem 2 metros de extensão de filtro no sistema intermédio, pelo que é normal observar alguma influência ao bombear neste poço no aquífero intermédio.

Dado que os ensaios de bombagem efetuados nos sistemas intermédios e profundos tiveram um impacto nos piezómetros de observação localizados a Este do depósito (sondagens de investigação geológica e mineralúrgica), é possível que a comunicação hídrica seja devida a interconexão pode ser devida a interligações estruturais (fraturas originárias da orogenia alpina que comunicam ambos os sistemas), embora também possam ser devidas à comunicação através de sondagens de investigação mineira.

Na Figura 98 mostra-se a integração da informação obtida nas sondagens de investigação com o perfil construtivo dos piezómetros hidrogeológicos realizados no jazigo Venda Nova Norte.

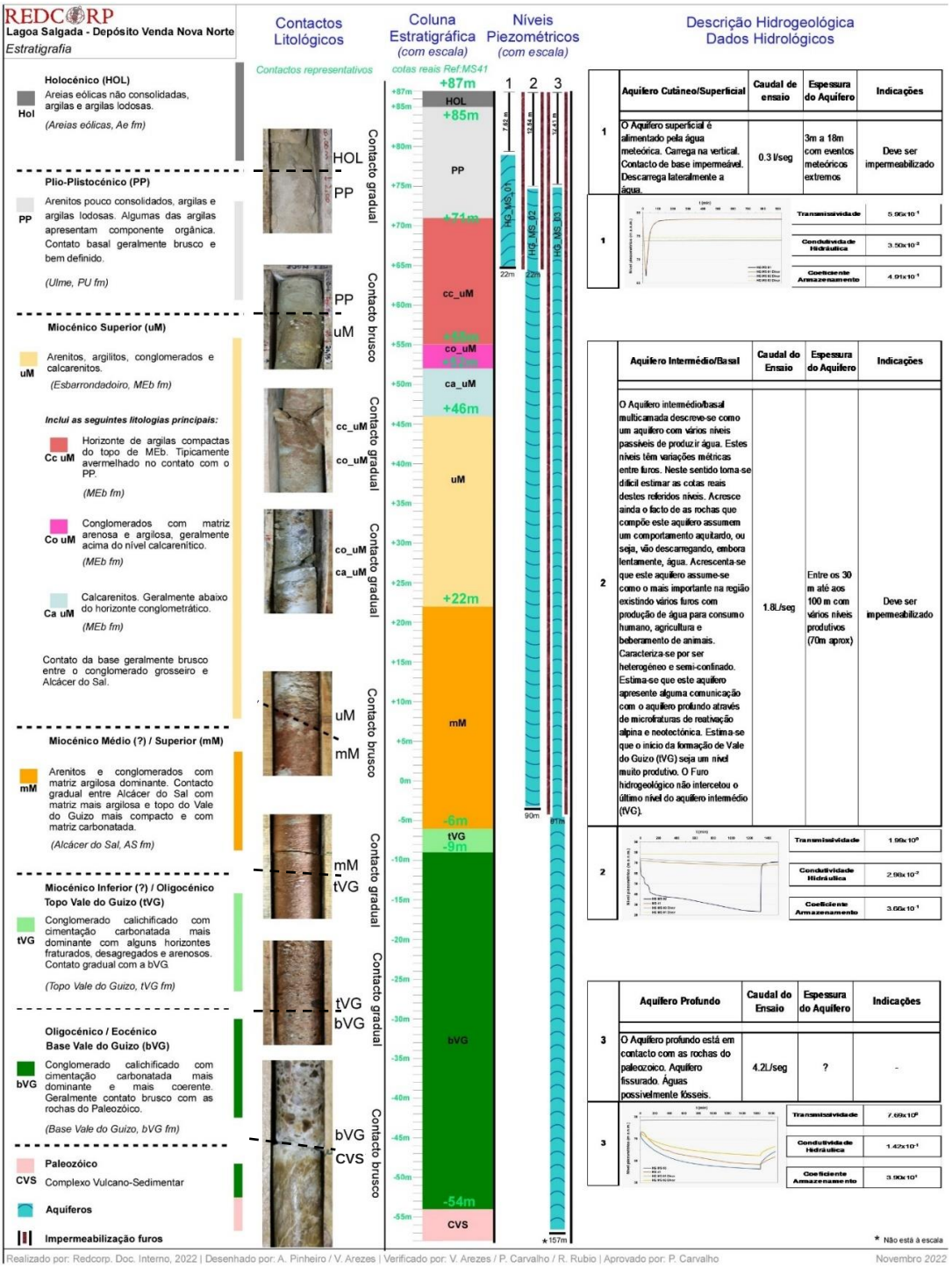


Figura 98. Estratigrafia, níveis de água e dados hidrogeológicos no Jazigo Venda Nova Norte.

Na Figura 99 mostra-se a integração da informação obtida nas sondagens de investigação com a construção dos piezómetros hidrogeológicos no depósito mineral Venda Nova Sul.

Nos pontos de observação da envolvente do depósito Venda Nova Sul, destacam-se os fluxos muito baixos obtidos, sendo de salientar que na sondagem HG-ST01, de 40 m de profundidade, se obteve mais fluxo do que no furo HG-ST02 de 82 m.

É também curioso notar que, ao bombear na parte superior do sistema intermédio, no furo HGST01 (40 m), se observou alguma influência no sistema profundo e em algumas sondagens metalúrgicas, mas não foi observado ao bombear no furo intermédio mais profundo de 82 m (HGST02).

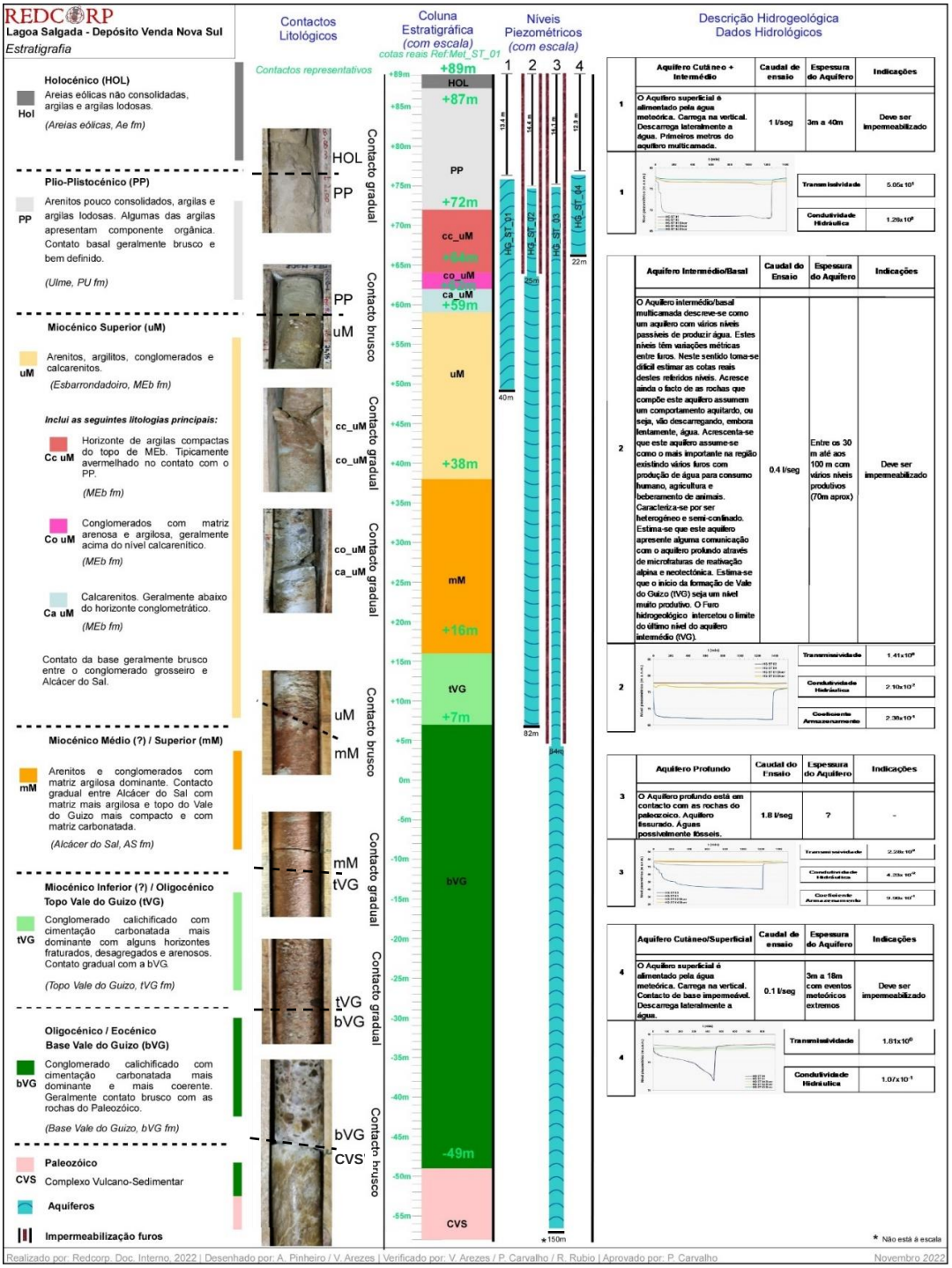


Figura 99. Estratigrafia, níveis de água e dados hidrogeológicos no Jazigo Venda Nova Sul.

Ao bombear no sistema profundo, no furo HGST03, observou-se que há influência sobre o sistema intermédio no furo HG-ST02 (82 m) e é maior do que no intermédio superior HG-ST01(40 m).

De fato, esta influência pode ser devida à ligação entre ambos os piezómetros, uma vez que o furo profundo deva ter deixado por impermeabilizar a base do sistema intermédio, por se interpretar, à época, na fase de perfuração e construção deste piezómetro, que a profundidade efetiva do contato da base seria entre a formação de Alcácer do Sal e a formação Vale do Guizo, desconhecendo-se então que o sistema intermédio viesse a integrar uma parte do topo de Vale do Guizo, resultando na definição da unidade tVG.

Também se junta algumas caraterísticas aquíferas que aí se integra, como se veio a confirmar nas sondagens carotadas novas, entretanto realizadas pela REDCORP, que permitiu essa melhoria notável do

conhecimento geológico nos dois depósitos minerais e dos sistemas hidrogeológicos como hoje o conhecemos.

7.2.3.3.1 Notas úteis- Valores típicos de T e S

A transmissividade é um parâmetro que indica a possibilidade de um aquífero para a sua exploração. A transmissividade é calculada a partir dos dados dos ensaios. Também pode ser deduzida se soubermos b e k. Outra possibilidade que é frequentemente utilizada é deduzi-la aplicando a fórmula experimental de Galofré (hidrogeólogo especialista da Generalitat da Catalunha, Espanha, que morreu em 2006) que descobriu que:

$$T\ (m^2/dia) = 100 * q\ (L/s/m)$$

Que refere que a transmissividade expressa em m^2/dia é cem vezes superior ao caudal específico (q) de uma captação se q for expresso em L/s/m. O caudal específico (q) (que é obtido no inventário dos pontos de água descritos abaixo), expressa o caudal extraído por bombagem de um furo para cada metro que o nível da água no interior do furo é deprimido. Por conseguinte, um q = 0,2 indicaria que, para obter um caudal de 2 L/s de uma captação, é necessário deprimir o nível da água no interior do furo em 10 metros. Por outro lado, a transmissividade do aquífero que aplica a fórmula será de 20 m^2/dia. Aquíferos pobres ou improdutivos podem ser considerados aqueles que têm transmissividade inferior a 10 m^2/dia. A transmissividade de 100 ou mais indicará aquíferos altamente produtivos. No entanto, estas avaliações são muito relativas e não têm qualquer validade que não seja a de mera comparação (Tabela 50).

T (m^2/día)	Qualificação	Possibilidades do aquífero
T<10	Muito baixa	Menos de 1 L/s com 10 m de rebaixamento
10<T<100	Baixa	Entre 1 e 10 L/s com 10 m de rebaixamento
100<T<500	Média-alta	Entre 10 e 50 L/s com 10 m de rebaixamento
500<T<1000	Alta	Entre 50 e 100 L/s com 10 m de rebaixamento
T<1000	Muito alta	Mais de100 L/s com 10 m de rebaixamento

Fonte: IGME, 1984.

Tabela 50. Valores da Transmissividade, segundo Iglesias (2002).

Os valores mais comuns do coeficiente de armazenamento estão indicados na Tabela 51.

Material permeável	Aquífero	S (valores médios)
Cársico, calcários e dolomites Jurássicos	Livre Semi-confinado Confinado	2.10^{-2} 5.10^{-4} 5.10^{-5}
calcários e dolomites cretácicos e Terciários	Livre Semi-confinado Confinado	2.10^{-2} a 6.10^{-2} 10^{-3} a 5.10^{-4} 10^{-4} a $5\text{-}10^{-5}$
Poroso intergranular, cascalheiras e areias	Livre Semi-confinado Confinado	5.10^{-2} a 15.10^{-2} 10^{-3} 10^{-4}
Cársicos e porosos Calcarenitos marinos Terciários	Livre	10^{-2} a 18^{-2}

Fonte: IGME, 1984.

Tabela 51. Valores típicos do coeficiente de armazenamento (S) para diferentes terrenos.

A Tabela 52 apresenta valores típicos de S de acordo com as características gerais dos aquíferos.

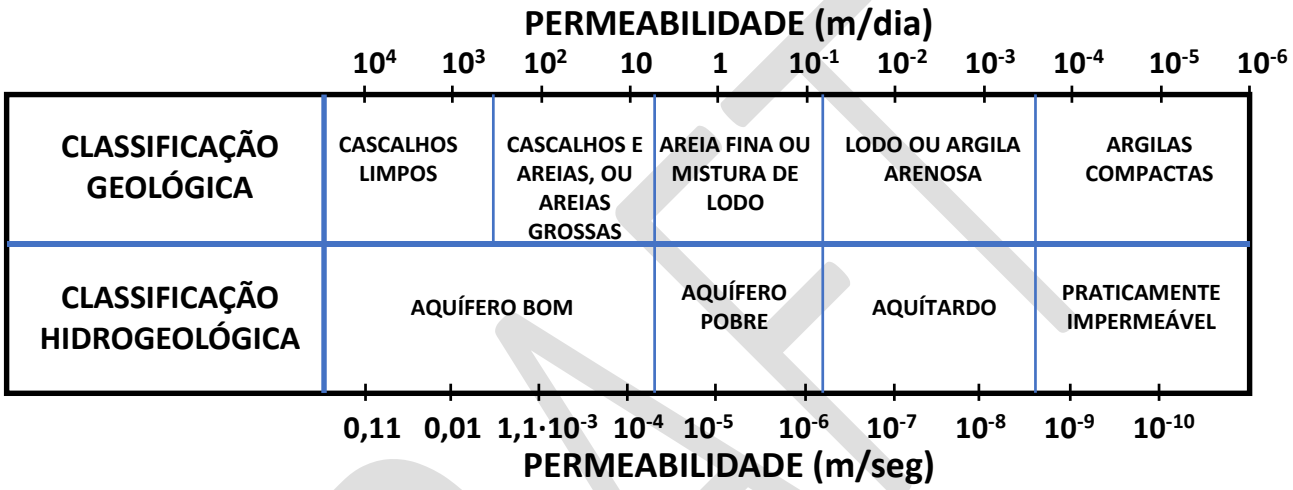
Aquífero	S (valores médios)
Livre	3.10^{-1} a 10^{-2}
Semi-confinado	10^{-3} a 10^{-4}
Confinado	10^{-4} a 10^{-5}

Fonte: IGME, 1984.

Tabela 52. Valores típicos de S segundo características dos aquíferos.

Em geral, para aquíferos confinados ou semi-confinados, o coeficiente de armazenamento tem valores muito baixos na gama de 10^{-2} a 10^{-5}; por outro lado, para aquíferos livres, a gama é de 0,05 a 0,30 e é praticamente igual ao rendimento específico (Sy) do material situado no nível freático.

Considera-se que uma transmissividade superior a 0,015 m^2/dia e um coeficiente de armazenamento de $5,10^{-3}$ a $5,10^{-5}$ representam um aquífero adequado à exploração (Figura 100).



Fonte: Custódio e Llamas, 1983

Figura 100. Classificação dos materiais sedimentares pela permeabilidade.

DRAFT

8 LEVANTAMENTOS DE CAMPO, INVENTÁRIOS DE PONTOS DE ÁGUA E AMOSTRAGEM

Deve relevar-se o apoio da REDCORP, nesta fase inicial, de facilitação do contato com os proprietários privados, com vista ao seu conhecimento e partilha, o que possibilitou e permissão de acessibilidades no terreno. Também se possibilitou o contato e partilha de projeto e do BHS, com a AdgA, que detém o controlo da exploração num furo de captação e um antigo poço de captação na área do Projeto.

Os proprietários das herdades e montes, terrenos habitacionais e quintas, com predomínio da drenagem fluvial e dos fluxos de águas sub-superficiais para Norte, em direção ao rio Sado e à ribeira da Arcão, nomeadamente dos 1º e 4º quadrante da metade Norte da área de estudo, onde o Projeto integralmente se enquadra, e onde se tenha selecionado pontos de monitorização e controlo, foram diretamente contatados e com esclarecimento e partilha de conhecimento, dado e recebido, sobre o âmbito e natureza dos estudos em curso.

Ver-se-á abaixo que o inventário de pontos de observação é mais vasto e integra igualmente a metade Sul da área do estudo, com domínio das drenagens e fluxos sub-superficiais para Sul. Estas áreas não diretamente relacionadas com o Projeto, serão alvo de integração progressiva nos levantamentos de campo e monitorização em etapas posteriores do Projeto e do prosseguimento dos estudos hidrogeológicos no futuro.

Igualmente se estabeleceram contatos prévios com a APA - ARH Alentejo, que regulamenta procedimentos e licenciamentos, com vista ao procedimento de reconversão de sondagens de avaliação do Projeto.

Foi efetuada uma apresentação técnica ao Município, para completar o ciclo das apresentações do BHS e seus objetivos, com a finalidade de intensificar as boas relações entre os parceiros públicos (entidades) e sociais (população e organizações não governamentais) do Projeto (*StakeHolders*) e partilha com os parceiros do Projeto (*ShareHolders*), numa perspetiva de relação de parceria, respeito mútuo e responsabilidade e transparência.

Este esforço irá ser estendido a apresentações públicas às Freguesias, populações e proprietários locais, de proximidade, mais diretamente envolvidas e relacionadas com o Projeto, e também às populações do Município, logo que esteja concluído este período da entrega e aceitação do BHS, pela REDCORP que abraça e apadrinha estas iniciativas.

8.1 Inventário de pontos de água e rede de monitorização e controlo hidrológico

De modo geral procurou-se inventariar e/ou criar uma base de dados dos pontos de interesse hidrológico, úteis na fase atual de estudo do BHS, mas também para se constituir como futura rede de monitorização e controlo para o EIA, e para os necessários controlos de continuidade ao longo da evolução do Projeto.

É assim que o objetivo foi antecipar a rede de monitorização e controlo de águas superficiais e subterrâneas, de um PVCASS de Lagoa Salgada, em sede de conceção, construção e operação mineira a mais longo prazo, até ao seu encerramento.

Naturalmente incidindo sobre os pontos de águas superficiais, nomeadamente nos cursos de água, açudes e barragens, lagoas, lagunas, charcos, brejos, etc., que possam ser relevantes para se assegurar seu controlo efetivo, como para estabelecer os valores de referência de base da qualidade hidroquímica e hidrofísica, tanto com os parâmetros expeditos de registo *in situ*, como com os parâmetros analíticos de laboratório, mas também para todos os registos de observações complementares como: volumes-caudais produzíveis, circulantes e ou drenantes, em função dos ciclos hidrológicos e hidroclimáticos.

Assim, foi necessário integrar e complementar informações de interesse regional, que o inventário sistemático de pontos deixa antever, com as informações de interesse mais local e centrado na

área foco respetiva, à vertical dos depósitos minerais e sua envolvente próxima, onde se integra o conjunto de anexos do complexo industrial-mineiro metalúrgico a construir.

A inventariação dos pontos de **águas subterrâneas e superficiais** relevantes (base também para o modelo hidrogeológico concetual), contemplou; nascentes e fontes poços de água construídos em terrenos habitacionais, quintas e herdades, para usos *diver*sos, como de auto consumo, e consumo agrícola ou pecuário, etc., furos de captação de águas públicas e privadas, e sondagens de investigação efetuadas pelo Projeto, entre as quais selecionadas as mais representativas, para o âmbito e propósito do BHS, e para controlo piezométrico, hidroquímico ou outros (Desenho 5).

Integram-se, neste conceito de inventariação, os furos de captação de águas subterrâneas públicos e privados, cujo levantamento, sendo mais difícil, por não ser óbvia a sua identificação na cartografia disponível e/ou no do terreno, a obrigar a uma abordagem de recolha de informação local, junto dos seus possuidores, desejavelmente a complementar com o acesso às bases de dados oficiais existentes na APA Alentejo.

Por sua vez os pontos de captação pública, sob gerência da AgdA, são um furo de captação na área foco do Projeto, mais três poços de captação de água, um na área do Projeto, outro com captação radial em Arez. e outro em Rio de Moinhos, de um total de três, referidos em PDA, na área regional de interesse para o EH.

Acresce a informação existente em alguma cartografia mais recente produzida pelo LNEG, como a folhas nºs 42-A e 42-B das cartas geológicas 1:50.000, que refere alguns dados relativos a sondagens de Investigação, Prospeção e Pesquisa, também importantes, mas cuja acessibilidade no terreno já não seja garantida para recolha de informação e monitorização hidrogeológica, dado não haver evidência da sua proteção à "boca" do furo.

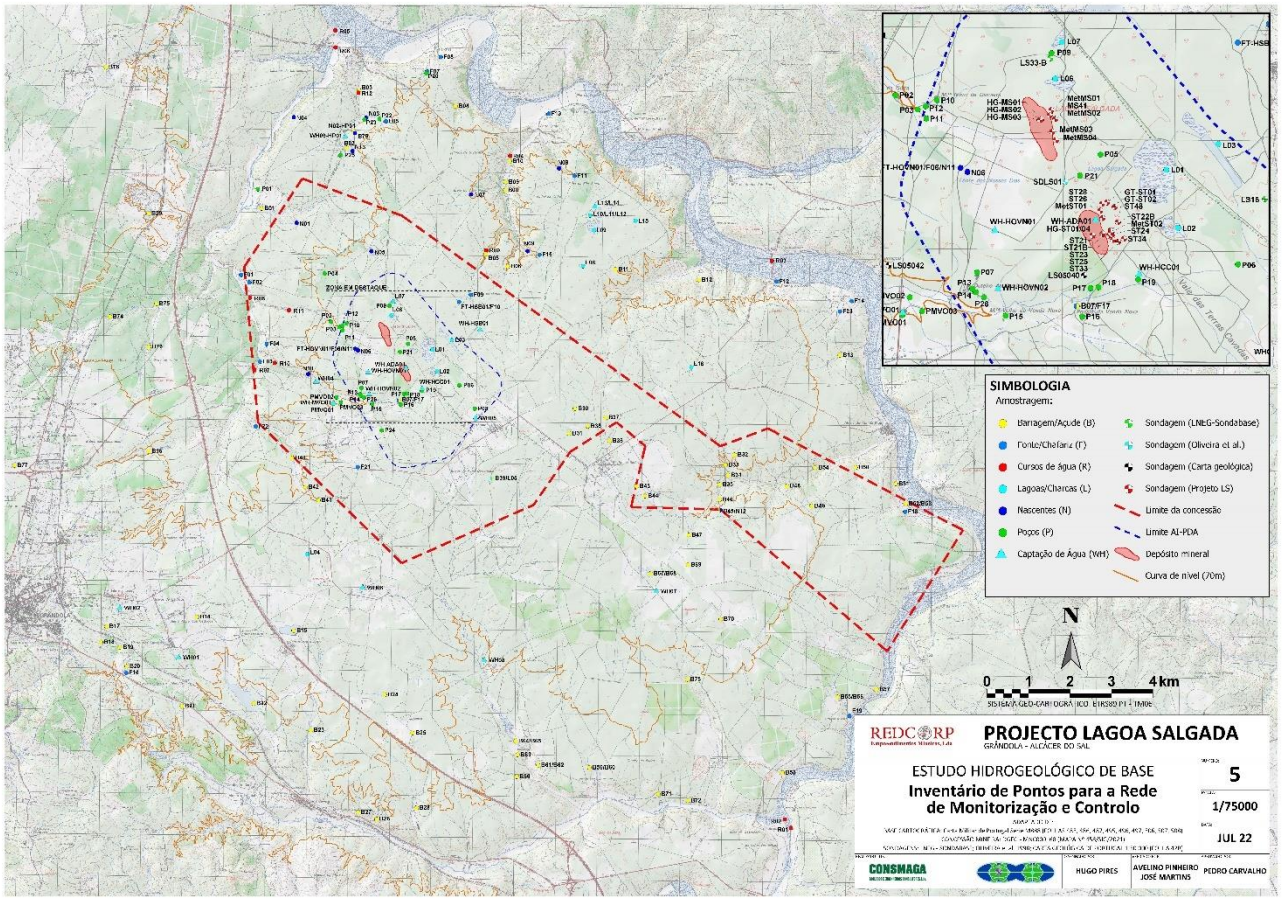
A título de exemplo, na área do Projeto, não se consegue identificar a existência das antigas sondagens de Prospeção e Pesquisa, de campanhas anteriores, pelos motivos apontados, e mesmo, que se pudesse localizar e evidenciar a respetiva "boca" de furo, estes estão normalmente colapsados, sempre que não se tenha usado qualquer tipo de proteção de revestimento, em profundidade.

No final, resta a informação produzida em relatórios e bases de dados do LNEG – Geoportal/Sondabase, que se constitui como um importante parceiro público do Projeto. O CEGMA de Aljustrel, deu contributo notável, através de Matos, 2022, *comm.oral*, com informação geológica vital para o enquadramento dessas sondagens de investigação.

No Desenho 5, mostra-se o inventário de pontos para o estudo hidrogeológico, levantados a partir das observações da cartografia de base disponível, respetivamente as cartas militares 1:25.000 e cartas geológicas 1:50.000, onde se registou o referente a águas superficiais e águas subterrâneas.

Os pontos de água superficial e subterrânea estabelecidos estão referenciados no Desenho 5.

DRAFT

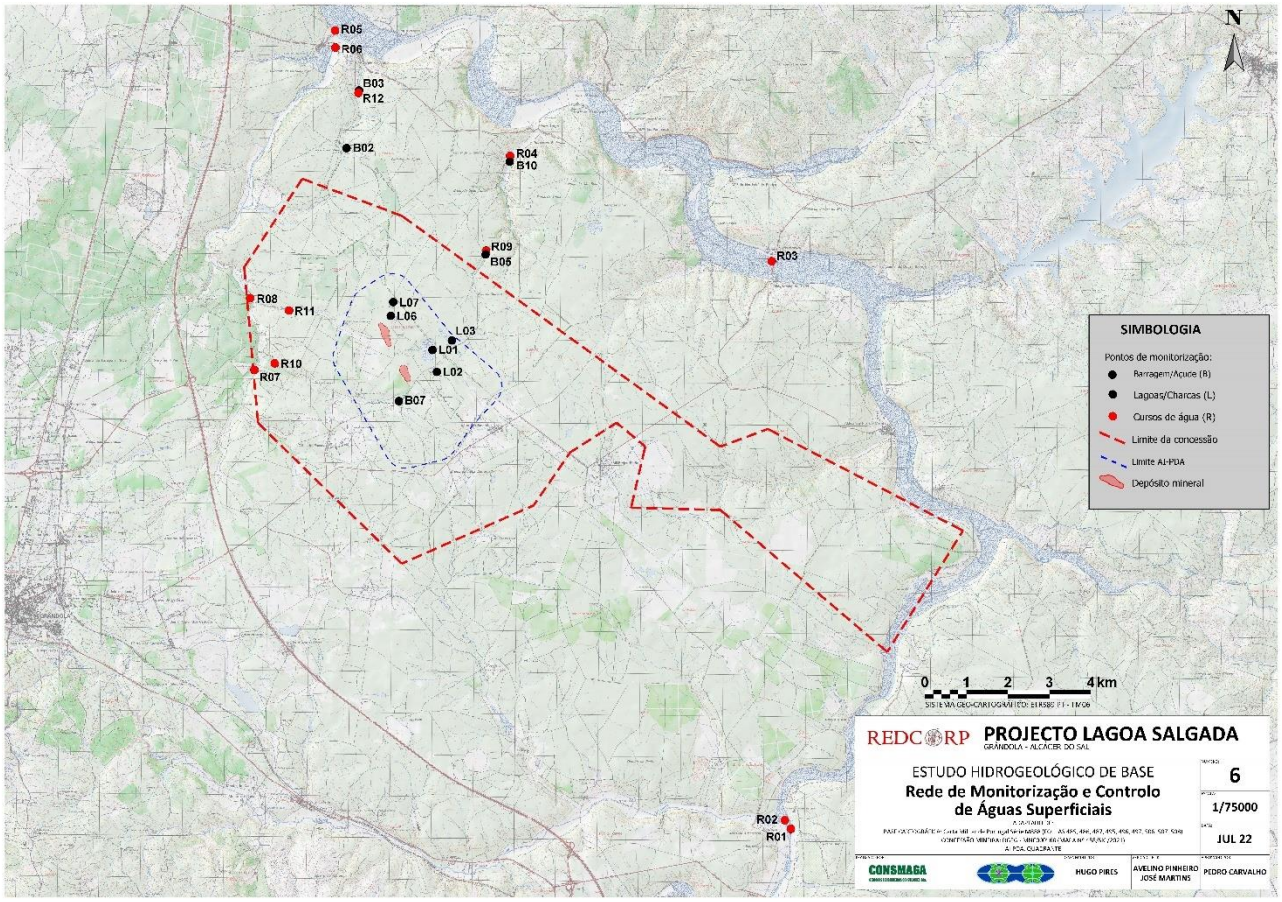


Fonte: Inventario CONSMAGA.

Desenho 5. Inventário de pontos de interesse para a rede de monitorização e controlo de águas superficiais e subterrâneas. (Desenho_5_Inventario.pdf)

8.1.1 Águas superficiais

No Desenho 6 mostra-se a rede de pontos selecionados com interesse para monitorização e controlo de águas superficiais para o BHS, que são parte de inventário global de pontos de água inventariado e elencado acima (Desenho 5), e que constituem a rede de monitorização e controlo de águas superficiais.



Fonte inventario: CONSMAGA.

Desenho 6. Rede de pontos de interesse para a monitorização e controlo de águas superficiais. (Desenho_6_AgSuperficial.pdf)

Do total de 108 pontos inventariados, 12 pontos correspondem a cursos de água; 16 a lagoas e charcos, embora se reconheça que estas estão atualmente secas, e cerca de 80 barragens e/ou açudes, impossíveis de serem visitados, pela necessidade de fazer caber em tempo útil a amostragem de campo e número de amostras em abril, selecionando-se em regra uma localização tipo que represente o carater de apreciação mais global, mas também mais próximo da AI-PDA.

Assim, apenas cerca de 24 pontos correspondem à rede de Monitorização, como é mostrado no Desenho 6, sendo que uma parte significativa de pontos não foram incluídos nas duas campanhas de monitorização de abril e julho de 2022, desde logo as lagoas L1, L2, L3, L6 e L7 por se encontrarem secas, bem como o ponto R11, introduzido na campanha de julho, que também estava seco, embora aqui se pense na situação especial de seca e no efeito de desvio de verão de águas para os arrozais e/ou rega, que possa ter influenciado (rebaixado) as águas que afluíam a este ponto no barranco da Junceira. Há uma estação de bombagem recente instalada junto da confluência deste barranco com a ribeira do Arcão, no terraço da margem direita desta, que parece, também poder estar associada a esta alteração sazonal.

De notar que a rede de monitorização ora apresentada, pode ter ajustamentos futuros, no plano de vigilância, monitorização e controlo aplicável, que se venha a implementar, em sede de projeto mineiro.

Os itens abaixo correspondem a Águas Superficiais.

8.1.1.1 Cursos de água R01 a R12 (pontos selecionados)

Referem-se a pontos selecionados nos principais cursos de água envolventes do projeto, sendo:

- **3 pontos no rio Sado**, a montantes da confluência da ribeira de Grândola (ponto R01), na ponte da estrada nacional nº 543, Grândola -Évora (ponto R03), e a jusante da área de estudo (ponto R05);
- **1 ponto na ribeira de Grândola**, antes da confluência no rio Sado (ponto R02);
- **3 pontos na ribeira do Arcão**, sendo 1 antes da confluência no rio Sado (ponto R06) e 2 pontos no troço a montante, abaixo (ponto R08) e acima (ponto R07) da confluência dos barrancos da Junceira e das Terras Cavadas, por se tratar das 2 sub-bacias a oeste, diretamente relacionadas com a área do Projeto;
- **2 pontos no barranco da Junceira** (ponto R11) e no **barranco da Terras Cavadas** (ponto R10), respetivamente;
- **2 pontos no barranco do Vale dos Açudes** (pontos R04 e R09), por se tratar de uma linha de água a E afluente do rio Sado, mais potencialmente relacionada, neste setor, com o Projeto;
- **1 ponto no barranco do Vale Ceisseiro** (ponto R12), drenante para N da área do Projeto.

8.1.1.2 Lagoas/Charcas L01 a L16

- Estão identificadas um mínimo de 16 lagoas temporárias que, em alguns casos, têm toponímia própria como a Lagoa Salgada, a E do jazigo Venda Nova Sul. Trata-se de um conjunto de represamentos naturais que constitui lagoas, lagunas e outros terrenos encharcados com nascedios, nas imediações das terras de brejos e águas derramadas, que dão nome a alguns núcleos territoriais e populacionais referenciados. Podem ter sido melhoradas pela mão do homem e assim represadas.
- A existência de algumas charcas pode aproveitar a presença de águas peliculares a emergentes, em nascedios ou junto a eles, por vezes intervencionados para reservatórios de águas para beberamento de animais e/ou fins agrícolas, como é o caso particular da "Lagoa" Comprida, a Este da Lagoa Salgada que tem expressão cartográfica.
- Sistematicamente, observa-se que na base das lagoas as águas assentam sobre afloramentos do topo da Formação de Ulme do Plio-Plistocénico, que se destacam em janelas no seio das manchas recentes de areias eólicas aflorantes do Holocénico, quando aquela se apresenta especialmente argilosa, cinzento-esverdeado a escura, e quando se nota a presença de matéria anegrada de origem orgânica que se mistura nas argilas de base "encharcadas", a fazer a cama para esse represamento das águas peliculares a superficiais, muito dependentes da regularidade dos ciclos hidrológicos anuais.

8.1.1.3 Barragens/Açudes B01 a B80

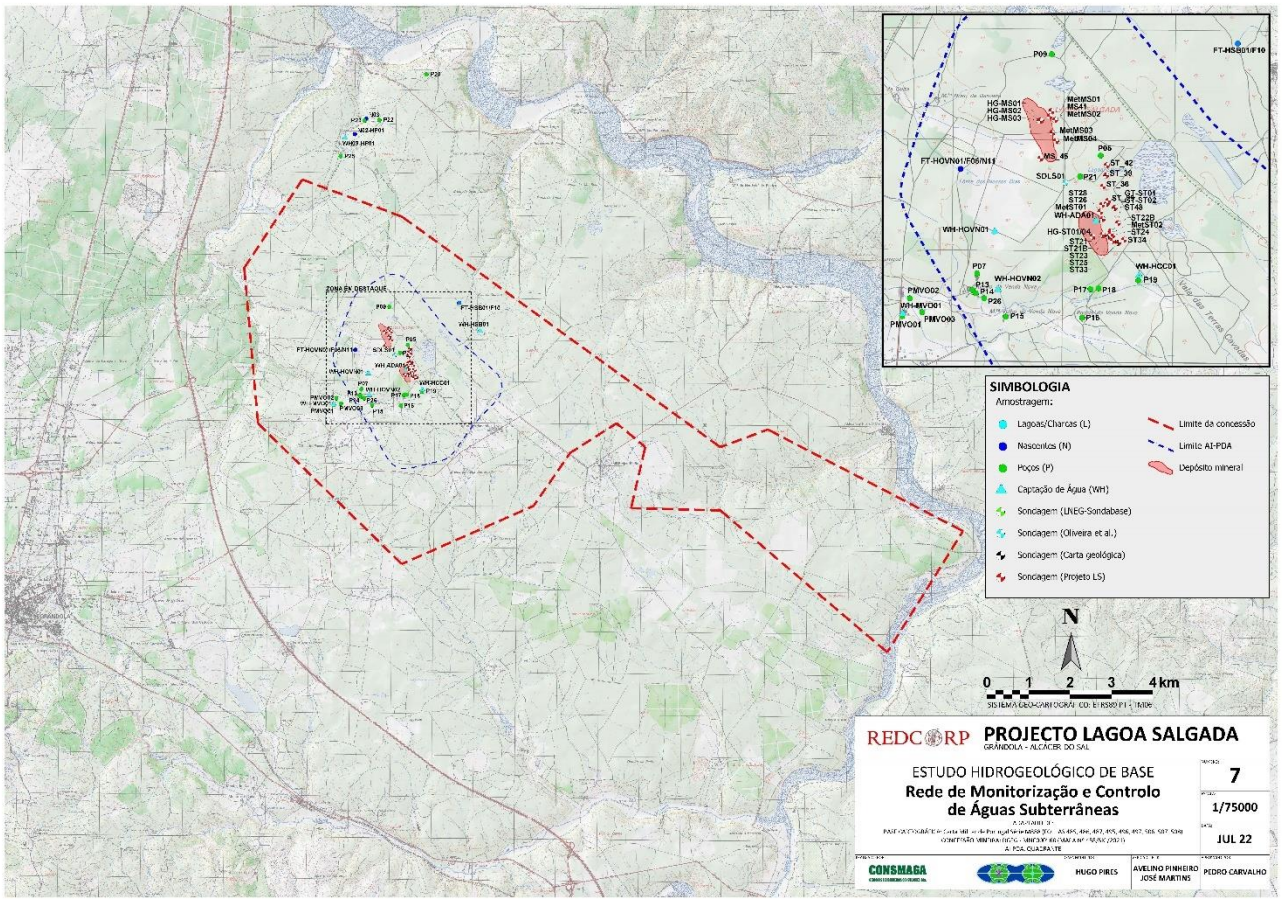
- 80 barragens e/ou açudes construídos ao longo das diferentes linhas de água, a aproveitar os encaixes dos vales formados, particularmente incisiva abaixo das curvas de cota aproximada 68 m a 73 m a.n.m.
- Insere-se neste conjunto uma série de pequenos açudes, com represamento de água, em algumas linhas de água, que se associa a pontos de água permanente ou estacional, com afluxos de descarga de proveniência aquífera, maioritariamente para a base do Plio-Plistocénico nos respetivos leitos, mas também de outros aquíferos do Miocénico emergentes, relacionados ou não com nascentes e, barragens construídas em terra, de pequena dimensão (nenhuma das barragens identificada, mostra altura ao coroamento

superior a 15 m ou armazenamento superior a 1 Mm^3 (1 hm^3), à volta da cota de referência 70 m a.n.m, onde as linhas de talvegue começam a ser mais pronunciadas.

8.1.2 Águas subterrâneas

Por sua vez, no Desenho 7, mostra-se a rede de pontos de interesse de águas subterrâneas para o estudo hidrogeológico, que são parte do inventário acima elencado, respeitante aos pontos que constituem a rede de monitorização e controlo de águas subterrâneas.

Assim, entre o total de 104 pontos inventariados (Desenho 5), selecionou-se uma parte de cerca de 61 pontos que constituem a rede de monitorização (Desenho 7).



Fonte: Inventario: CONSMAGA.

Desenho 7. Rede de pontos de interesse para monitorização de águas subterrâneas.
(Desenho_7_Rede_Subterranea.pdf)

8.1.2.1 Nascentes (N)

O conjunto de 12 nascentes (N01 a N12) identificado nas cartas geológicas, nem todas têm equivalência nas cartas militares (excetua-se a nascente N01 - Água do Bezerro), embora coincidentemente aí se evidenciem alguns locais cuja toponímia é semelhante (ex: Água Branca, que na carta geológica é a N02 e na carta militar é a fonte ou Chafariz F05).

8.1.2.2 Fontes/Chafariz (FT)

O conjunto de 22 fontes e/ou chafarizes (FT01 a FT22) identificados nas cartas militares, praticamente não têm concordância com as nascentes identificadas nas cartas geológicas.

8.1.2.3 Poços (P)

Foram selecionados 18 poços privados (P01 a P18), todos na área foco do Projeto ou imediatamente à volta dele. Não se efetuou um levantamento exaustivo pois, são inúmeros, principalmente no setor suroeste nos arredores de Grândola. Ao este estam localizados nos núcleos populacionais mais significativos, como Cadoços, Água Derramada, Cilhas do Pascoal, etc.

Também foi 1 selecionado um poço público (P17-ADA01), da AgdA – Empresa Pública Águas do Alentejo. Este poço deixou de ser explorado, sendo substituído pelo furo de captação WH-ADA01, localizado à vertical do depósito Venda Nova Sul.

8.1.2.4 Furos de pesquisa e captação de águas subterrâneas, privados. WH

Foram identificados um total de 15 furos de prospeção, pesquisa e captação de águas subterrânea, sendo 9 furos de captação (WH01 a WH09), identificados como tal, a partir das cartas 1:25.000, onde estavam referenciados. São referidos mais uma série de 6 furos de captação com designação específica da propriedade onde se localizam, como por exemplo os furos WH-HOVN01 e WH-HOVN02 na Herdade do Outeiro da Venda Nova, o furo WH-MVO01 no Monte de Vale de Ossos, o furo WH-HSB01 na Herdade de S. Bento, um furo de pesquisa não aproveitado WH-HP01 na Herdade de Porches, o furo WH-HCC01 na Herdade Carlos Caiado, a Sul de Venda Nova Sul, convertido para uso no estaleiro provisório da REDCORP na área do Projeto.

Salienta-se ainda a inventariação de mais 1 furo de captação pública, explorado pala AgdA, designadamente o furo WH-ADA01 que se situa à vertical do jazigo Venda Nova Sul.

8.1.2.5 Piezómetros de controlo

Inclui -se os piezómetros usados selecionados para a rede, para controlo de águas subterrâneas, que correspondem à adequação e reconversão de sondagens das campanhas de investigação geológica e minera pelo Projeto, observações da cartografia de base disponível, respetivamente, as cartas militares 1:25.000 e cartas geológicas 1:50.000, onde se registou o referente a piezómetros adotados. De referir que o Desenho 5 acima, do Inventário de pontos de água, não integrava esta informação de sondagens geológicas e mineiras, dada a natural concentração de pontos nos dois jazigos, que não facilitaria a observação no mapa.

Estas sondagens do Projeto, convertidas em piezómetros, num total de 26 pontos de água, são distribuídas pela designação singular correspondente, sendo LS sondagens antigas pelo IGM/LNEG, todas as restantes sondagens são recentes pela REDCORP, sendo que a sigla MS corresponde ao jazigo Venda Nova Norte e ST ao jazigo Venda Nova Sul.

- 11 Sondagens de investigação geológica (sondagens longas, no sistema profundo mineiro).
  - 1 Sondagem vertical LS01. Vertical;
  - 1 Sondagem MS41;
  - 9 Sondagens ST21, ST21b, ST22b, ST23, ST25, ST26, ST28, ST33, ST48.
- 6 Sondagens de investigação mineralúrgica/metalúrgica.
  - Sondagens Venda Nova Norte: Met-MS01, Met-MS02, Met-MS03, Met-MS04;
  - Sondagens Venda Nova sul: Met-ST01, Met-ST02.
- 2 Sondagens geotécnicas (piezómetros no sistema Plio-Plistocénico).
  - Sondagens GT-ST01, GT-ST02. Verticais.

- 3 sondagens de investigação hidrogeológica. Verticais.
  - Piezómetros de profundidade variável no Plio-Plistocénico, Miocénico e contato Paleogénico/Paleozoico. HG-MS01, HG-MS02, HG-MS03.
- 4 sondagens de investigação hidrogeológica. Verticais.
  - Piezómetros de profundidade variável no Plio-Plistocénico, Miocénico e contato Paleogénico/Paleozoico). HG-ST01, HG-ST02, HG-ST03, HG-ST04.

Convém salientar que estes pontos de água subterrânea, parecem adequados a uma malha de controlo piezométrico e/ou a uma malha de monitorização físico-química, porém, só 15 pontos foram objeto de análise laboratorial multi-elementar, julgado com minimamente ajustado aos objetivos do corrente BHS. Por outro lado, em termos de controlo piezométrico, nota-se discrepância entre os pontos dos jazigos para Leste, quando comparado com a mesma situação a Oeste dos jazigos, onde não há praticamente pontos de sondagens convertíveis em piezómetros. Esta lacuna, naturalmente será sanada no futuro, com a evolução para novas fases do Projeto. O controlo piezométrico é fundamental para um PVCASS futuro, com adequado controlo da evolução dos níveis de águas subterrâneas durante a fase ativa do desenvolvimento mineiro e exploração.

Trata-se de uma rede de pontos inventariada, que necessitou validação de terreno, para estabelecimento da rede de pontos global, fichas individuais(Anexo_fichas_individuais.pdf) de caraterização, coordenadas ETRS89 (coordenadas_ETRS89_e_piezometria.xlsx), fotografias e medida de níveis assim como amostragem hidroquímica, determinações *in situ* e laboratoriais.

A validação no terreno deu início, após os primeiros contatos com proprietários, tendo-se efetuado a primeira amostragem trimestral no mês de abril e a segunda no mês de julho de 2022.

A realização da segunda campanha foi condicionada pelas restrições aos trabalhos de campo devido às altas temperaturas registadas nesta altura do ano, pelo que se prolongou até ao mês de julho.

8.2 Determinações físico-químicas realizadas *in situ*

No âmbito deste relatório foram realizadas duas campanhas de amostragem, nos meses de abril e julho de 2022, para recolha de amostras de águas e posterior elaboração de análises químicas em laboratório.

O planeamento da amostragem geral realizada fundamentou-se:

- Nos resultados do inventário dos pontos de interesse para o EH, que representasse a base para, entre eles, se constituir uma futura rede de monitorização e controlo, tanto para o atual EH, como para o EIA e controlos de continuidade sucedâneos, que com a evolução do Projeto, pudessem constituir-se como a rede de monitorização e controlo de águas superficiais e subterrâneas, de um PVCASS de Lagoa Salgada, em sede de conceção, construção e operação da atividade de mineração a mais longo prazo, até ao seu encerramento (obviamente incluindo as fases de decisão que se seguirem ao corrente DFS);
- Na geologia, hidrologia e hidrogeologia do contexto envolvido;
- Nas utilizações do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

Sempre que possível, foram considerados também pontos localizados fora das áreas API do Projeto, situados em setores não relacionados diretamente com o Projeto, de forma a permitir estabelecer um quadro de referência representativo das condições originais de fundo (referência de base, *"baseline*" ou "background, no sentido de contribuir para comparações futuras

8.3 Campanhas de amostragem e cuidados adotados na amostragem e no transporte

Foram recolhidas para análises químicas, em laboratório, o número de amostras indicado na Tabela 53, mais uma amostra de água de chuva para análise do conteúdo em trítio.

	Águas Superficiais		Águas Subterrâneas		Total	
Campanha	Abril/22	Julho/22	Abril/22	Julho/22	Abril/22	Julho/22
Inventário	105	+3	104	+0	209	212
Pontos com Ficha Individual		13		49		62
Rede de monitorização	21	+3	55	+6	76	85
Visitados	21	+5	48	+11	69	85
Parâmetros medidos *in situ*	10	13	20	29	31	42
Análise química em laboratório (ALS)	9	11	16	24	25	35
Secos	6	+1	1	+7	7	8
Não existem/destruídos/obstruídos	-	-		4	0	4

Tabela 53. Número de amostras recolhidas para análises laboratoriais.

Com ficha individual de ponto de monitorização há um total de 62 pontos (ver Anexo_fichas_individuais.pdf)

De notar que o número de pontos da rede de superfície é muito elevado, e constitui um objetivo de mais longo prazo, uma vez que era impossível efetuar a visita do número total inventariado.

De um modo geral, as amostras foram recolhidas seguindo o protocolo definido pelo laboratório, tendo em atenção os seguintes cuidados:

- Evitar a remoção de amostras à superfície, a fim de obter material mais representativo e menos sujeito às ações da atmosfera;
- Anotar data e hora de colheita;
- Anotar observações de campo (factos inusitados e relevantes ocorridos durante a recolha, técnicas de preservação e transporte das amostras, etc.).

DRAFT



Fotografia 5. Aspetos do trabalho de campo e da amostragem efetuada em abril de 2022.

8.4 Parâmetros físico-químicos de referência ("*baseline*") das águas superficiais e subterrâneas)

As amostras recolhidas foram analisadas, no Laboratório Internacional ***ALS***, laboratório certificado, para a determinação dos valores dos parâmetros físicos e químicos necessários para a caraterização hidrogeológica.

Tendo em vista uma boa caracterização e a otimização dos recursos económicos, foram selecionados os vários grupos de parâmetros físicos e químicos indicados no Quadro 3, de acordo com o meio físico, contexto litológico e mineralógico e os objetivos do estudo, que podem auxiliar na interpretação dos resultados obtidos.

DRAFT

Parâmetros físico-químicos determinados					
In situ	Em laboratório				
	Metais dissolvidos	Inorgânicos	Físico-químicos	Metais e cations	Datação
Temperatura pH Cond. elétrica Potencial Redox	Ferro total Ferro bivalente	TAC. Alcalinidade. pH 4,5 TA. Alcalinidade. pH 8,3 CO_2 agressivo Acidez. pH 4,5 Acidez. pH 8,3 Carbonatos (CO_3^{2-}) Cloreto Fluoreto Dióxido de carbono livre (CO_2) Hidrogenocarbonatos (HCO^{3-}) Nitrato(N) Nitratos Nitrito (N) Nitritos Fósforo (P_2O_5) Sulfato (SO_4^{2-}) Sólidos suspensos (105°C) Dióxido de carbono total (CO_2) Fósforo total (P) Fósforo total como (PO_4^{3-})	Cond. elétrica pH	Alumínio Antimónio Arsénio Bário Berílio Boro Cádmio Cálcio Chumbo Cobalto Cobre Crómio Ferro Ferro trivalente Fósforo Lítio Magnésio Manganês Mercúrio Molibdénio Níquel Potássio Prata Selénio Sódio Tálio Zinco	Trítio

Quadro 3. Parâmetros analisados durante as campanhas de amostragem.

DRAFT

9 FISICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS

9.1 Planeamento

Nos últimos anos, a geoquímica tem contribuído significativamente para uma melhor compreensão dos sistemas aquíferos subterrâneos. Neste sentido, estas técnicas ajudam a clarificar os mecanismos do fluxo de água e do transporte de iões, e a decifrar informações paleoambimentais valiosas, todas elas facilitam a interpretação das relações entre as águas superficiais e subterrâneas, o fluxo deste último, processos reativos, formação paleohidrológica, etc. (Glynn e Plummer, 2005), a fim de elaborar o modelo conceptual hidrológico-hidrogeológico e, com base nele, ser capaz de prever alterações que possam causar ações antrópicas no sistema hidrológico *sensu lato*.

Para atingir plenamente estas possibilidades, a seleção de pontos de amostragem deve ser otimizada, bem como a escolha de parâmetros físico-químicos de interesse.

Tudo isto requer um processo contínuo de melhoria, no qual o Projeto está a dar os primeiros passos, sendo natural que também nesta fase inicial, o BHS esteja racionalmente a progredir para esse ponto ótimo, que só em sede da decisão mineira tenha plena consecução.

No que diz respeito às análises físico-químicas que pudessem interessar efetivamente ao BHS, a experiência permitiu-nos selecionar os elementos mais esclarecedores para a investigação, embora, neste caso, o laboratório ALS, que fez as determinações, funcione por grupos de parâmetros, de modo que, o pedido de uma determinada análise, implica a realização de todos os outros parâmetros que estão incluídos no grupo respetivo.

Nestas condições, foi necessário ajustar o número de amostras a analisar sem ultrapassar o orçamento previsional, analisando-se então, à posteriori, a sua representatividade espacial, hidrológica, hidrogeológica e hidroquímica, à medida que também foi evoluindo o conhecimento de campo.

Assim, na segunda campanha de amostragem de julho, agora terminada, já se contemplou um maior número de amostras para envio ao Laboratório, passando de 25 pontos inicialmente amostrados em abril, para 35 pontos.

Quanto às determinações analíticas que devem centrar-se nos parâmetros físico-químicos de maior interesse, só em sede da extensão do Estudo Hidrogeológico do Projeto, se for o caso, para completar um ano hidrológico (amostragens de outubro de 2022 e janeiro de 2023), será ponderado. Salienta-se a amostragem para datação isotópica das águas que poderá ter lugar a qualquer momento, logo que ocorram eventos pluviais que assim o possibilite, para determinações com limites de deteção mais apertados.

Por último, nota-se que o estudo agora realizado permitirá reorientar a monitorização e o controlo físico-químico das águas, de modo que se possa alcançar o melhor conhecimento sobre a sua qualidade, no estado pré-mina.

9.2 Processos naturais e antrópicos com impacto na físico-química das águas

Antes de rever os valores obtidos, *in situ* e em laboratório, para os parâmetros físico-químicos considerados, dever-se-á dar relevância a alguns factos transcendentes, que ocorrem no ambiente hidrológico da bacia do Baixo Sado e na margem esquerda do rio Sado, onde se situa o Projeto.

É também conveniente esclarecer que o aquífero regional multicamada desse setor da bacia do Baixo Sado tem um pequeno número de bacias subterrâneas, sendo muito mais abundantes as de pouca profundidade (até cerca de 20 m), que correspondem, em geral, ao sistema aquífero cutâneo (acima da cota + 70 m a.n.m.).

Por esta razão, o conhecimento hidroquímico histórico é escasso, bem como é escassa a bibliografia de referência sobre esta tema.

No entanto, no âmbito do Projeto, foram realizadas várias sondagens específicas para o estudo hidrogeológico, além de outras sondagens de avaliação geológica e mineira realizadas no âmbito do Projeto que foram reconvertidas para uso na investigação hidrogeológica, a cujos dados se junta os que foram obtidos a partir de algumas captações de águas profundas, públicas e privadas, a que teve acesso

O Projeto contribui assim, de uma forma importante, para o melhor conhecimento hidrológico-hidrogeológico do setor em estudo.

Com estas bases de dados, assim constituídas, este capítulo constitui-se, sem dúvida, como um notório avanço para o conhecimento dos sistemas aquíferos subterrâneos, englobando principalmente nos sedimentos detríticos do Terciário e do Quaternário.

Esta investigação foi da responsabilidade da FRASA, com o apoio da CONSMAGA, especialmente no trabalho de campo.

Tendo em conta o que acima se refere, e antes de se prosseguir com o estudo físico-químico detalhado das águas, apresentam-se os principais processos, naturais e antrópicos, que condicionam a caracterização físico-química destas águas, para ajudar o leitor, mesmo não especialista, à sua melhor compreensão.

Estes processos são os seguintes:

Processo 1. A água de precipitação atmosférica (chuva, fundamentalmente), que é o principal contributo que as águas superficiais e as águas subterrâneas recebem, durante cada ciclo hidrológico, tem um conteúdo iónico muito baixo, mas é portador de um certo teor de CO_2, de origem atmosférica, que lhe confere acidez (pH inferior a 7). Este dióxido de carbono, de origem atmosférica, desempenha um papel importante na dissolução de solos e rochas, proporcionando a maior parte do teor iónico inicial da água (especialmente as águas subterrâneas).

Processo 2. As águas de precipitação infiltradas no subsolo, ao atravessarem a franja de evapotranspiração, também podem incorporar ácidos húmicos e fúlvicos (principalmente relacionados com a putrefação microbiana da matéria orgânica vegetal). Incorporam também CO_2 acumulado na franja edáfica (franja do solo, cujas concentrações podem ser muito superiores à atmosférica). Tudo isto contribui para o processo de dissolução de solos e rochas e, consequentemente, para a mineralização da água.

Processo 3. As águas subterrâneas, ao longo do seu percurso na franja não saturada e pela zona saturada, aumentam o seu conteúdo iónico, relacionado com o quimismo e a solubilidade dos materiais litológicos através dos quais circulam (com a intervenção de outros fatores, como temperatura, pressão, presença de oxigénio, solubilidade, tempo de permanência, reações induzidas, etc.).

Processo 4. A composição das águas, superficiais e subterrâneas, pode também ser modificada, do ponto de vista da sua composição química, por contribuições de origem antrópica, em resultado de atividades humanas poluentes: águas residuais urbanas, águas relacionadas com atividades agrícolas (fertilizantes, pesticidas), atividades pecuárias (estábulos pecuários, explorações agrícolas), atividades industriais (efluentes não devidamente tratados), atividade mineira (exploração de areia e cascalheiras), ...

Processo 5. A evapotranspiração (somatório ae evaporação atmosférica e da transpiração vegetal) aporta, por sua vez, um aumento do conteúdo iónico percentual das águas superficiais e cutâneas. Pode mesmo produzir-se o depósito de sais minerais correspondentes (uma vez atingido o índice de saturação), especialmente em águas baixas durante a estiagem, nos sectores endorreicos deprimidos com acumulação de água, como as lagoas (é o caso da Lagoa Salgada, a lagoa dos Milhos e outras lagoas temporárias, ou em charcas temporariamente inundáveis, criados pela exploração de areias e cascalheiras ou para uso agropecuário, especialmente beberamento de gado.

Processo 6. As águas subterrâneas mais profundas (sistemas aquíferos multicamada do Terciário), nos seus fluxos, geralmente "veem" o seu conteúdo iónico

aumentar, devido ao aumento da temperatura (gradiente geotérmico) ou, simplesmente, devido a um tempo de residência mais longo.

Processo 7. As águas subterrâneas, especialmente em trânsito através de materiais que contenham argila e matéria orgânica, podem alterar o quimismo, através da troca de iões (isto pode ser mais importante no trânsito de fluxos verticais do sistema eólico cutâneo quaternário para o sistema detrítico terciário.

Processo 8. No caso do Projeto, a presença de sulfuretos complexos (principalmente pirite), no Complexo Vulcano-Sedimentar Paleozoico, pode ter um impacto nos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas profundas. Isto ocorreu principalmente quando as mineralizações emergiram, ou enquanto se mantiveram na franja não saturada, e tenham sido submetidas a processos de formação de águas ácidas, muito reativas com os sulfuretos polimetálicos complexos (dando origem ao *gossan*).

Desses processos, podem resultar águas fósseis mineralizadas, e permanecer numa situação quase estática, devido ao fluxo de água subterrânea profunda ser muito baixo, nos depósitos minerais e vulcanitos mineralizados do Paleozoico subjacente.

Processo 9. Da mesma forma, e especialmente em materiais detríticos terciários marinhos, pode haver uma certa proporção de águas fósseis, relíquias de águas marinhas, especialmente nos sedimentos mais profundos (a salinidade aumenta com profundidade).

Processo 10. A existência de marés marítimas, bem manifestadas no rio Sado, implica um processo de mistura de água do rio e água do mar, com variações ao longo do dia, de acordo com as nascentes ou descidas das correntes fluviais; mesmo com uma certa "estratificação" salina nas águas livres do próprio leito (águas mais doces à superfície e mais salinas em profundidade.

Processo 11. Nos materiais aquíferos do Terciário, da bacia hidrográfica do Sado, é possível definir zonalidades:

a) uma área de recarga (aquífero ganhador), que integra a cabeceira da bacia e, na área do estudo, pelos sectores topograficamente mais elevados, acima da cota altimétrica + 70 m a.n.m.,

b) uma área de descarga (aquífero perdedor), que corresponde à zona inferior da bacia hidrográfica (abaixo da cota + 70 m a.n.m.), onde o sistema aquífero descarga, através de uma série de fontes e nascentes que, na sua maioria, podem ser subfluviais, ou ser encontrados nas linhas de água principais da área.

Processo 12. No sistema multicamada do terciário detrítico, e especificamente entre os sectores de recarga gravítica e os de descarga radial, é estabelecida uma ampla área de fluxo com componente principal subhorizontal.

Em todo o caso, a este modelo de fluxo regional temos de acrescentar outras localizações (especialmente na camada aquífera cutânea de areias eólicas, com pequenas áreas de recarga nos interflúvios e descargas nos talvegues dos barrancos, ribeiras e rio Sado).

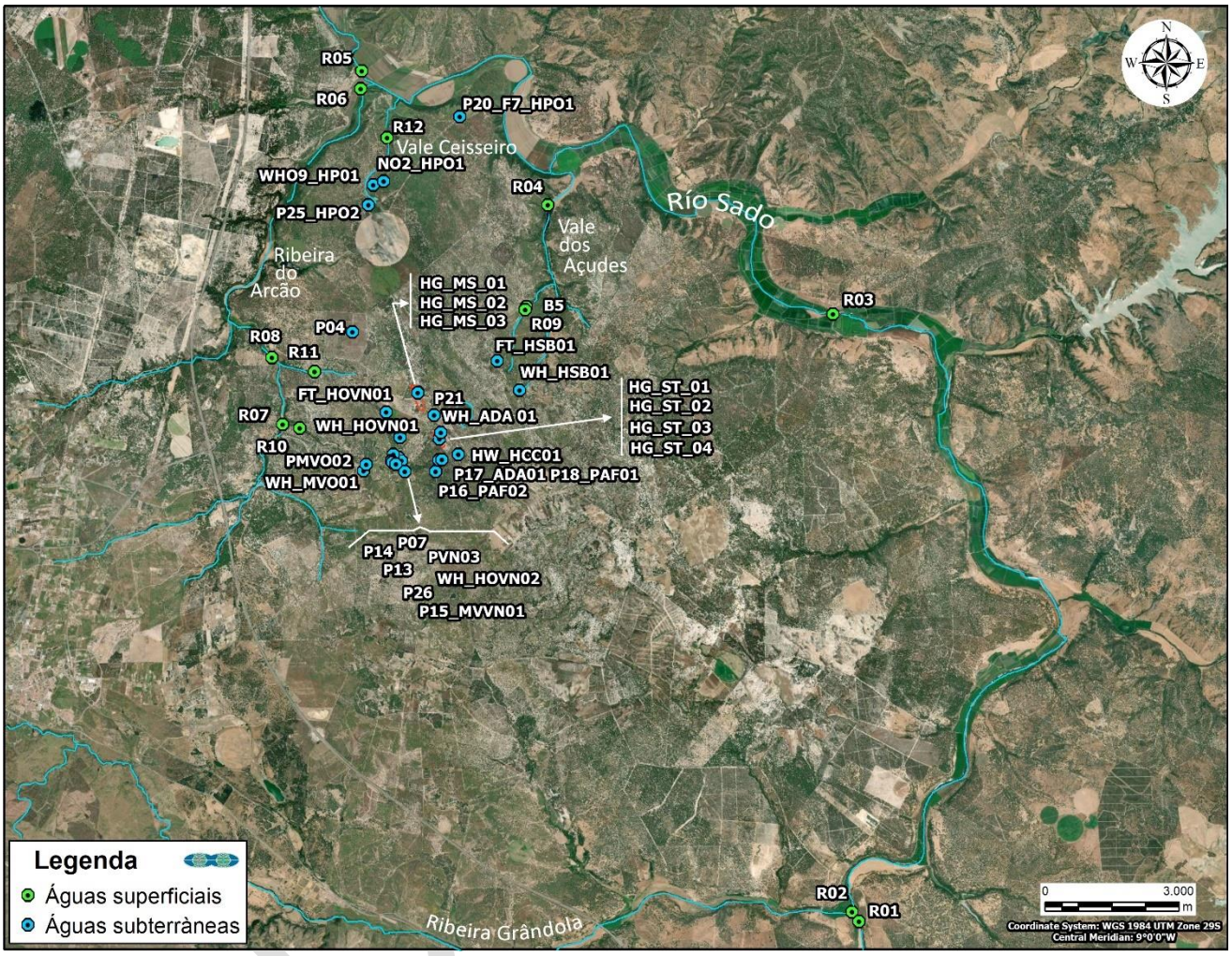
9.3 Determinações de parâmetros *in situ*

9.3.1 Pontos amostrados e dados registados

Na Figura 101 mostra-se a localização cartográfica de todos os pontos de água (superficiais e subterrâneas), selecionados para medições de parâmetros físico-químicos *in situ* nas campanhas de abril e julho de 2022. Há que indicar, no que diz respeito às águas das fontes e nascentes, que, dada a sua origem, as consideramos subterrâneas, ainda que a amostragem esteja integrada nas águas superficiais.

De salientar também que, durante a campanha de amostragem de abril, foram medidos parâmetros *in situ* em dois pontos onde não foi retirada nenhuma amostra para análise laboratorial. É o ponto B5, água de superfície de um açude (pequena barragem no Vale dos Açudes), e ponto FT-HBS01, água subterrânea surgente coletada numa fonte.

Neste contexto, as determinações efetuadas *in situ* incluem os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, temperatura e potencial redox, que foram registados com um equipamento portátil HANNA HI9811-5.



Elaboração: FRASA-CONSMAGA.

Figura 101. Localização de 42 pontos de água amostrados *in situ*.

Na Tabela 54. Amostragem de águas e parâmetros *in situ* determinados., ordenada de acordo com a data da primeira amostragem, são recolhidas as informações básicas de cada ponto analisado, juntamente com o nível das águas subterrâneas nos pontos onde foi medido, bem como os resultados das determinações *in situ* para cada parâmetro. Neste conjunto, destaca-se o valor mínimo registado (em azul) bem como o valor máximo registado (a vermelho) para cada parâmetro medido.

Os pontos de controlo das águas subterrâneas, selecionados para amostragem *in situ*, situam-se principalmente nas proximidades das mineralizações Venda Nova Norte e Venda Nova Sul

Por outro lado, note-se que a água amostrada nos poços selecionados correspondente à água pós-bombeamento efetuado nos mesmos, de modo que P18-HPVN01=P-AF01 a amostra tenha a melhor representatividade no que diz respeito à água do aquífero cutâneo.

Entre as observações registadas, durante a amostragem, em alguns furos mais profundos na Venda Nova Sul, regista-se o cheiro a ovos podres (ou seja, a presença de sulfureto de hidrogénio (H_2S) sob

a forma de gás), como o HG-ST03 (150 m) e HG-ST02 (82 m) onde o cheiro é intenso. Porém é menos intenso no furo HG-ST01 (40 m), e impercetível no menos profundo HG-ST04 (20 m).

DRAFT

Denominação	Coordenadas			Prof. Total (m)	Parâmetro *In situ*					
	X	Y	Z		Data	NH (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Temp (ºC)	Redox (mV)
HG-ST04	-28624	-159960	88,2	22,0	06/04/2022	13,1	7,2	762	19,4	**281,4**
					04/07/2022	12,7	6,4	416	22,7	79,7
HG-ST03	-28626	-159959	88,0	150,0	06/04/2022	12,5	9,4	720	19,3	-142,3
					28/07/2022	12,7	8,1	512	22,5	233,6
HG-ST02	-28622	-159956	88,3	82,0	06/04/2022	14,1	9,1	362	19,8	**-234,0**
					04/07/2022	13,6	9,5	330	25,3	-202,4
HG-ST01	-28619	-159955	88,3	42,0	06/04/2022	12,8	6,3	485	19,3	180,6
					04/07/2022	13,3	6,2	451	24,3	233,1
WH-HCC01	-28198	-160303	88,7	116,0	07/04/2022	16,0	7,5	854	19,3	236,2
					05/07/2022	15,8	7,6	340	19,7	181,3
HG-MS01	-29086	-158905	85,9	22,0	07/04/2022	7,7	7,2	472	19,3	206,5
					05/07/2022	7,4	6,8	181	19,9	176,7
HG-MS02	-29096	-158909	86,3	89,0	07/04/2022	11,3	7,9	1.146	19,1	121,0
					05/07/2022	12,3	8,1	378	20,3	132,8
HG-MS03	-29100	-158911	86,4	157,0	07/04/2022	10,3	7,9	1.260	20,9	130,4
					05/07/2022	12,1	7,9	1.063	20,8	-101,3
WH-MVO01	-30336	-160647	70,2	110,0	07/04/2022		8,7	521	20,4	164,4
					06/07/2022		8,2	366	23,2	156,2
P-MVO02	-30271	-160510	65,3	4,0	07/04/2022	4,2	7,1	565	**15,2**	183,0
					06/07/2022		7,1	758	23,9	166,6
P-VN03 / P15	-29407	-160677	74,0	6,0	07/04/2022		7,1	552	16,5	130,7
					06/07/2022		7,0	378	19,1	5,5
P-AF01 / P18	-28566	-160420	84,9	3,3	07/04/2022	1,7	6,8	563	18,5	175,7
					06/07/2022		6,8	271	21,8	254,6
R02	-19458	-170670	11,0	0	11/04/2022		7,5	585	16,1	206,2
					06/07/2022		7,1	984	27,2	66,7
R01	-19312	-170879	12,9	-	11/04/2022		7,7	1.058	17,1	261,1
					06/07/2022		7,0	1.117	23,6	-11,8
P21	-28733	-159412	89,2	3,5	11/04/2022	2,8	7,2	462	15,8	223,5
					05/07/2022		6,9	**124**	22,6	175,7
WH-HOVN02	-29475	-160433	79,6	146,0	11/04/2022		6,3	896	18,2	155,0
					26/07/2022		6,3	138	21,0	268,2
WH-HOVN01	-29504	-159907	81,0	80,0	11/04/2022	7,8	6,1	1.422	18,0	180,8
					26/07/2022		6,0	187	20,7	143,7
FT-HOVN01	-29813	-159341	78,0	0,0	11/04/2022		**5,3**	609	16,0	235,7
					26/07/2022		6,2	323	20,9	269,5
WH-HSB01	-26809	-158878	86,6	80,0	12/04/2022	8,1	7,0	1.067	16,8	252,6
					28/07/2022		7,3	268	25,1	176,3
B5	549171	4234042	67,0	-	12/04/2022		6,8	1.300	16,4	201,0
FT-HSB01	-26809	-158878	86,7	-	12/04/2022	0,6	5,7	567	16,0	226,6
					28/07/2022		5,9	135	23,5	223,0
R09	-26668	-157019	66,0	-	12/04/2022	8,1	6,9	429	15,3	116,3
					28/07/2022		6,8	381	23,1	170,2
R04	-26081	-154693	19,5	-	12/04/2022		9,4	1.192	19,7	122,4
					28/07/2022		**9,8**	455	25,5	116,0
R08	-32350	-158113	21,0	-	12/04/2022		7,6	548	19,1	200,7
					06/07/2022		7,4	437	22,3	140,2
R07	-32246	-159842	33,6		12/04/2022		7,6	601	19,4	170,5
					06/07/2022		7,4	427	21,8	164,9
R05	-30299	-151675	6,0		19/04/2022		7,6	2.077	22,3	199,4
					27/07/2022		7,7	**6.612**	**30,9**	180,4
R06	-30295	-152086	4,0		19/04/2022		7,7	1.064	16,3	183,6
					27/07/2022		7,3	2628	23,0	163,3
R03	-19774	-157225	5,5		19/04/2022		7,7	1.006	20,4	185,7
					27/07/2022		7,3	1.119	27,0	182,9
P17-ADA01	-28640	-160428	84,1	9,5	05/07/2022		5,8	212	27,6	146,0
WH-ADA-01	-28591	-159811	90,4	100,0	05/07/2022		6,7	414	27,8	57,9
P16 / PAF02	-28714	-160685	84,1	3,0	06/07/2022		6,9	343	20,9	229,1
R12	-29738	-153178	32,1	-	07/07/2022		7,2	197	23,2	110,2
F7-HP01	-28100	-152710	67,5	1,1	07/07/2022		6,8	460	22,2	185,2
N02-HP01	-29823	-154147	53,70	0,0	07/07/2022		7,3	142	28,8	134,8
P04	-30556	-157530	74,1	-	07/07/2022		6,6	188	22,8	-22,1
P25 -HP02	-30168	-154684	57,14	4,65	07/07/2022		6,5	402	26,4	185,4
P26	-29601	-160510	77,4	3,9	26/07/2022		6,4	221	23,1	213,7

DRAFT

Denominação	Coordenadas			Prof. Total (m)	Parâmetro *In situ*					
	X	Y	Z		Data	NH (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Temp (ºC)	Redox (mV)
P07	-29664	-160287	79,4	4,4	26/07/2022		5,7	196	22,8	255,4
P13	-29708	-160436	79,4	3,9	26/07/2022		7,1	525	23,4	155,8
P14	-29676	-160467	77,6	4,0	26/07/2022		6,8	346	22,7	72,0
R10	-31758	-159681	36,4	-	26/07/2022		7,5	327	29,1	206,8
WH09-HP01	-30056	-154227	58,1	≥100	27/07/2022		7,6	694	21,9	161,8

*Origem dos dados: Arquivo PONTOS_AMOSTRAGEM_Redcorp Notas características dos pontos XLS.
NH: Profundidades do nível da água.
Todos os furos amostrados são verticais.

Tabela 54. Amostragem de águas e parâmetros *in situ* determinados.

***Nota**: Na tabela acima, bem como nas figuras respetivas, onde se ilustra o ponto P04, deve ser lido como ponto P22, com as coordenadas X = -29.235,65, Y = - 153806,05 e Z = 64,85 m a.n.m. A localização efetiva pode ser observada no* Desenho 5, Desenho 6 *e no* Desenho 7.

Os registos de parâmetros *in situ* mostrados são efetivamente os do ponto P22. O poço P04 não existe, como confirmado no terreno. Pode ter sido destruído.

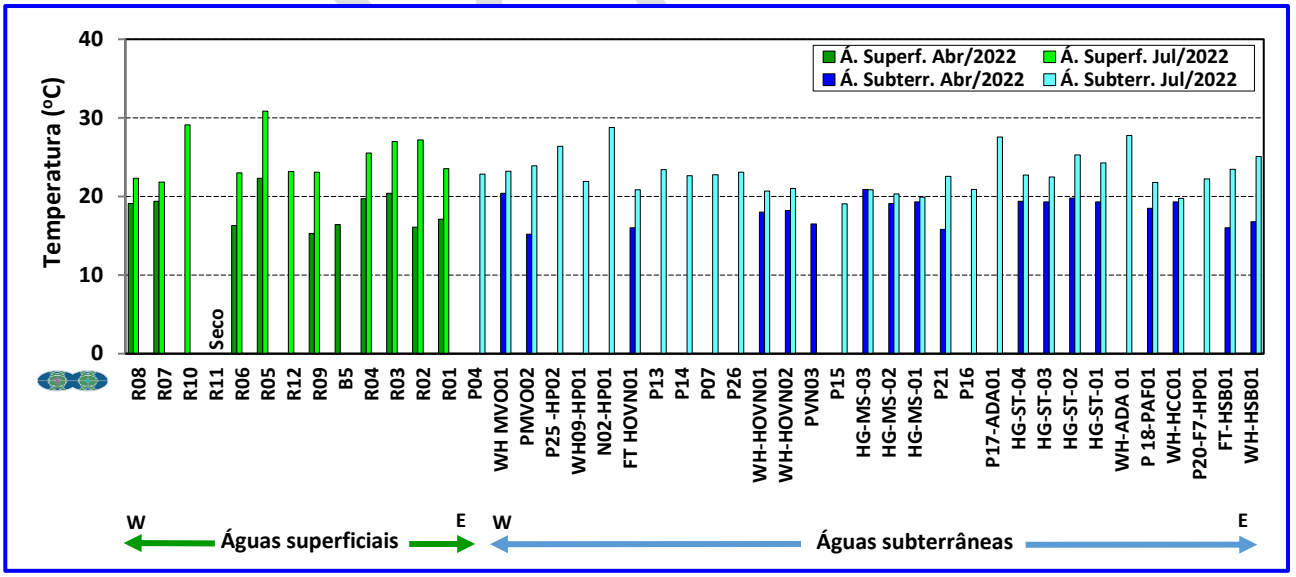
O subcapítulo abaixo é destinado à descrição de cada parâmetro medido *in situ.*

9.3.2 Temperatura das águas

Na Figura 102 mostra-se em gráfico os resultados das determinações de temperatura nos pontos de águas superficiais e de águas subterrâneas. Foram ordenados os pontos tendo em conta a sua relativa posição espacial de sudoeste para sudeste.

9.3.2.1 Águas superficiais

A temperatura das águas superficiais tem uma relação muito direta com a temperatura atmosférica, a radiação solar, estagnada ou com baixo fluxo de escorrência, sendo altamente variável à escala diária e à escala sazonal.



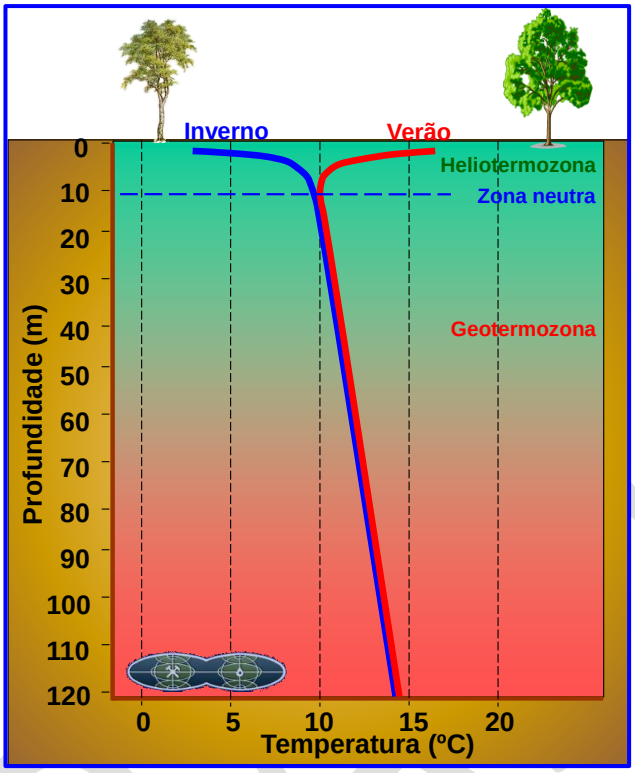
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 102. Temperatura *in situ*.

9.3.2.2 Águas subterrâneas

A temperatura das águas subterrâneas é uma função da zona térmica da litosfera (Figura 103), que inclui uma franja superior (heliotermozona), condicionada por variações diárias ou sazonais (a superfície da Terra recebe do Sol, sob a forma de calor 2 1017 Joules/segundo). Esta faixa estende-se até

à zona neutra, com uma temperatura bastante constante ao longo do ano (que em Portugal normalmente oscila entre 7 e 15 ºC), e que é uma função de latitude, altitude, orientação, clima, vegetação, declive, ...). A uma maior profundidade encontra-se a zona geotérmica, onde se prevê um aumento gradual da temperatura com profundidade (em condições médias de 2 a 4 ºC por 100 m de profundidade).



Fonte: FRASA, 2012.

Figura 103. Zonalidade térmica da litosfera.

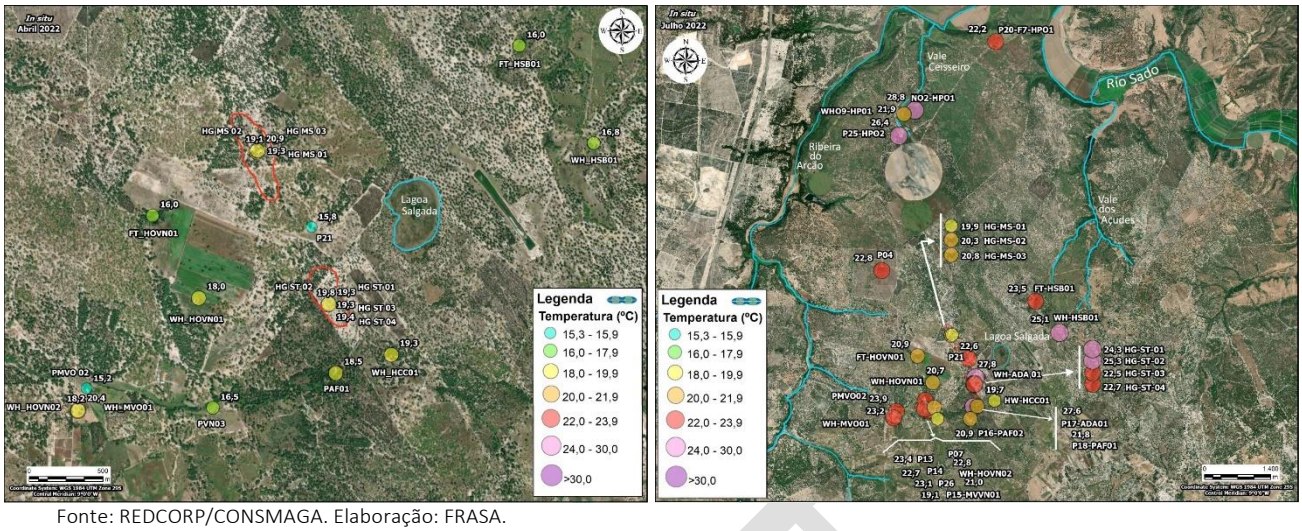
A Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 104 mostram os valores de temperatura medidos *in situ* nos pontos de água subterrânea em abril e julho de 2022 respetivamente.

De acordo com a Tabela 54 e a Figura 102, o valor de temperatura mais baixo registado na monitorização de águas subterrâneas foi no ponto PMVO02 com 15,2 ºC (poço de 4,95 m de profundidade) na campanha de abril e no P15 com 19,1 ºC em julho. A temperatura mais alta foi registada na água do ponto HG-MS03 (sondagem de 157 m de profundidade), com 20,9 ºC em abril e 20,8 ºC em julho. No ponto N02-HP01 com 28,8 ºC, medido à superfície junto à surgência e escoamento para o pequeno açude jusante que coleta estas águas, também se registou a mais alta temperatura de nascente à superfície.

Entre estas duas profundidades (4,95 e 157 m) em abril, haveria assim um gradiente aproximado de 3,8ºC por 100 m, o que podemos considerar normal, sem necessidade de invocar qualquer tipo de geotermalismo na área.

Por outro lado, em julho, mostra-se diferenças nos valores obtidos que podem refletir o período excecional de seca e com valores extremos de temperatura ambiente, que se viveu em 2022, pelo que será necessário ter séries mais longas de registo, no futuro, para se afinar o gradiente geotérmico nesta área do Projeto.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

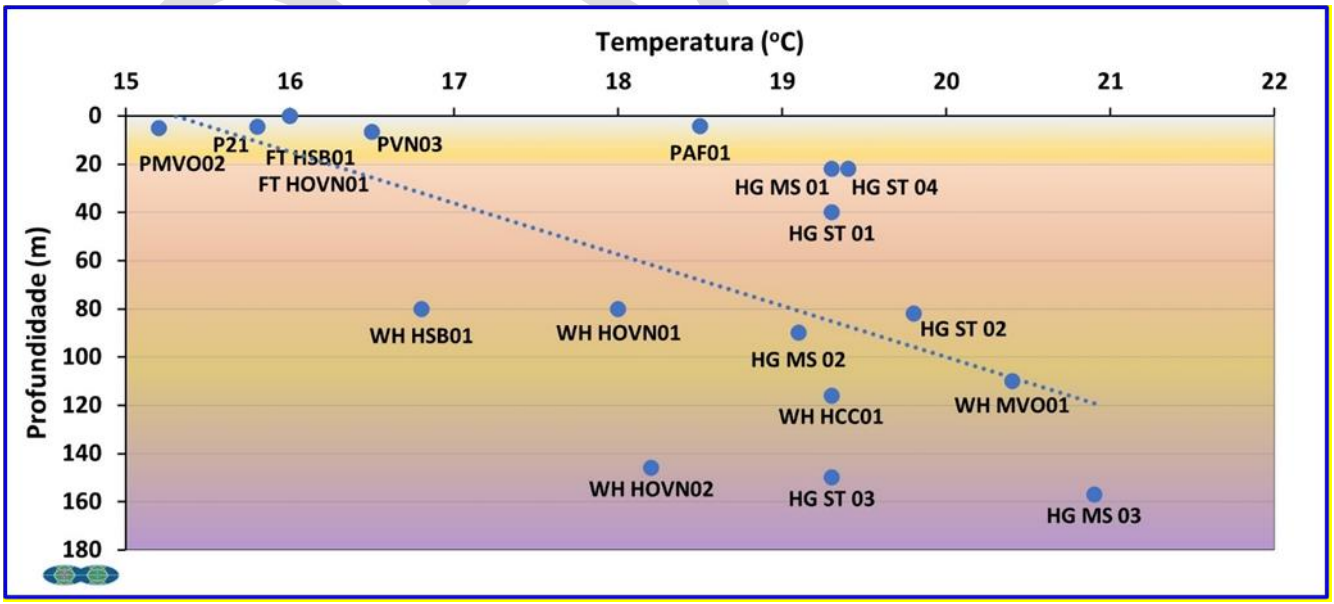
Figura 104. Temperatura da água registada *in situ*, para as águas subterrâneas amostradas (abril e julho de 2022).

Assim, somente aplicável aos registos de abril de 2022, na Figura 105. Correlação entre a temperatura da água e a profundidade de amostragem *in situ* para as águas subterrâneas (abril de 2022)., mostra-se a relação entre a temperatura e a profundidade do ponto de amostragem. Nas amostras não cutâneas, registam-se temperaturas entre 16,8ºC (ponto W-HSB01) e 20,4ºC (ponto WH-MVO01), com uma grande dispersão de valores, o que mostra que não se pode ainda falar de uma verdadeira zona térmica na vertical.

A reta de correlação mostra um aumento da temperatura com profundidade, mas com um coeficiente de correlação extremado (R^2 = 0,4198), com uma grande dispersão dos valores registados.

Isto poderia responder à existência de fluxos naturais preferenciais em determinadas camadas estratigráficas, ou a movimentos de água causados pelo bombeamento em alguns furos de abastecimento, mas também poderia refletir diferentes gradientes nos sectores da Venda Nova Norte e Venda Nova Sul.

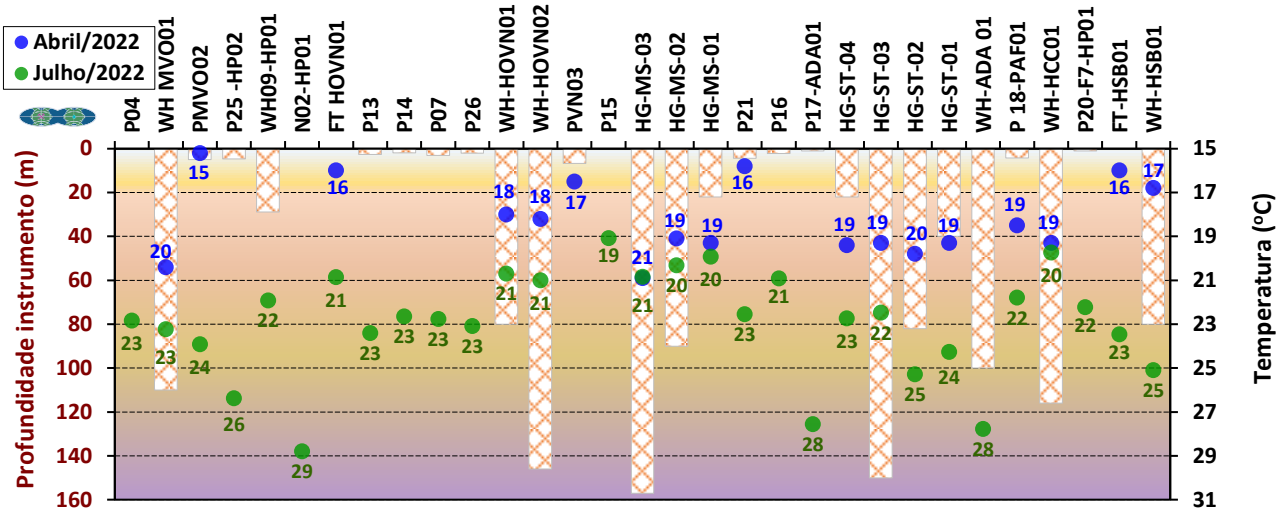
Como referido acima só com séries mais longas de registo, se poderá afinar estes coeficientes de correlação e o gradiente geotérmico da área do Projeto.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 105. Correlação entre a temperatura da água e a profundidade de amostragem *in situ* para as águas subterrâneas (abril de 2022).

Por outro lado, na Figura 106. Profundidade e temperatura da água de amostragem *in situ* para as águas subterrâneas., com as ressalvas de juízo de valor acima mencionadas, faz-se a comparativa das duas campanhas de abril e julho, onde se ilustra as diferenças encontradas, ponto a ponto.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 106. Profundidade e temperatura da água de amostragem *in situ* para as águas subterrâneas.

A diferença térmica entre as duas campanhas é acentuada em muitos dos instrumentos (entre 3 e 9 °C), exceto nas sondagens HG-MS 01 a 03 e no furo de captação WH-HCC01.

9.3.3 Condutividade elétrica

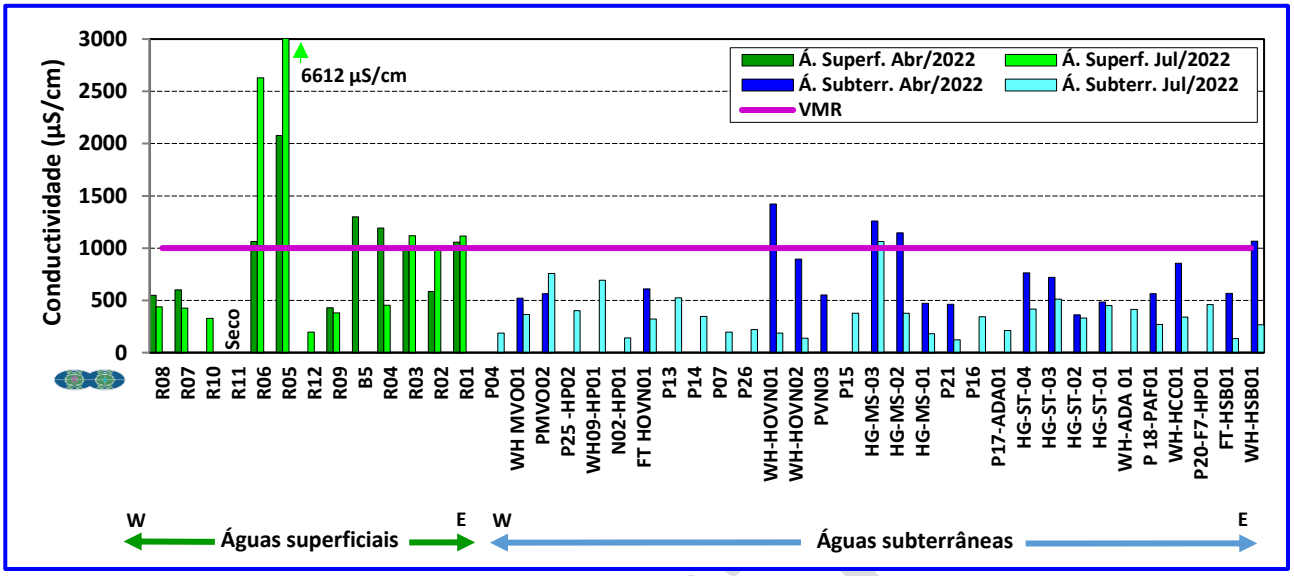
A condutividade elétrica de uma água expressa a sua capacidade de deixar passar a corrente elétrica. É uma função de iões dissolvidos, da sua mobilidade, da carga ou valência e concentrações, bem como da temperatura. Os valores de condutividade, medidos *in situ*, com instrumentos portáteis, podem fornecer um bom guia para a seleção de pontos de amostragem.

A unidade de medida é em micro-Siemens por centímetro (µS/cm), embora mili-Siemens por centímetro (mS/m) também seja utilizado, como é o caso dos valores fornecidas pelo laboratório, que foram convertidos para µS/cm para homogeneização e trabalhar com as mesmas unidades.

Juntamente com a condutividade, também se pode referir a dureza da água, o que reflete a concentração de compostos minerais de catiões polivalentes que estão numa água (principalmente divalente e especificamente os compostos alcalino-terrosos). Os sais de magnésio e cálcio são as principais causas da dureza da água, e o grau de dureza é diretamente proporcional à concentração de sais destes metais alcalinos. É normalmente expressa como uma quantidade equivalente de carbonato de cálcio, embora não signifique que seja a quantidade desse sal encontrado na água (anexo: Condutividade dureza agua.pdf).

Na Figura 107. Valores de Condutividade das águas registados *in situ*. representa-se graficamente os valores de condutividade das águas, medidos *in situ* nas campanhas de amostragem.

DRAFT



VMR: valor máximo recomendado
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 107. Valores de Condutividade das águas registados *in situ*.

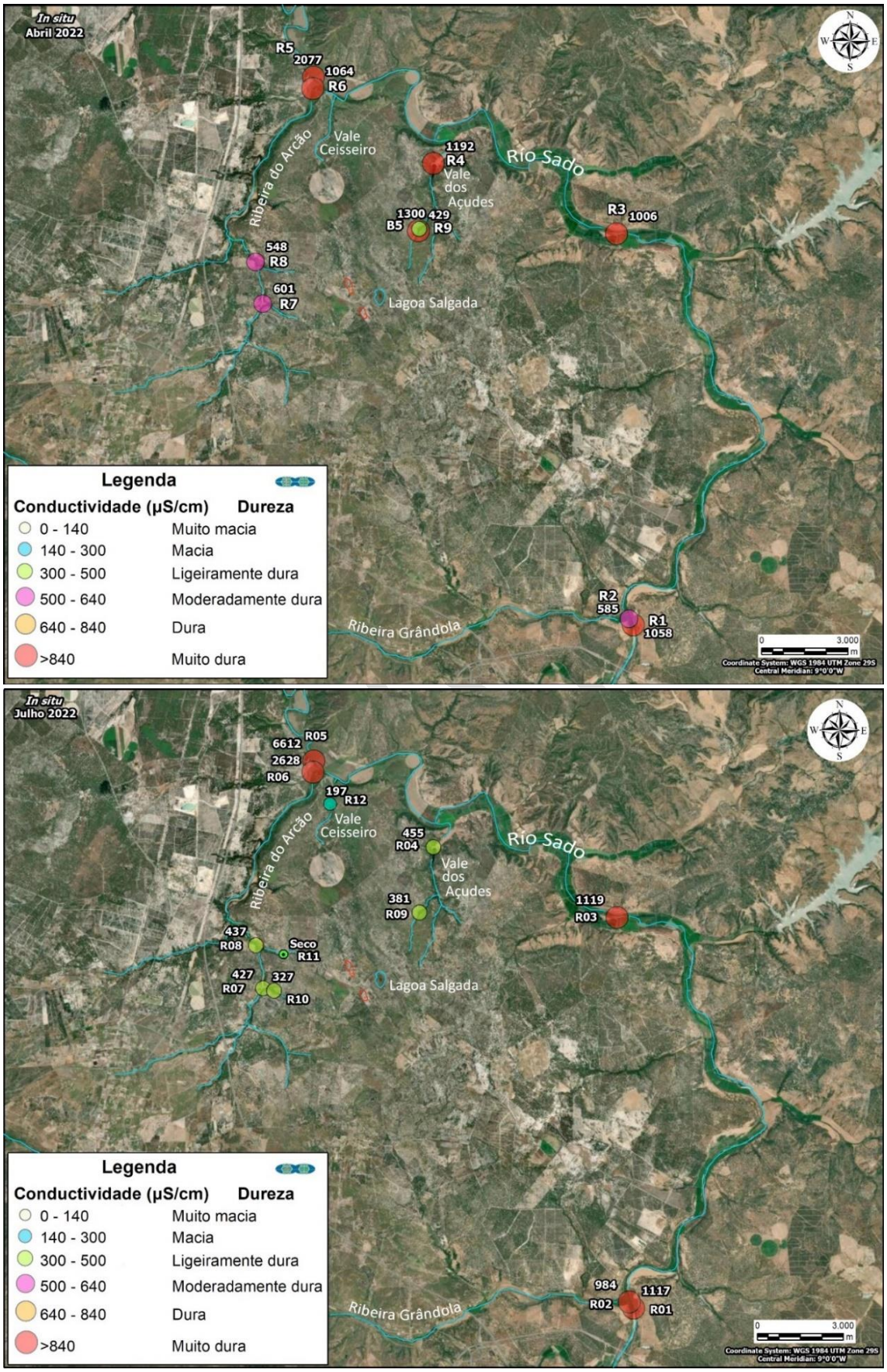
9.3.3.1 Águas superficiais

Na Figura 108. Condutividade elétrica *in situ* e dureza da água nas águas superficiais (abril e julho de 2022). e mostra-se os pontos de amostragem das águas superficiais, com os valores da condutividade elétrica em abril e julho de 2022. Como está geralmente relacionada com a dureza da água, na legenda incluíram-se as equivalências nos diferentes graus de dureza.

Em abril e julho de 2022 todos os pontos do rio Sado têm condutividade superior a 840 µS/cm, por isso é que são águas muito duras. O valor mais baixo corresponde ao ponto a montante (R01), com uma condutividade de 1.058 e 1.179 µS/cm, que aumenta a jusante, até atingir o valor mais elevado no ponto mais baixo (R05), com 2.077 e 6.612 µS/cm. Este ponto que é o mais próximo da sua foz no oceano e esta salinidade final é uma consequência da influência da água salina marinha, que ascende ao rio Sado, como efeito dos avanços e recuos da maré. Isto é confirmado pela concentração de cloretos determinados em laboratório para este ponto, que atingem o valor de 263 e 2.280 mg/L.

Na ribeira de Grândola (a Sul) o ponto de controlo R02 passa de uma condutividade de 585 µS/cm em abril (moderadamente dura) a 984 µS/cm en julho (muito dura).

No Barranco do Vale dos Açudes a condutividade diminui de abril para julho, onde se encontra águas com condutividade de 429 e 381 µS/cm (ponto R09) ligeiramente duras, a águas com condutividade de 1.192 e 455 µS/cm, no ponto R04, perto da confluência desta linha de água com o rio Sado. Esta última água pode vir da descarga de fluxos subterrâneos do sistema intermédio dos aquíferos multicamada Miocénicos. Nesta linha de água existe, a montante, uma barragem ou açude (ponto B5), com condutividade de 1.300 mS/cm em abril, muito dura, que pode ser devido a um processo de enriquecimento em sais por evaporação, ou à contribuição da água do sistema aquífero Plio-Plistocénico e Holocénico, mais alto.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 108. Condutividade elétrica *in situ* e dureza da água nas águas superficiais (abril e julho de 2022).

Na ribeira do Arcão (a Oeste) as águas têm um menor valor de condutividade a montante (pontos R07 e R08), com condutividade de 601 e 548, respetivamente, que desce em julho até 427 e 437 µS/cm), correspondentes a águas moderadamente duras em abril e ligeiramente duras em julho, provenientes das areias eólicas, dos sistemas aquíferos cutâneos Plio-Plistocénicos e Holocénicos. A salinidade aumenta a jusante, atingindo no ponto R06 condutividades de 1.064 e 2.628 µS/cm, em abril e julho, muito dura, possivelmente por descarga de águas subterrâneas do sistema de aquíferos intermédios Miocénicos, que aqui descarregam entre as cotas 70 m a.n.m e a cota 10 m a.n.m ao longo do leito da ribeira, fundamentalmente constituído pelas litologias da Vale do Guizo, sem ser excluída alguma influência salina das marés, cujo efeito se faz sentir muito próximo a jusante, na sua confluência com o rio Sado. Em particular em julho, salienta-se que a toma de amostra foi efetuada cerca de10 metros a jusante do ponto de abril, por ter pouco caudal fluente e ser mais fácil a coleta no novo local onde se estava a fazer captação de água numa pequena represa provisória com sacos de areia a fazer de barreira no leito, para desvio para os arrozais, sendo que esta prática deve ser muito comum e ancestral nesta época das sementeiras de arroz.

9.3.3.2 Águas subterrâneas

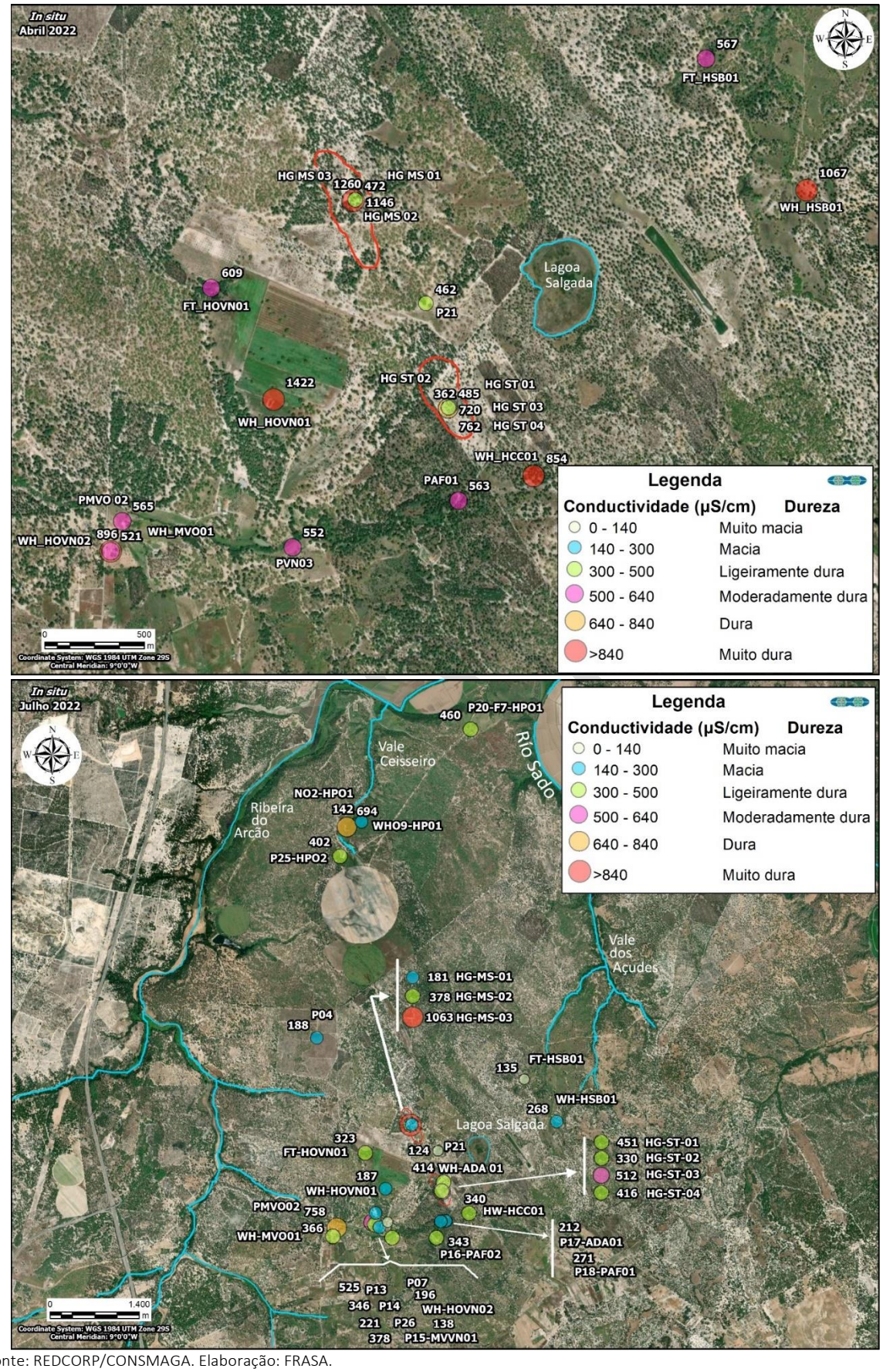
A Figura 109. Valores de condutividade elétrica e dureza da água (águas subterrâneas), determinados *in situ* (abril e julho de 2022). mostra os valores de condutividade elétrica determinados *in situ* para os pontos de água subterrânea em abril e julho de 2022, juntamente com a dureza da água (na legenda e na simbologia).

As fontes FT-HSB01 e FT-HOVN01, em abril de 2022 têm condutividades de 567 e 609 µS/cm, respetivamente, correspondendo a águas moderadamente duras, diminuindo em julho de 2022 para 135 e 323 µS/cm, identificadas como macias e ligeiramente duras. Podemos relacionar essas condutividades com as areias eólicas, dos sistemas cutâneos Plio-Plistocénicos e Holocénicos, com relativamente pouco tempo de residência.

Para o controlo de águas subterrâneas dos furos, há grandes diferenças entre as campanhas de abril e julho, como por exemplo o furo WH-HOVN01 que passa de 1.422 para 187 µS/cm. o que significa uma variabilidade e "não estratificação" nas águas subterrâneas do sistema aquífero intermédio multicamada, do Miocénico.

O furo profundo no depósito mineral Venda Nova Norte (HG-MS03, de 157 m) apresenta condutividade de 1.260 e 1.063 µS/cm, em abril e julho, respetivamente, e o furo profundo no depósito Venda Nova Sul (HG-ST03, de 150 m), as condutividades medidas foram de 720 e 512 µS/cm, respetivamente, mais baixas no jazigo Sul do que no jazigo Norte. Isto pode dever-se a uma diferença na composição mineralógica de ambos os depósitos minerais (mais sulfuretos maciços no Norte), e/ou uma diferenciação do modo como se apresentam (tipo sulfuretos maciços a Norte e *Stockwork* no Sul), e/ou uma diferenciação nos paleo-processos de hidrolisação a que ambas as mineralizações foram submetidas, quando foram emersas.

DRAFT

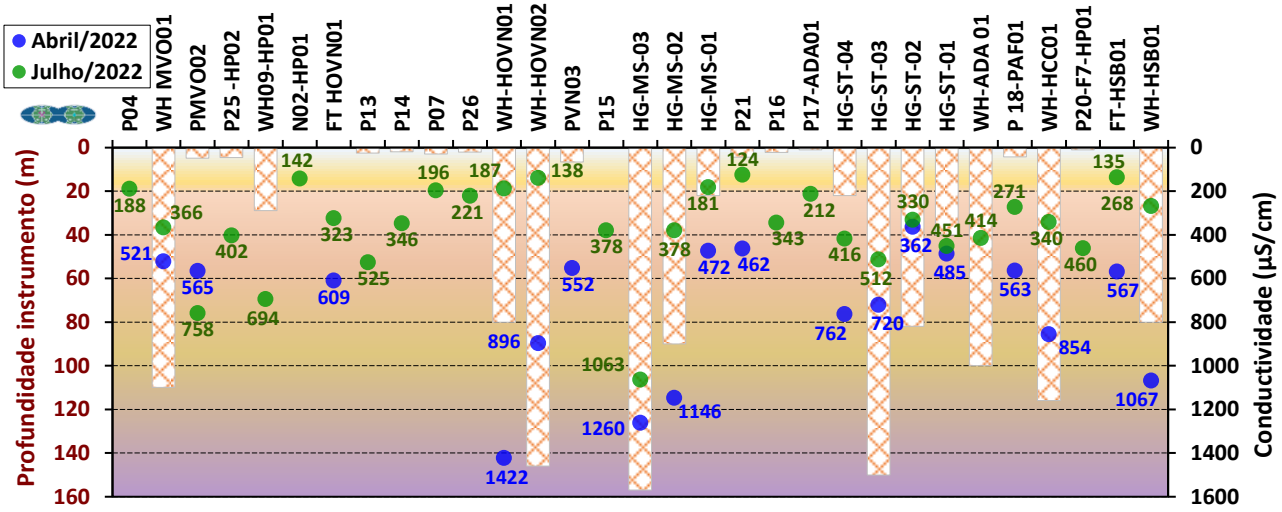


Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 109. Valores de condutividade elétrica e dureza da água (águas subterrâneas), determinados *in situ* (abril e julho de 2022).

Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 110, representa-se graficamente a condutividade versus profundidade. Globalmente, parece que águas mais profundas ter maior condutividade. Este aumento da condutividade com profundidade pode dever-se à existência de fluxos verticais descendentes, o que indica que estamos numa área de recarga, ou à existência de uma relíquia de águas fósseis em profundidade.

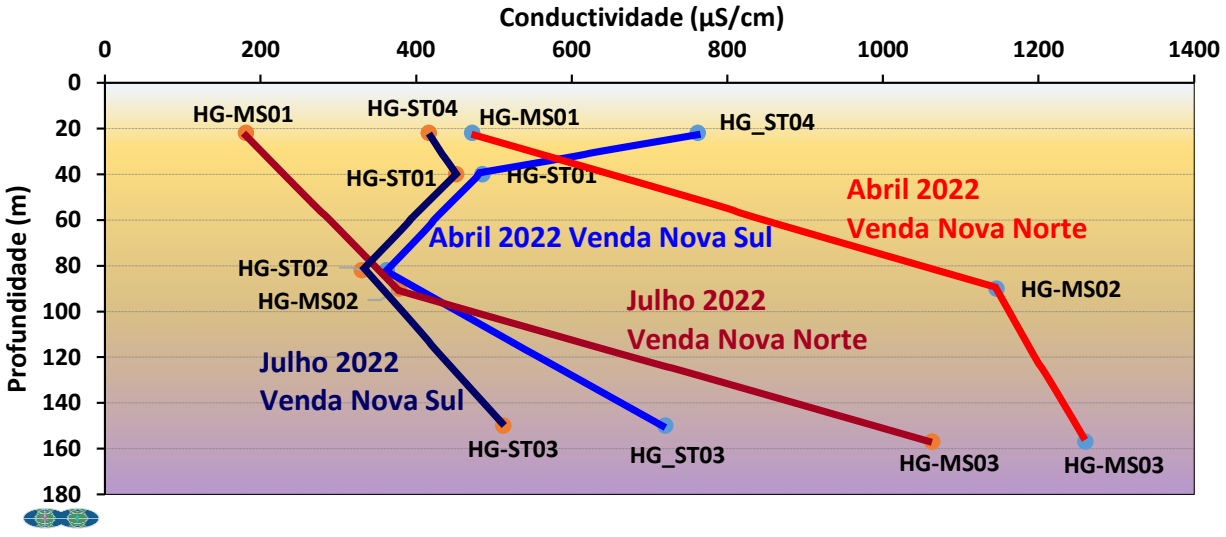


Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 110. Profundidade e condutividade, para as águas subterrâneas analisadas *in situ*.

Com exceção do P-MVO02, a condutividade medida *in situ* é mais baixa em julho do que em abril. Além disso, ao investigar o que acontece, na vertical de cada um dos depósitos minerais (Venda Nova Norte e Venda Nova Sul), no que diz respeito à condutividade (Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 111) é evidente uma desigualdade notória. Não há uma explicação lógica, e seria necessário conhecer o contributo das litologias da série detrítica da bacia Cenozoica do Sado, e da natureza litológica-estrutural de ambos os depósitos. Tudo isto sem esquecer as modificações que foram produzidas, ao longo dos anos, nos fluxos de água induzidos pelas extrações de água, neste sistema de aquíferos porosos multicamada.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 111. Condutividade das águas subterrâneas, registada *in situ*, à vertical dos dois jazigos minerais (abril e julho 2022).

9.3.4 pH

O pH é uma medida da acidez ou alcalinidade de uma água, através da concentração de iões [H_3O+ (ou iões de hidrogénio [H^+]) presentes na água.

Como representado na Figura 112 o pH de uma solução aquosa pode normalmente variar entre 0 e 14 (embora também possam ser maiores que 14), sendo soluções ácidas com pH inferior a 7, e alcalinas com pH superior a 7. pH 7 corresponde à neutralidade.

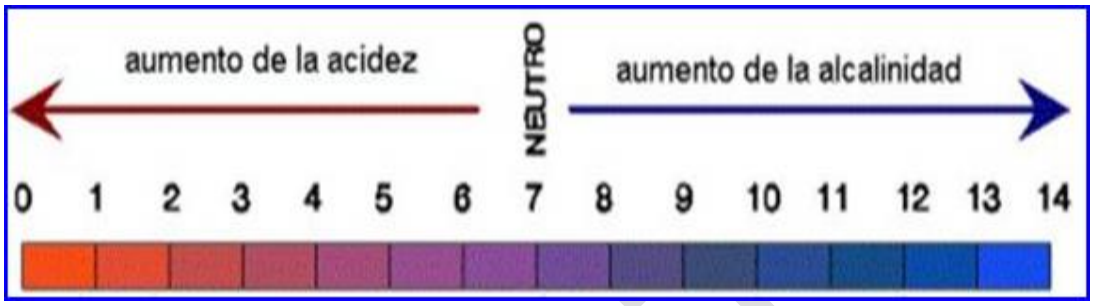


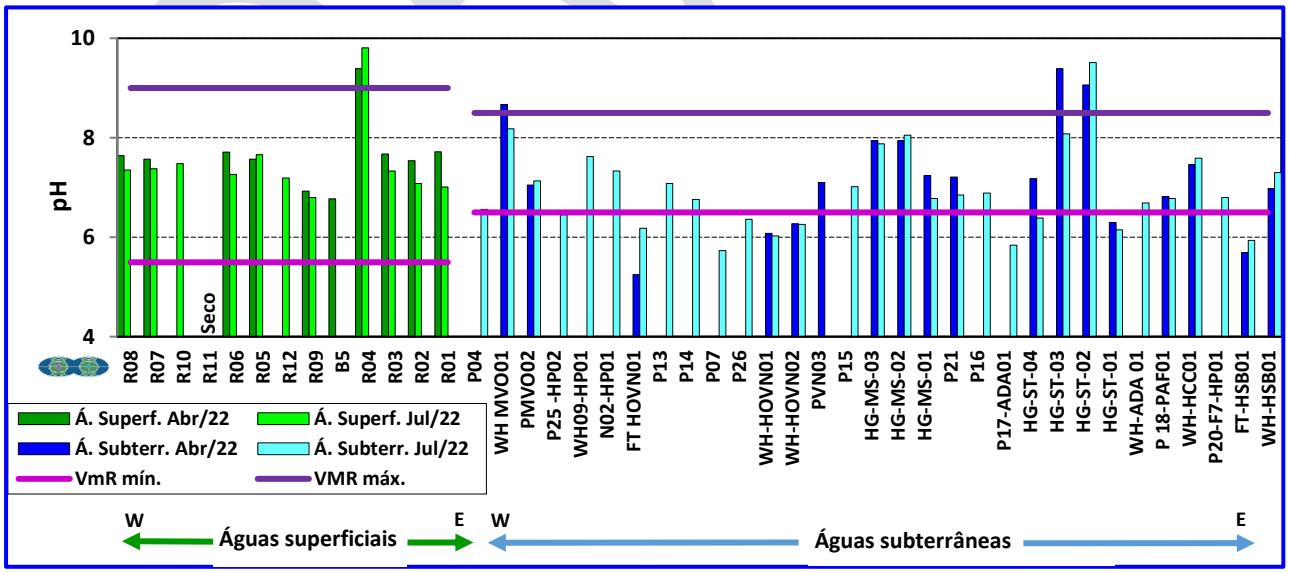
Figura 112. Classificação normal dos valores de pH.

Note-se que o pH, no caso de uma medição *in situ*, não é referido a uma temperatura *standard* da água, mas é formado à temperatura da água no local, pelo que pode diferir da determinação efetuada em laboratório (quando é medida a uma temperatura fixa padrão (em geral de 25^{o}C). Por outro lado, no transporte da amostra de água, para o laboratório, podem ocorrer modificações químicas na água que podem fazer variar o pH (especialmente pela perda de CO_2 dissolvido, o que aumenta o valor do pH).

Por outro lado, a medição deste parâmetro no campo, com instrumentos portáteis, pode levar a alguns erros, uma vez que, para além da variação indicada com a temperatura, é de esperar que o tempo de estabilização da medição possa ser bastante longo, e é difícil compensar os erros de calibração instrumentais

Uma vez feitas estas observações na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 113, mostra-se graficamente os resultados obtidos para as determinações de pH *in situ*, no total de pontos amostrados (águas superficiais e águas subterrâneas). Os pontos de água foram ordenados, neste gráfico, tendo em conta a sua relativa posição espacial, de Sudoeste para Nordeste.



VMR máx.: valor máximo recomendado. VmR mín.: valor mínimo recomendado.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 113. Medidas de pH *in situ,* para o conjunto das águas amostradas

Na mesma figura inclui-se os limites de qualidade estabelecidos no ***Decreto Lei 236/98, no anexo I (Qualidade das Águas Subterrâneas para Consumo Humano)***, que correspondem a um intervalo

recomendado entre 6,5 e 8,5; e no anexo 3, para *as águas doces superficiais*, com um intervalo recomendado entre 5,5 e 9,0.

Em geral, os valores do pH medidos nas águas superficiais permanecem dentro das gamas recomendadas, exceto no ponto R04, onde são claramente alcalinos em ambas as campanhas.

Para as águas subterrâneas a variabilidade é maior, com algumas amostras bastante ácidas especialmente as fontes e outras alcalinas principalmente nos furos profundos da Venda Nova Sul.

9.3.4.1 Águas superficiais

A Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 114 mostra a localização espacial dos pontos de amostragem, indicando, juntamente com o nome de cada um, os valores de pH determinados *in situ* em abril e julho de 2022.

O valor máximo recomendado (VmR máximo) é ultrapassado no ponto R04 em abril e julho (pH: 9.4 e 9,8), localizado no tramo inferior do barranco do Vale dos Açudes, a jusante do par de pontos R09 e B5 (água do leito do barranco e águas de um açude/barragem) que têm pH na fronteira com a neutralidade (6,9 e 6,8 no R09 e 6,8 no B5). De notar que B5 acolhe águas dos nascedios na cabeceira do açude, a uma cota altimétrica que justifica a descarga do sistema cutâneo do Plio-Plistocénico.

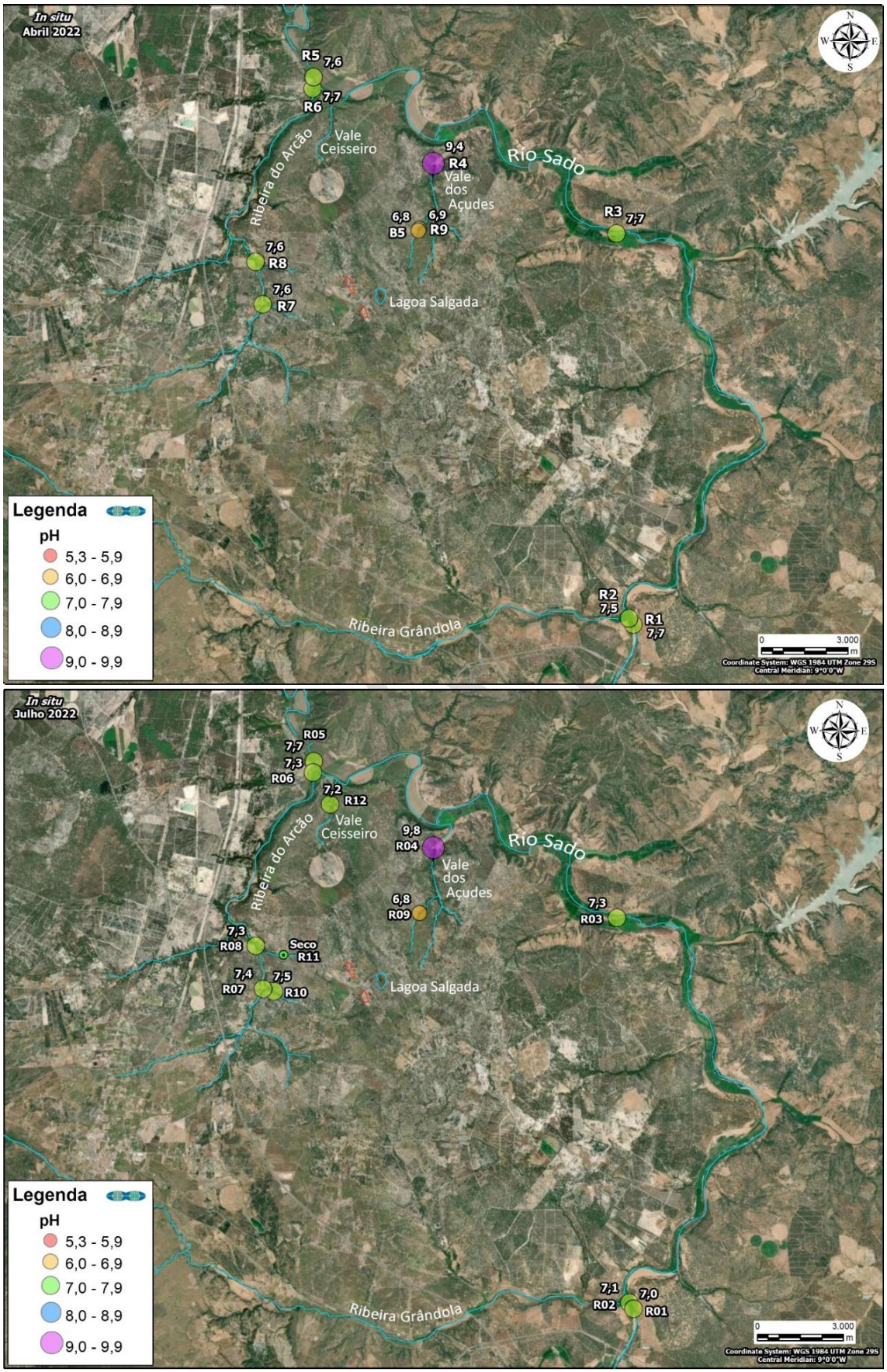
Esta anomalia do ponto R04 (em relação ao ponto R09, localizado a uma distância muito curta a montante), manifesta-se com outros parâmetros, que se analisará mais tarde, como os hidrocarbonatos determinados em laboratório, que são menores no ponto R09 (a montante) que no ponto R04 (a jusante). A diferença pode dever-se aos pontos de cota mais alta correspondentes às águas superficiais (acima da cota 70 m a.n.m.) e à drenagem do sistema aquíferos cutâneos, enquanto os que estão no ponto inferior corresponderiam às águas drenadas dos sistemas aquíferos intermédios terciários mais profundos até cerca da cota 20m a.n.m. No seguimento desta fase do Estudo hidrogeológico, esta é uma situação a investigar em pormenor, designadamente a cartografia geológica de detalhe, no tramo do barranco do Vale dos Açudes entre ambos os pontos, na segunda campanha de amostragem, para tentar encontrar a razão para esta mudança repentina de pH.

As águas do ponto inferior (R04), corresponderiam a águas profundas altamente alcalinas, como as detetadas em sondagens profundas na massa Venda Nova Sul, HG-ST03 (9,4 e 8,1) e HG-ST02 (9,1 e 9,5). As justificações acima são as mais coerentes, dado que as observações de campo indicam que entre as cotas 70 m a.n.m e10 m a.n.m do ponto R04, cabem as sequência estratigráficas completas, como estabelecido na área dos dois depósitos minerais do projeto e há varias escorrências indo ao encontro da ideia de que esta diferença "anómala" é transcendente para o estabelecimento do modelo hidrológico conceptual, peça-chave na abordagem à drenagem subterrânea das massas minerais e ao seu ambiente imediato.

Nenhum dos valores de pH medidos em águas superficiais é inferior ao VmR mínimo recomendado pela legislação portuguesa (pH: 5,5).

No que diz respeito aos restantes pontos de águas superficiais, pertencentes ao rio Sado, à ribeira de Grândola e à ribeira do Arcão, apresentaram pH entre 7,5 e 7,7, o que se pode considerar absolutamente normal para uma água superficial.

DRAFT

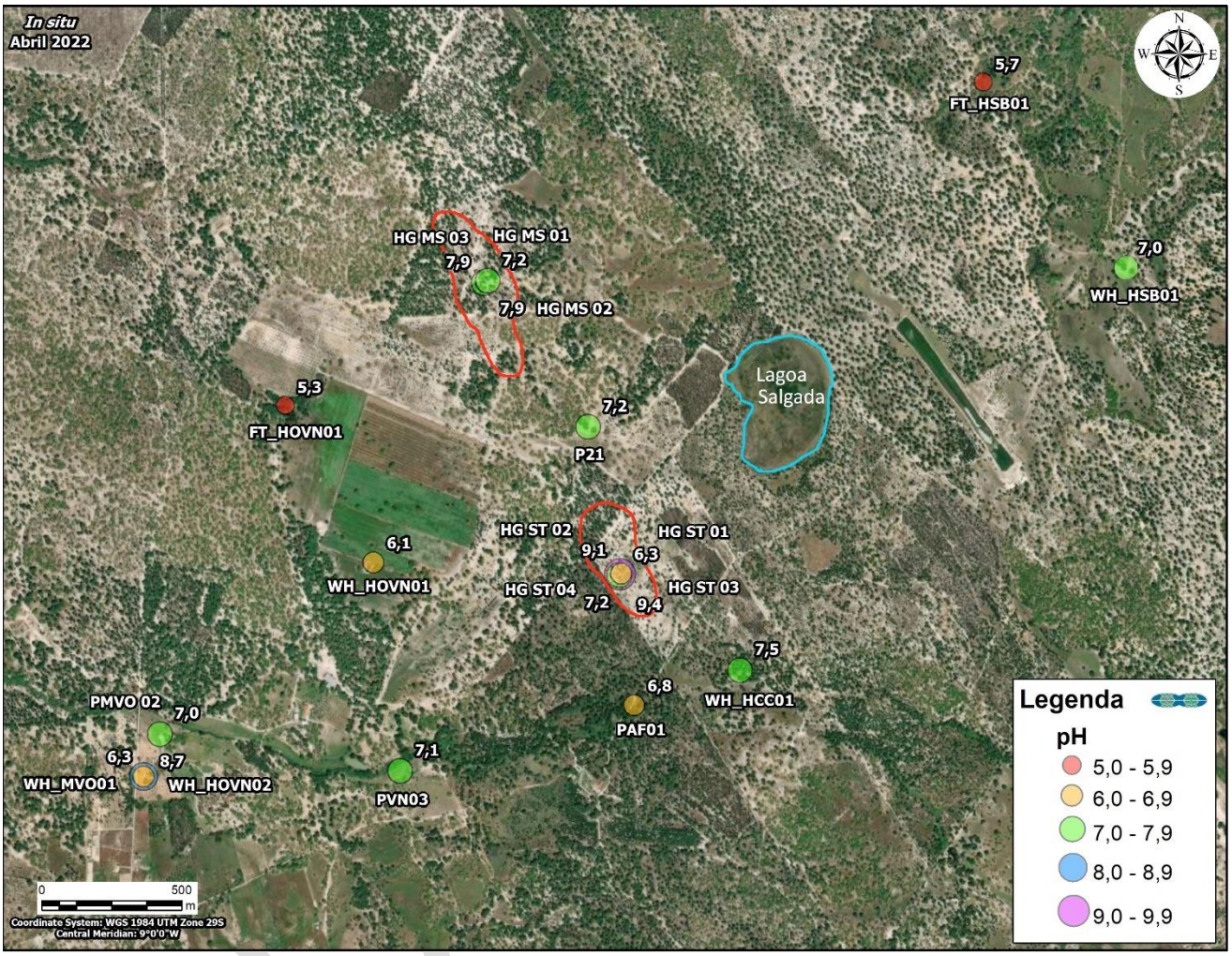


Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 114. Valores de pH (águas superficiais) registados *in situ* (abril e julho de 2022).

9.3.4.2 *Águas subterrâneas*

Na Figura 115 mostra-se os pontos de águas subterrâneas amostrados, com os valores correspondentes de pH determinados *in situ*. Note-se que a imagem de satélite mostra um sector mais pequeno (focado à volta dos jazigos) do que a foto satélite dos pontos de amostragem de águas superficiais. Para uma melhor orientação, foi dada representação, nesta imagem, à Lagoa Salgada e à projeção das massas mineralizadas da Venda Nova Norte e Venda Nova Sul.



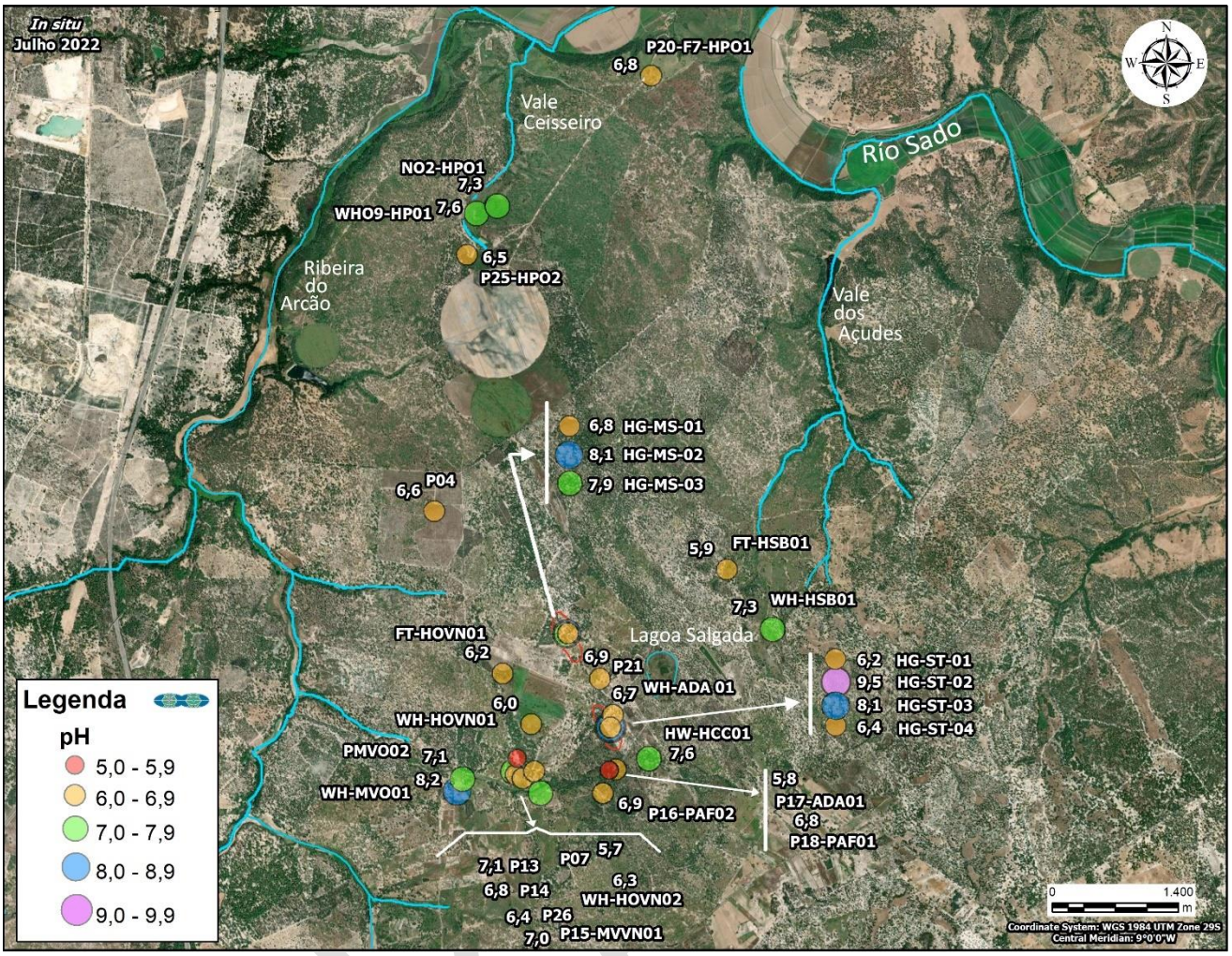
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 115. Valores de pH (águas subterrâneas) determinados *in situ* (abril de 2022).

No caso das águas subterrâneas, os valores do pH que excedem o VmR máximo recomendado correspondem aos pontos HG-ST03, HG-ST02 e WH-MVO01 (pH: 9.4, 9.1 e 8.7 respetivamente), a profundidades de 150 m, 80 m e 110 m), ou seja: águas dos sistemas aquíferos intermédios multicamada do Miocénico. Os dois primeiros na vertical da Venda Nova Sul.

Por outro lado. os valores abaixo do VmR (valor mínimo recomendado) correspondem às fontes/nascentes FT-HOVN01 e FT-HSB01 (pH: 5,2 e 5,7, respetivamente), com águas nitidamente ácidas, que podem ser justificadas pelos níveis com matéria orgânica, na base das areias eólicas (transição do Holocénico ao Plio-Plistocénico), i.e., devido ao Processo 2 (secção: 9.2) de formação de ácidos húmicos.

Por outro lado, as sondagens WH-HOVN01, WH-HOVN02, HG-ST01 também têm um pH abaixo do VmR, com pH: 6.1, 6,3 e 6,3, e profundidades de 80 m, 146 m e 40 m respetivamente; valores para os quais não há, no momento atual, ainda qualquer justificação.



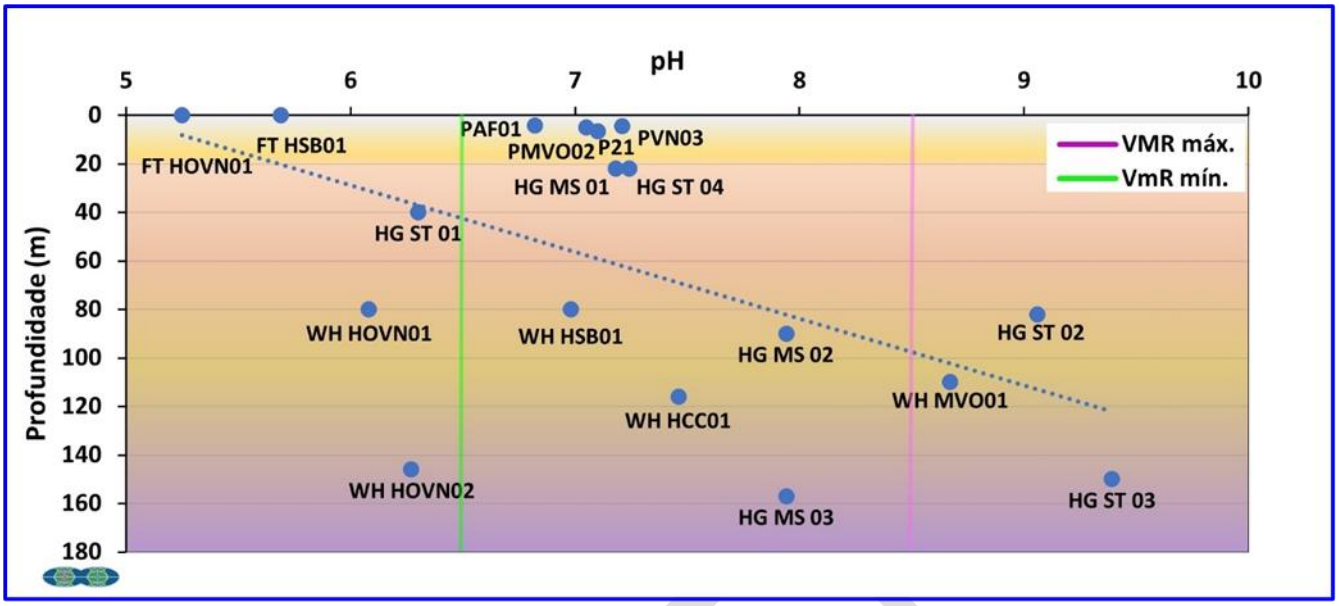
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 116. Valores de pH (águas subterrâneas) determinados *in situ* (julho de 2022).

Na Figura 116 observa-se que os restantes valores de pH para as águas subterrâneas, medidos *in situ*, são valores "normais" entre 6,8 e 7,9, com predominância alcalina ou de baixa alcalinidade, menos o ponto P-AFO1, que correspondem a um poço com profundidade de 4,25 m com um pH de 6,8, ligeiramente ácido (ver Processo 2 no capítulo 10.2, acima)

A Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

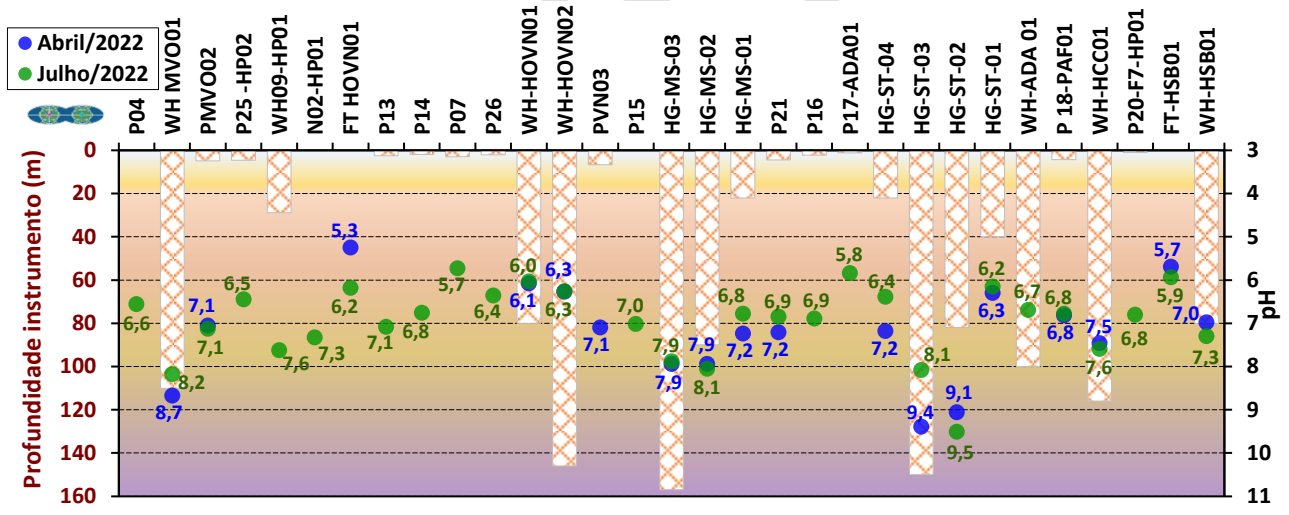
Figura 117, representa-se o pH *versus* profundidade. É evidente a variabilidade dos valores de pH. A figura é também muito ilustrativa para mostrar que os pontos de águas subterrâneas de escassa profundidade (águas cutâneas) têm pH perto do normal (pH 6,8 a 7,2) ou, no caso de fontes (FT-HOVN01 e FT-HSB01), com pH nitidamente ácido, possivelmente devido à existência de matéria orgânica ou carbonosa em decomposição (base de areias eólicas com flora freatófita, com produção de ácidos húmicos).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 117. Valores de pH medidos *in situ vs* profundidade do instrumento, para as águas subterrâneas.

Observando-se a reta de regressão na Figura 118, calculado para todo o conjunto de determinações de pH de águas subterrâneas, um aumento do pH com profundidade é evidente, mas certamente como um coeficiente de correlação muito baixo, que evidencia falta de uma verdadeira "estratificação" deste parâmetro.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 118. profundidade do instrumento e valores de pH medidos *in situ*, para as águas subterrâneas.

9.3.5 Potencial redox

O potencial redox é uma forma de medir a energia química da redução da oxidação através de um elétrodo, convertendo-o em energia elétrica. O processo complementar de redução da oxidação é conhecido como redox e o valor (ORP) é a medida em *volts* ou *millivolts* da atividade do eletrão em comparação com a atividade de um elétrodo de referência, que mantém sempre o potencial constante.

O seu nome vem da reação REDuction-OXidation. É também conhecido pelo seu acrónimo em inglês: ORP, ou como tensão redox, porque se refere à carga elétrica de uma molécula dissolvida num meio aquoso, formada numa reação química de redução-oxidação. O potencial redox é positivo quando ocorre oxidação e negativo quando ocorre a redução.

A palavra "potencial" indica uma capacidade de ação, assim, a energia potencial é a energia armazenada e pronta a agir. Quando todos os materiais oxidantes e redutores tenham reajido, o equilíbrio é atingido e geralmente há um excedente. Este excedente é o que cria o potencial de oxidação ou redução numa solução. Normalmente, as reações redox são acompanhadas por alterações de pH no meio, por exemplo, isto ocorre nos processos de oxidação e redução. A reação inversa da reação do redox (que produz energia) é a eletrólise, na qual a energia é fornecida para dissociar elementos das suas moléculas.

Os processos de oxidação-redução envolvem a transferência de eletrões entre constituintes dissolvidos, gases ou sólidos. Muitos destes processos, no ambiente natural, ocorrem a velocidades negligenciáveis, a menos que estejam envolvidas bactérias (como a *Desulfovibrio*), capazes de catalisar a reação (acelerando-a).

Relacionado com estas reações está o cheiro sulfídrico ou a ovos podres, devido à presença de sulfureto de hidrogénio (H_2S), da oxidação de sulfuretos (Fagundo, 2005), que aqui foi indicado para furos profundos perfurados no jazigo Venda Nova Sul. Este teor é sempre maior com águas alcalinas como é o caso na campanha de abril de 2022, na sondagem HG-ST03, com 150 m de profundidade, pH 9,4 e redox -142,3 mV, e nas campanhas de abril e julho na sondagem HG-ST02, com 82 m de profundidade, pH 9,1 e 9,5 e redox -234 e -202 mV, os valores mais baixos medidos.

Tal como o pH nos ajuda a avaliar a capacidade da água de reagir, como ácido ou como base, com as substâncias com as quais está em contacto, o potencial redox ajuda a avaliar a capacidade de uma água reagir como oxidante ou redutor, a uma substância que está nele contida.

Uma água com potencial redox positivo tenderá a comportar-se como um agente oxidante, enquanto se tiver um potencial de redox negativo tenderá a funcionar como um redutor.

Nestes processos, a pirite desempenha um papel importante, como o que pode ocorrer nos depósitos minerais do Projeto.

O potencial redox permite-nos estimar a predominância de espécies químicas dentro de um grupo redox. Por exemplo, o crómio hexavalente existe em valores de potencial redox elevado, enquanto o crómio trivalente existe a valores mais baixos, por isso, medindo este potencial podemos intuir qual desses iões predominará nessa água (www.aguasresiduales.info).

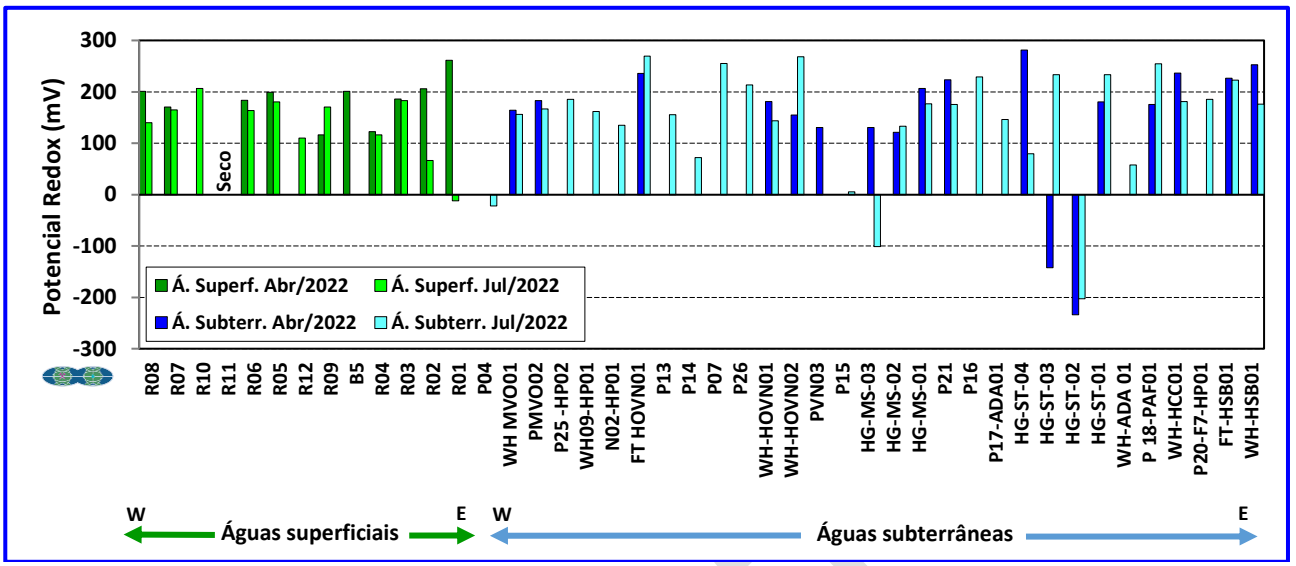
Os seguintes compostos têm una lógica comportamental similar (Tabela 55.Predomínio de espécies químicas em função de um meio redutor ou oxidante.):

Em meio redutor	Em meio oxidante
Amoníaco	Nitrato
Sulfureto	Sulfato
Cloreto	Clorato
Hidróxido	Peróxido
Ião ferroso	Ião férrico
Cromo trivalente	Cromo hexavalente
Metano	Dióxido de carbono
Cianeto	Gás nitrogénio, dióxido de carbono

Fonte: (www.aguasresiduales.info).

Tabela 55.Predomínio de espécies químicas em função de um meio redutor ou oxidante.

Na Figura 119 mostra-se graficamente os valores potenciais de redox medidos em pontos de superfície e águas subterrâneas analisados. Em geral, está-se perante valores potenciais relativamente baixos do redox (menos de 280 mV).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 119. Potencial redox *in situ*, para as águas superficiais e subterrâneas.

9.3.5.1 *Águas superficiais*

Na Figura 120 é indicado o potencial redox registado *in situ* para os pontos de amostragem de águas superficiais. Salientamos que todos os valores são positivos, o que indica que estão a oxidar as águas. Os valores mais baixos do potencial redox para as águas superficiais em abril de 2022, encontram-se nos pontos R09 e R04 (116 mV e 122 mV, respetivamente), ambos localizados no Barranco do Vale dos Açudes. Na campanha de julho os valores menores detetados são em R01 (-12 mV) e R02 (67 mV), no rio Sado e na Ribeira de Grândola. Os valores mais elevados, todos acima dos 200 mV, estão, em abril, no rio Sado (ponto R01 com 261 mV), Ribeira de Grândola (ponto R02 com 206 mV), Barranco do Vale dos Açudes (ponto B5 com 201 mV) e na Ribeira de Arcão (ponto R08 com 201 mV). Em julho é apenas acima de 200 mV o ponto R10, na Ribeira de Arcão.

Assim, para abril entre o ponto de água de superfície com o redox mais alto (R01 com 261 mV), e o redox mais baixo (R09 com 116 mV), há uma diferença relativamente pequena de 145 mV, porém, em julho, a diferença do valor máximo (R10 com 207 mV) e o valor mínimo (R01 com-12 mV) é de 219 MV.

Os pontos onde há as menores variações no potencial redox entre as campanhas de abril e julho são R03 (3 mV), R07 (5 mV) e R04 (6 mV). A maior variação ocorreu em R02, com uma diferença de 139 mV.

9.3.5.2 *Águas subterrâneas*

Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

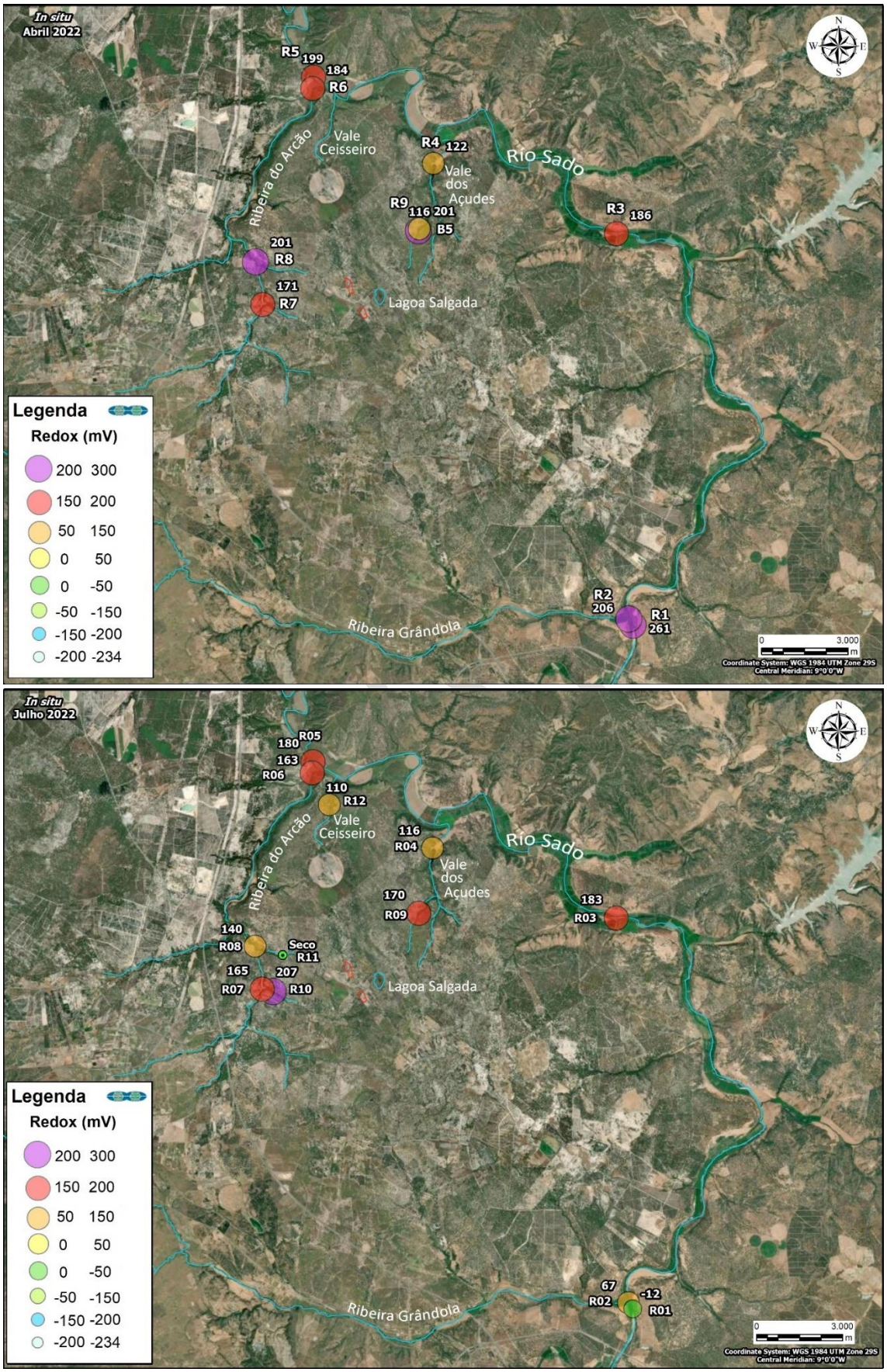
Figura 121 é mostrado, na imagem de satélite, o potencial redox determinado *in situ* para os pontos de água subterrânea.

Na amostragem de abril de 2022 o potencial redox varia de valores negativos (domina a redução), com um mínimo de -234 mV no furo HG-ST02, seguido de -142 mV no furo HG-ST03 (ambos da Venda Nova Sul), a valores positivos (domina a oxidação), com um máximo de 281 mV no furo HG-ST04.

Em julho continua o meio redutor no HG-ST02 (-202 mV), porém troca no HG-ST03 que passa a oxidante (234 mV) e no HG-MS03 que passa a redutor (-101 mV).

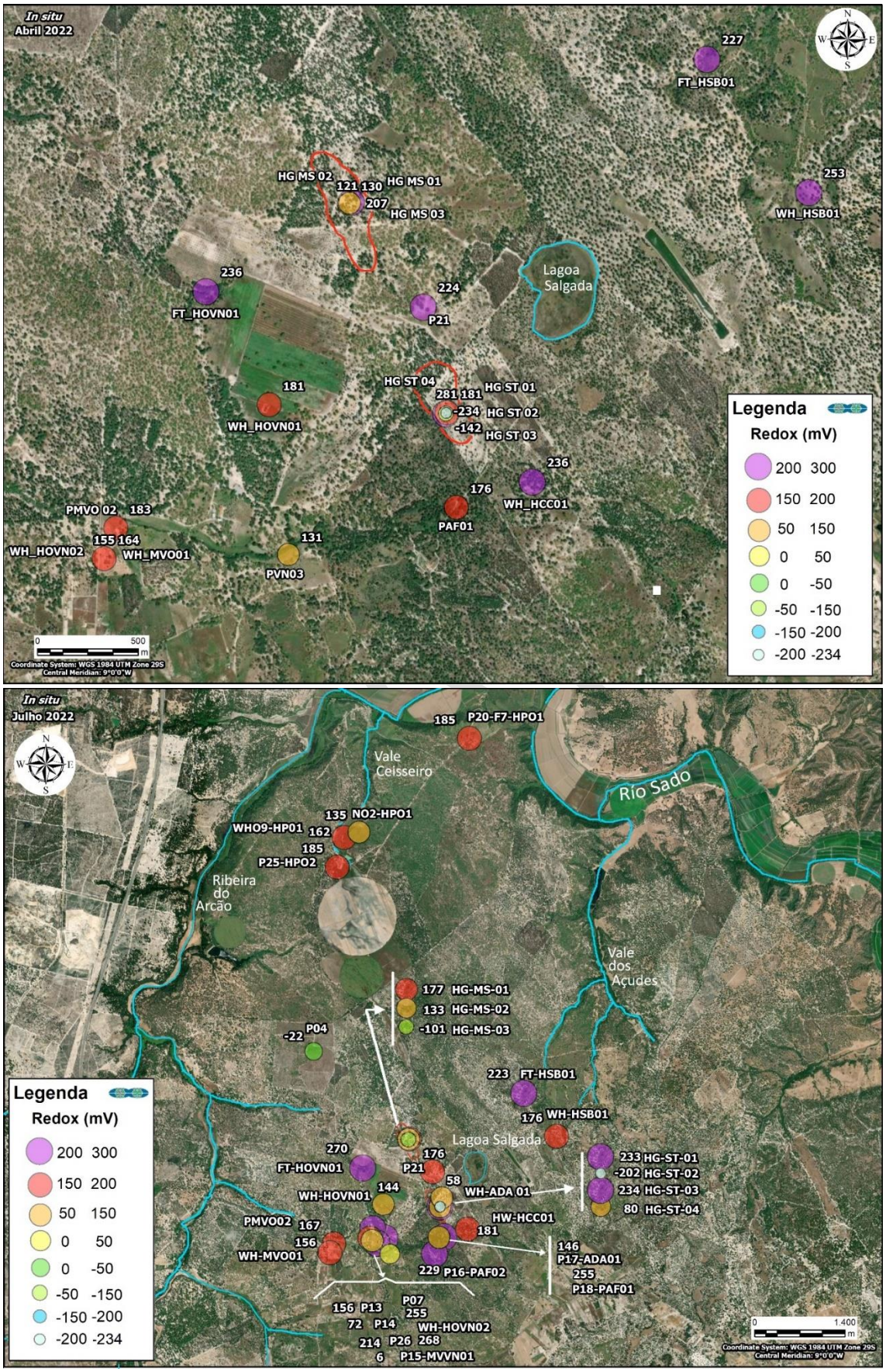
Os pontos onde existem as menores variações no potencial redox entre as campanhas de abril e julho são FT-HSB01 (4 MV), WH-MVO01 (8 mV) e PMVO02 (16 mV). A maior variação ocorreu em HG-ST03, com uma diferença de 376 mV.

Isto mostra uma variabilidade deste parâmetro no período.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 120. Potencial redox *in situ* para as águas superficiais (abril e julho, 2022).



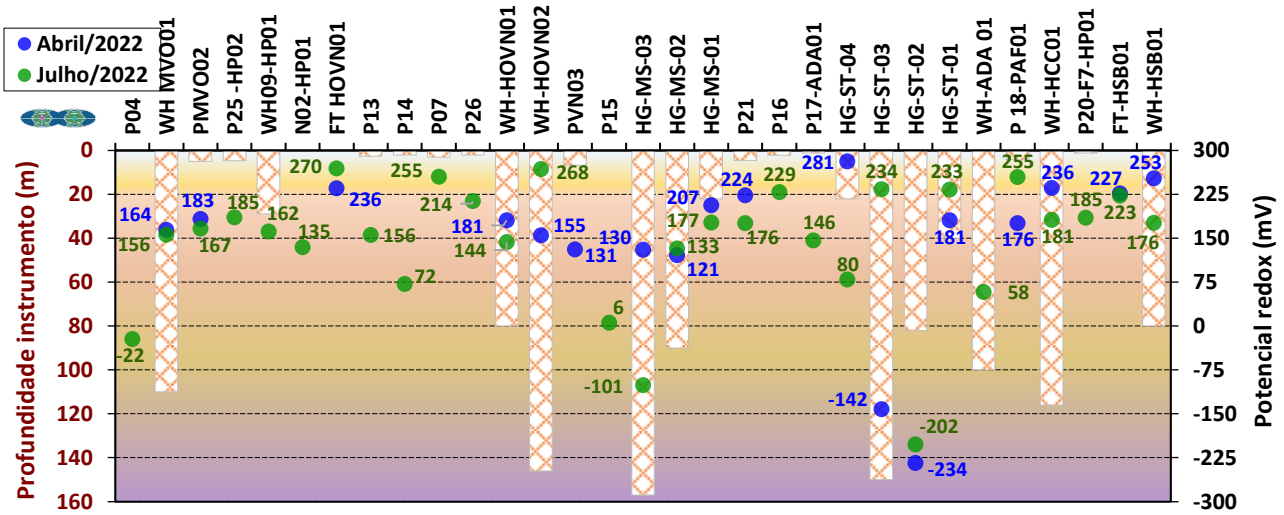
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 121. Potencial redox *in situ,* para as águas subterrâneas (abril e julho, 2022).

Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 122, é mostrada graficamente a comparação dos valores potenciais redox determinados *in situ* para os pontos de água subterrânea versus a profundidade de cada ponto. Destaca-se que não existe uma variação sistemática do potencial redox com a profundidade.

Para justificar a variação dos valores entre as duas campanhas será necessário ter em conta o efeito de "chamada" causado pelo bombeamento das águas subterrâneas para satisfazer as diferentes demandas.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

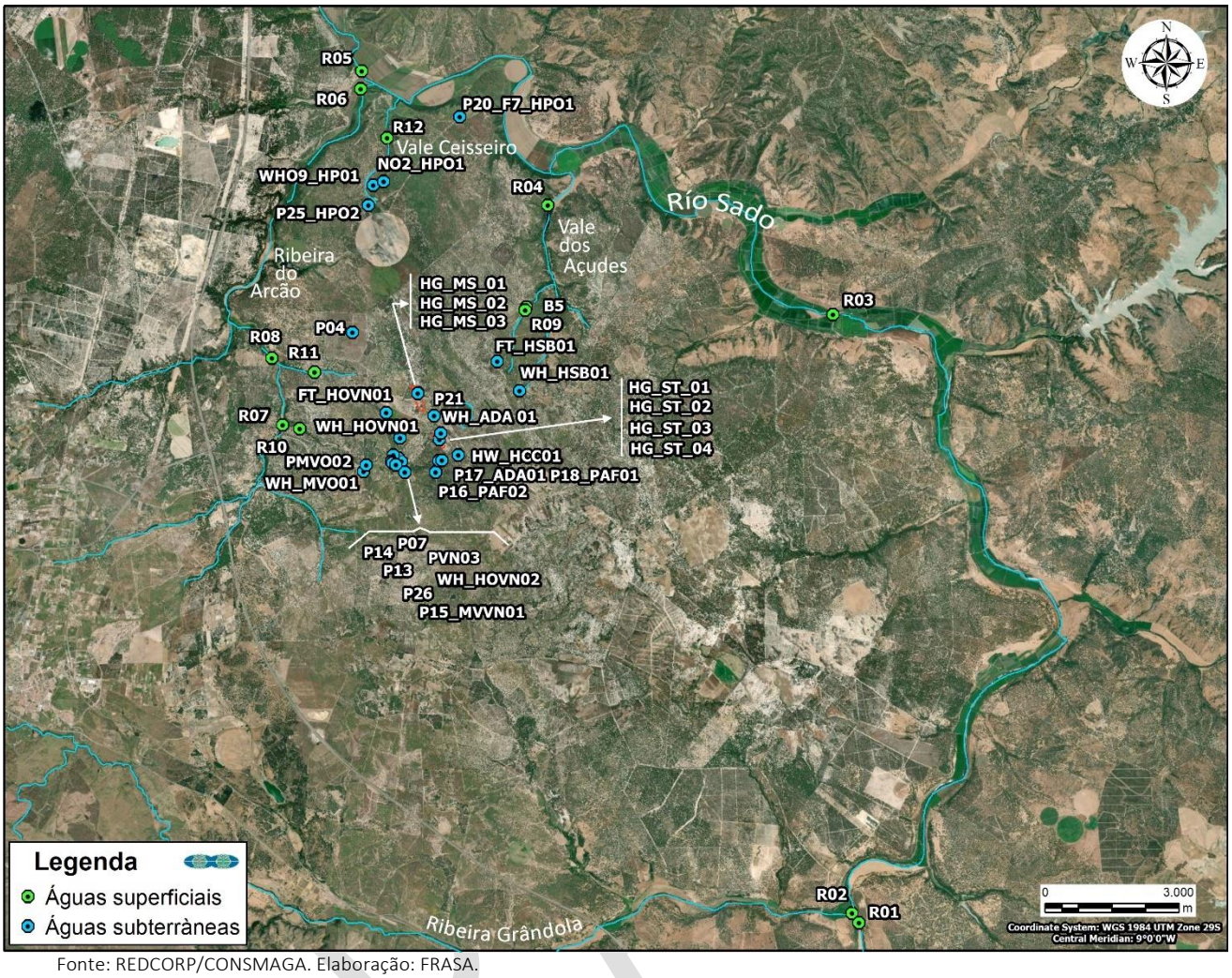
Figura 122. Profundidade e Potencial Redox *in situ* para as águas subterrâneas (abril e julho, 2022).

9.4 Resultados laboratoriais

Para a caracterização hidrogeológica das águas da área de estudo, foram realizadas duas campanhas de amostragem de água durante os trabalhos de campo de abril de 2022 (entre 06/04/2022 a 19/04/2022) e julho de 2022 (entre 00/07/2022 a 28/07/2022), dos quais foi realizada a caracterização dos parâmetros hidroquímicos em laboratório.

As análises foram efetuadas no laboratório internacional ALS, os resultados facultados pelo laboratório apresentam-se nos anexo Resultados analises fisicoquímicas.pdf Os arquivos originais recebidos podem também ser consultados no Anexo B HQ abril_2022.pdf e Anexo C HQ julho_2022.pdf.

Na Figura 123 mostra-se a localização cartográfica dos pontos amostrados. Entre os quais estão ribeiras, furos, poços e fontes.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 123. Localização dos pontos amostrados (análise laboratorial).

O Total de Sólidos Dissolvidos (TSD) e a Dureza da água foram calculados a partir da Condutividade Elétrica e da concentração de CA^{+2} e Mg^{+2} respetivamente.

9.4.1 Características químicas das águas

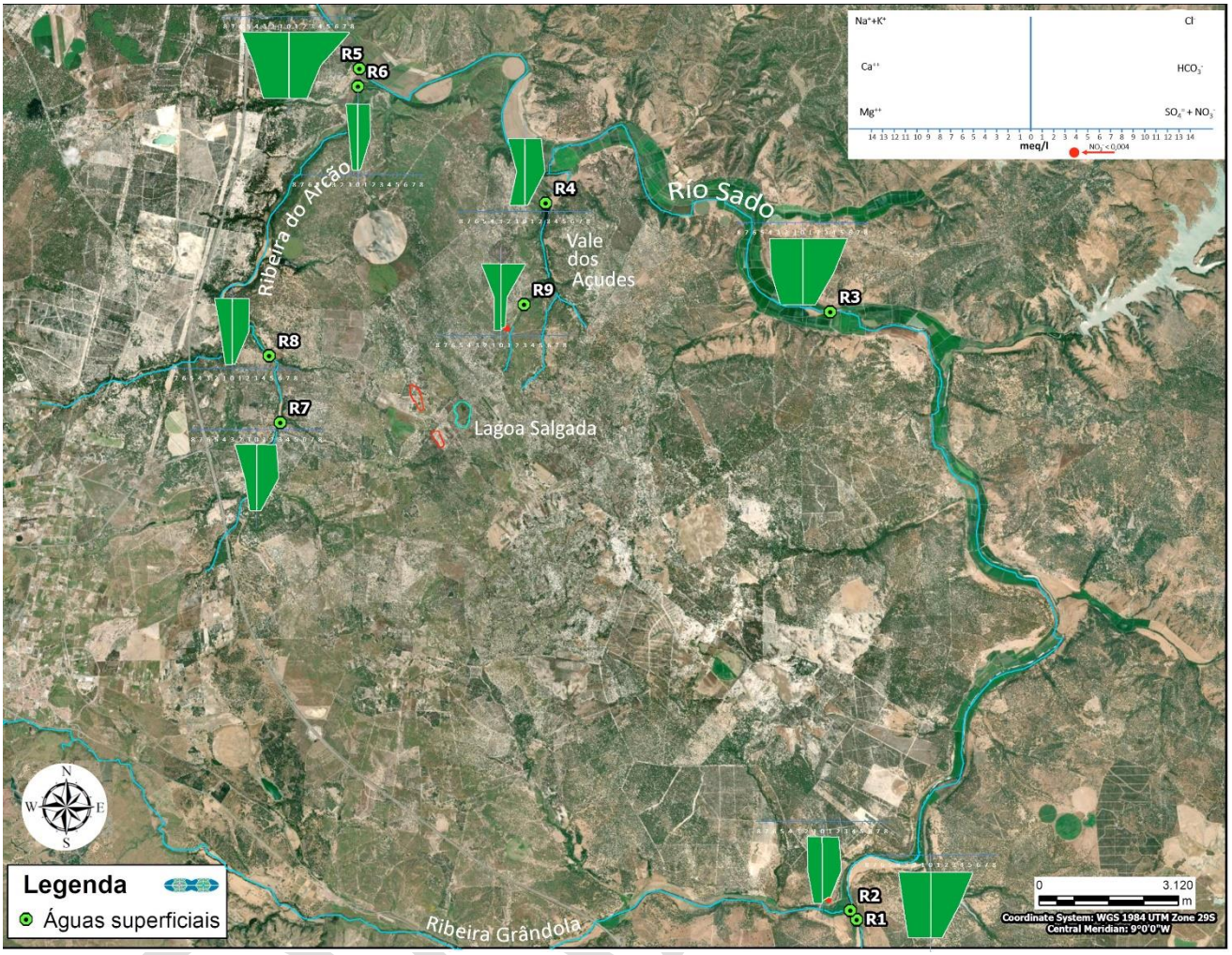
9.4.2 Diagrama de Stiff

Para identificar facilmente a família de água que tem num determinado ponto de amostragem, a representação gráfica criada por H. A. Stiff em 1951 é muito útil.

O Diagrama de Stiff mostra visualmente a ionização de uma amostra de água; sendo que, para o efeito, as medições da quantidade de elementos analisados numa amostra de água em três eixos horizontais que se estendem através do eixo vertical, em direções opostas, são representadas em relação a uma origem comum (numa vertical), o que facilita a comparação de seis medições. Três em cada lado do eixo, os aniões (iões com cargas negativas) estão normalmente no lado esquerdo, e os catiões (iões positivos) no lado direito. Todas as concentrações dos iões são expressas em milliequivalentes por litro (meq/L) e a escala gráfica corresponde à largura das linhas horizontais, ou seja, quanto mais largo é um diagrama, mais mineralizada é a água que representa.

As Figura 124 e Figura 125 apresentam os diagramas de Stiff para a campanha de monitorização de águas superficiais de abril e de julho de 2022 respetivamente e as Figura 126 e Figura 127 para as águas subterrâneas. Note-se que, em alguns casos, os nitratos e/ou sulfatos estavam abaixo do limite de deteção.

Estas situações são indicadas por um ponto vermelho junto ao eixo correspondente no caso dos nitratos e por um ponto verde no caso dos sulfatos



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 124. Diagrama de Stiff para águas superficiais (abril, 2022).

Na campanha de abril os pontos de amostragem do rio Sado (R01, R03 e R05) apresentam predominantemente águas cloretadas de sódio (dado o baixo teor de potássio (cerca de 7 mg/L)), que aumentam a sua mineralização na direção da corrente (com uma TSD de 659, 704 e 889 mg/L respetivamente), no entanto, os pontos a montante indicam um teor iónico relativamente elevado em cloretos e sódio, que aparentemente não se devem aos efeitos das marés, mas sim a um fundo geoquímico local, possivelmente devido à contribuição das águas fósseis terciárias de origem marinha.

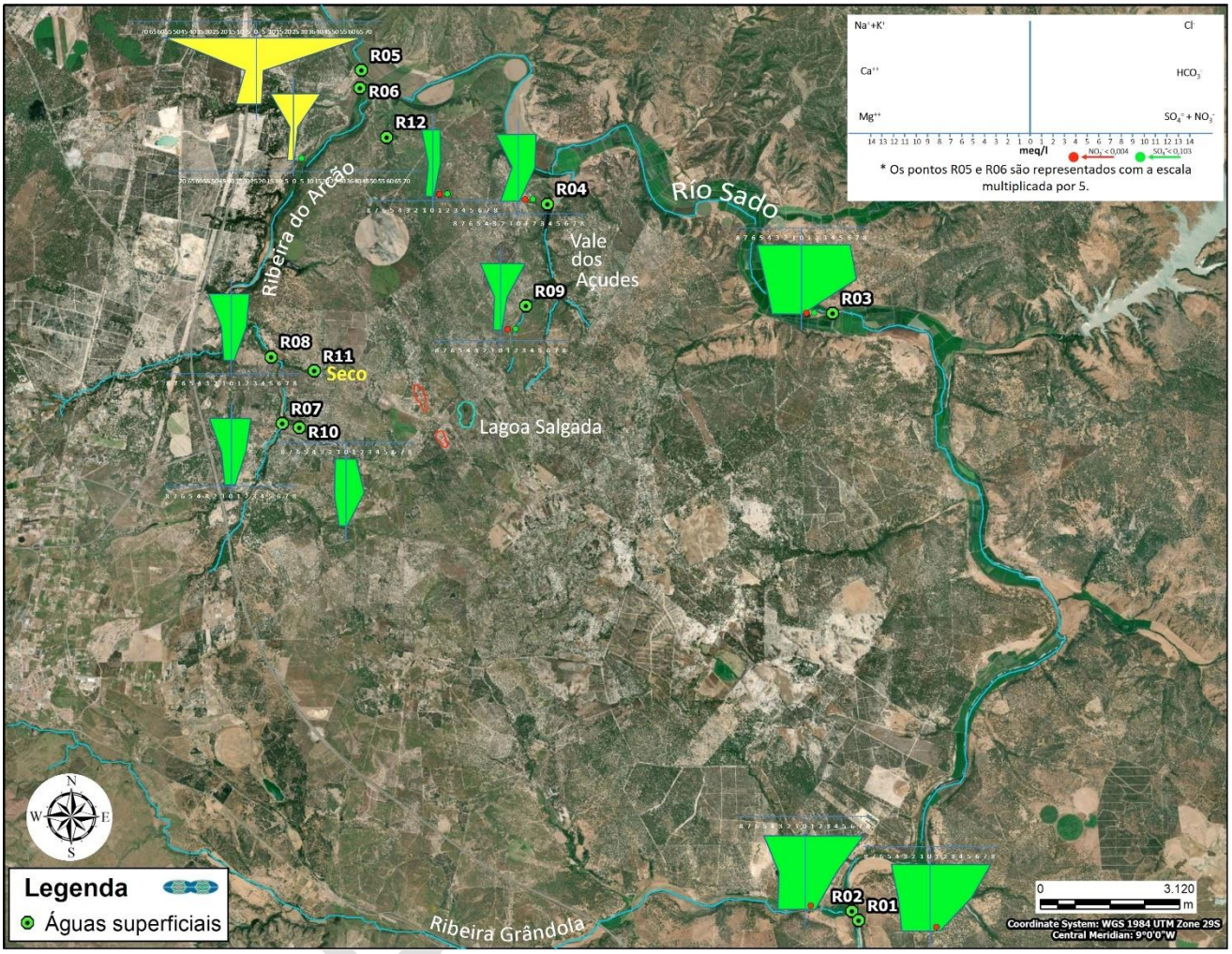
O teor relativamente baixo de sulfato (67, 71 e 103 mg/L, respetivamente) apoia a hipótese de que esta salinidade provém de águas fósseis marinhas ainda presentes no aquífero, uma vez que se fosse convertido para dissolução de evaporitos, o teor de sulfato seria previsivelmente maior (por dissolução do gesso).

Na amostragem de julho, os pontos do rio Sado apresentam maiores mineralizações do que em abril, sendo cloretadas sódicas as águas dos pontos a montante e a jusante e bicarbonatadas sódicas as do troço intermédio.

Por sua vez, em abril, os pontos da ribeira do Arcão (R07, R08 e R06) e do ponto R02 da ribeira de Grândola apresentam padrões semelhantes, com pequenas diferenças entre eles. No caso da ribeira do Arcão, o conteúdo iónico diminui a jusante, é possível que seja devido à diluição face aos caudais mais elevados.

Em julho, destaca-se a alteração da facies química observada no troço final da Ribeira do Arcão e da Ribeira de Grândola, com forte aumento da mineralização e alteração do cloreto de sódio.

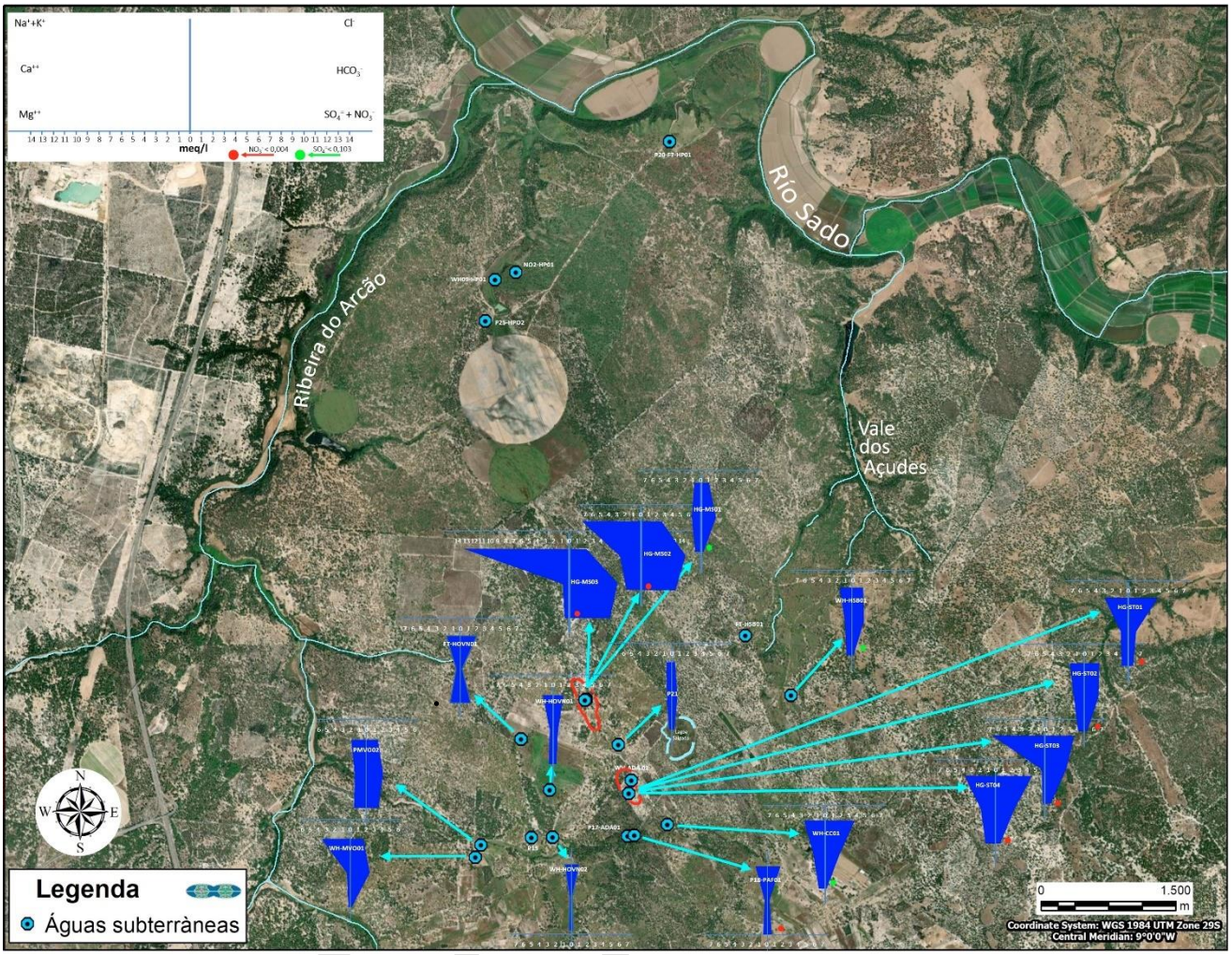
No barranco do Vale dos Açudes, em ambas as campanhas, no ponto R09 observa-se uma menor carga iónica em cálcio e bicarbonatos. Recorde-se que o pH *in situ* deste ponto era ligeiramente ácido e roçava a neutralidade. O ponto R4 a jusante no mesmo barranco, consequentemente com percurso mais longo e por sua vez maior mineralização devido à contribuição das águas subterrâneas com tempo de residência mais longo, apresenta um enriquecimento em bicarbonatos, cálcio e magnésio. Tem de se pensar que os calcarenitos do Miocénico e outros sedimentos carbonatados estão a contribuir para estes iões.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 125. Diagrama de Stiff para águas superficiais (julho, 2022).

No que diz respeito às águas subterrâneas, nos furos da Venda Nova Norte (HG-MS01 a 03) vê-se, à medida que a profundidade do furo aumenta, (recorde-se que o HG-MS01 tem 22m, que o HG-MS02 tem 90 m e o HG-MS03, tem 157 m de profundidade) dá-se um aumento da carga iónica de sulfatos, acompanhado pelo aumento em bicarbonatos, com sódio e, em menor valor o cloro, por isso é novamente apontado para a possível presença de águas fósseis sulfatadas pela paleo-dissolução da pirite e outros sulfuretos.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 126. Diagrama de Stiff para as águas subterrâneas (abril, 2022).

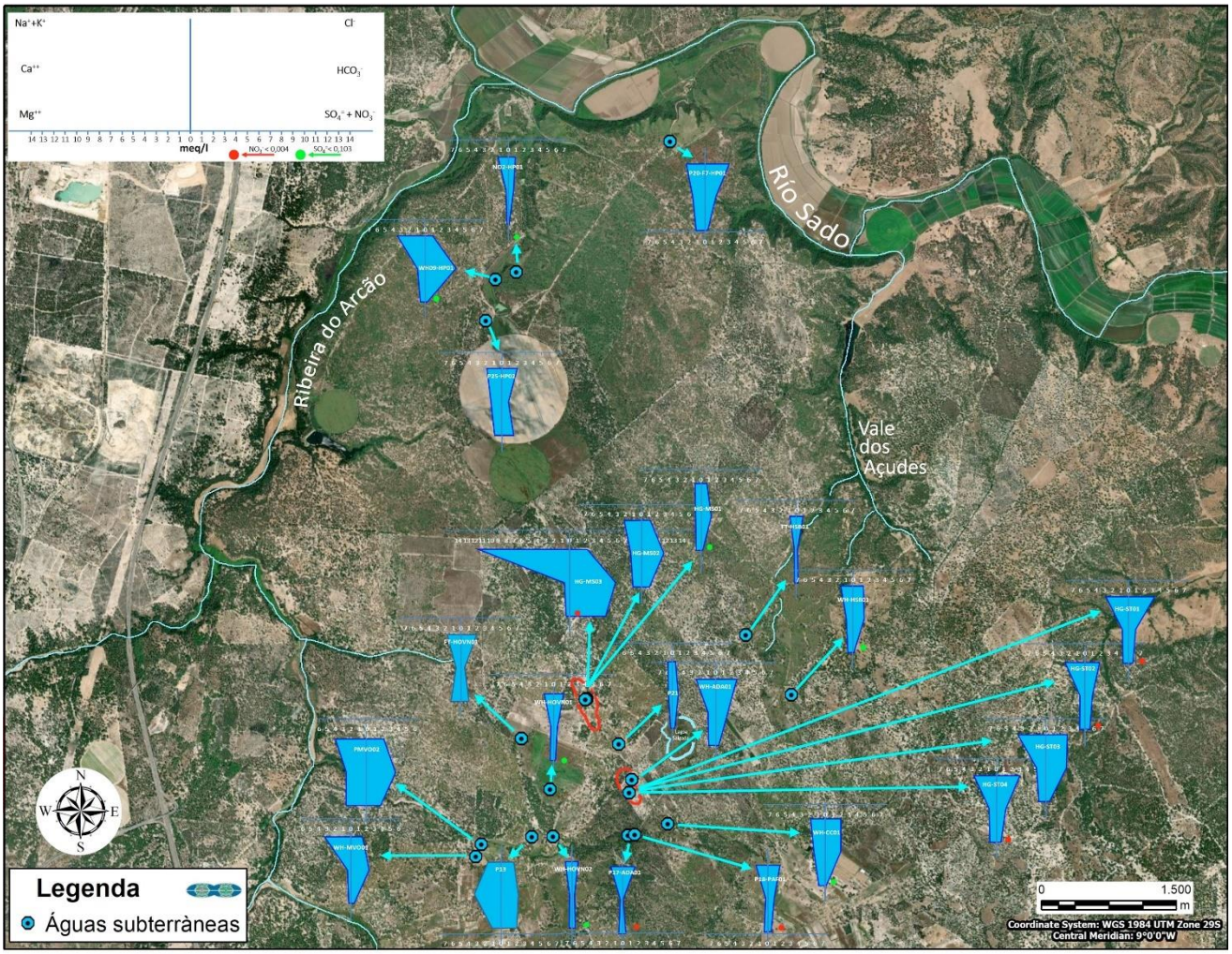
Por outro lado, isto está de acordo com a série de Chebotarev (1955) que indica que à medida que o percurso e o tempo de permanência no aquífero aumentam, há um aumento da salinidade e o cloro e o sulfato tornam-se os aniões predominantes.

No que diz respeito ao cálcio, há uma diminuição à medida que o ponto é mais profundo. Embora seja de notar que no HG-MS02 o teor de cálcio é maior do que no HG-MS03. Possivelmente porque a unidade filtrante deste furo esteja principalmente enquadrada na unidade calcarenítica do Mioceno.

Nos furos da Venda Nova Sul, por sua vez, relembre-se que a profundidade destes furos é HG-ST04 (22 m), HG-ST03 (150 m), HG-ST02 (82 m) e HG-ST01 (40 m), observam-se predominantemente águas cloretadas sódicas, como já salientado acima, possivelmente devido a águas fósseis com uma certa salinidade que condicionam o quimismo das águas em profundidade.

Por outro lado, regista-se um menor teor de sulfatos e bicarbonatos do que nas amostras da Venda Nova Norte. Em todos os casos para estes furos, os nitratos estavam abaixo do limite de deteção, e o teor de sulfureto era muito baixo. Vemos alguma semelhança com as águas do ponto WH-MVO01, a Sudoeste dos primeiros, que tem um teor relativamente elevado de sódio, e bicarbonatos

Para os pontos de água mais superficiais, em geral, os diagramas de Stiff mostram águas de baixa mineralização (ver P21, por exemplo) com maiores concentrações iónicas de cloro e sódio. No caso da fonte FT-HOVN01, o teor de cálcio e bicarbonato é mínimo, aumentando a carga iónica em magnésio (15 e 14 mg/L) e sulfatos (33 e 20 mg/L) / nitratos (33 e 35 mg/L). Possivelmente, este último pela presença de abundante matéria lodosa e orgânica anegrada à volta dos nascedios/terras encharcadas associados a esta fonte.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 127. Diagrama de Stiff para as águas subterrâneas (julho, 2022).

9.4.3 Diagrama de Piper

A classificação das águas de acordo com os seus iões dominantes é adequada à sua representação em diagramas triangulares. O diagrama triangular de Piper-Hill-Langelier serve para classificar o tipo de hidroquímica das águas, no paralelograma superior para as fácies principais hidroquímicas, e nos triângulos inferiores a representar os campos de domínio de aniões e catiões.

Em geral, a água é geralmente classificada em função do anião ou do catião que exceda 50% das respetivas somas. Caso nenhum exceda os 50%, nomeiam-se os dois mais abundantes, sendo que no centro dos triângulos não há iões maioritários (>50%), e as águas são de tipo misto (Figura 128).

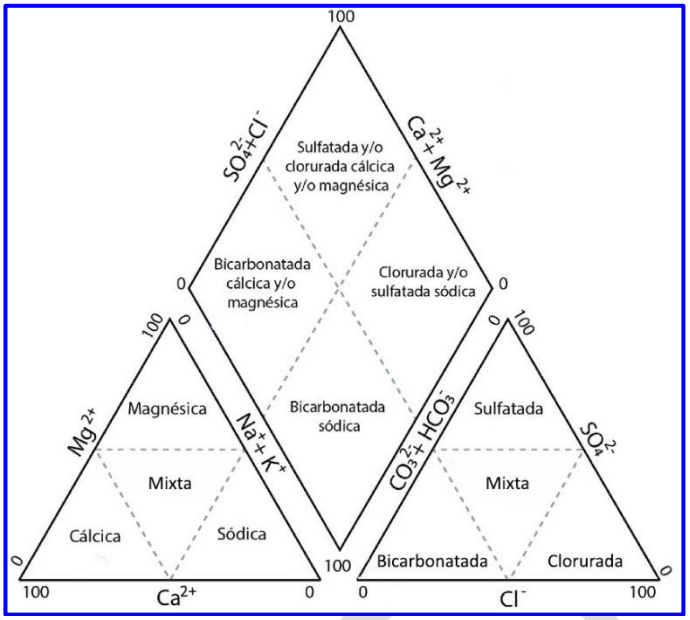


Figura 128. Diagrama piper (1944) para a classificação das águas subterrâneas em quatro grupos.

A Figura 129 (águas superficiais) e a Figura 130 (águas subterrâneas) mostram o diagrama triangular Piper-Hill-Langelier, com os dados hidroquímicos das amostras das campanhas de amostras de abril e julho de 2022.

9.4.3.1 Águas superficiais

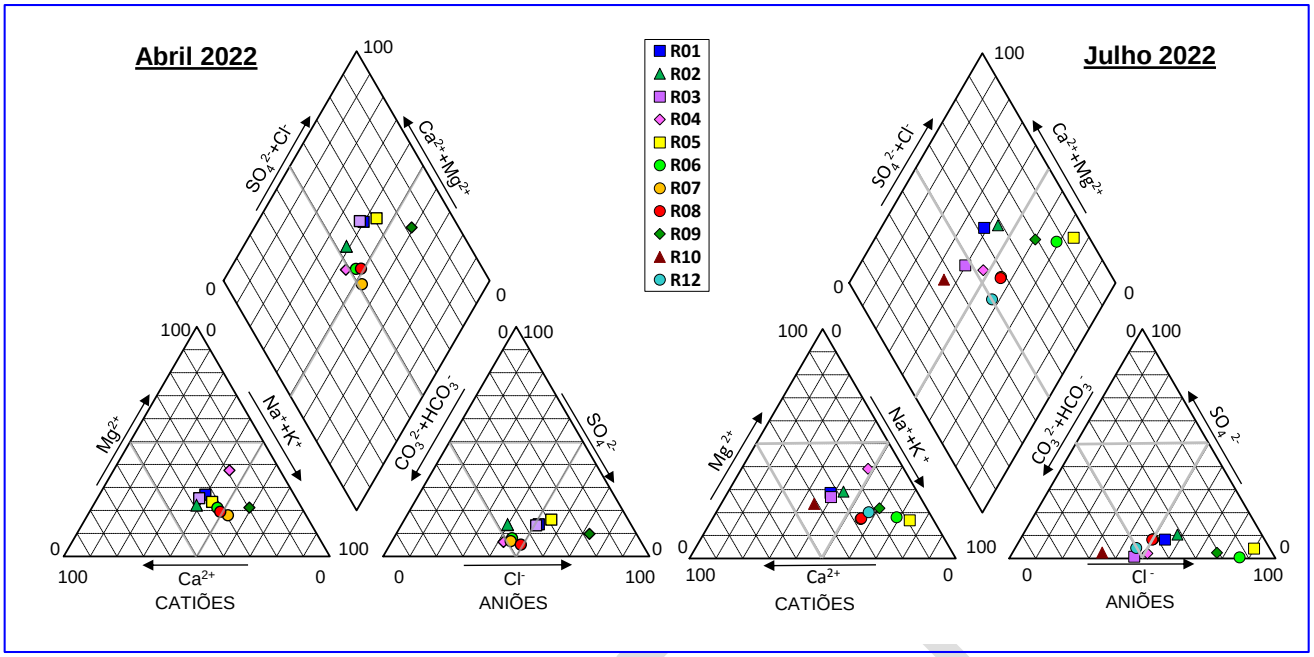
Os pontos R01, R03, R05 (no diagrama representados por um quadrado), correspondem ao Rio Sado. As suas fácies são muito semelhantes em abril de 2022, cloretadas mistas, com pequenas variações, mantendo as proporções iónicas ao longo do rio, o que nos indica que não há aporte de águas em quantidade suficiente para que se produza alterações na sua assinatura geoquímica.

Em julho são apresentadas fácies muito diferentes nestes três pontos, uma vez que no ponto R01 é cloretada mista, no R03 bicarbonatada mista e no R05 é cloretada sódica.

O ponto R02, representado por um triângulo verde, pertencente à ribeira de Grândola, é mista em abril e cloretada mista em julho, aproximando-se dos valores do ponto R01.

Os pontos do barranco do Vale dos Açudes, R09 e R04 (a montante e a jusante, respetivamente) são representados por um losango. O R09 apresenta fácies cloretadas sódicas e apresenta uma proporção maior de sais, possivelmente devido ao enriquecimento em sais concentrados por evaporação da Lagoa Salgada a montante, uma vez que o nome desta lagoa nos indica que tem alta salinidade (embora atualmente seca). Por sua vez, o ponto R04 tem fácies bicarbonatada em abril e cloretada em julho, porém com menor teor em sais, possivelmente recebendo águas de melhor qualidade que tem diluído as águas do setor perto de Lagoa Salgada.

Em conclusão, parece que o cloreto de sódio vem da Lagoa Salgada e isso diminui à medida que se progride para jusante, devido à contribuição de outras águas subterrâneas, dos sistemas aquíferos do Miocénico, mais profundos.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 129. Diagrama de Piper para águas superficiais

Os pontos R07, R08 e R06 da ribeira do Arção, referidos por ordem, de montante para jusante, são representados por um círculo. Com fácies semelhantes entre eles em abril, diminuem a proporção de cloro e ganham cálcio a jusante. Em julho os pontos R07 e R08 apresentam as mesmas fácies e o R06 passa a fácies muito cloretada sódica. Refira-se que a ETAR de Grândola se situa num sector a montante do ponto R07.

Dos pontos analisados em julho de 2022, o R10, situado no barranco do Vale das Terras Cavadas um tributário da ribeira do Arcão, apresenta águas bicarbonatadas mistas enquanto o ponto R12 situado no barranco da Ceisseira afluente direto no rio Sado, a Norte, se apresenta com fácies cloretada sódica.

9.4.3.2 Águas subterrâneas

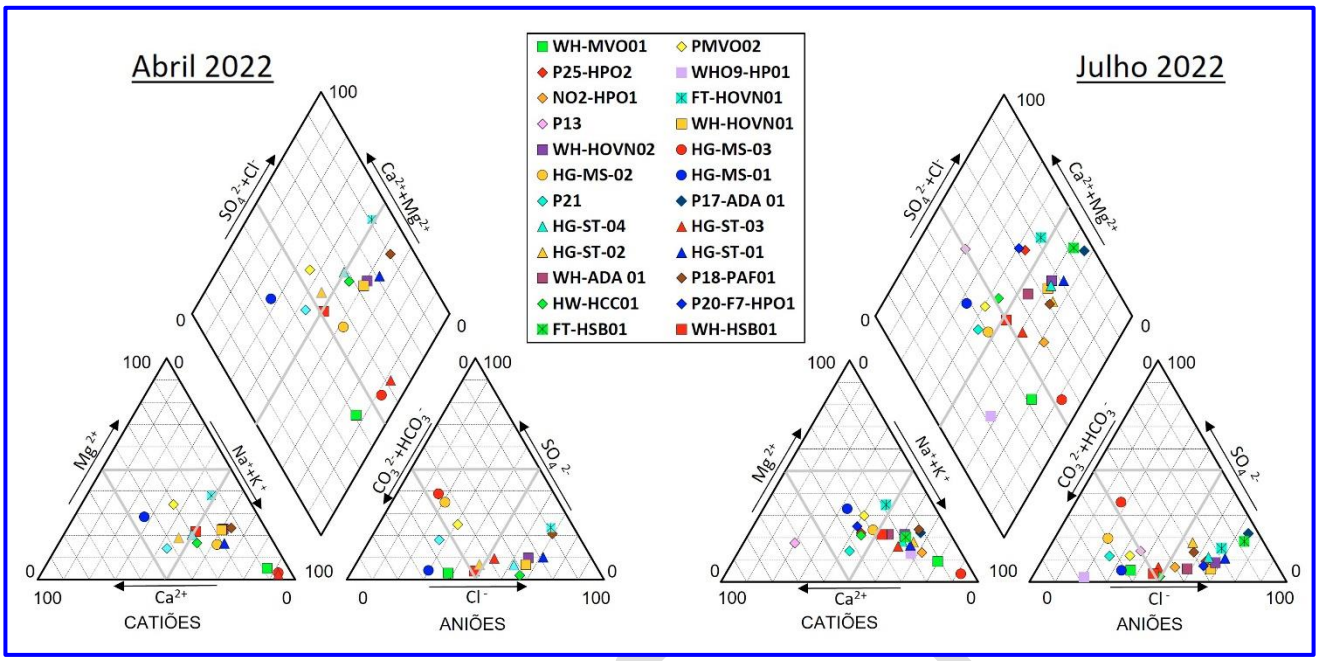
As águas subterrâneas, por sua vez, mostram diversas fácies hidroquímica (Figura 130).

Os furos da Venda Nova Norte (HG-MS) no que diz respeito aos seus aniões, em abril apresentam águas cloretadas e o HG-MS01 (o mais superficial) é do tipo bicarbonatada, em julho o HG-MS02 passa a ter fácies bicarbonatada e o mais profundo HG-MS03 apresenta-se como mista .No que diz respeito aos catiões observa-se um enriquecimento no sódio à medida que a profundidade do ponto aumenta, sendo que a água do HG-MS01 é mista em abril e julho, respetivamente, e a água do furo HG-MS02 é sódica e mista em abril e julho respetivamente, enquanto as águas do sistema profundo (HG-MS03) são sódicas em ambas campanhas. Isto pode ser explicado pela presença de águas salinas fósseis, a maior profundidade.

No que diz respeito aos pontos da Venda Nova Sul (HG-ST01 a 04) representados por um triângulo, em abril de 2022 são águas cloretadas, com exceção do HG-ST02, que é de tipo misto e são do tipo sódico, com exceção do HG-ST04, que se encontra no limite das águas mistas e o HG-ST02 que é claramente uma água mista.

Em julho 2022 são águas sódicas e cloretadas, exceto no HG-ST04, que é mista.

No poço P21 (4,5 m de profundidade) que se situa entre os dois depósitos minerais, representado por um losango azul, a água é bicarbonatada no que diz respeito aos seus aniões dominantes e mista no que diz respeito aos catiões.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 130. Diagrama de Piper para águas subterrâneas.

No furo de captação de água WH-HOVN02 (146 m de profundidade), localizado a Sudoeste da área de estudo, a água é do tipo cloretada sódica. Enquanto o WH-MVO01 (110m de profundidade) na proximidade do primeiro apresenta fácies bicarbonatada sódica.

Por sua vez, o poço P-MVO02, imediatamente a norte dos anteriores, com 4,9 m de profundidade, apresenta fácies mista tanto na proporção de aniões como de catiões em abril de 2022, passando a bicarbonatada em julho.

Continuando para Nordeste o furo de captação de água WH-HOVN01 (80m de profundidade), apresenta fácies cloretada sódica. A Noroeste deste furo, a fonte FT-HOVN01, é do tipo cloretada no que diz respeito aos aniões dominantes e do tipo misto no que diz respeito aos catiões.

O poço P18-PAF01 (4,3 m de profundidade), representado por um losango marron, tem fácies cloretada sódica. Possivelmente devido ao contributo das águas salinas da Lagoa Salgada. O HW-HCC01 a Nordeste do anterior, com 116 m de profundidade, representado por um losango verde-claro, apresenta águas com a mesma fácies (cloretada sódica) em abril, mas em julho é mista no limite do valor de cloro.

Por fim, no extremo Noroeste dos pontos de água subterrânea, o furo de captação de água WH-HSB01 (80 m de profundidade), representado por um quadrado vermelha, apresenta águas com fácies mista no que diz respeito aos aniões, e mista (no limite do tipo sódico) no que diz respeito aos catiões.

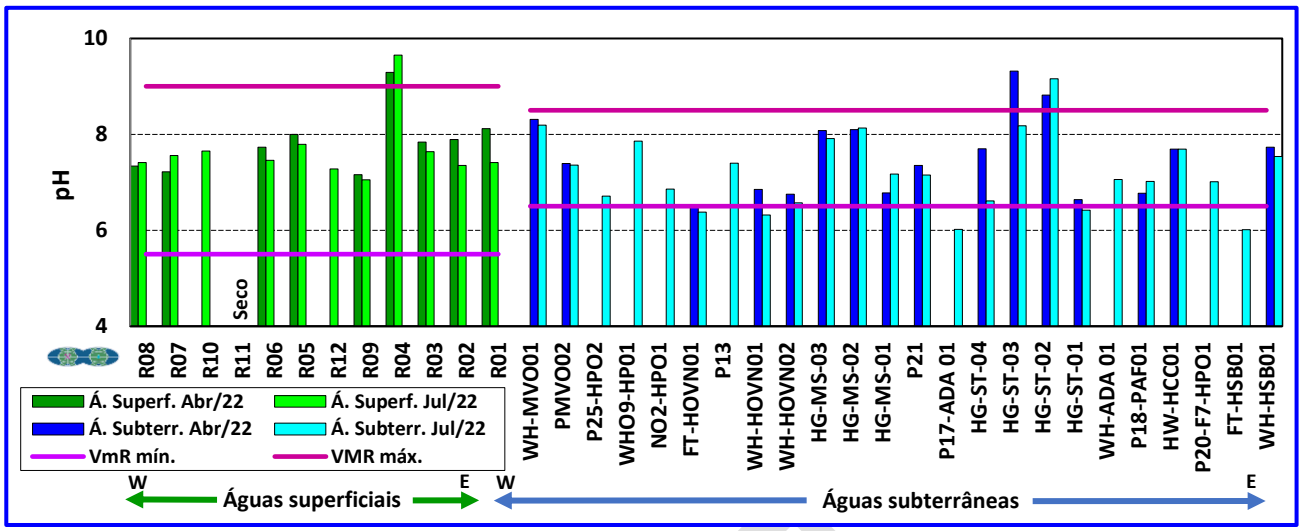
9.4.4 Parâmetros físicos

Nos subcapítulos seguintes tratam-se os parâmetros físicos fundamentais analisados em laboratório para a campanhas de amostragem de abril e julho de 2022, designadamente pH, condutividade elétrica e dureza da água, alcalinidade e resíduo seco (TSD).

9.4.4.1 Potencial hidrogeniónico (pH)

O pH representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas da água através da presença de iões de hidrogénio (H^+). O valor do pH influencia a distribuição das formas livres e ionizadas de compostos químicos, no estabelecimento de um maior ou melhor grau de solubilidade das substâncias e o poder de toxicidade de vários elementos, incluindo metais pesados.

O gráfico da Figura 131 representa os valores de pH para as amostras analisadas. Inclui os limites de qualidade estabelecidos pelo Decreto-Lei 236/98 para a água subterrânea e para a água doce superficial.



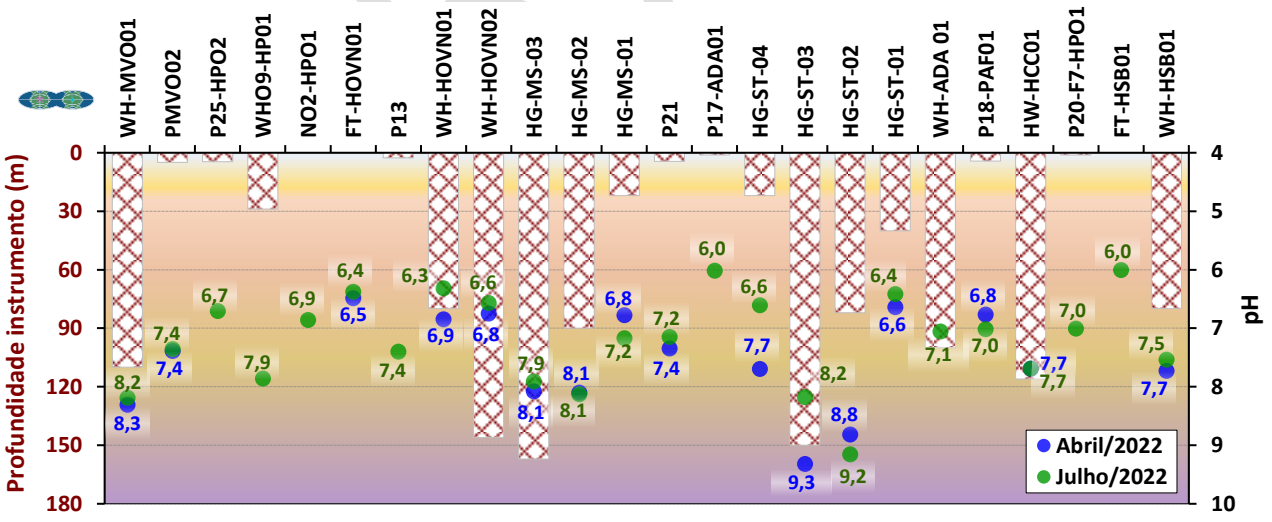
VMR máx: valor máximo recomendado; VMR mín: valor mínimo recomendado;
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 131. pH. Determinação em Laboratório.

As amostras de águas dos furos HG-ST02, HG-ST03 (recorde-se que estes dois furos tinham potencial negativo de redox. Possivelmente a massa de sulfuretos está a afetar o quimismo das águas) e do ponto R04 destacam-se como as mais básicas nas duas campanhas, com pH superior a 8,5 (excedendo o VmR), enquanto em abril as águas da fonte FT-HOVN01 se apresentam como as de pH mais baixo (6,5), ligeiramente ácido (abaixo do VmR para as águas subterrâneas destinadas ao consumo humano), possivelmente devido à influência de ácidos orgânicos, como mencionamos acima.

Em julho cinco amostras subterrâneas têm pH ácido, abaixo do VmR, sendo as mais ácidas as do P17-ADA01 e a da fonte FT-HSB01, com pH cerca de 6.

Na Tabela 56, refletem-se os resultados do pH, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representado graficamente na Figura 1. Concessão Mineira Lagoa Salgada (nº MNC000168)..



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 132. Profundidade do ponto *vs* pH.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	8,31	8,19	Unidades de pH
PMVO02	4,95	7,39	7,36	
P25-HPO2	4,70		6,71	
WHO9-HP01	28,90		7,86	
NO2-HPO1	Sem dado		6,86	
FT-HOVN01	0,00**	6,49	6,38	
P13	2,60		7,40	
WH-HOVN01	80,00	6,85	6,32	
WH-HOVN02	146,00	6,75	6,57	
HG-MS-03	157,00	8,08	7,91	
HG-MS-02	90,00	8,10	8,13	
HG-MS-01	22,00	6,78	7,17	
P21	4,45	7,35	7,15	
P17-ADA01	1,10		6,02	
HG-ST-04	22,00	7,70	6,61	
HG-ST-03	150,00	9,32	8,18	
HG-ST-02	82,00	8,82	9,16	
HG-ST-01	40,00	6,64	6,42	
WH-ADA01	100,00		7,06	
P18-PAF01	4,25	6,77	7,02	
HW-HCC01	116,00	7,69	7,69	
P20-F7-HP01	1,10		7,01	
FT-HSB01	0,00**		6,01	
WH-HSB01	80,00*	7,73	7,54	

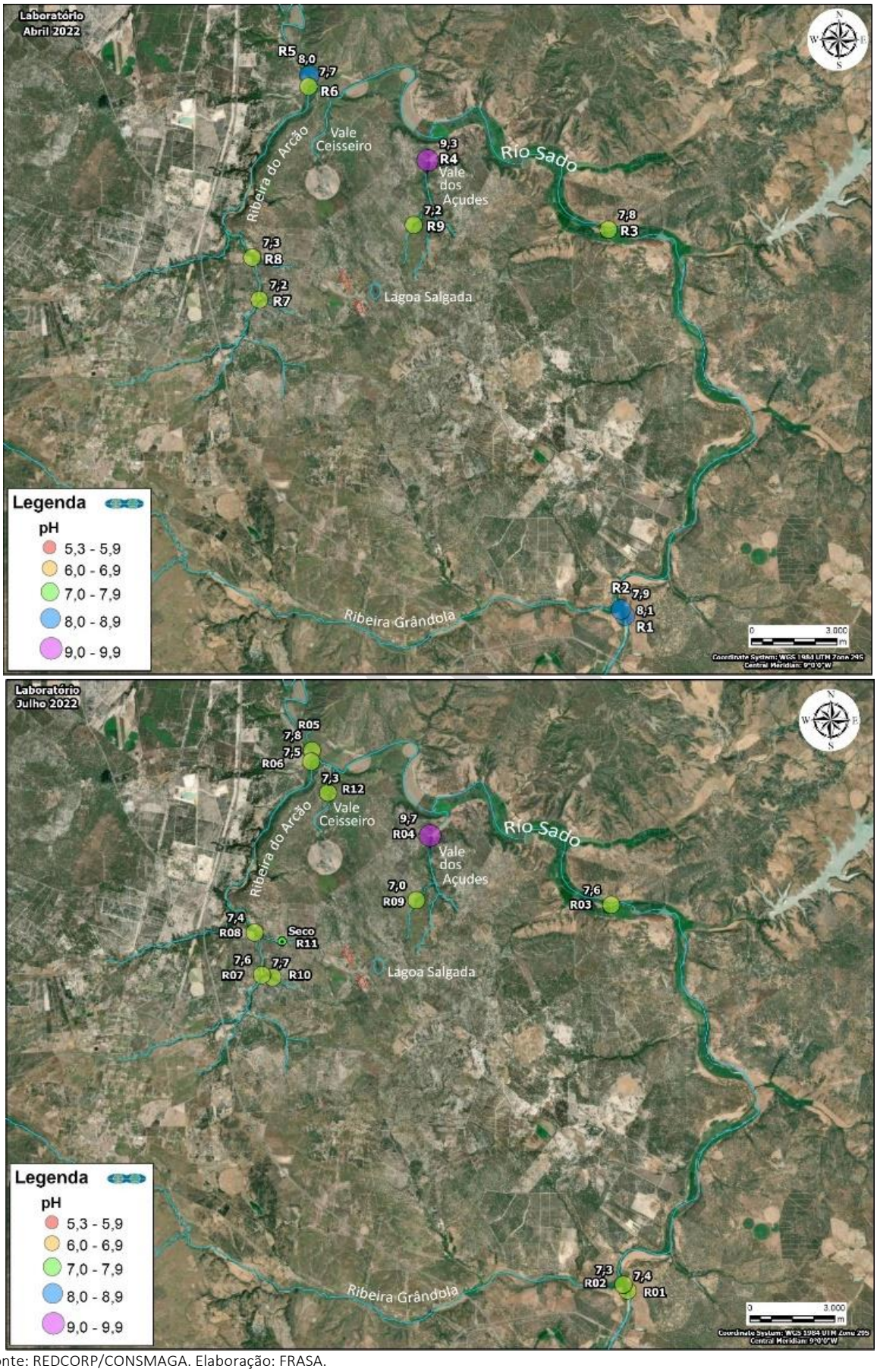
*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 56. Profundidade do ponto de medição *vs* pH.

A maioria das águas apresentam pH mais ácidos em julho que em abril, nos furos HG-MS03 e HG-ST03, ambos com profundidades superiores a 150m, observa-se o pH básico, possivelmente devido ao efeito tampão dos carbonatos abundantes na matriz dos conglomerados Paleogénicos e/ou dos calcarenitos e outros argilitos com carbonatação observada nas formações do Miocénico, mas, no furo WH-HOVN02 de 146 m o pH é ácido, o que mostra diferentes relações em profundidade. O HG-ST02 tem um pH de 8,82 e 9,16 em abril e julho respetivamente, valores muito básicos em comparação com amostras de pontos dessas profundidades, marcando uma possível comunicação com águas profundas do Paleogénico e do CVS (HG-ST03)

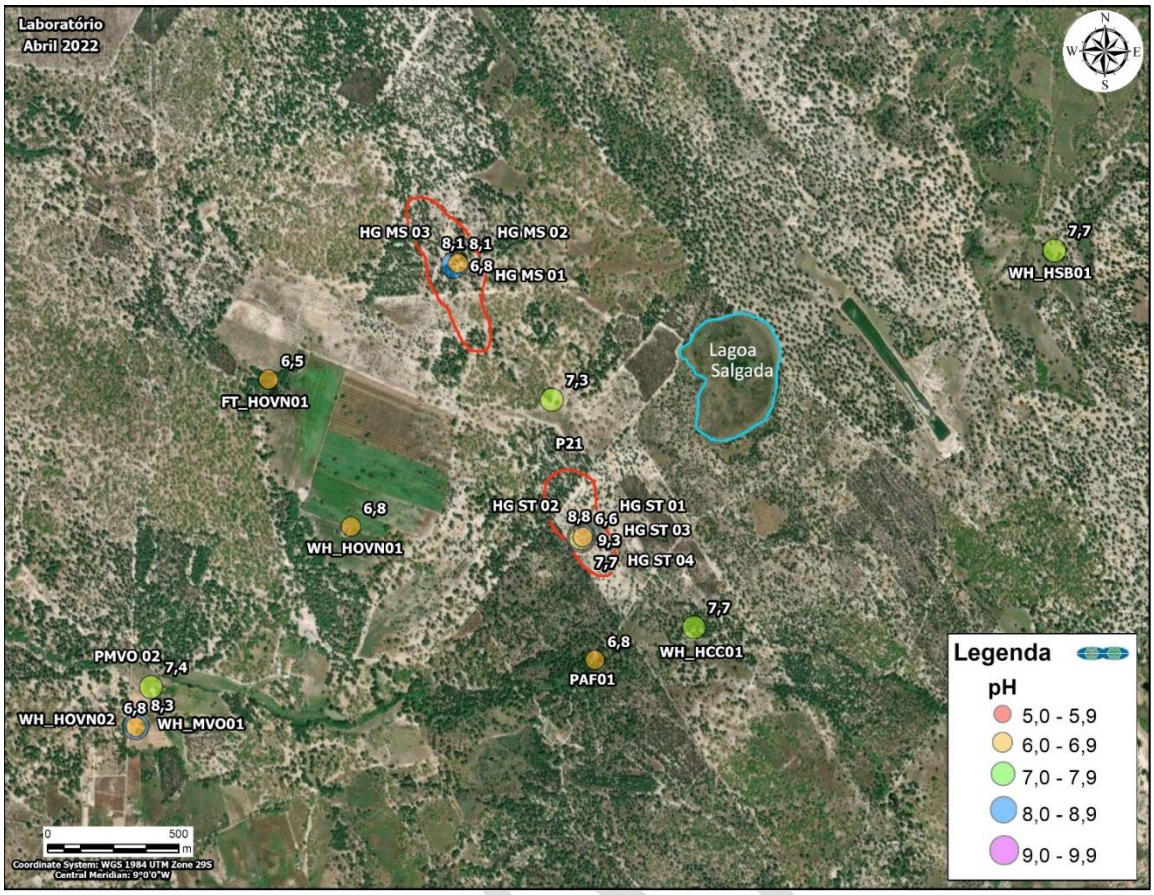
A Figura 133 mostra espacialmente os resultados das águas superficiais e a Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

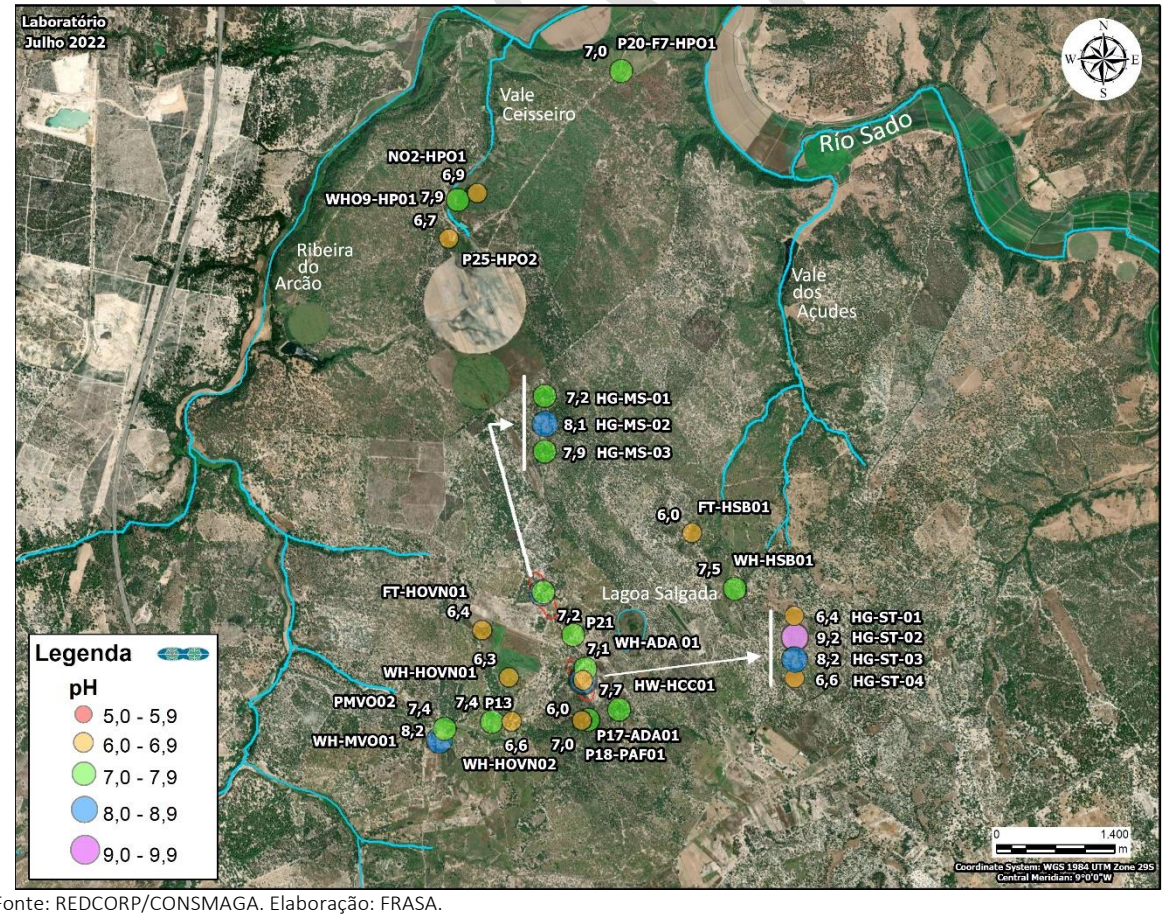
Figura 134 mostra os resultados para as águas subterrâneas.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 133. Valores de pH determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho, 2022).





Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 134. Valores de pH determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho, 2022).

9.4.4.2 Condutividade elétrica CE e dureza da água

9.4.4.2.1 Condutividade elétrica CE

A condutividade elétrica de uma água indica a sua capacidade de transmitir corrente elétrica com base na presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em aniões e catiões. É uma função dos iões dissolvidos, da sua mobilidade, carga ou valência e das concentrações relativas, bem como da temperatura da água.

A unidade de medição no Sistema Internacional é o Siemens (S), para trabalhar com números mais manejáveis, são utilizados os seus sub-multiplos. No nosso caso, o laboratório forneceu os resultados do laboratório foram fornecidos em miliSiemens por metro (mS/m) que se transformou em microSiemens por centímetro (µS/cm) de uso mais comum na análise de água, e para facilitar o cálculo da dureza da água a partir da condutividade como se verá mais adiante. A Tabela 57 mostra a classificação da água de acordo com a sua condutividade.

Tipo de água	Condutividade elétrica
Água ultrapura	0,055 µS/cm
Água destilada	0,5 µS/cm
Água de montanha	1,0 µS/cm
Máx para água potável	1055 mS/cm
Água do mar	56 mS/cm
Água salobra	100 mS/cm

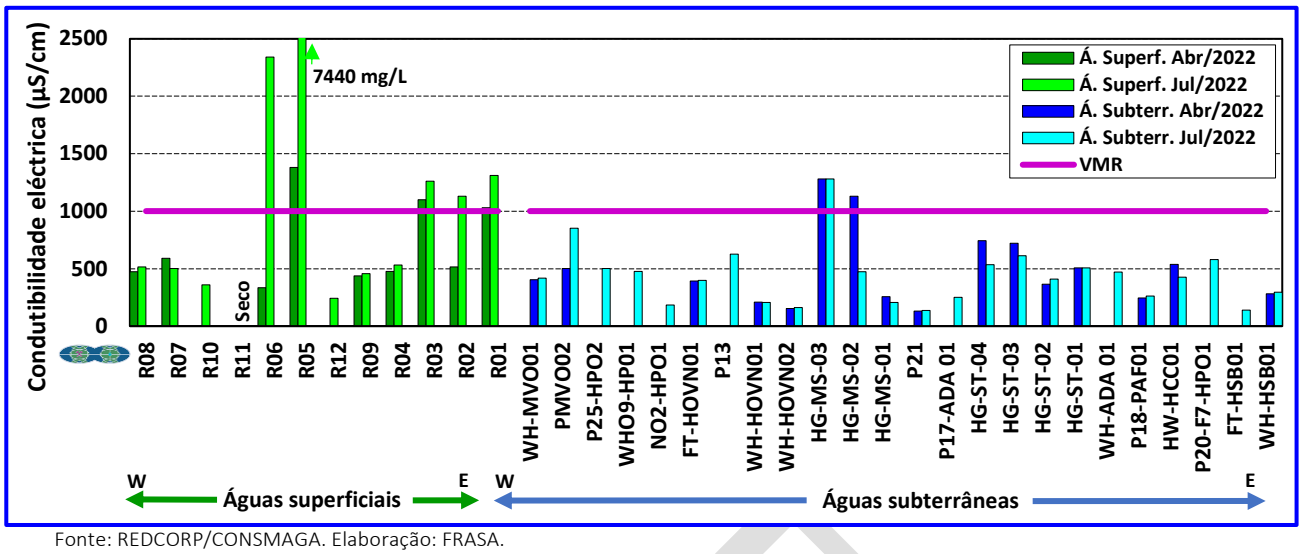
1mS/m= 0.01 mS/cm=10µS/cm.
Fonte: Condutividade_dureza agua.pdf

Tabela 57. Tipos de água segundo a sua condutividade.

A Figura 135 apresenta graficamente os valores de condutividade para as amostras dos pontos monitorizados. Inclui os limites de qualidade estabelecidos pelo Decreto-Lei 236/98 para a água subterrânea e água doce de superfície.

No que diz respeito às águas superficiais, destacam-se as maiores condutividades determinadas em julho do que em abril, exceto no R07. No rio Sado, nos pontos R01, R03 e R05 os valores ultrapassam o limite de qualidade. Os valores de R05 podem ter uma relação com os fluxos das marés e a carga salina no leito que ali se faz mais sentir, claramente porque os valores mais altos são encontrados à medida que nos aproximamos da foz do rio no oceano. O valor medido no ponto R06 em julho também pode estar relacionado com mistura de águas marinas, como já foi explicitado acima no capítulo 10.3.3.1.

No que diz respeito aos pontos das águas subterrâneas, os resultados analíticos mostram condutividades menores que 1000 µS/cm exceto para as determinações do furo HG-M 03 e o HG-MS02 em abril, sendo águas hipersalinas. Nos pontos P21, WH-HOVN02 e FT-HSB01 foram detetados os mínimos, com condutividade elétrica de cerca de 150 µS/cm.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.
VMR: valor máximo recomendado.

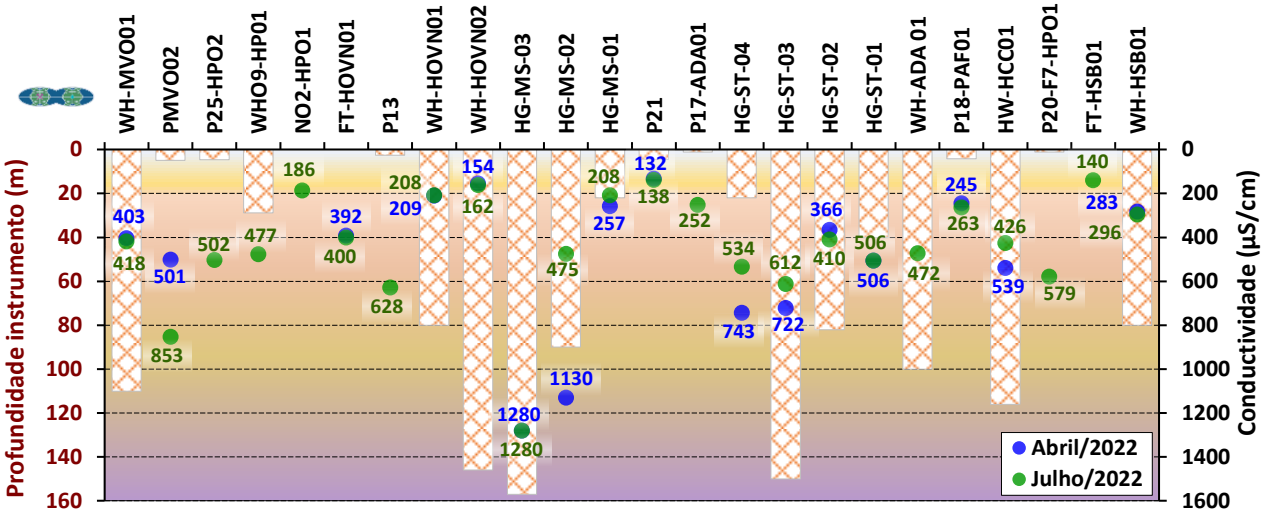
Figura 135. Condutividade elétrica 25°C.

A Tabela 58, reflete os resultados da condutividade, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas. A representação gráfica é mostrada na Figura 136.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	403	418	
PMVO02	4,95	501	853	
P25-HPO2	4,70		502	
WHO9-HP01	28,90		477	
NO2-HPO1	Sem dado		186	
FT-HOVN01	0,00**	501	400	
P13	2,60		628	
WH-HOVN01	80,00	403	208	
WH-HOVN02	146,00	154	162	
HG-MS-03	157,00	1280	1280	
HG-MS-02	90,00	1130	475	
HG-MS-01	22,00	257	208	
P21	4,45	132	138	µS/cm
P17-ADA01	1,10		252	
HG-ST-04	22,00	743	534	
HG-ST-03	150,00	722	612	
HG-ST-02	82,00	366	410	
HG-ST-01	40,00	506	506	
WH-ADA01	100,00		472	
P18-PAF01	4,25	245	263	
HW-HCC01	116,00	539	426	
P20-F7-HP01	1,10		579	
FT-HSB01	0,00**		140	
WH-HSB01	80,00*	283	296	

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 58. Profundidade do ponto *vs* Condutividade elétrica 25°C.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 136. Profundidade do ponto *vs* Condutividade elétrica 25°C.

A maior condutividade é de 1.280 µS/cm no furo HG-MS03 (profundidade de 157 m). No HG-MS02 (90m de profundidade) destaca-se a diferença entre campanhas, passando de água hipersalina em abril (1.130 µS/cm) para 475 µS/cm em julho. O valor mais baixo é detetado no ponto P21 (132 e 138 µS/cm) Para os outros pontos, a condutividade está entre 140 µS/cm até 853 µS/cm.

9.4.4.2.2 Dureza da água

A dureza de uma água mede a sua capacidade de consumir sabão ou produzir incrustações. Embora na reação com sabão para produzir compostos insolúveis pode intervir o Ca. Mg. Fe, Mn. Cu. Ba. Zn, etc., atualmente a dureza é definida em termos de conteúdo de Ca e Mg (dureza total). Menos utilizados são os termos de dureza permanente e dureza temporal que representam a parte da dureza associada ao Cl e $SO_4^=$e a parte associada às espécies carbónicas, respetivamente.

Em soluções aquosas, a condutividade é diretamente proporcional à concentração de sólidos dissolvidos, portanto, quanto maior a concentração, maior a condutividade. Em geral, pode ser estabelecida uma equivalência entre a condutividade elétrica e a dureza da água (Condutividade dureza agua.pdf), que permite classificar a água pelo seu grau de dureza. A relação entre a condutividade e os sólidos dissolvidos é expressa, dependendo das aplicações, com uma boa aproximação pela seguinte igualdade:

1,4 µS/cm = 1 ppm ou 2 µS/cm = 1 ppm (mg/L de $CaCO_3$)

A unidade mais comum de medição de dureza é o grau francês (ºf), definida como:

1°f = 10 ppm de $CaCO_3$

Assim, a divisão da medição de sólidos dissolvidos em ppm por 10 dá o valor da dureza da água com um erro de 2 -3ºf.

A equivalência entre ppm e µS/cm é 1 ppm = 2 µS/cm de condutividade, portanto:

1°f = 20 µS/cm

Deste modo, dividindo a medição da condutividade em microSiemens por 20 dá o valor de dureza da água em graus franceses (com um erro de 2 a 3°f).

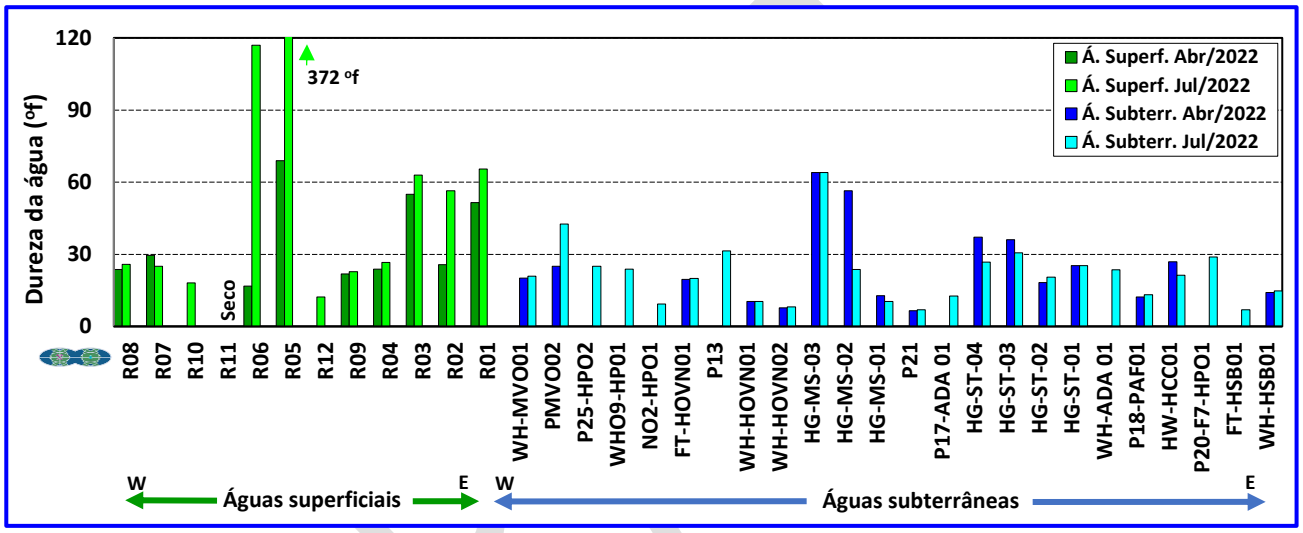
Na Tabela 59 são indicadas as reações entre as diferentes unidades e a classificação da água de acordo com a sua dureza.

ppm	µS/cm	ºf	Dureza
0-70	0-140	0-7	Muy blanda
70-150	140-300	7-15	Blanda
150-250	300-500	15-25	Ligeramente dura
250-320	500-640	25-32	Moderadamente dura
320-420	640-840	32-42	Dura
Superior a 420	Superior a 840	Superior a 42	Muy dura

Fonte Condutividade_dureza agua.pdf

Tabela 59. Relação entre condutividade e dureza da água.

Na Figura 137 apresenta-se os valores de dureza da água para as amostras dos pontos monitorizados. Neste caso, calculou-se a dureza em função da condutividade e a sua relação com a dureza em graus franceses (ºf), sendo de relembrar que 1°f = 10 ppm de $CaCO_3$.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 137. Dureza da água.

De acordo com a classificação observada na Tabela 59, é-se confrontado com uma ampla gama de tipos de água no que diz respeito à sua dureza, que vai desde a água muito dura nos pontos fluviais R01, R03, R05 e R06, até águas muito macias (P21).

Destaca-se a variação entre as campanhas de abril e julho no ponto R06, e o grande aumento em R05 em julho, sem dúvida devido à influência das marés.

Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

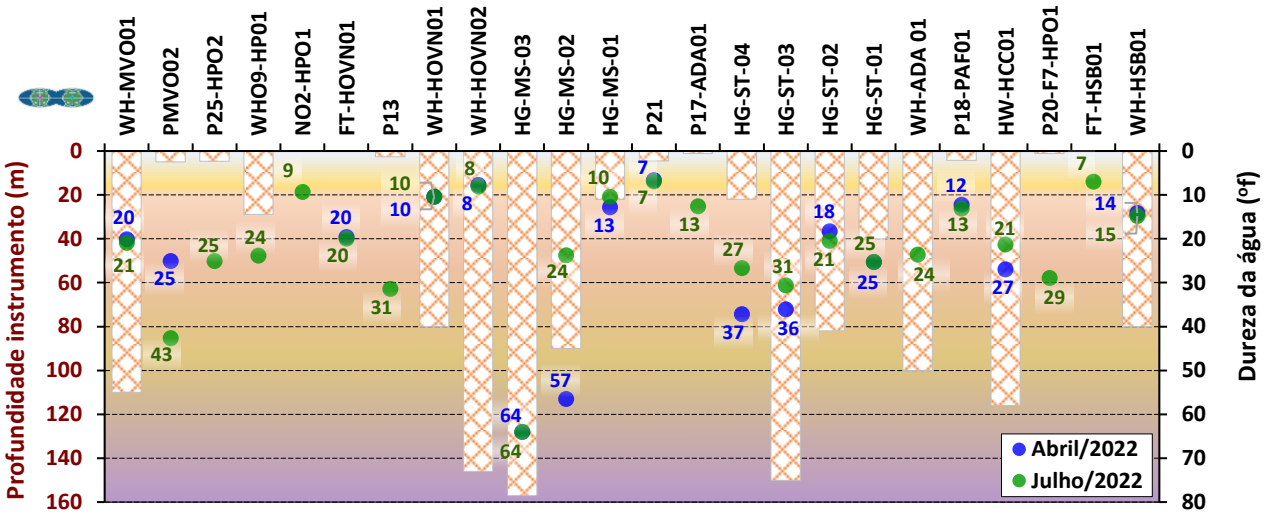
Tabela 60, refletem-se os resultados da dureza da água em graus franceses (ºf) juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representados graficamente na Figura 138.

Nas amostras de águas subterrâneas encontram-se os valores mais elevados de dureza da água no ponto HG-MS03 e no HG-MS02 em abril (157 m de profundidade e 90 m de profundidade), com valores de 64,0 e 56,5, respetivamente). É de destacar a diferença encontrada nos valores de abril nos furos HG-MS02 e HG-ST02 (56,5 para o furo HG-MS02 e 18,3 para o HG-ST02), e na campanha de julho onde os valores de HG-MS02 baixam até um valor semelhante. O valor mais baixo é detetado no ponto P21 (6,6 e 6,9 ºf).

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	20,2	20,9	
PMVO02	4,95	25,1	42,7	
P25-HPO2	4,70		25,1	
WHO9-HP01	28,90		23,9	
NO2-HPO1	Sem dado		9,3	
FT-HOVN01	0,00**	19,6	20,0	
P13	2,60		31,4	
WH-HOVN01	80,00	10,5	10,4	
WH-HOVN02	146,00	7,7	8,1	
HG-MS-03	157,00	64,0	64,0	
HG-MS-02	90,00	56,5	23,8	
HG-MS-01	22,00	12,9	10,4	
P21	4,45	6,6	6,9	ºf
P17-ADA01	1,10		12,6	
HG-ST-04	22,00	37,2	26,7	
HG-ST-03	150,00	36,1	30,6	
HG-ST-02	82,00	18,3	20,5	
HG-ST-01	40,00	25,3	25,3	
WH-ADA01	100,00		23,6	
P18-PAF01	4,25	12,3	13,2	
HW-HCC01	116,00	27,0	21,3	
P20-F7-HP01	1,10		29,0	
FT-HSB01	0,00**		7,0	
WH-HSB01	80,00*	14,2	14,8	

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

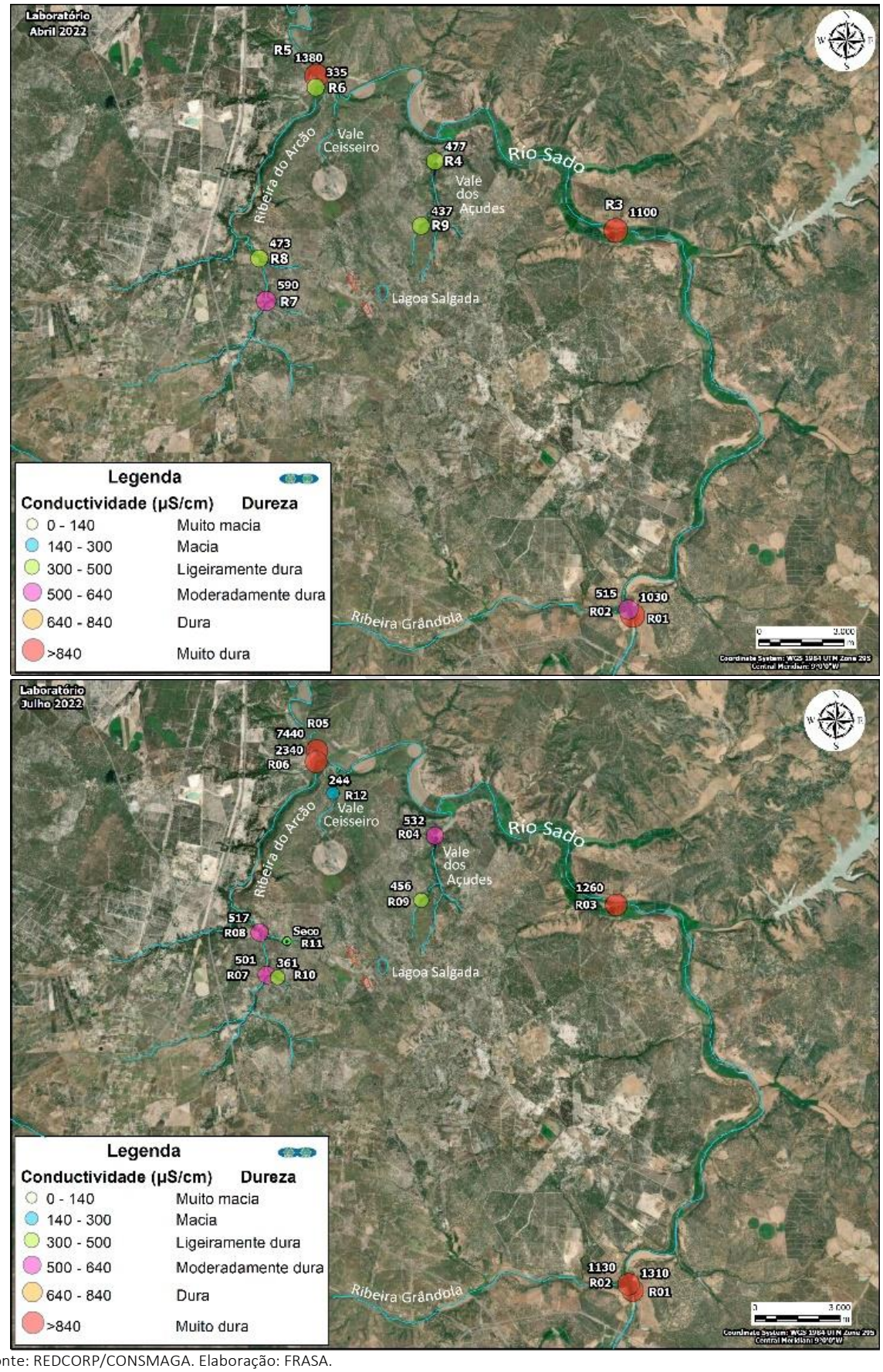
Tabela 60. Profundidade do ponto *vs* dureza da água.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

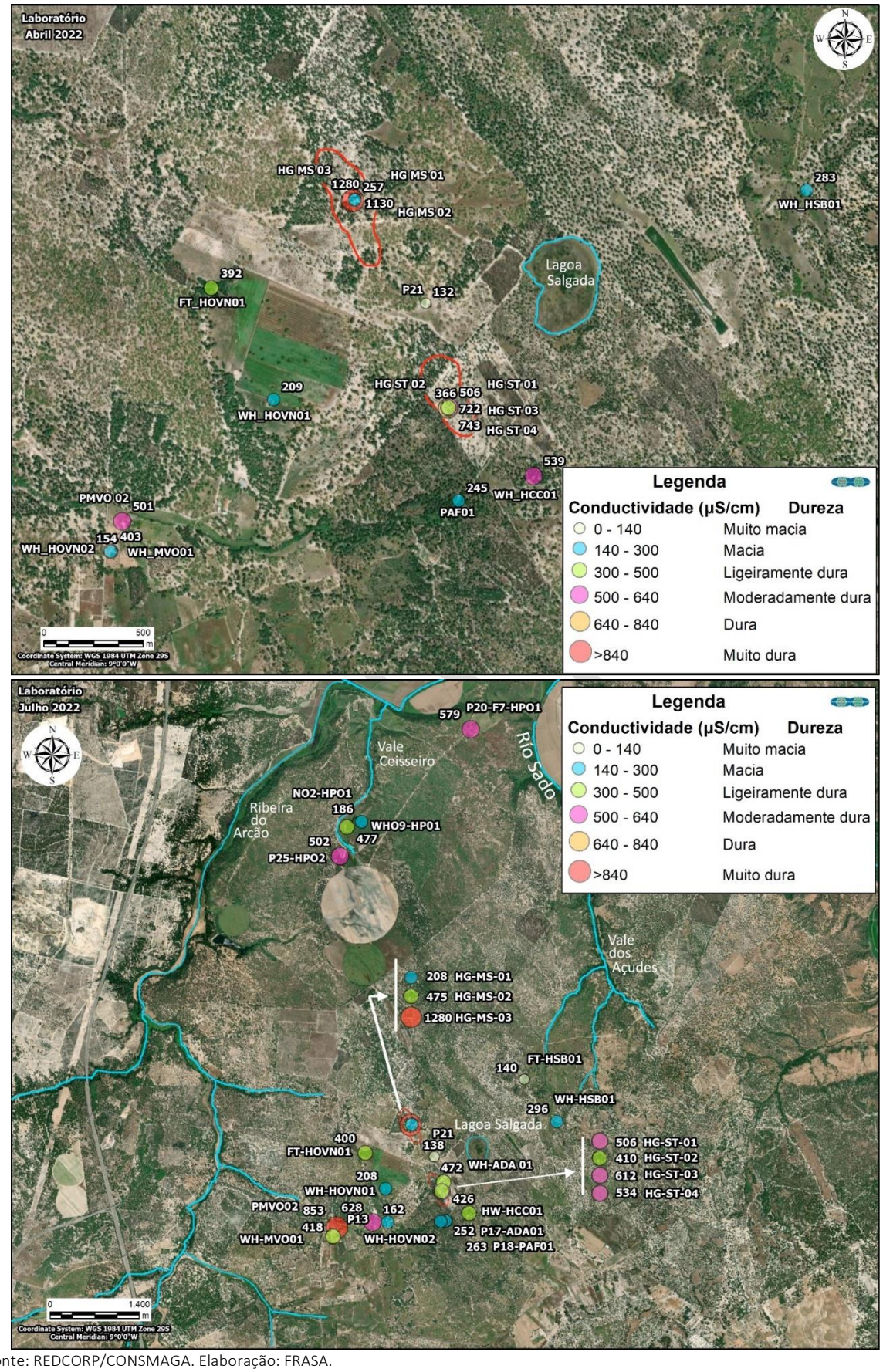
Figura 138. Profundidade do ponto *vs* dureza da água.

Na Figura 139 são apresentados os resultados de condutividade e dureza das águas superficiais enquanto na Figura 140 são representados os valores para as águas subterrâneas



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 139. Valores de condutividade e dureza da água determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 140. Valores de condutividade e dureza da água determinadas em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

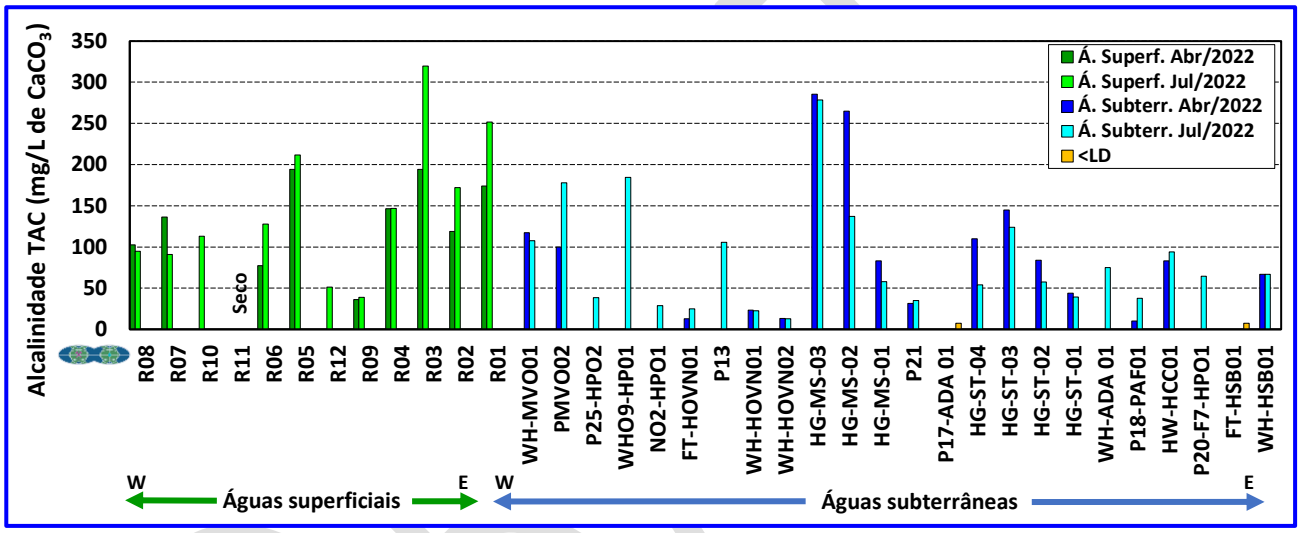
9.4.4.3 Alcalinidade

A alcalinidade indica a quantidade de iões da água com capacidade de neutralizar os iões de hidrogénio, ou seja, representa a capacidade da água para neutralizar os ácidos. Desta forma a alcalinidade representa a capacidade tampão de uma água, e com esta condição de resistir às mudanças no pH. Esta capacidade deve ser definida para determinadas gamas de pH. Assim, a alcalinidade TAC mede a capacidade de neutralização até pH 4.5 e a alcalinidade TA até pH 8.3.

Na maioria das águas naturais a alcalinidade é produzida praticamente por iões de carbonato e bicarbonato, embora, por vezes, outros ácidos fracos como ácidos silícicos, fosfóricos, bóricos e ácidos orgânicos possam contribuir significativamente para o desenvolvimento desta propriedade.

O valor TAC está geralmente compreendido entre 100 e 300 mg/L de $CaCO_3$, enquanto o valor de AT geralmente varia entre 0 e 10 mg/L. de $CaCO_3$.

A Figura 141 mostra os resultados analíticos da alcalinidade TAC nas águas subterrâneas e nas águas superficiais. O laboratório forneceu os resultados em mmol/L, sendo posteriormente transformados em mg/L de $CaCO_3$, sendo a equivalência 1 mmol/L = 50 mg/L de $CaCO_3$.

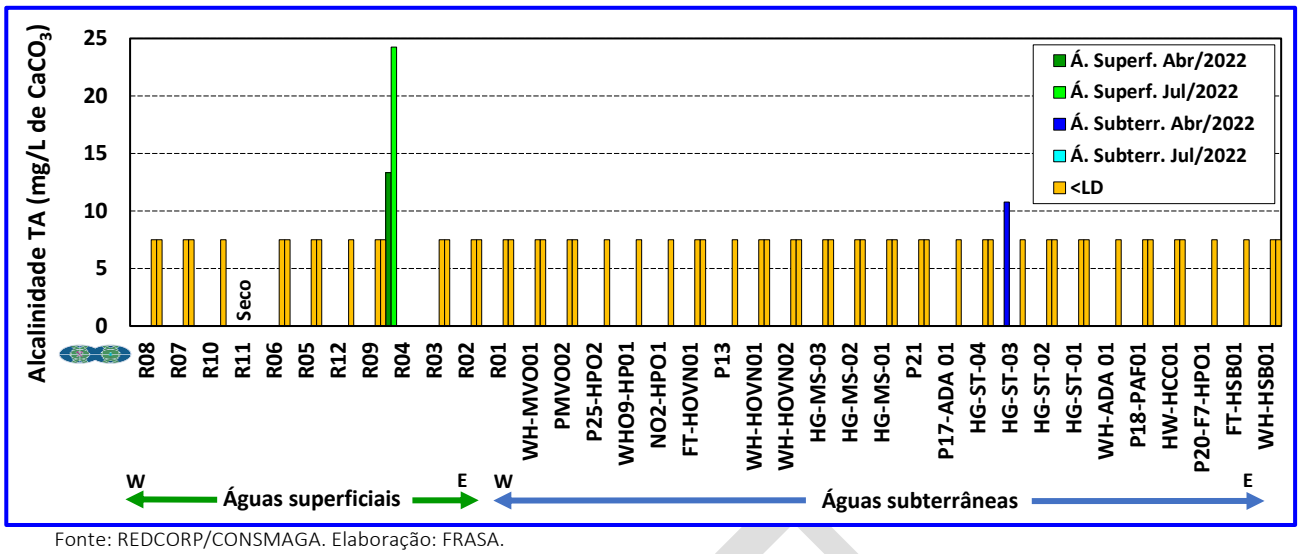


Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 141. Alcalinidade TAC das águas superficiais e águas subterrâneas

Os pontos que mostram mais alcalinidade TAC em abril de 2022 são os furos HG-MS02 e HG-MS03 (286 e 265mg /L de $CaCO_3$), enquanto os valores mais baixos de cerca de 10 são encontrados nos pontos WH-HOVN02, P-AF01 e FT-HOVN01 (13, 10 e 13 mg/L de $CaCO_3$, respetivamente). Em julho os maiores são no furo HG-MS03. Nas águas superficiais destacam-se os valores dos pontos R1, R3 e R5 (acima de 150 mg/L $CaCO_3$) todos pertencentes ao rio Sado. A alcalinidade TAC mais baixa dos pontos de superfície é apresentada pelo ponto R9 (ponto no barranco do Vale dos Açudes) com 32 mg/L $CaCO_3$.

A Figura 142 mostra os resultados da alcalinidade TA. Para a maioria das amostras, os valores analíticos estavam abaixo do limite de deteção (7,5 mg/L $CaCO_3$). Apenas em abril 2022 duas amostras ultrapassaram esta, no furo HG-ST03 (com 11 mg/L $CaCO_3$) e o ponto de água de superfície R04 (pertencente ao ponto mais baixo no barranco do Vale dos Açudes) perto da sua confluência com o rio Sado, com 13,4 mg/L $CaCO_3$. Em julho 2022 só no R04 é detetado um valor acima do limite de deteção (24,3 mg/L $CaCO_3$).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 142. Alcalinidade TA, das águas superficiais e águas subterrâneas

Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

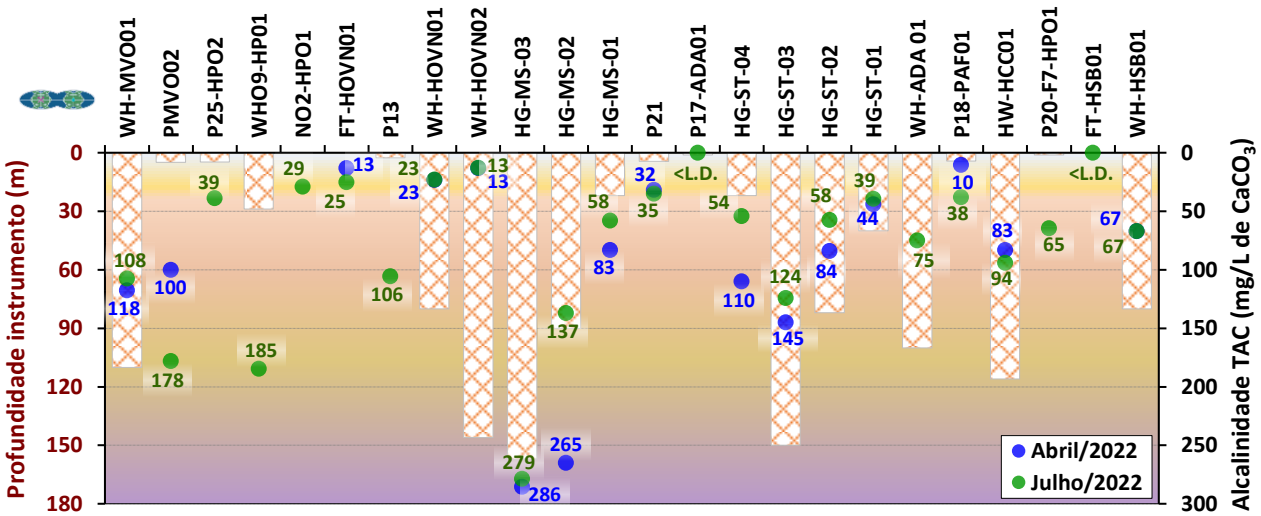
Tabela 61, refletem-se os resultados da alcalinidade TAC e TA, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representado graficamente na Figura 143.

Ponto	Profundidade	Alcalinidade TAC (mg /L de CaCO3)		Alcalinidade TA (mg /L de CaCO3)	
		Abril 2022	Julho 2022	Abril 2022	Julho 2022
WH-MVO01	110,00	117,5	107,5	<7.5	<7.5
PMVO02	4,95	100	178	<7.5	<7.5
P25-HPO2	4,70		38,7		<7.5
WHO9-HP01	28,90		184,5		<7.5
NO2-HPO1	Sem dado		28,95		<7.5
FT-HOVN01	0,00**	13,05	25	<7.5	<7.5
P13	2,60		105,5		<7.5
WH-HOVN01	80,00	23,3	22,8	<7.5	<7.5
WH-HOVN02	146,00	13,2	12,8	<7.5	<7.5
HG-MS-03	157,00	285,5	278,5	<7.5	<7.5
HG-MS-02	90,00	265	137	<7.5	<7.5
HG-MS-01	22,00	83	58	<7.5	<7.5
P21	4,45	31,6	34,9	<7.5	<7.5
P17-ADA01	1,10		<7.5		<7.5
HG-ST-04	22,00	110	54	<7.5	<7.5
HG-ST-03	150,00	145	124	10,8	<7.5
HG-ST-02	82,00	84	57,5	<7.5	<7.5
HG-ST-01	40,00	44	39,35	<7.5	<7.5
WH-ADA01	100,00		75		<7.5
P18-PAF01	4,25	10,4	37,9	<7.5	<7.5
HW-HCC01	116,00	83	94	<7.5	<7.5
P20-F7-HP01	1,10		64,5		<7.5
FT-HSB01	0,00**		<7.5		<7.5
WH-HSB01	80,00*	67	67	<7.5	<7.5

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.

Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 61. Profundidade do ponto *vs* Alcalinidade TAC e TA.

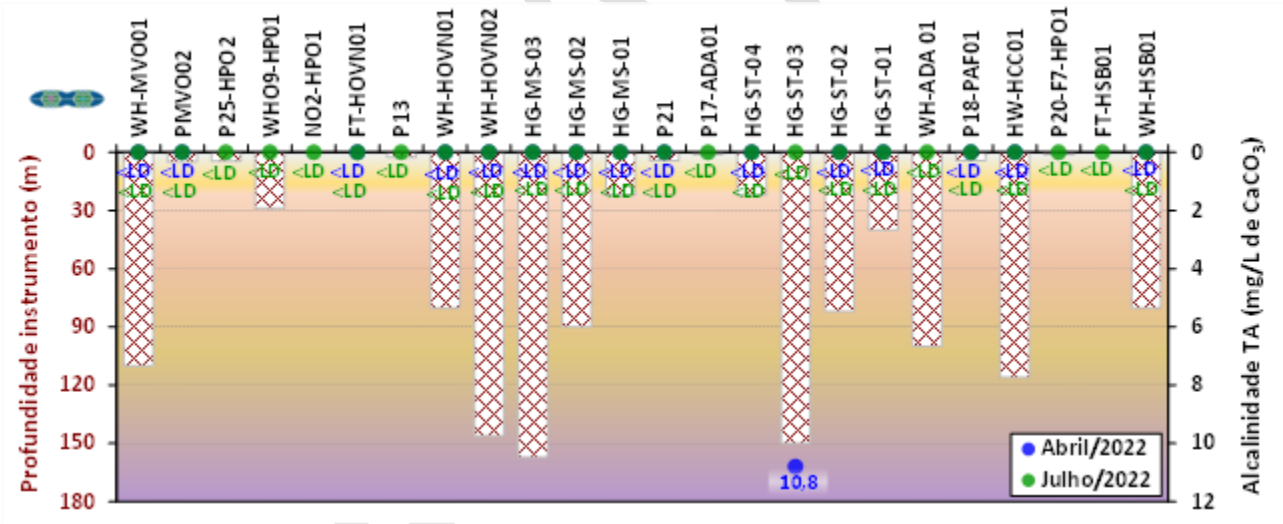


Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 143. Profundidade do ponto vs Alcalinidade TAC.

Nas águas subterrâneas, a Alcalinidade TAC, em abril 2022, varia entre um mínimo de 13,1 para a fonte FT-HOVN01 e um máximo de 285 para o furo HG-MS03 seguido de 265 para o furo HG-MS02. Em julho apresenta valores abaixo do limite de deteção nos pontos P17-ADA01 e FT-HSB01 sendo que o máximo é repetido no HG-MS03.

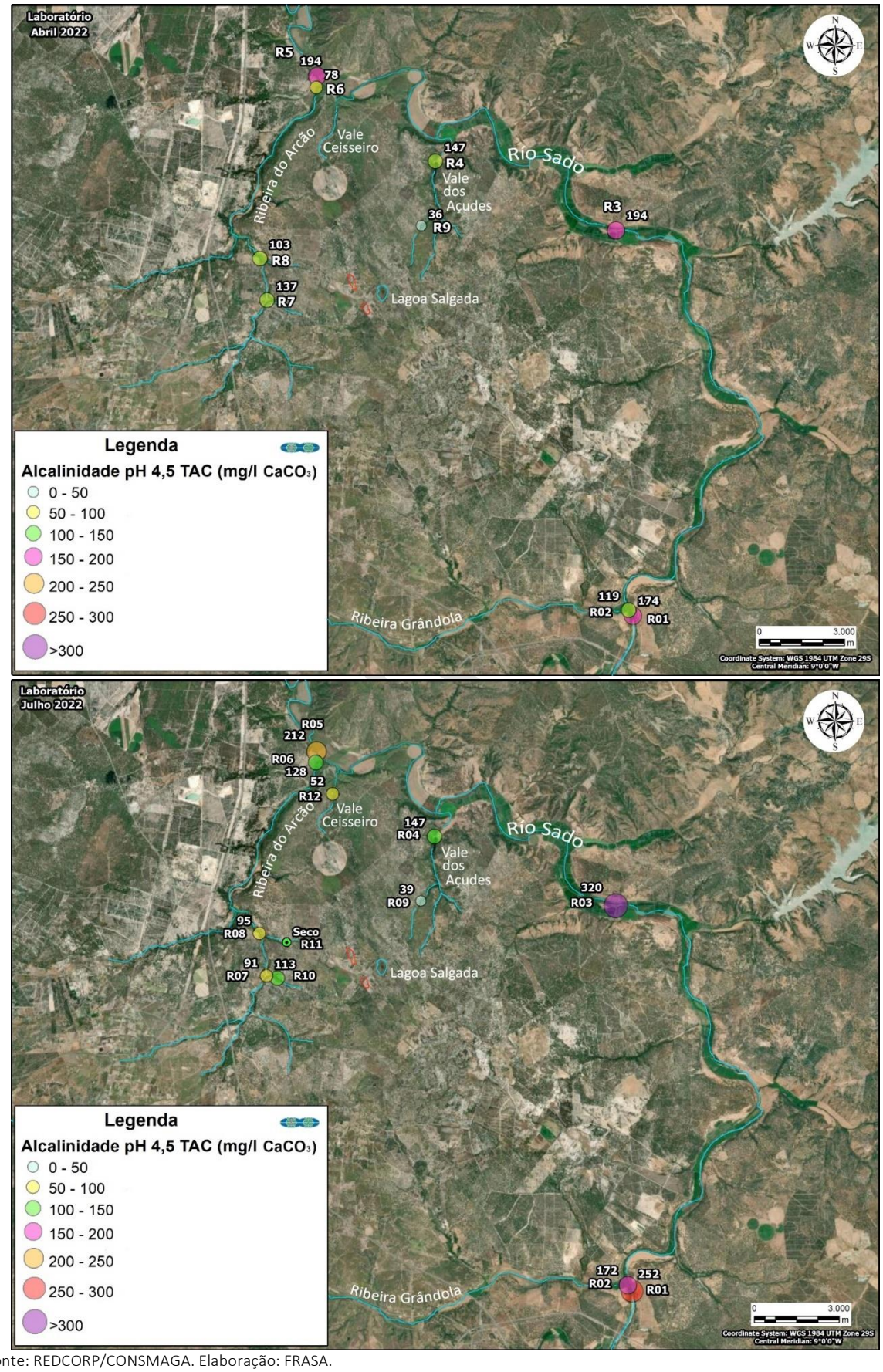
No caso da TA, todos os valores estão abaixo do limite de deteção (7,5 mg/L de $CaCO_3$), exceto o HG-ST03 no abril de 2022 (10,8 mg/L de $CaCO_3$) (Figura 144).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

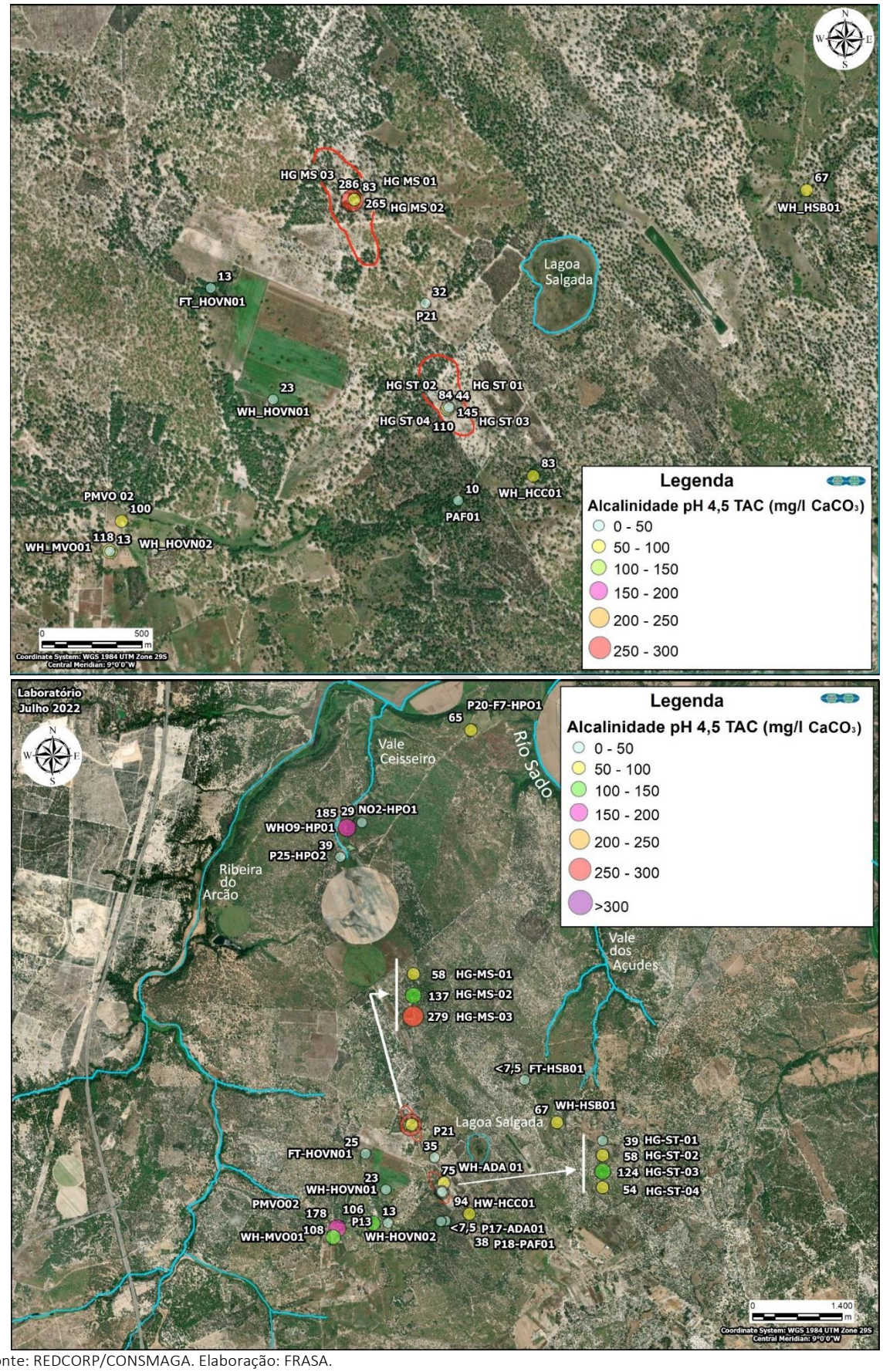
Figura 144. Profundidade do ponto *vs* Alcalinidade TA.

Na Figura 145, são representados espacialmente os resultados da alcalinidade TAC para as águas superficiais e na Figura 146 para as águas subterrâneas.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 145. Alcalinidade TAC determinada em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho, 2022).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 146. Alcalinidade TAC determinada em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

9.4.4.4 Resíduo seco TSD

O resíduo seco ou sólidos dissolvidos totais (TSD ou TDS na sigla em Inglês) é o resíduo que resta após evaporar uma amostra de água previamente filtrada através de um elemento de fibra de vidro com uma abertura de 1,5micra. A água evapora e o resíduo é aquecido até 180°C.

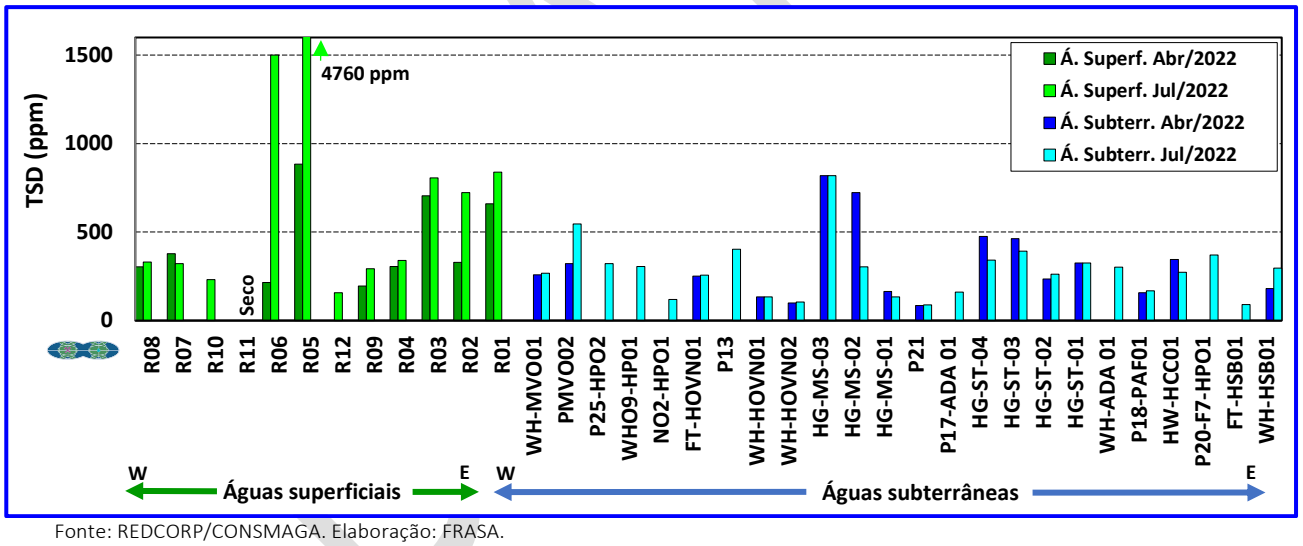
À medida que as águas subterrâneas se movem ao longo dos seus trajetos de fluxo na zona saturada, sucedem-se os aumentos de sólidos dissolvidos totais e da maioria dos iões principais. Como seria de esperar, esta generalização, tem-se observado na investigação das águas subterrâneas em muitas partes do mundo, onde se conclui que as águas subterrâneas próximas da superfície do terreno nas áreas de recarga são mais baixas em sólidos dissolvidos do que a água mais profunda no mesmo sistema e mais elevada em sólidos dissolvidos do que a água em zonas pouco profundas nas zonas de descarga, (fc79.gw-project.org).

Num trabalho clássico baseado em mais de 10.000 análises químicas de amostras de poços da Austrália, Chebotarev (1955) concluiu que as águas subterrâneas tendem a evoluir quimicamente para a composição da água do mar. Observou que esta evolução é normalmente acompanhada pelas seguintes alterações regionais nas espécies de aniões dominantes:

Trajeto ao longo do caminho de fluxo (Chebotarev,1955):

$$HCO^-_3 \rightarrow HCO^-_3 + SO_4^= + HCO^-_3 \rightarrow SO_4^= + Cl^- \rightarrow Cl^- + SO_4^=$$

A Figura 147 mostra os valores de TSD para as amostras dos pontos monitorizados durante a campanhas de abril e julho de 2022. Neste caso, calculou-se o resíduo seco com base na condutividade. O resultado é expresso em mg/L.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.
VMR: valor máximo recomendado.

Figura 147. Resíduo seco TSD.

As águas podem ser classificadas de acordo com o seu resíduo seco, tal como indicado na Tabela 62. De acordo com esta classificação, em geral, está-se perante uma água doce, quando o TSD está abaixo de 2000 mg/L.

Tipo de água	Resíduo seco (mg/L)
Água doce	0 – 2000 (às vezes até 3 000)
Água salobra	Até 5000 (às vezes até 10 000)
Água salgada	Até 40000 (às vezes até 10 0000)
Salmoura	Até saturação

Tabela 62. Classificação das águas segundo o resíduo seco TSD.

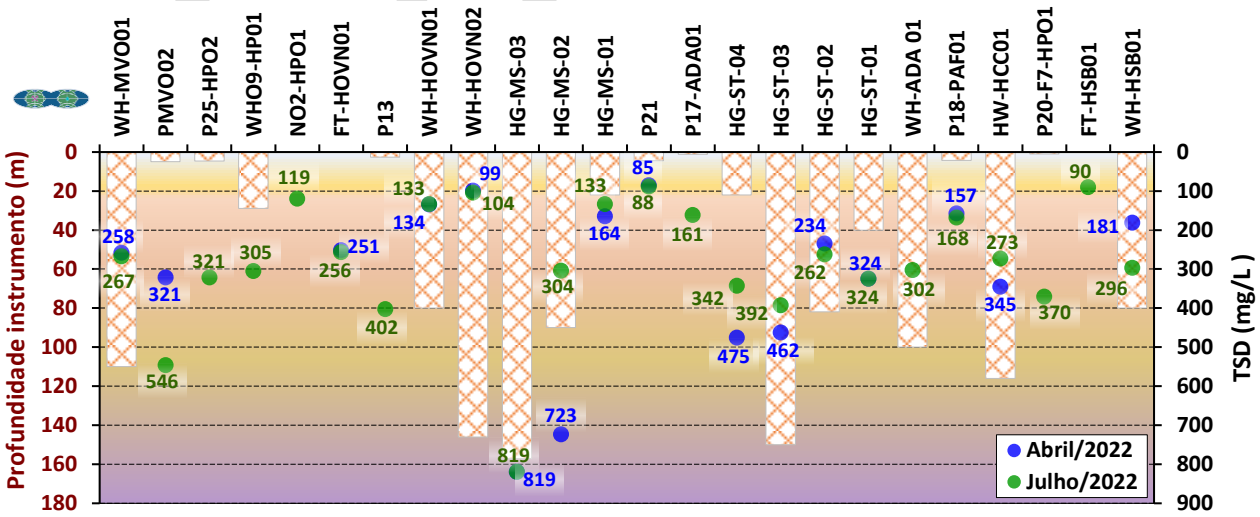
Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 63, reflete-se os resultados do resíduo seco, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem de águas subterrâneas, sendo que esses resultados são representados graficamente na Figura 148. Encontram-se os valores TSD mais elevados no ponto HG-MS03 (profundidade de 157m) (819 mg/L), no HG-MS02 (profundidade de 90m) em abril apresenta 723 mg/L, e em julho desce até 304 mg/L. O valor mais baixo é detetado no ponto P21 (85 e 88 mg/L).

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	258	267	
PMVO02	4,95	321	546	
P25-HPO2	4,70		321	
WHO9-HP01	28,90		305	
NO2-HPO1	Sem dado		119	
FT-HOVN01	0,00**	251	256	
P13	2,60		402	
WH-HOVN01	80,00	134	133	
WH-HOVN02	146,00	98,5	104	
HG-MS-03	157,00	819	819	
HG-MS-02	90,00	723	304	
HG-MS-01	22,00	164	133	
P21	4,45	85	88	mg/L
P17-ADA01	1,10		161	
HG-ST-04	22,00	475	342	
HG-ST-03	150,00	462	392	
HG-ST-02	82,00	234	262	
HG-ST-01	40,00	324	324	
WH-ADA01	100,00		302	
P18-PAF01	4,25	157	168	
HW-HCC01	116,00	345	273	
P20-F7-HP01	1,10		370	
FT-HSB01	0,00**		90	
WH-HSB01	80,00*	181	296	

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 63. Profundidade do ponto *vs* TSD.

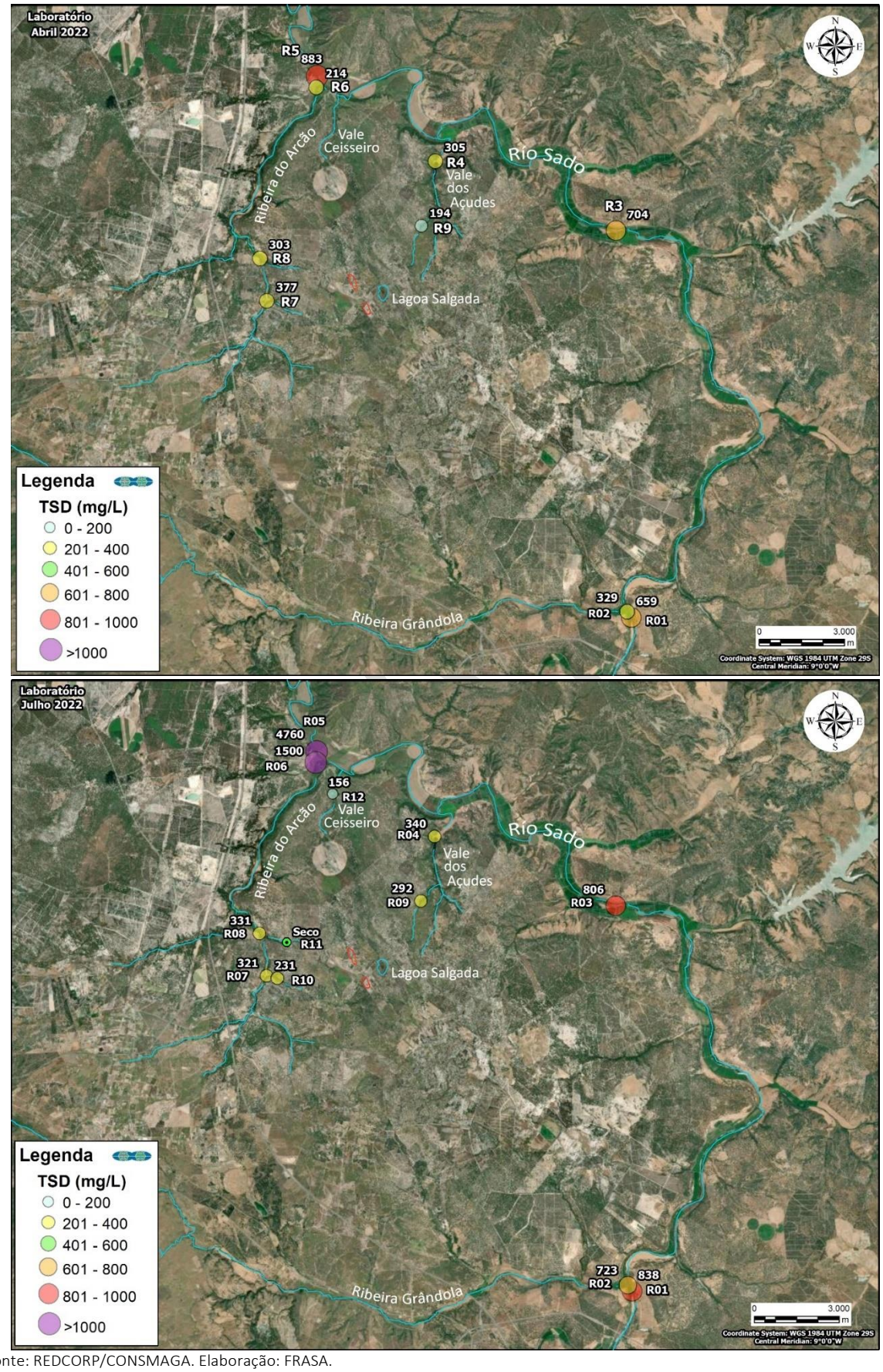


Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 148. Profundidade do ponto *vs* TSD.

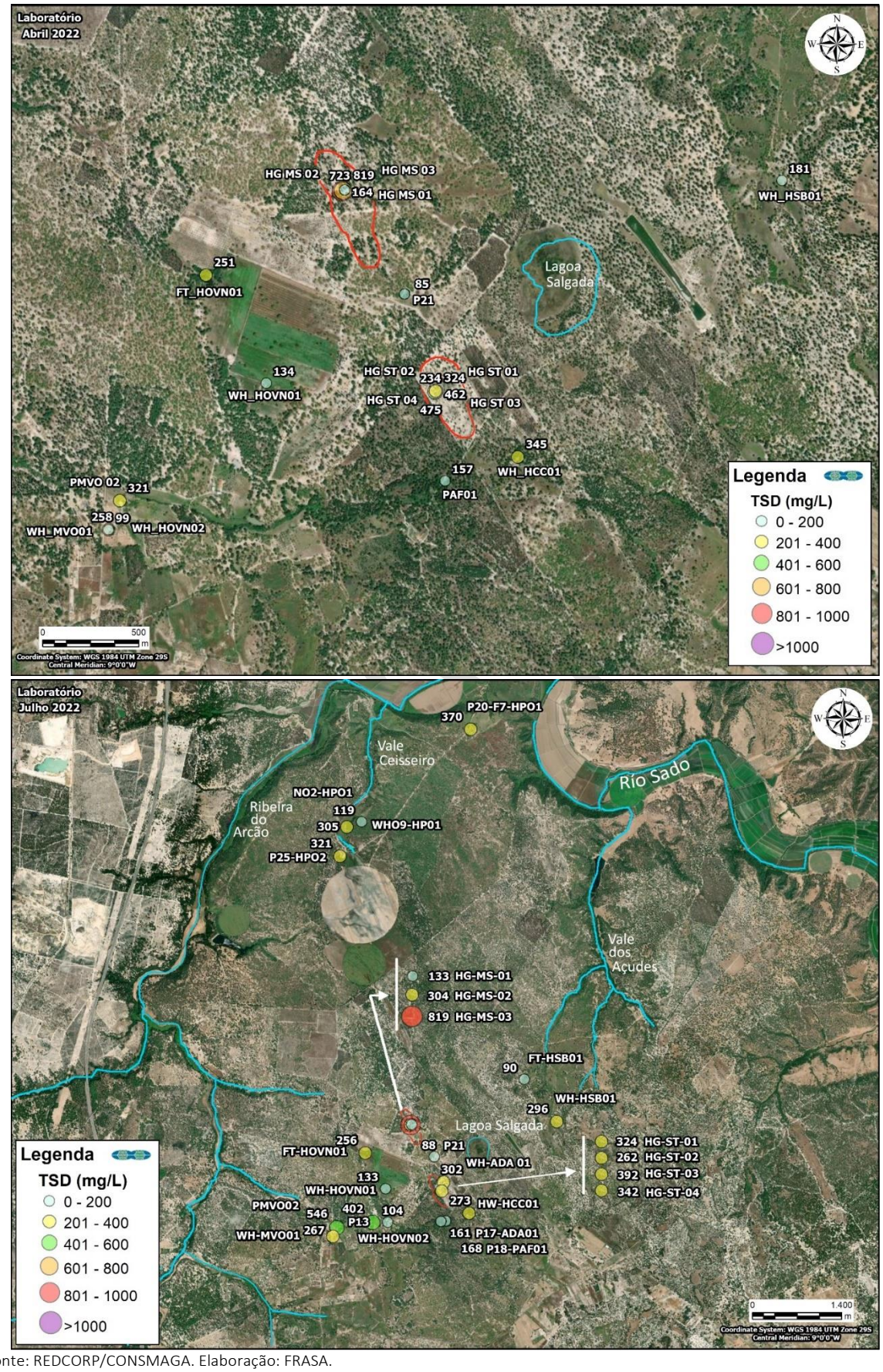
Na Figura 149 representa-se espacialmente os resultados das águas superficiais e na Figura 150 para as águas subterrâneas.

DRAFT



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 149. Valores de TSD, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 150. Valores de TSD, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

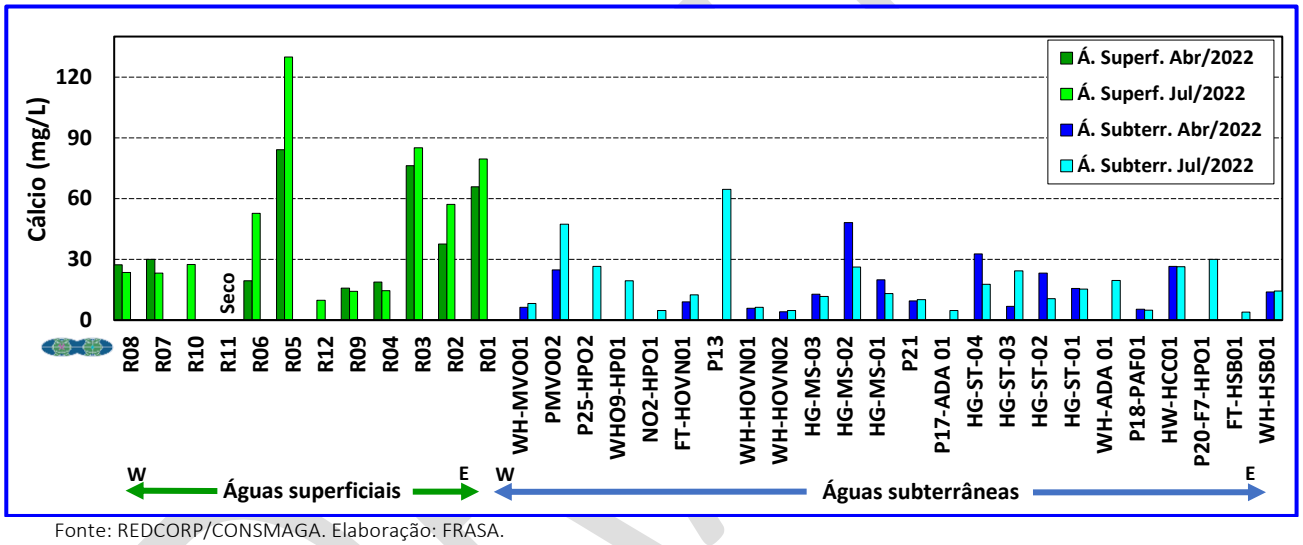
9.4.5 Catiões

9.4.5.1 Cálcio

Os sais de cálcio têm uma solubilidade moderada a elevada sendo muito comum que precipitem como carbonato de cálcio ($CaCO_3$). É um dos dois principais constituintes da água, e o principal responsável pela dureza, apresentando, em geral, sob a forma de bicarbonatos e mais raramente como carbonatos. A solubilidade do bicarbonato de cálcio aumenta na presença de sais de sódio e potássio (Feitosa, 2008).

O cálcio no mar apresenta uma extraordinária mobilidade determinada pela abundância e distribuição de organismos oceânicos, porque o cálcio concentrado por seres vivos para formar o seu esqueleto ou concha dissolve-se lentamente uma vez morto e desta forma a quantidade de cálcio no mar permanece constante devido a este comportamento cíclico. Os depósitos de conchas de animais marinhos sedimentados no Miocénico misturados com alguma deposição continental formaram os estratos de calcarenitos presentes na área de estudo.

Na Figura 151 estão representados os dados de monitorização das águas subterrâneas e das águas superficiais.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 151. Cálcio.

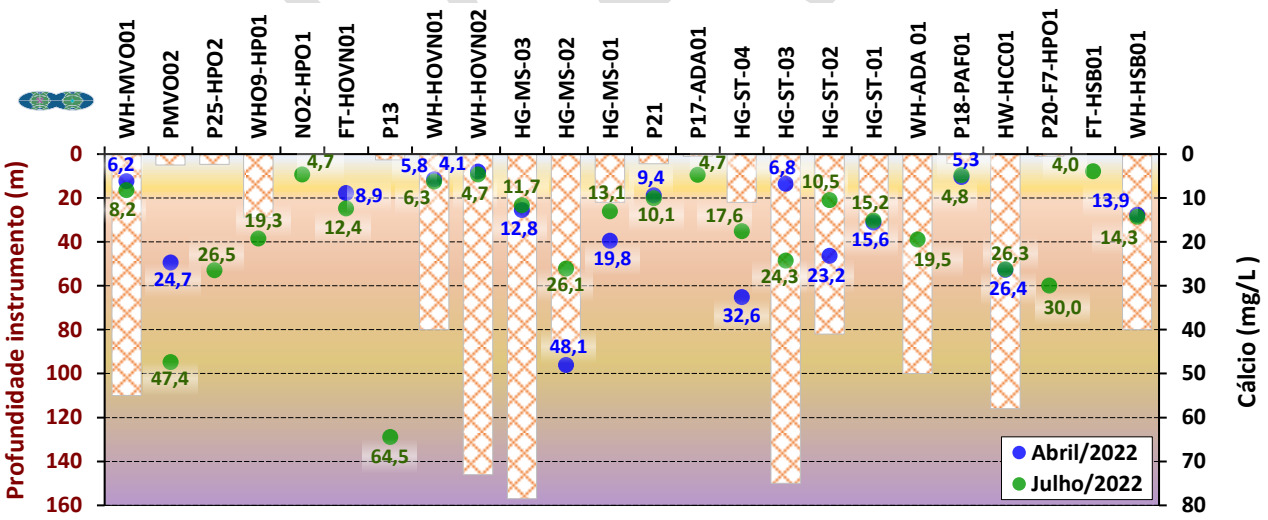
Num caso é ultrapassada uma concentração de 100 mg/L., no ponto mais baixo do rio Sado (R05) em julho de 2022, com 130 mg/L., sendo 250 mg/L o limite definido para este parâmetro pela APA/ARH Alentejo. Uma vez balizados estes valores, definiu-se que é nas águas superficiais que se encontram os valores mais elevados de cálcio (Pontos R05, R03 e R01). Para os restantes pontos de águas superficiais, os valores de cálcio variam desde valores próximos de 10 mg/L, até cerca de 60 mg/L.

Na Tabela 64 refletem-se os resultados analíticos do cálcio, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo que está representado graficamente na Figura 152.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	6,23	8,22	
PMVO02	4,95	24,7	47,4	
P25-HPO2	4,70		26,5	
WHO9-HP01	28,90		19,3	
NO2-HPO1	Sem dado		4,67	
FT-HOVN01	0,00**	8,9	12,4	
P13	2,60		64,5	
WH-HOVN01	80,00	5,81	6,26	
WH-HOVN02	146,00	4,05	4,69	
HG-MS-03	157,00	12,8	11,7	
HG-MS-02	90,00	48,1	26,1	
HG-MS-01	22,00	19,8	13,1	
P21	4,45	9,44	10,1	mg/L
P17-ADA01	1,10		4,74	
HG-ST-04	22,00	32,6	17,6	
HG-ST-03	150,00	6,77	24,3	
HG-ST-02	82,00	23,2	10,5	
HG-ST-01	40,00	15,6	15,2	
WH-ADA01	100,00		19,5	
P18-PAF01	4,25	5,28	4,84	
HW-HCC01	116,00	26,4	26,3	
P20-F7-HP01	1,10		30	
FT-HSB01	0,00**		3,96	
WH-HSB01	80,00*	13,9	14,3	

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascentes à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 64. Profundidade do ponto *vs* cálcio.

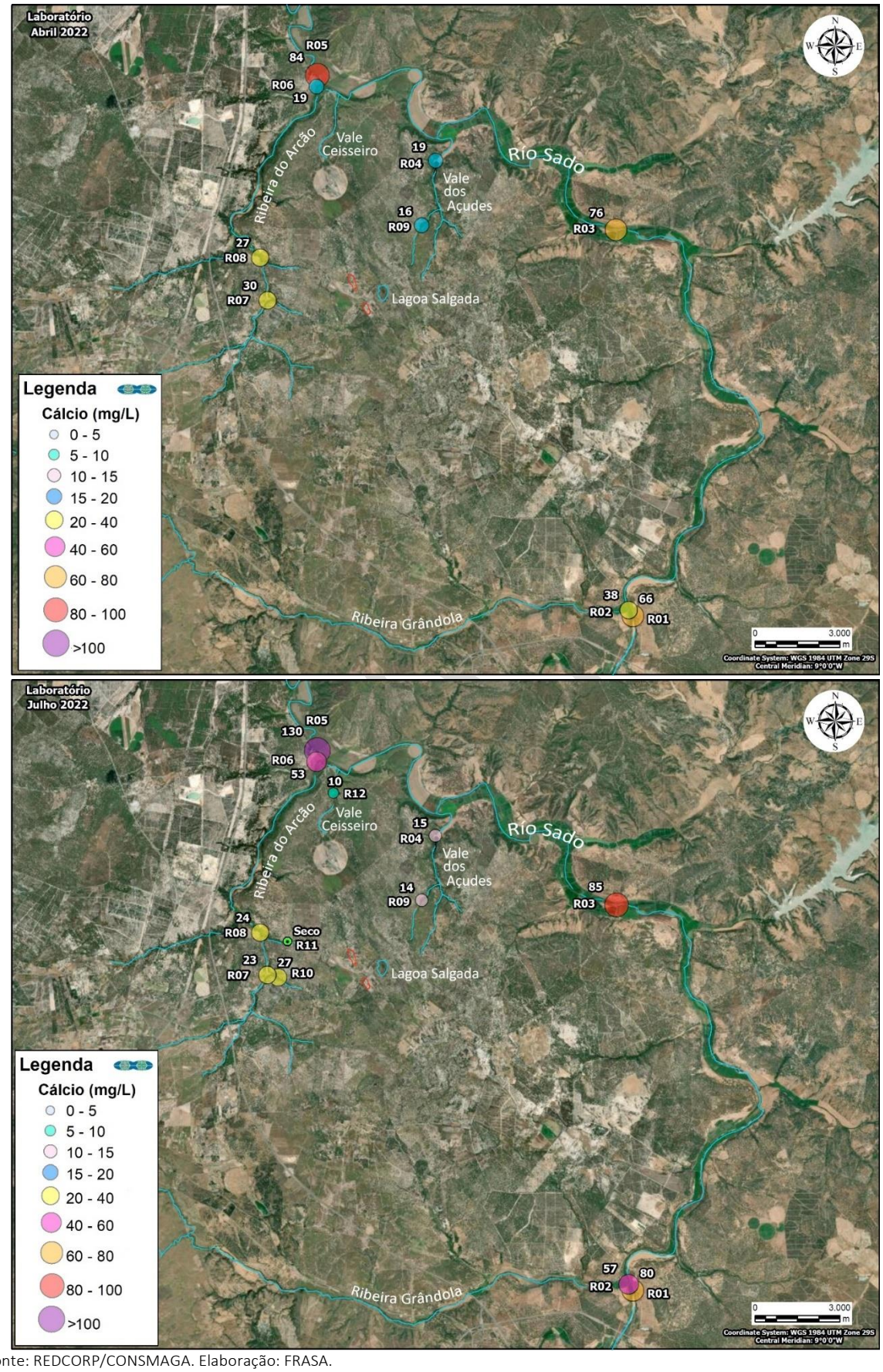


Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 152. Profundidade do ponto *vs* cálcio.

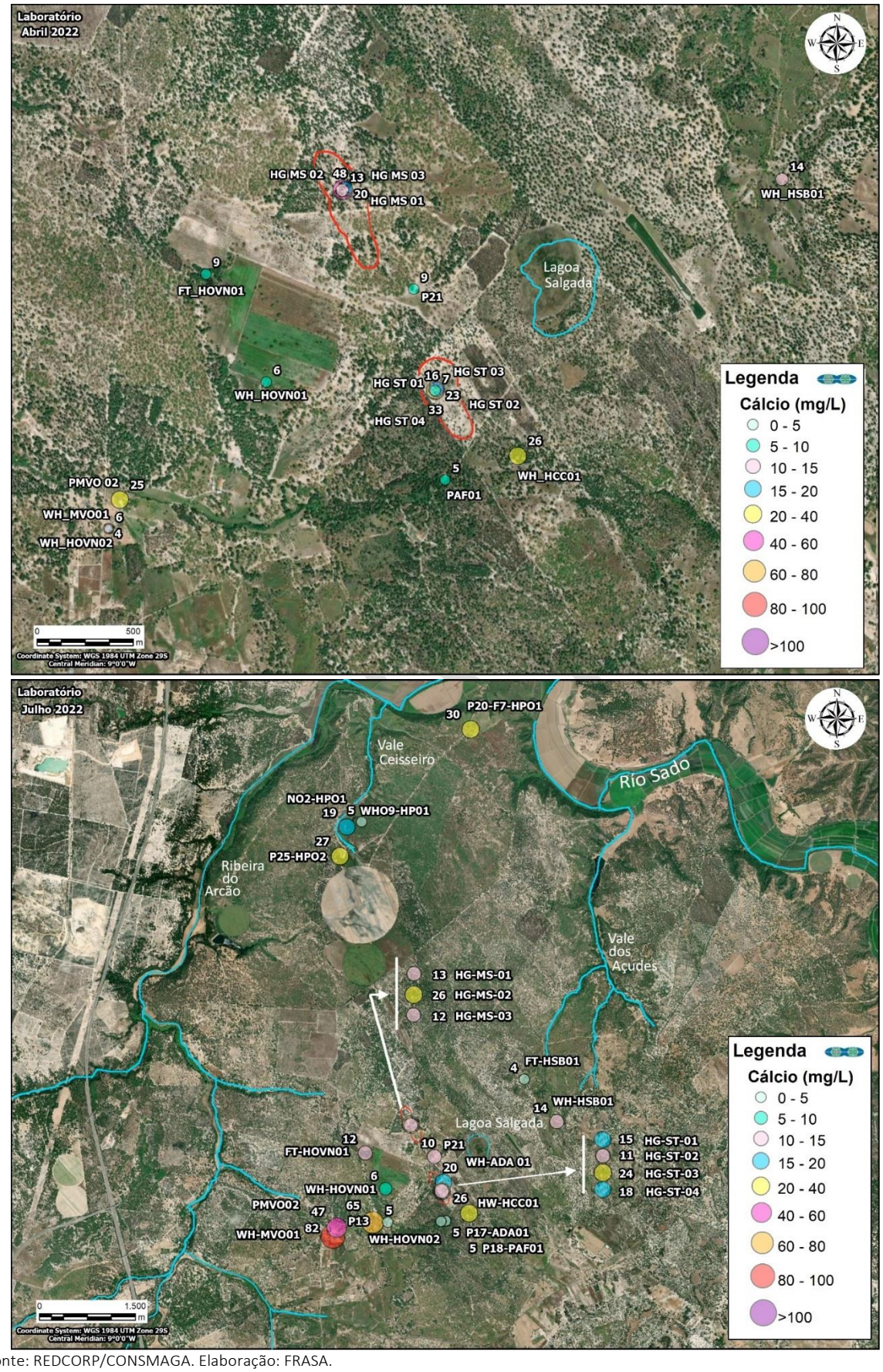
Para os pontos de águas subterrâneas o valor mais elevado é detetado no furo P13, em julho (64,5 mg/L), sendo o mínimo (4,0 mg/L) na nascente FT-HSB01 em julho 2022.

Na Figura 153 são representados espacialmente os resultados das águas superficiais e na Figura 154 mostram-se as águas subterrâneas.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 153. Valores de cálcio determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

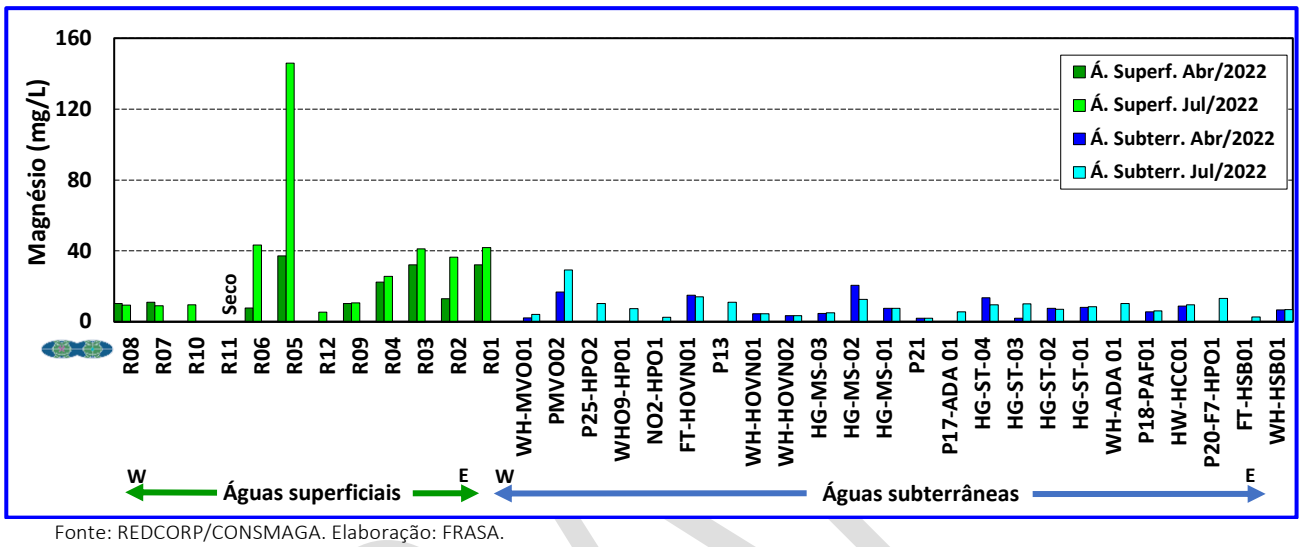
Figura 154. Valores de cálcio determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

9.4.5.2 Magnésio

O magnésio tem propriedades semelhantes ao cálcio, é mais solúvel e mais fácil de precipitar, ocorrendo geralmente sob a forma de bicarbonato. Quando está em solução tem tendência a permanecer, daí o enriquecimento de sais nas águas oceânicas. O magnésio aparece principalmente em rochas carbonatadas. (Feitosa, 2008).

Depois do cloro e do sódio, o magnésio é o elemento mais abundante na água do mar, e está numa relação constante com o cloro. Combina com outros elementos para formar cloreto de magnésio, sulfato de magnésio e brometo de magnésio e está presente no esqueleto de alguns organismos marinhos

Na Figura 155, estão representados os dados de monitorização do magnésio.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 155.Magnésio.

Na campanha de abril não se supera a concentração de 40 mg/L., sendo 62 mg/L, o limite definido para este parâmetro pela APA/ARH Alentejo.

Na campanha de julho 2022, as mostras do rio Sado (R01, R03 e R05) e a final da Ribera do Arcão (R06) superam os 40 mg/L.

O ponto R04 localizado no barranco do Vale dos Açudes, perto da sua confluência com o rio Sado, ultrapassa os 20 mg/L. A ribeira do Arcão tem concentrações de cerca de 10 mg/L em todos os pontos, com exceção do ponto R06, próximo da confluência com o rio Sado, onde foi determinada uma concentração de magnésio de 43,8 mg/L em julho. A ribeira de Grândola, no seu ponto próximo da confluência com o rio Sado, apresentou 12,9 e 36,4 mg/L em abril e julho respetivamente.

Em todos os pontos, com exceção de R08 e R09, na Ribeira de Arcão, a concentração de magnésio aumenta de abril para julho.

No que diz respeito às águas subterrâneas, o valor mínimo para o magnésio foi determinado no ponto HG-ST03, com 1,9 mg/L em abril de 2022, com uma profundidade de 150m, e o máximo para o PMVO02, com 29,2 mg/L em julho de 2022.

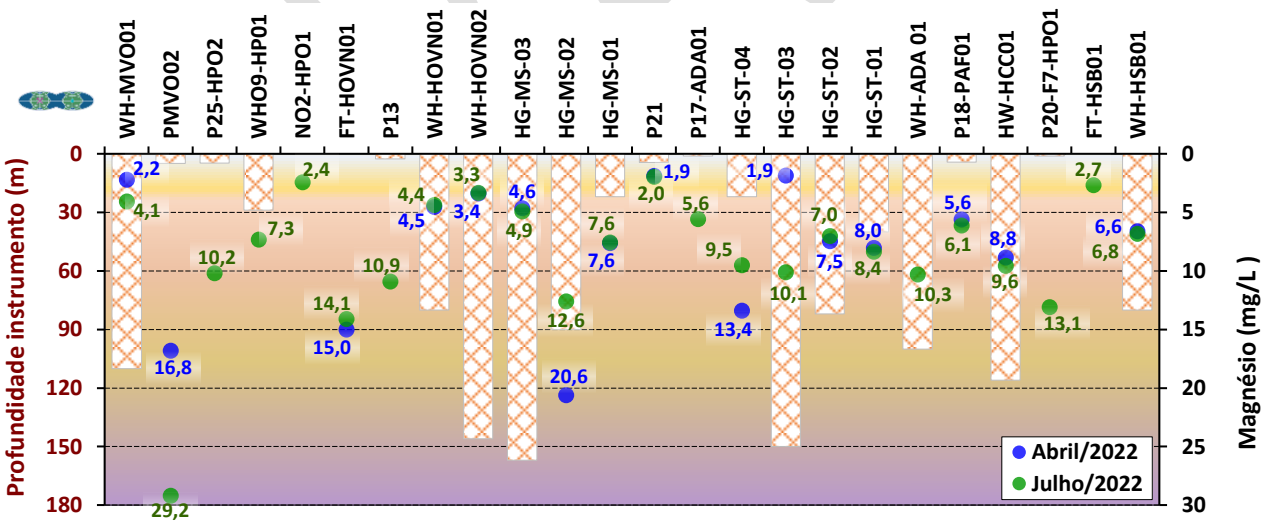
Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 65, refletem-se os resultados do magnésio, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representados graficamente na Figura 156.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	2,20	4,07	
PMVO02	4,95	16,8	29,20	
P25-HPO2	4,70		10,20	
WHO9-HP01	28,90		7,32	
NO2-HPO1	Sem dado		2,43	
FT-HOVN01	0,00**	15,00	14,10	
P13	2,60		10,90	
WH-HOVN01	80,00	4,54	4,38	
WH-HOVN02	146,00	3,39	3,34	
HG-MS-03	157,00	4,63	4,92	
HG-MS-02	90,00	20,60	12,60	
HG-MS-01	22,00	7,61	7,58	
P21	4,45	1,89	1,97	mg/L
P17-ADA01	1,10		5,56	
HG-ST-04	22,00	13,4	9,50	
HG-ST-03	150,00	1,86	10,10	
HG-ST-02	82,00	7,45	7,02	
HG-ST-01	40,00	8,04	8,37	
WH-ADA01	100,00		10,30	
P18-PAF01	4,25	5,61	6,13	
HW-HCC01	116,00	8,84	9,56	
P20-F7-HP01	1,10		13,10	
FT-HSB01	0,00**		2,68	
WH-HSB01	80,00*	6,60	6,82	

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

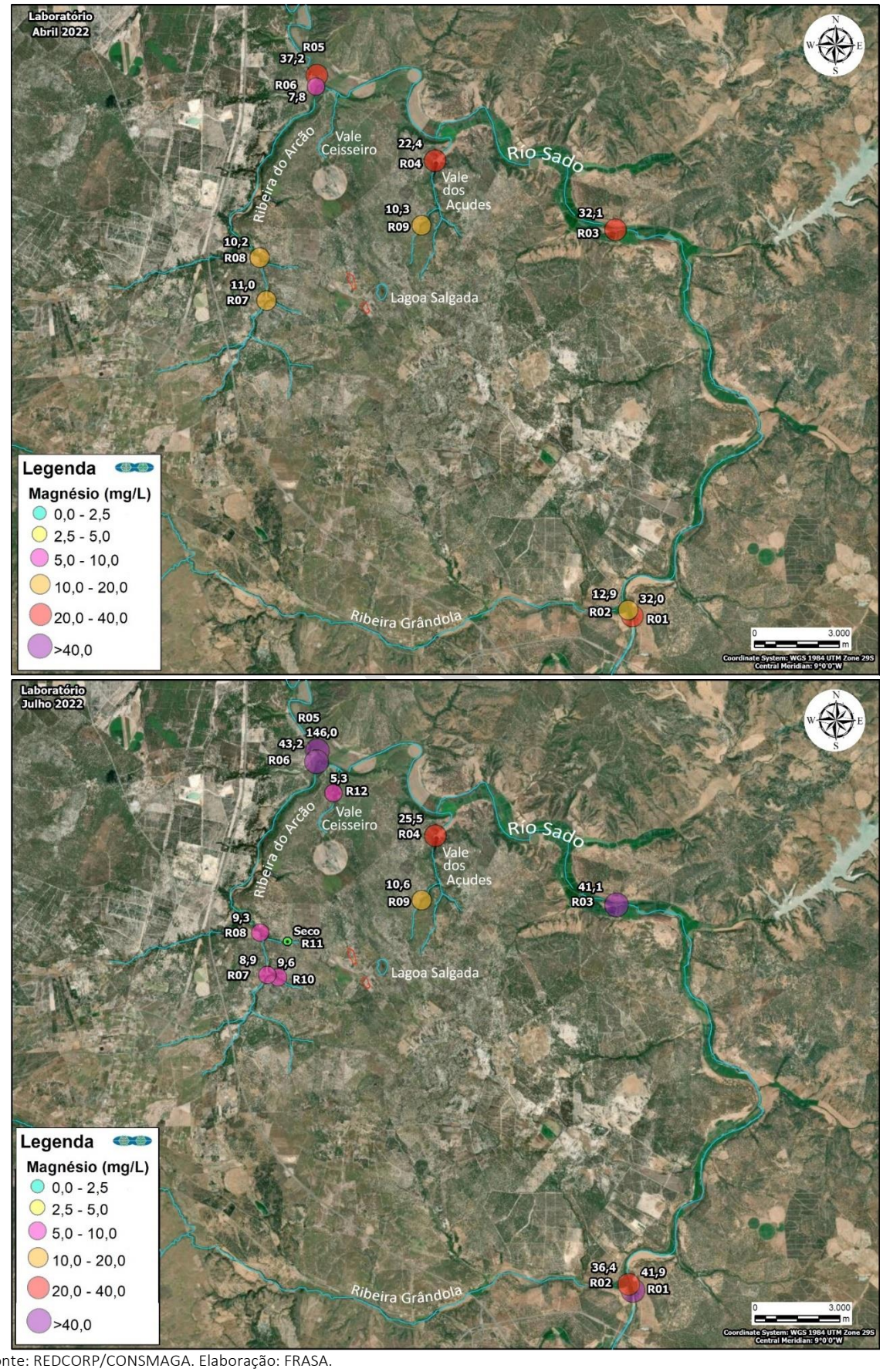
Tabela 65. Profundidade do ponto *vs* magnésio.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

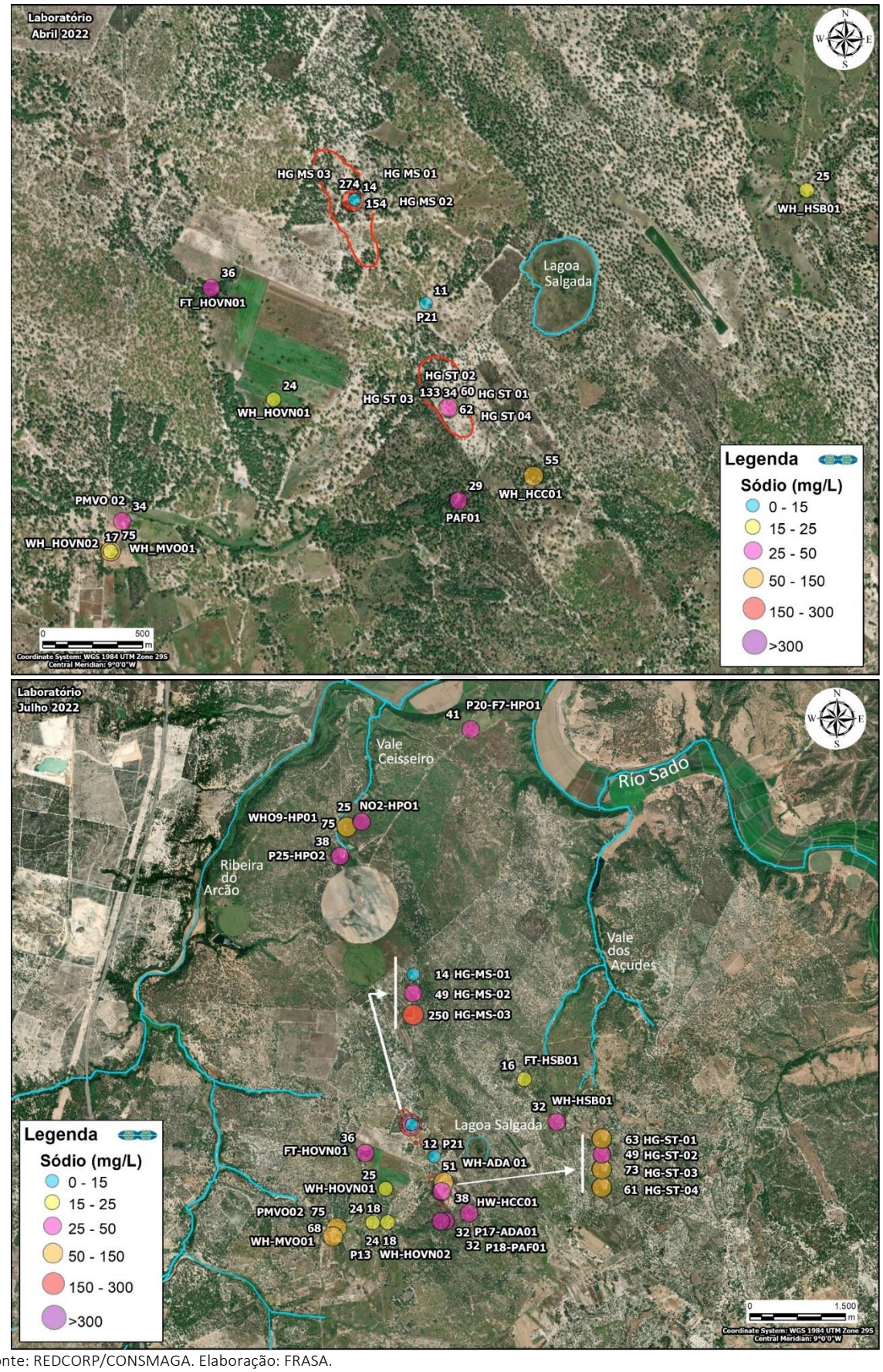
Figura 156. Profundidade do ponto *vs* magnésio.

Na Figura 157 são representados espacialmente os resultados das águas superficiais e na Figura 158 para as águas subterrâneas



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 157. Valores de magnésio determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

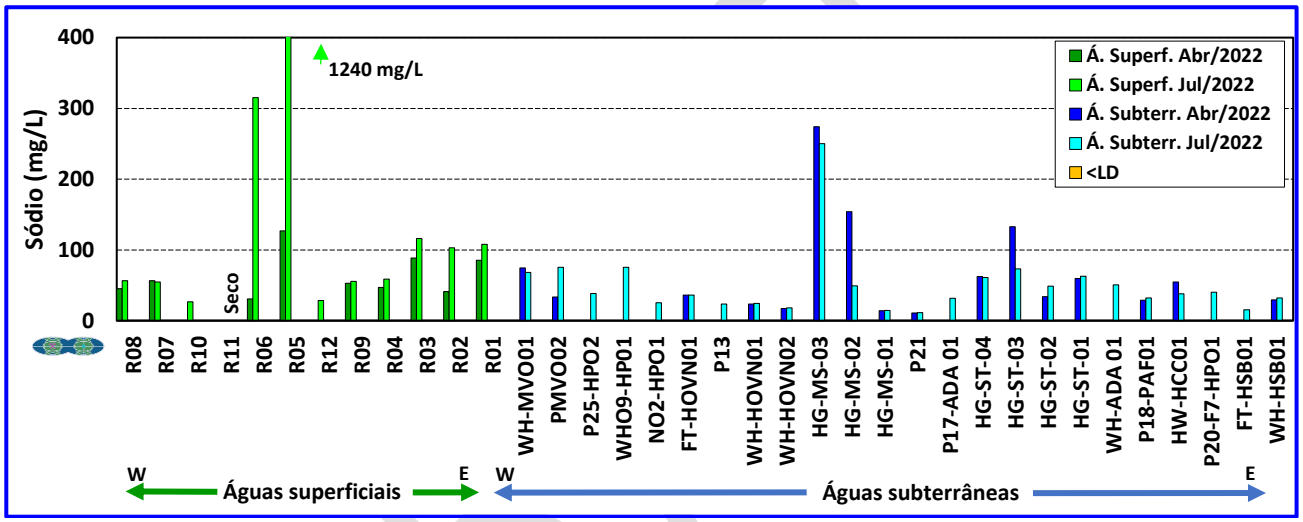
Figura 158. Valores de magnésio determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

9.4.5.3 Sódio

O sódio é um dos metais alcalinos mais importantes e abundantes nas águas subterrâneas. Esta abundância está relacionada com as seguintes características; ampla distribuição dos minerais de origem, baixa estabilidade química dos minerais que o controlam, alta solubilidade e precipitação difícil da maioria dos seus compostos químicos em solução (Feitosa, 2008).

O cloro e o sódio são os componentes fundamentais da água do mar e encontram-se sob a forma de cloreto de sódio, que é conhecido como sal comum. Representa 80% dos sais em solução. A quantidade e composição do cloro e do sódio é muito semelhante aos líquidos orgânicos, como o sangue, os líquidos viscerais que formam o ambiente interno dos animais e que desempenham um papel decisivo nas funções destes seres vivos. A Figura 159 mostra os dados de monitorização do sódio.

Não estão definidos limites para este parâmetro no Decreto-Lei 236/98, no entanto a APA/ARH Alentejo recomenda não ultrapassar os 200 mg/L de sódio para o Alentejo, embora este valor seja muito variável, sobretudo tendo em conta a presença de águas salinas fósseis que possam condicionar um fundo geoquímico local.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 159. Sódio.

No que diz respeito às águas superficiais, as amostras recolhidas no rio Sado indicam uma concentração crescente de sódio à medida que se avança para a foz no oceano, possivelmente devido à influência das águas das marés. Destaca-se o valor muito elevado obtido em julho de 2022 em R05 (1240 mg/L), o que confirma a influência das marés desta amostra. Os pontos de superfície com o menor teor de sódio são R10 (27 mg/L) e R12 (28 mg/L) em julho e R06 (31 mg/L) em abril.

Nas águas subterrâneas os valores mínimos para o sódio nas campanhas de abril e julho de 2022 foram detetados no ponto P21 (11 e 11,6 mg/L respetivamente) e os máximos no furo HG-MS03 (274 e 250 mg/L respetivamente), que excede o limite estabelecido pela APA/ARH Alentejo (200 mg/L de sódio). Isto indica uma maior presença de sódio em solução na Venda Nova Norte, possivelmente devido à presença de águas fósseis salinas.

Tal como noutros parâmetros, observa-se também a diminuição do teor de sódio no furo HG-MS02 entre ambas as campanhas.

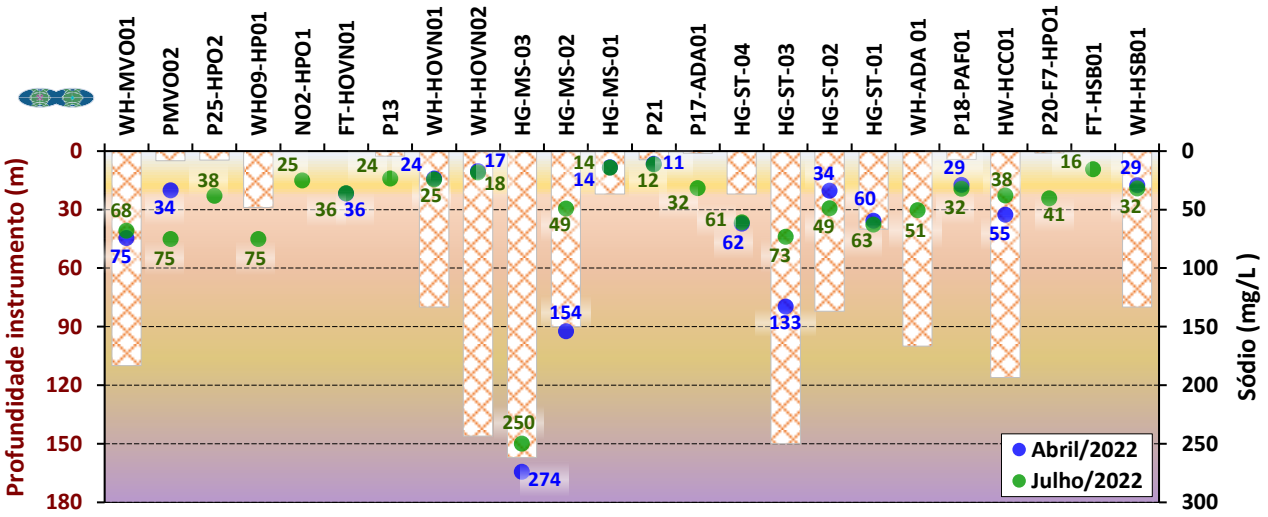
Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 66, refletem-se os resultados do sódio, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representados graficamente na Figura 160.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	74,5	68,2	
PMVO02	4,95	33,6	75,3	
P25-HPO2	4,70		38,4	
WHO9-HP01	28,90		75,3	
NO2-HPO1	Sem dado		25,2	
FT-HOVN01	0,00**	36,4	36,1	
P13	2,60		23,7	
WH-HOVN01	80,00	23,5	24,5	
WH-HOVN02	146,00	17,3	18,3	
HG-MS-03	157,00	274	250	
HG-MS-02	90,00	154	49,2	
HG-MS-01	22,00	14,1	14,4	
P21	4,45	11	11,6	mg/L
P17-ADA01	1,10		31,8	
HG-ST-04	22,00	62,2	61,1	
HG-ST-03	150,00	133	73,4	
HG-ST-02	82,00	33,9	49	
HG-ST-01	40,00	59,7	62,9	
WH-ADA01	100,00		50,6	
P18-PAF01	4,25	29,1	32,3	
HW-HCC01	116,00	54,6	38	
P20-F7-HP01	1,10		40,5	
FT-HSB01	0,00**	74,5	68,2	
WH-HSB01	80,00*	33,6	75,3	

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

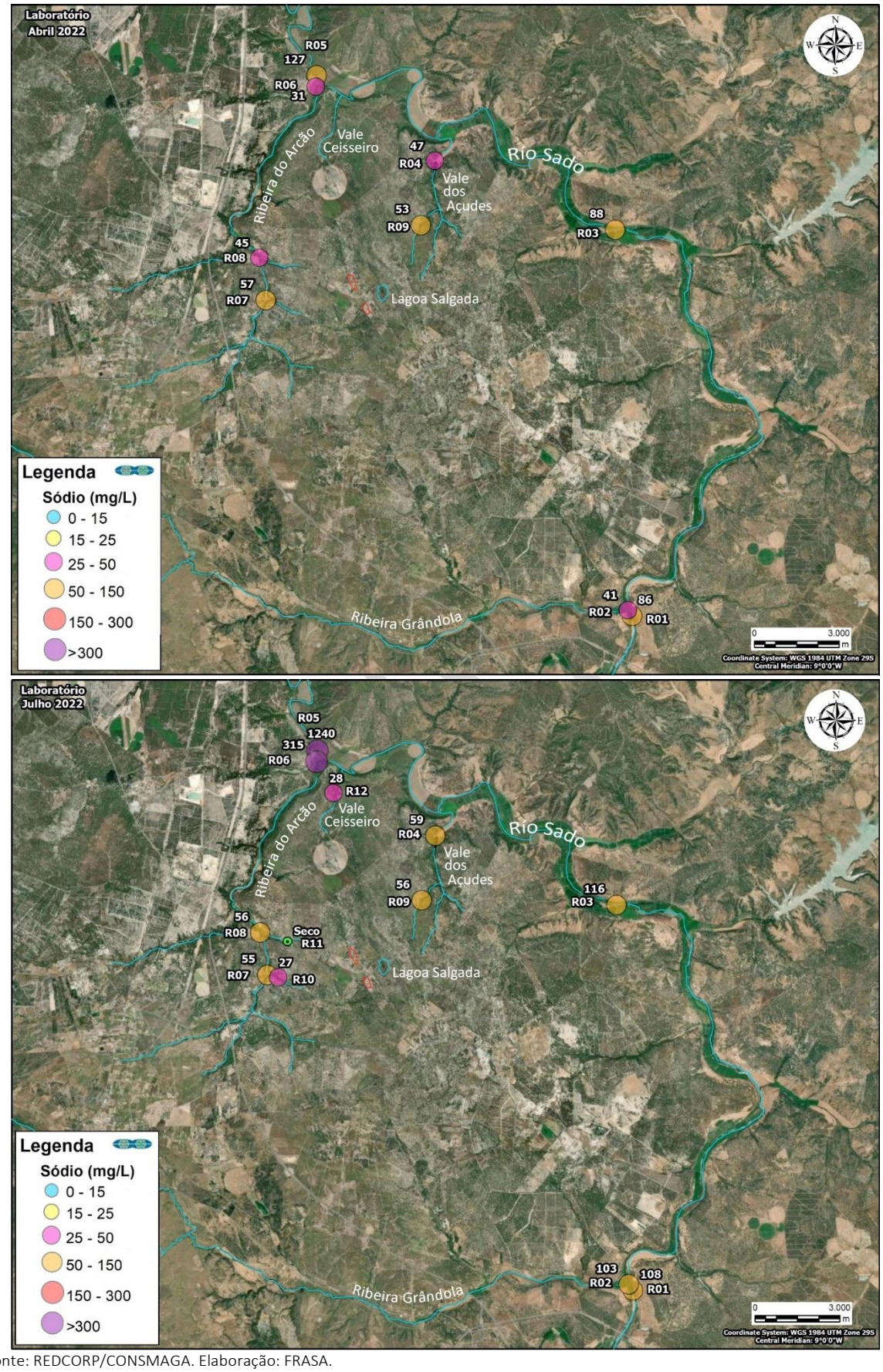
Tabela 66. Profundidade do ponto *vs* sódio.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

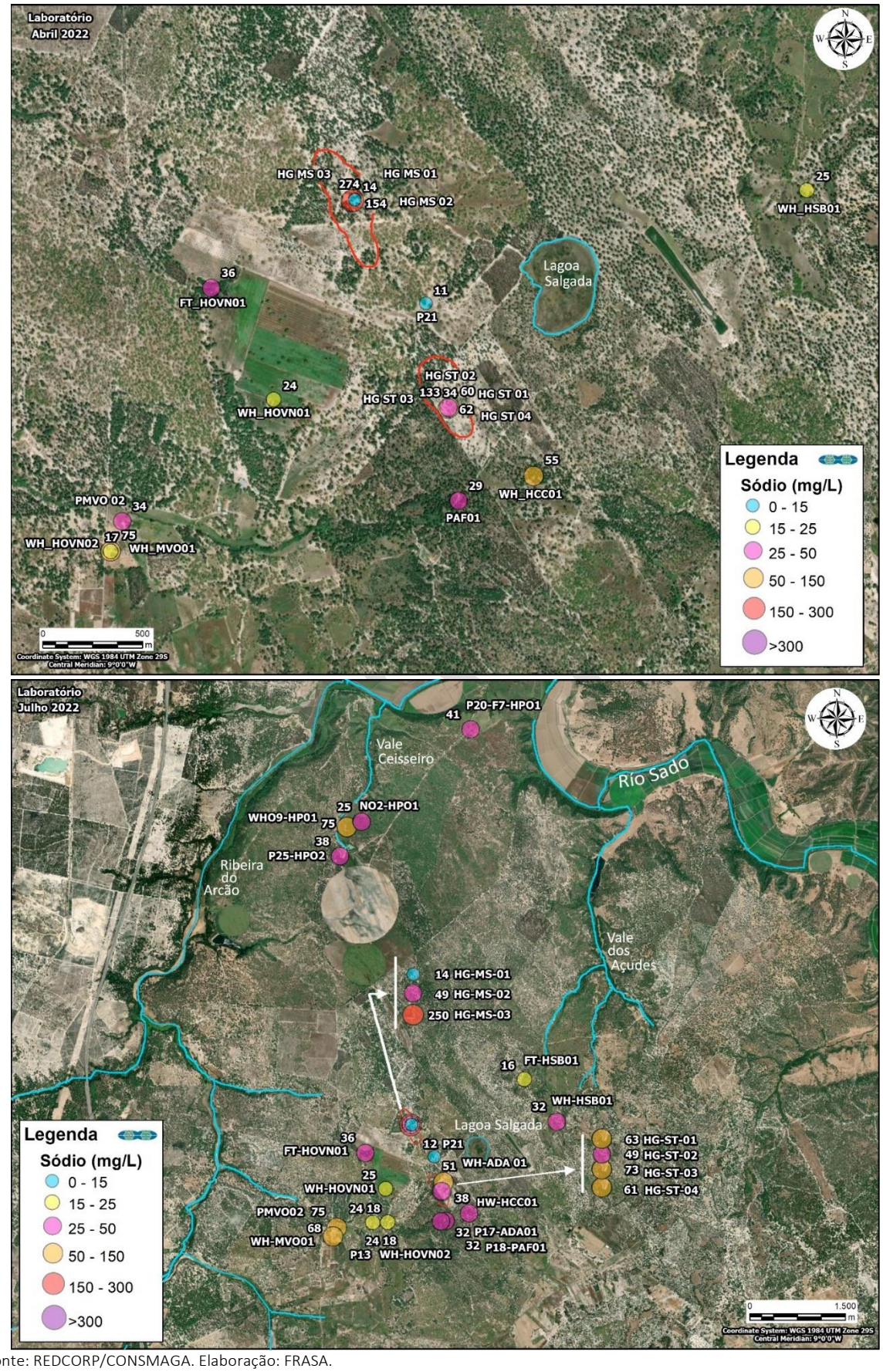
Figura 160. Profundidade do ponto *vs* sódio

Na Figura 161, representa-se espacialmente os resultados das águas superficiais e na Figura 162, das águas subterrâneas.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 161. Valores de sódio determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 162. Valores de sódio determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

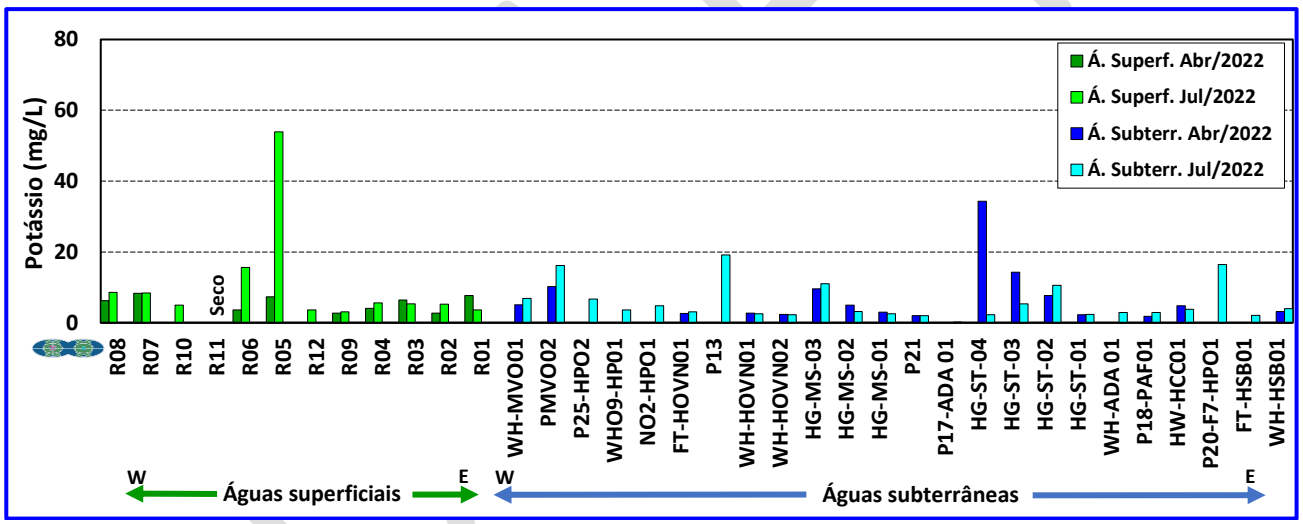
9.4.5.4 Potássio

O potássio, em geral, aparece em pequenas quantidades ou está ausente nas águas subterrâneas, devido à sua intensa participação em processos de troca de iões, para além da facilidade de ser absorvido pelos minerais de argila, além de que os seus sais são suficientemente utilizados por vegetais. O potássio é o sexto elemento em abundância nas águas marinhas, tem a sua constante relação com o cloro. Nas zonas costeiras, a quantidade de potássio pode ser modificada por ser assimilada pelos vegetais que cobrem o fundo da costa marinha. Na quantidade de potássio também intervêm outros fatores, tais como: Aportes de água doce, presença na água do mar de substância orgânica em detritos de decomposição e formação de compostos argilosos.

Na Figura 163 estão representados os dados de monitorização do potássio para as águas subterrâneas e para as águas superficiais

O Decreto-Lei 236/98 não estabelece limites para este parâmetro. No entanto, a APA/ARH Alentejo recomenda que não seja excedido o valor de potássio de 8 mg/L para o Alentejo. No caso que nos diz respeito, a presença de águas salinas à superfície (o nome da Lagoa Salgada já indica que existe um fundo salino natural no ambiente) adicionado à possível presença de águas fósseis de alta salinidade, indica que neste setor pode haver uma causa natural para as elevadas concentrações neste parâmetro, idêntica à dos cloretos.

No que diz respeito às águas superficiais, os valores do potássio em abril de 2022, variam entre 8,3 mg/L no R07 e 2,7 mg/L no R09. Em julho, destacam-se os valores de R05 e R06, indicando a influência da água do mar.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 163. Potássio.

Nas águas subterrâneas destaca-se em abril de 2022 o furo HG-ST04 com 34,3 mg/L e o furo HG-ST03, com 14,3 mg/L. Para os restantes pontos, os valores são mantidos em volta ou abaixo de 10 mg/L. Refira-se que a APA/ARH Alentejo estabelece um limite inferior de 6 mg/L de potássio para o Alentejo, que é ultrapassado também nos pontos HG-MS03 e P-MVO02 (9.6 e 10.2 mg/L, respetivamente).

Em julho 2022 destacam-se os elevados valores nos pontos P13, P20-F7-HP01 e PMVO02, com 19,1, 16,4 e 16,2 mg/L respetivamente, ultrapassando o limite inferior da APA/ARH nos pontos HG-MS-03, HG-ST-02, WH-MVO01 e P25-HPO2 (11, 10,6, 6,84 e 6,73 mg/L).

Nos furos HG-ST04 e HG-ST03 o conteúdo de potássio diminuiu sensivelmente.

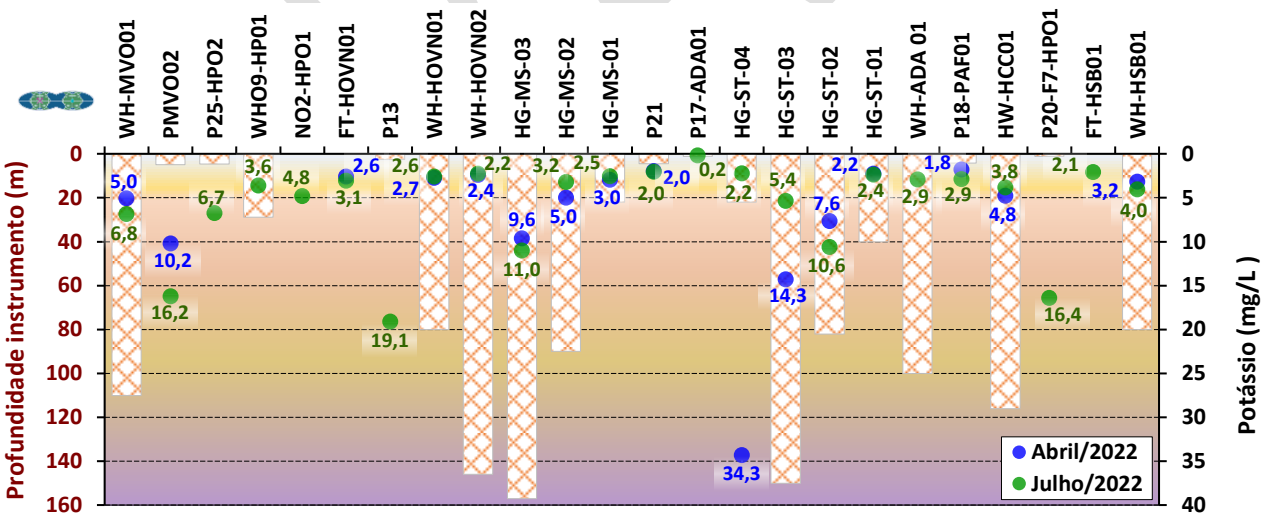
Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 67, refletem-se os resultados do potássio, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representados graficamente na Figura 164.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	5,04	6,84	
PMVO02	4,95	10,2	16,2	
P25-HPO2	4,70		6,73	
WHO9-HP01	28,90		3,6	
NO2-HPO1	Sem dado		4,81	
FT-HOVN01	0,00**	2,59	3,05	
P13	2,60		19,1	
WH-HOVN01	80,00	2,74	2,57	
WH-HOVN02	146,00	2,38	2,24	
HG-MS-03	157,00	9,62	11	
HG-MS-02	90,00	5	3,18	
HG-MS-01	22,00	2,95	2,53	
P21	4,45	1,97	2,04	mg/L
P17-ADA01	1,10		0,185	
HG-ST-04	22,00	34,3	2,23	
HG-ST-03	150,00	14,3	5,35	
HG-ST-02	82,00	7,64	10,6	
HG-ST-01	40,00	2,24	2,35	
WH-ADA01	100,00		2,9	
P18-PAF01	4,25	1,78	2,86	
HW-HCC01	116,00	4,78	3,81	
P20-F7-HP01	1,10		16,4	
FT-HSB01	0,00**		2,07	
WH-HSB01	80,00*	3,17	4,02	

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

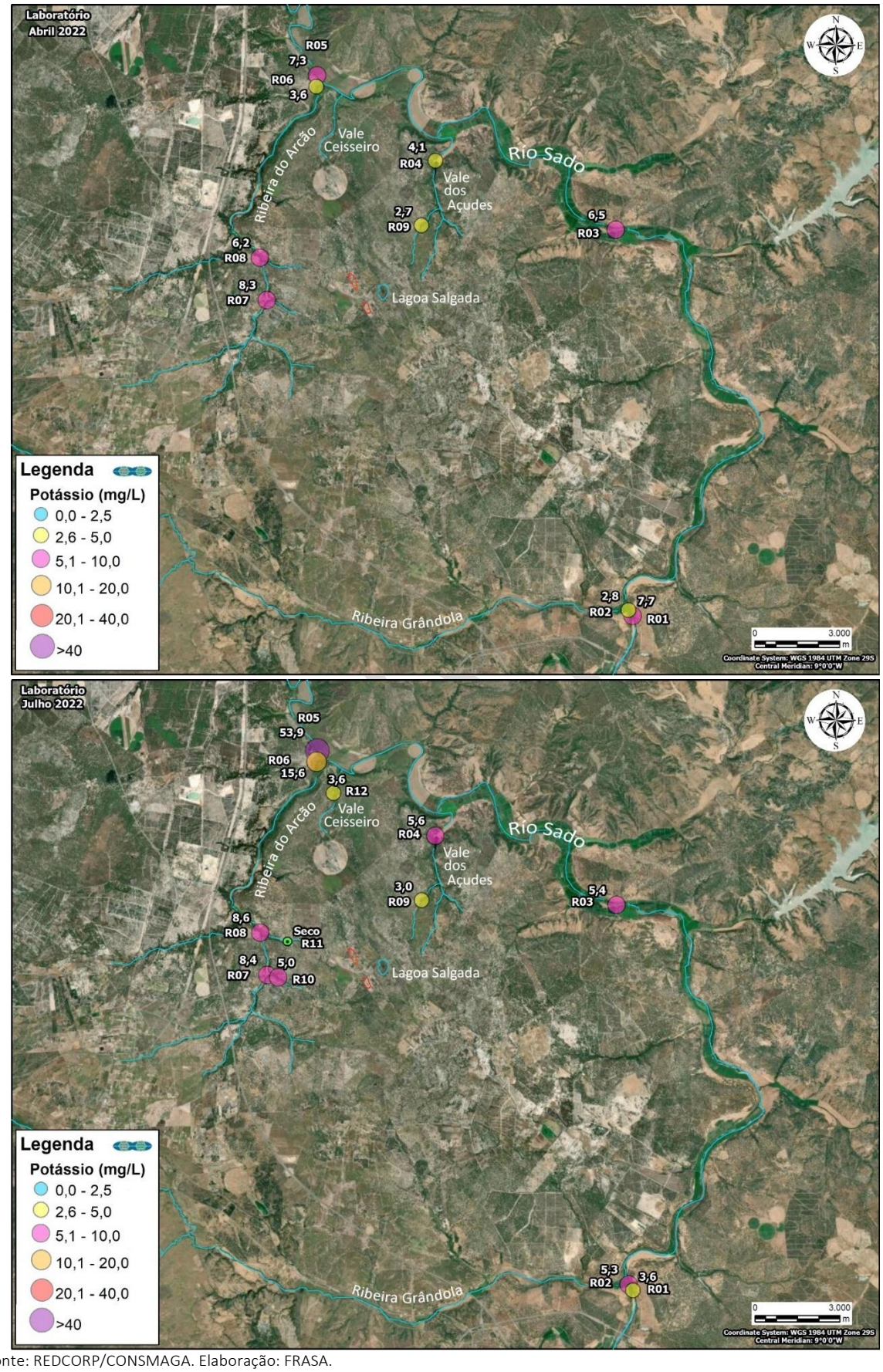
Tabela 67. Profundidade do ponto *vs* potássio.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

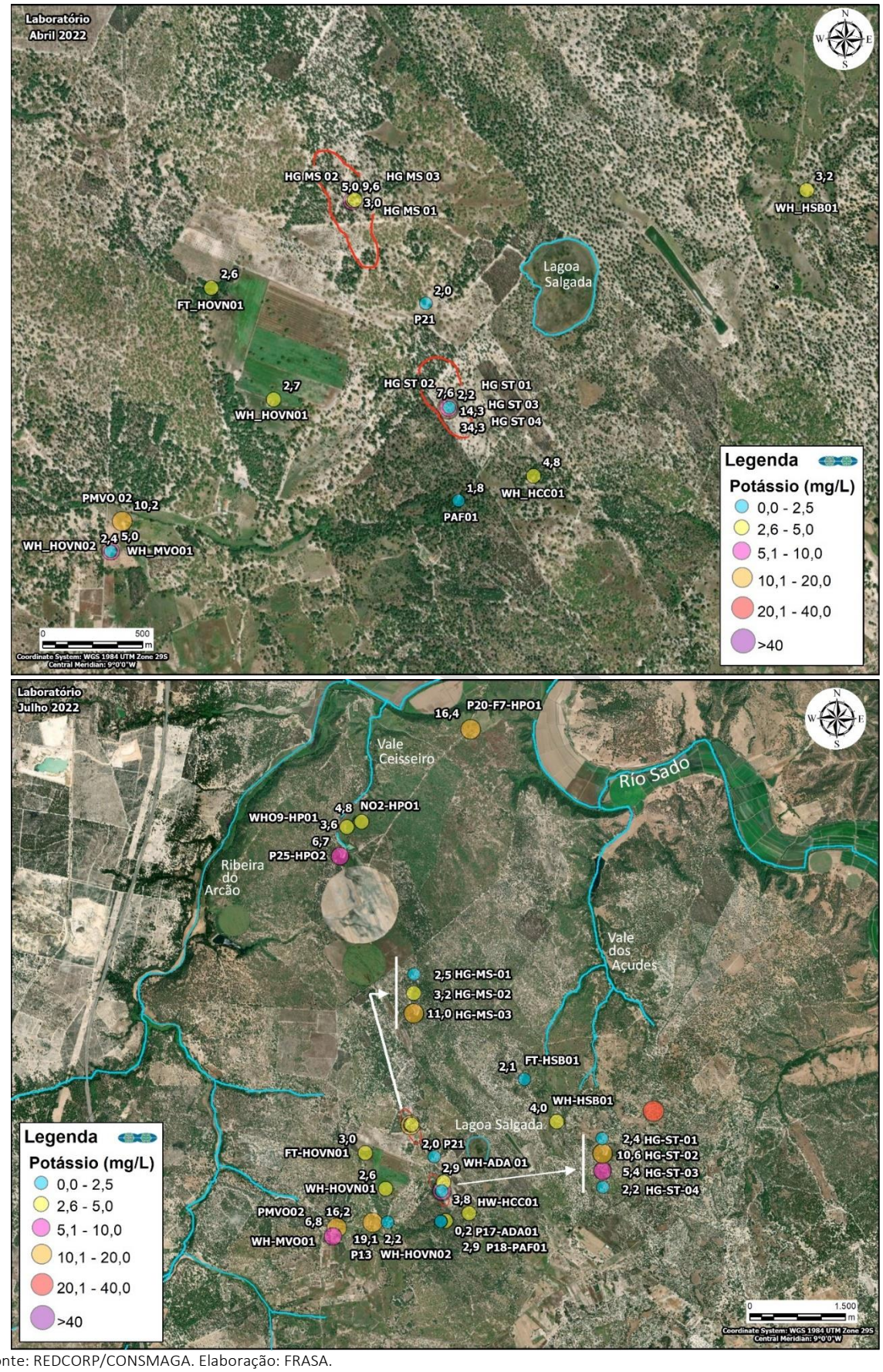
Figura 164. Profundidade do ponto *vs* potássio.

Na Figura 165, representa-se espacialmente os resultados das águas superficiais e na Figura 166 para as águas subterrâneas.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 165. Valores de potássio determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 166. Valores de potássio determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

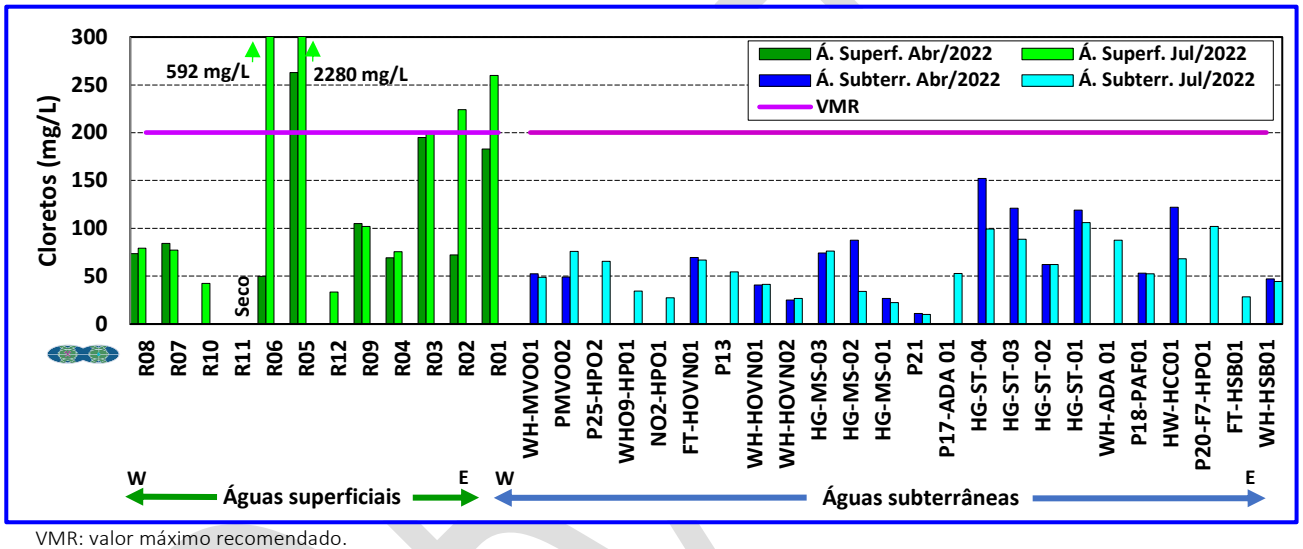
9.4.6 Aniões

9.4.6.1 Cloretos

O cloro em geral é muito solúvel, tem forte tendência para absorver água e, ato imediato, se liquefazer. É muito estável em solução, logo dificilmente precipita. Não oxida nem reduz as águas naturais. A elevada solubilidade e o movimento lento da água no aquífero provocam aumentos graduais e constantes nas quantidades de cloretos na direção do fluxo (Feitosa, 2008).

O cloro e o sódio são os componentes fundamentais da água do mar e encontram-se sob a forma de cloreto de sódio. Representa 80% dos sais em solução. A quantidade e composição de cloro e sódio é muito semelhante às dos líquidos orgânicos, como o sangue, os líquidos viscerais que formam o ambiente interno dos animais e que desempenham um papel decisivo nas funções destes seres vivos.

Na Figura 167, estão graficamente representados os dados de monitorização do cloreto. Inclui os limites de qualidade estabelecidos pelo Decreto-Lei 236/98 para a água subterrânea e água doce de superfície.



VMR: valor máximo recomendado.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 167. Cloretos.

O conteúdo mínimo para cloretos das águas superficiais em abril de 2022 foi detetado no ponto R06 (49,6 mg/L), e no R12 em julho de 2022 (33,2 mg/L). Os máximos excedem o valor máximo recomendado no Decreto-Lei 236/98, no ponto R05 do rio Sado (263 mg/L) em abril, e nos pontos R05, R06, R01 e R02 em julho.

Os elevados valores detetados no rio Sado, sobretudo no mês de julho de 2022, estão relacionados com a mistura de água das marés, na área da influência da foz do rio Sado (R05 e R06), sendo que nos pontos R03 e R01 podem estar relacionados com a contribuição de águas salgadas a montante da área do projeto no rio Sado (não esquecer que o rio Sado apresenta um troço montante muito significativo na bacia de Alvalade que pode justificar estes valores). A qualidade no final da Ribera de Grândola (R02) pode estar relacionada com alguma descarga antrópica. Em próximas campanhas de amostragem hidroquímica, será instalado um novo ponto de controlo a montante nesta ribeira.

O incremento detetado nestes pontos em julho poderá ser em parte devido ao menor caudal de vazão devido à época seca prolongada registada.

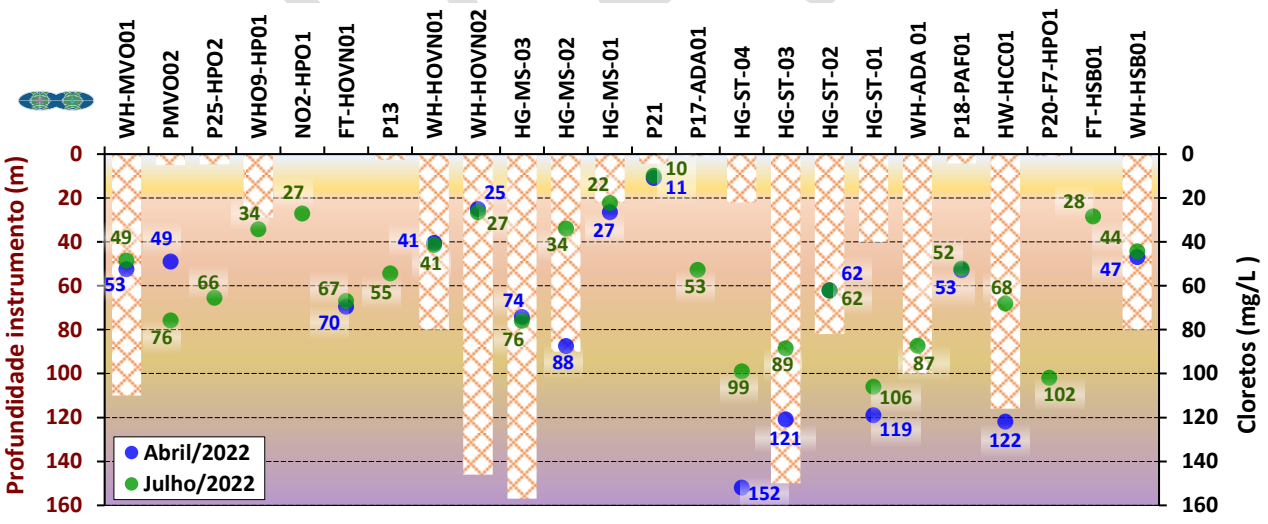
Nos restantes pontos recolhidos nas ribeiras e barrancos da área do Projeto, não são ultrapassados os 100 mg/L de cloreto, com exceção do R09, pertencente ao barranco do Vale dos Açudes.

Na Tabela 68 refletem-se os resultados dos cloretos, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representados graficamente na Figura 168.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	52,5	48,6	
PMVO02	4,95	49,0	75,9	
P25-HPO2	4,70		65,5	
WHO9-HP01	28,90		34,3	
NO2-HPO1	Sem dado		27,2	
FT-HOVN01	0,00**	69,6	66,9	
P13	2,60		54,5	
WH-HOVN01	80,00	40,6	41,4	
WH-HOVN02	146,00	25,1	26,5	
HG-MS-03	157,00	74,2	76,0	
HG-MS-02	90,00	87,6	34,0	
HG-MS-01	22,00	26,6	22,3	
P21	4,45	11,0	9,9	mg/L
P17-ADA01	1,10		52,8	
HG-ST-04	22,00	152,0	99,1	
HG-ST-03	150,00	121,0	88,6	
HG-ST-02	82,00	62,2	62,1	
HG-ST-01	40,00	119,0	106,0	
WH-ADA01	100,00		87,4	
P18-PAF01	4,25	53,0	52,3	
HW-HCC01	116,00	122,0	68,2	
P20-F7-HP01	1,10		102,0	
FT-HSB01	0,00**		28,4	
WH-HSB01	80,00*	47,0	44,4	

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 68. Profundidade do ponto *vs* cloretos.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

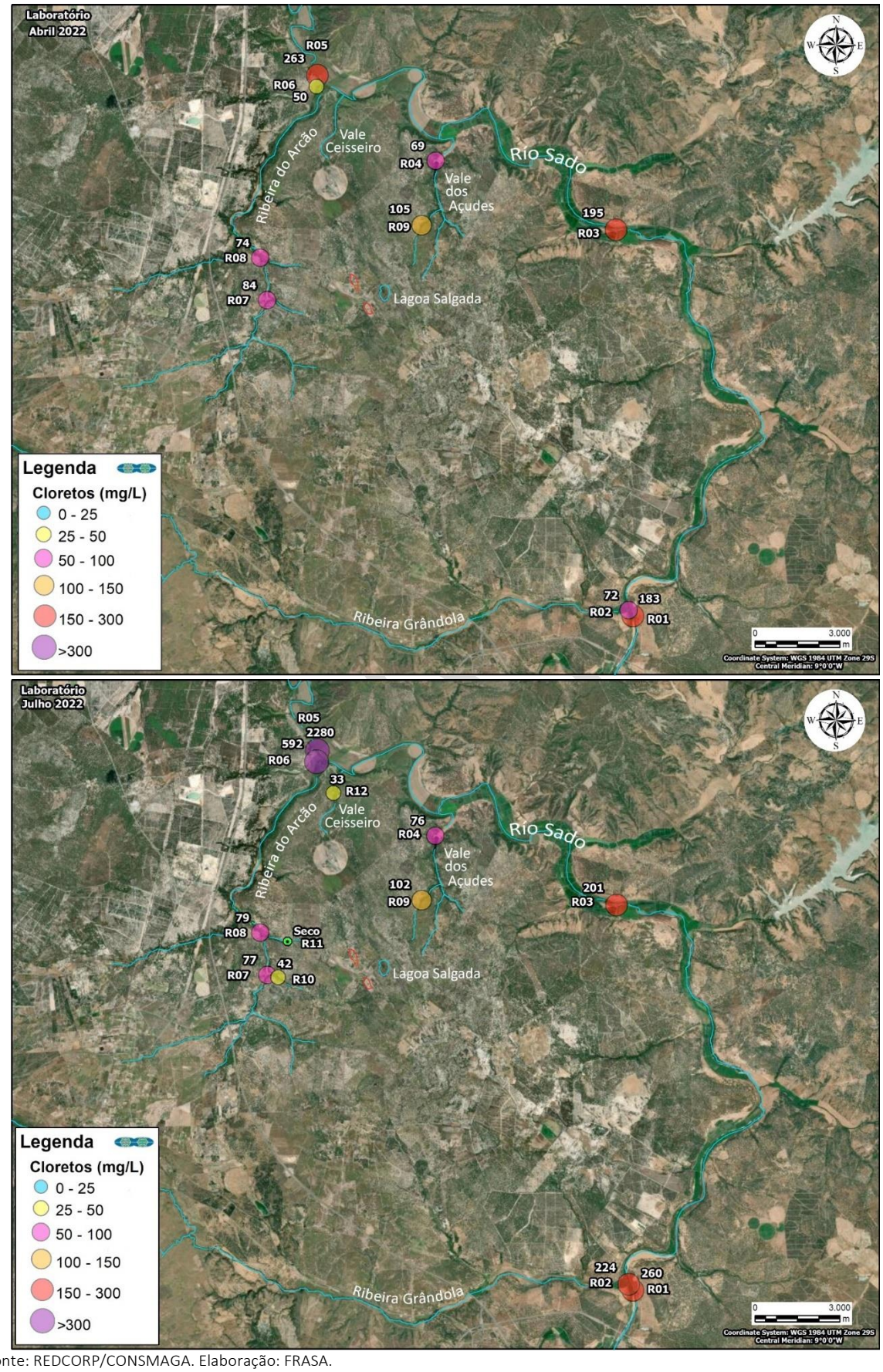
Figura 168. Profundidade do ponto *vs* cloretos.

Nas águas subterrâneas o valor mínimo para cloretos é detetado no ponto P21 em abril e julho 2022 (11 e 10 mg/L, respetivamente). Em abril de 2022, acima de 100 mg/L de cloretos, destacam-se os valores dos pontos HG-ST04 e HG-ST03 (152 e 121 mg/L) e os pontos HG-ST01 e HWCC01 (119 e 122 mg/L, respetivamente).

Em julho 2022 só no HG-ST01e no P20-F7-HP01 se registam valores acima de 100 mg/L (106 e 102 mg/L respetivamente).

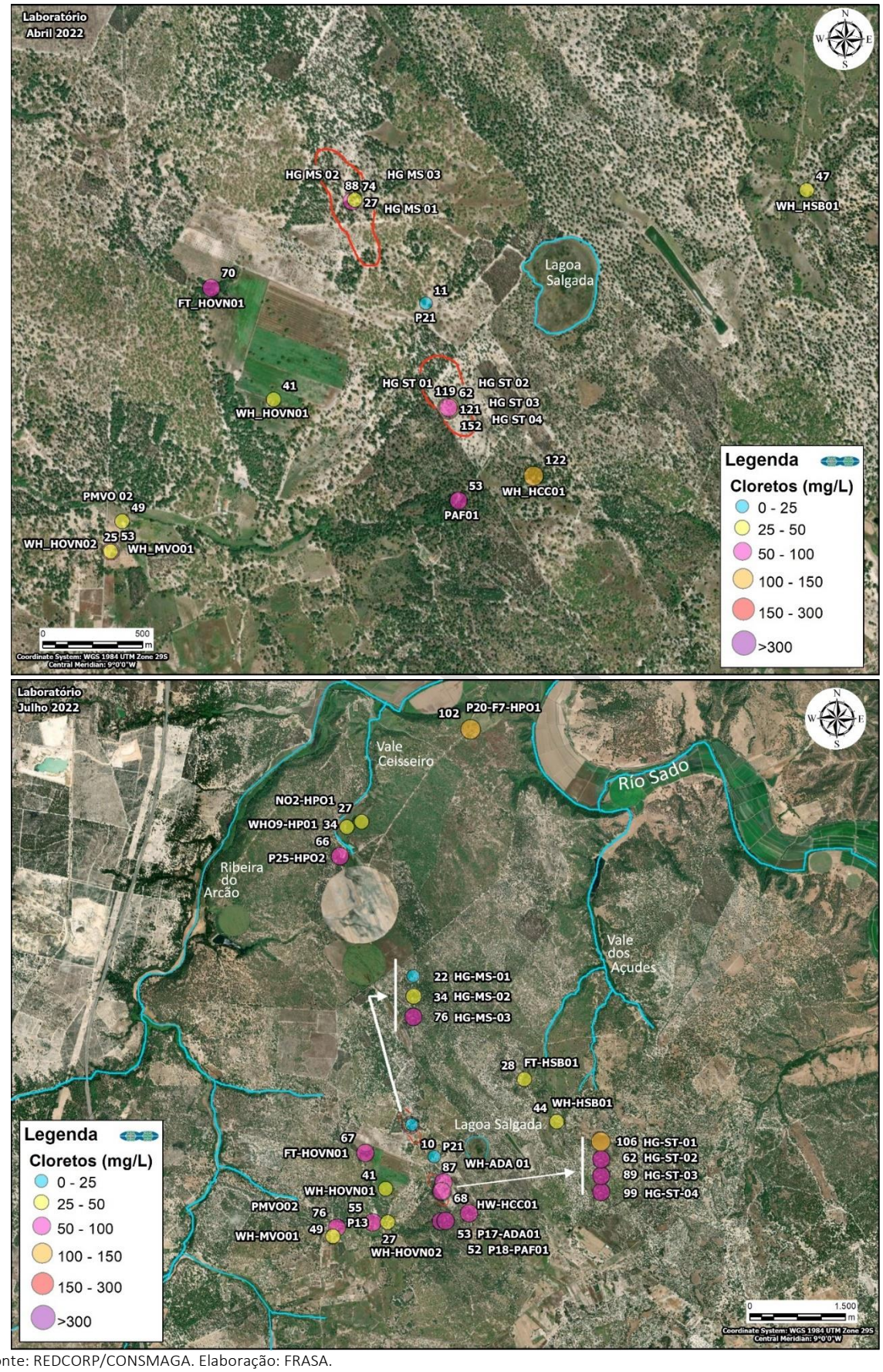
Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.
Figura 169 são representados espacialmente os resultados das águas superficiais e na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.
Figura 170 para as águas subterrâneas.

DRAFT



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 169. Valores de cloretos determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).



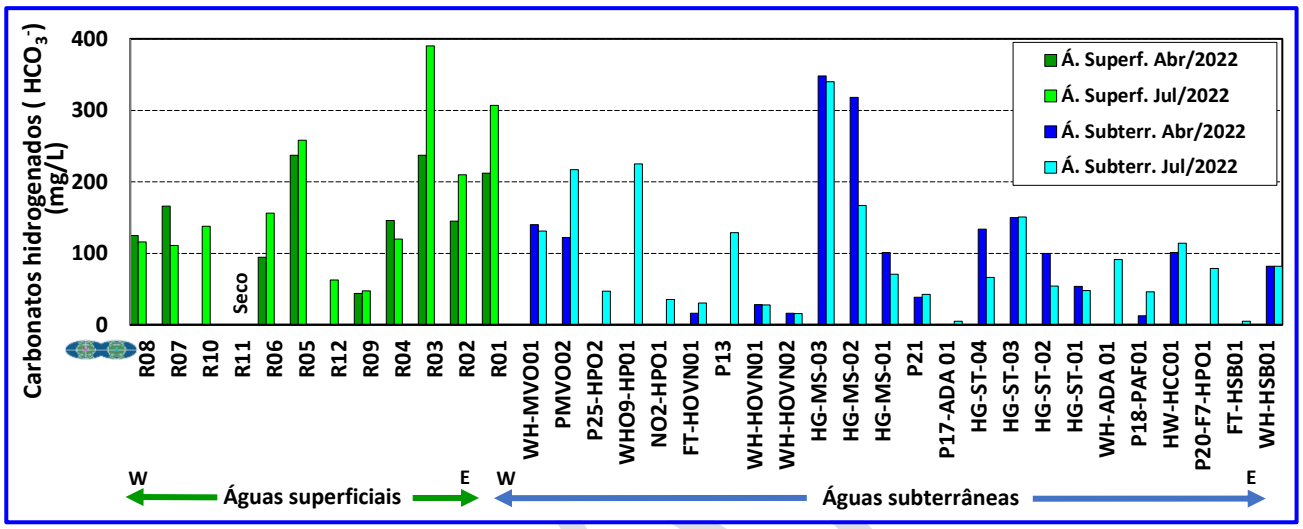
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 170. Valores de cloretos determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

9.4.6.2 Carbonatos hidrogenados (bicarbonatos)

Na Figura 171, estão representados dados de monitorização do carbonato hidrogenado. "Este ião não sofre de oxidação ou redução em águas naturais, pelo que pode precipitar-se muito facilmente como bicarbonato de cálcio ($CaCO_3$)" (Feitosa, 2008). O Decreto-Lei 236/98 não indica limites para este parâmetro, no entanto a APA/ARH Alentejo recomenda não exceder 366 mg/L de carbonatos hidrogenados para o Alentejo.

No que diz respeito às águas superficiais, destaca-se o teor de bicarbonato dos pontos do rio Sado (R1, R3 e R5), todos acima dos 200 mg/L, em julho o valor em R03 (390 mg/L) fica por cima do valor recomendado pela APA/ARH.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 171.Carbonatos hidrogenados (bicarbonatos).

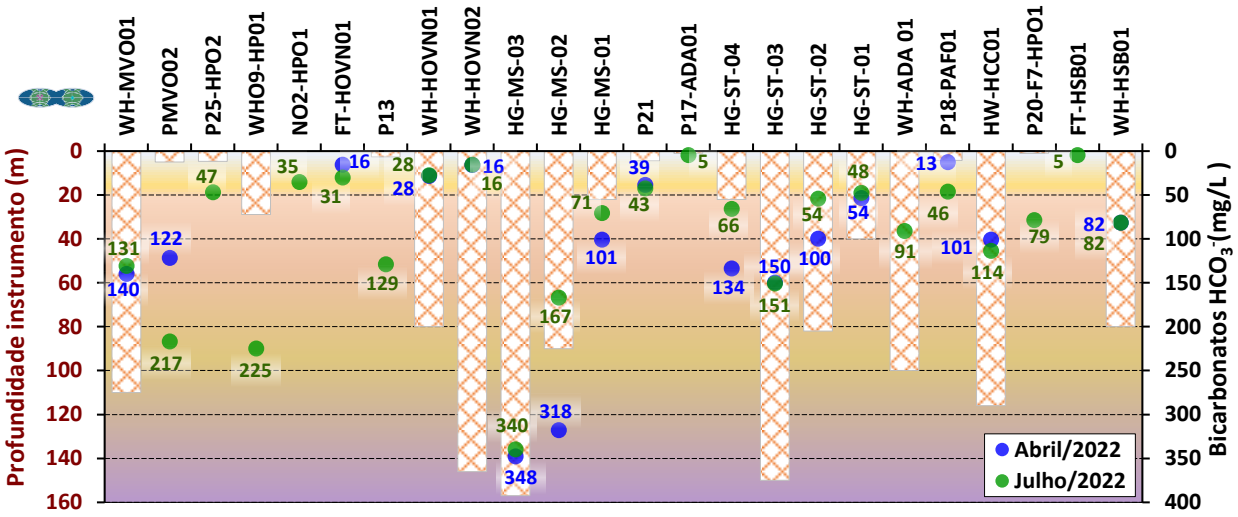
Na Tabela 69 refletem-se os resultados dos carbonatos hidrogenados (bicarbonatos) juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representados graficamente na Figura 172. O limite para o Alentejo (366 mg/L) não é excedido por nenhum ponto, sendo que os máximos, determinados nas amostras de abril e julho de 2022, são observados no furo HG-MS03, abaixo, embora muito próximo (348 e 340 mg/L), seguido de 318 mg/L no furo HG-MS02 em abril de 2022.

O valor mínimo foi detetado para bicarbonatos no ponto P-AF01 (13 mg/L) em abril de 2022, e nos pontos P17-ADA01 e FT-HSB01 (5,0 e 4,9 mg/L) em julho 2022.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	140,0	131,0	
PMVO02	4,95	122,0	217,0	
P25-HPO2	4,70		47,2	
WHO9-HP01	28,90		225,0	
NO2-HPO1	Sem dado		35,3	
FT-HOVN01	0,00**	15,9	30,5	
P13	2,60		129,0	
WH-HOVN01	80,00	28,4	27,8	
WH-HOVN02	146,00	16,1	15,6	
HG-MS-03	157,00	348,0	340,0	
HG-MS-02	90,00	318,0	167,0	
HG-MS-01	22,00	101,0	70,7	
P21	4,45	38,6	42,6	mg/L
P17-ADA01	1,10		5,0	
HG-ST-04	22,00	134,0	66,1	
HG-ST-03	150,00	150,0	151,0	
HG-ST-02	82,00	99,9	54,3	
HG-ST-01	40,00	53,7	48,0	
WH-ADA01	100,00		91,3	
P18-PAF01	4,25	12,7	46,3	
HW-HCC01	116,00	101,0	114,0	
P20-F7-HP01	1,10		78,8	
FT-HSB01	0,00**		4,9	
WH-HSB01	80,00*	81,8	81,8	

Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.
*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.

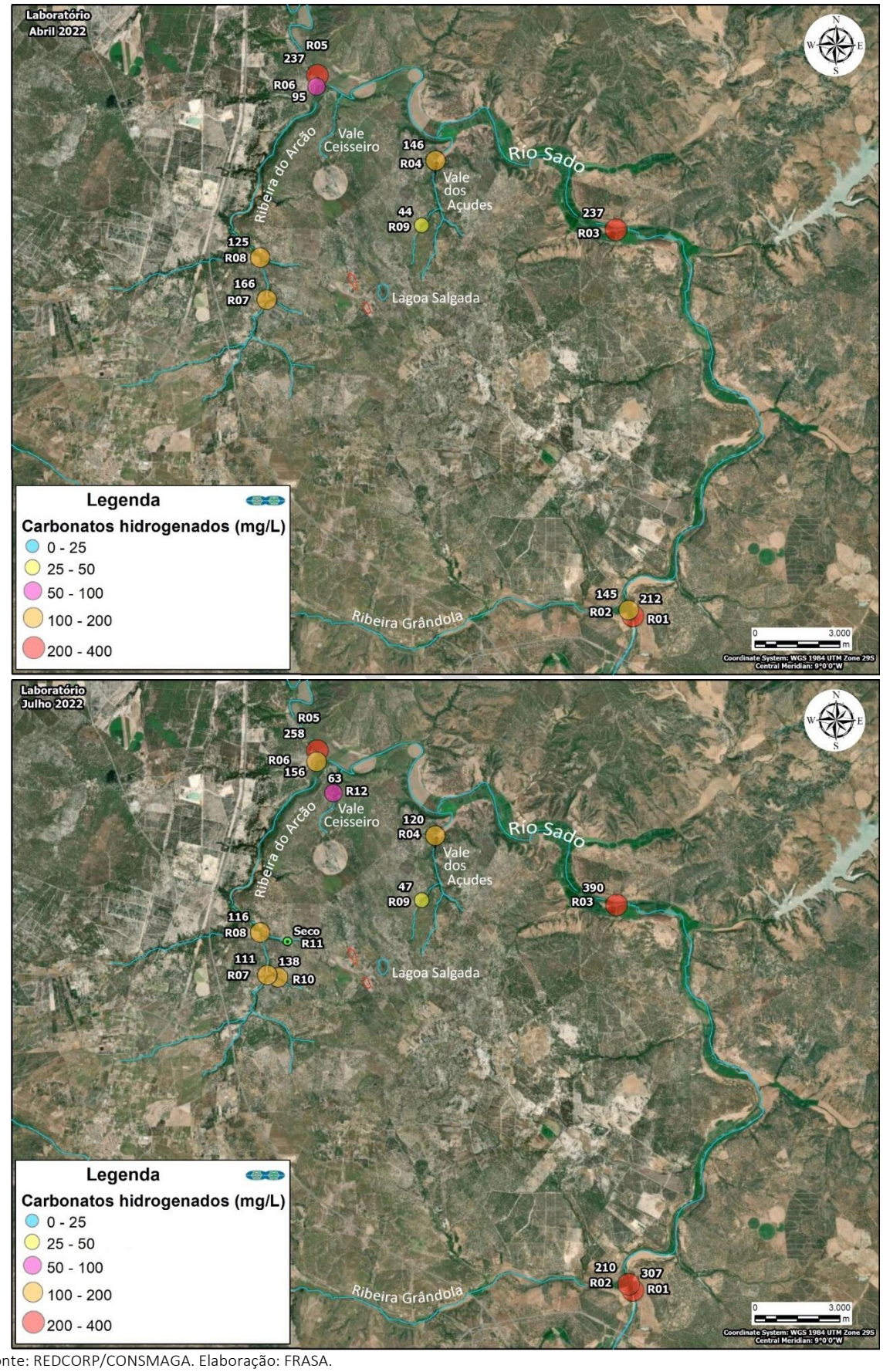
Tabela 69. Profundidade do ponto *vs* carbonatos hidrogenados (bicarbonatos).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

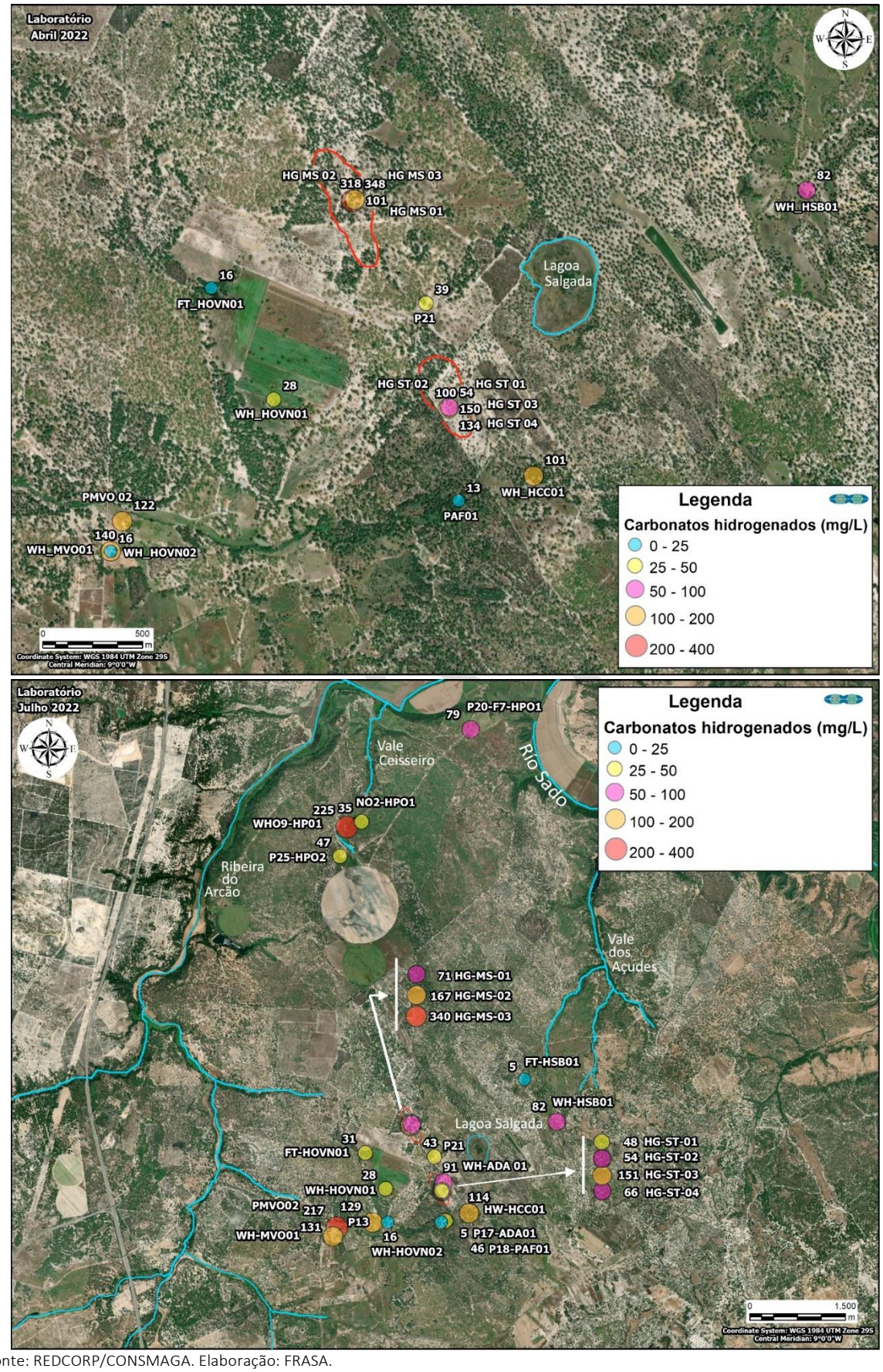
Figura 172. Profundidade do ponto *vs* carbonatos hidrogenados (bicarbonatos).

Na Figura 173, representa-se espacialmente os resultados das águas superficiais e na Figura 174 para as águas subterrâneas



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 173. Carbonatos hidrogenados (bicarbonatos) determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 174. Carbonatos hidrogenados (bicarbonatos) determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

9.4.6.3 Sulfatos

Tem uma forte tendência para absorver água e se liquefazer e é moderadamente solúvel a muito solúvel, exceto para os sulfatos de estrôncio e sulfatos de bário. É causada pela oxidação de enxofre presente nas rochas e pela lixiviação de compostos de sulfato (Feitosa, 2008).

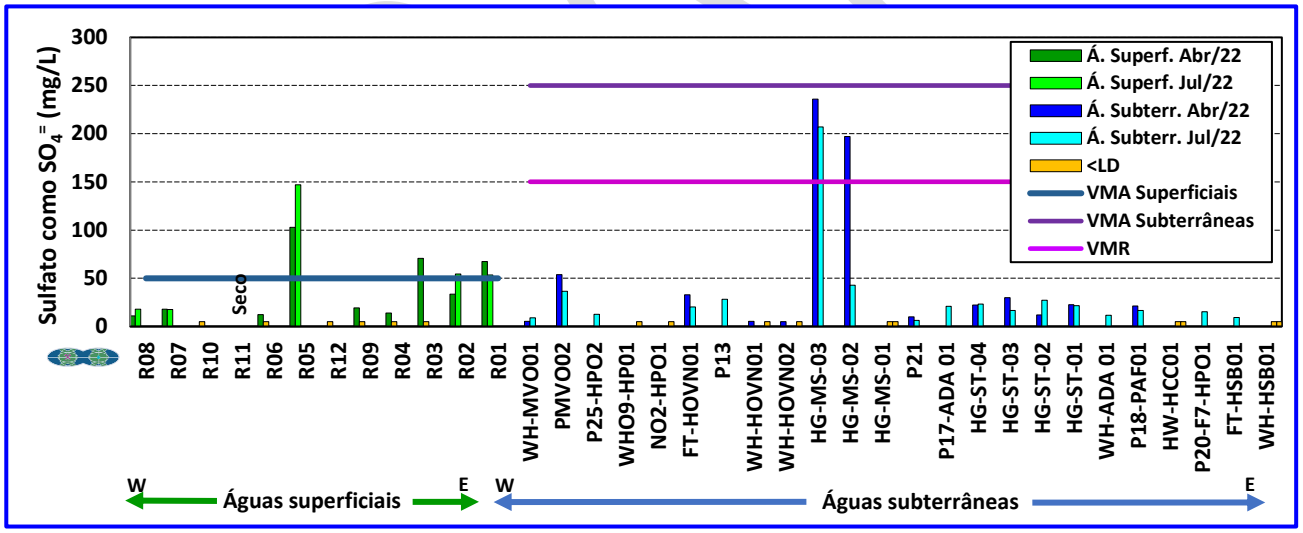
Na água do mar, o enxofre é encontrado sob a forma de sulfatos, compostos cuja concentração varia pouco, embora as suas proporções possam mudar significativamente nas águas próximas da costa devido à influência das águas fluviais, mais ricas em sulfatos do que nas águas marinhas. Em bacias oceânicas mais ou menos fechadas, como o Mar Negro, há bactérias que não precisam de oxigénio para respirar, reduzem os sulfatos marinhos e fazem com que corram para o fundo sob a forma de sulfuretos. É assumida uma génese com influência bacteriana semelhante para o Complexo Vulcano-Sedimentar.

Na Figura 175, estão apresentados os dados de monitoramento de sulfatos. Inclui os limites de qualidade estabelecidos pelo Decreto-Lei 236/98 para a água doce, subterrânea e de superfície.

Nos pontos pertencentes ao rio Sado (R01, R03 e R05) o VmA, que é fixado em 50 mg/L para águas superficiais, é ultrapassado em abril de 2022. Para os outros pontos de água cutânea, a concentração de sulfato está abaixo deste limite.

No rio Sado o máximo é detetado no ponto R05 (103 e 147 mg/L em abril e julho de 2022), seguido de R03 e R01 (70,6 e 67,3 mg/L, respetivamente) em abril de 2022. Em julho descem os valores em R01 e R03 (53,3 e <5 mg/L). Não há aparente explicação para a descida de sulfatos em R03 em julho de 2022.

Nos pontos pertencentes à ribeira do Arcão (R07 e R08) mostra-se concentrações entre 11 e 18 mg/L e nos seus tributários, amostrados em julho de 2022, no R11 está abaixo do limite de deteção (<5 mg/L) enquanto o R11 não tinha água. Por outro lado, no barranco do Vale dos Açudes (pontos R09 e R04), foram determinadas concentrações entre 14 e 19 mg/L em abril de 2022, ficando abaixo do limite de deteção em abril de 2022e, também, ficando abaixo do limite de deteção em julho. A ribeira de Grândola, no ponto R02 apresentou concentrações de sulfatos de 33,5 e 54,4 mg/L em abril e julho de 2022.



VMA: valor máximo admissível.
VMR: valor máximo recomendado.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 175. Sulfatos.

Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

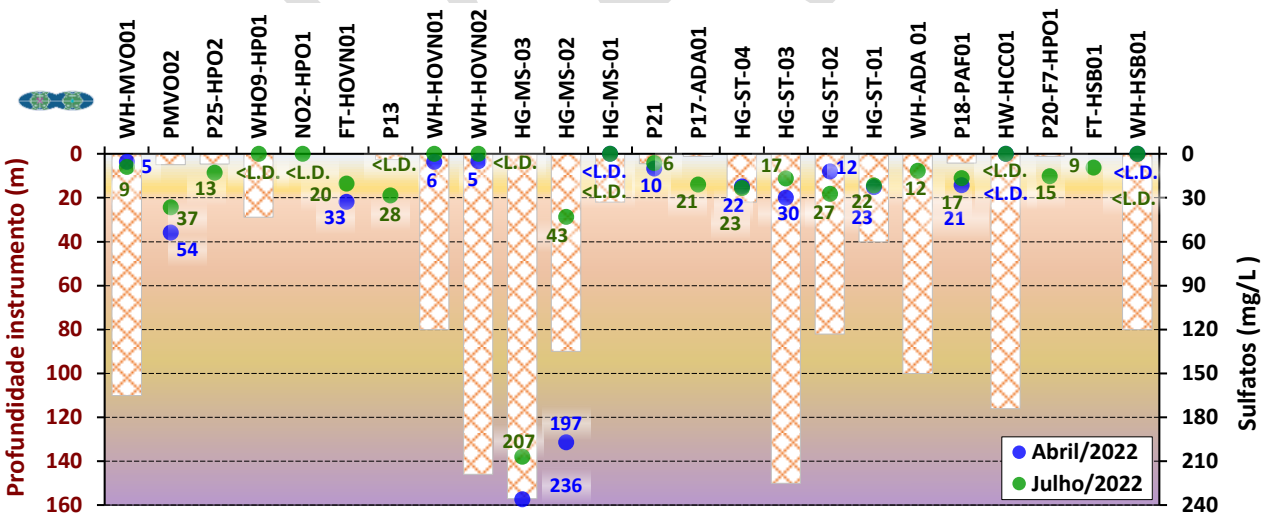
Tabela 70, refletem-se os resultados dos sulfatos, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representados graficamente na Figura 176.

Nas águas subterrâneas, no furo HG-MS03, o valor máximo recomendado (VMR) é ultrapassado em abril e julho de 2022 (236 e 207 mg/L) e no furo HG-MS02 em abril (197 mg/L) descendo em julho até 43 mg/L, permanecendo abaixo do valor máximo admissível (VMA) fixado em 250 mg/L. Ambos são furos de investigação hidrogeológica da Venda Nova Norte.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	5,3	9,0	
PMVO02	4,95	53,8	36,5	
P25-HPO2	4,70		12,8	
WHO9-HP01	28,90		<5.0	
NO2-HPO1	Sem dado		<5.0	
FT-HOVN01	0,00**	32,8	20,2	
P13	2,60		28,3	
WH-HOVN01	80,00	5,5	<5.0	
WH-HOVN02	146,00	5,0	<5.0	
HG-MS-03	157,00	236,0	207,0	
HG-MS-02	90,00	197,0	43,0	
HG-MS-01	22,00	<5,0	<5.0	
P21	4,45	9,9	6,2	mg/L
P17-ADA01	1,10		20,9	
HG-ST-04	22,00	22,2	23,3	
HG-ST-03	150,00	30,0	16,7	
HG-ST-02	82,00	12,0	27,3	
HG-ST-01	40,00	22,7	21,5	
WH-ADA01	100,00		11,6	
P18-PAF01	4,25	21,3	16,6	
HW-HCC01	116,00	<5,0	<5.0	
P20-F7-HP01	1,10		15,2	
FT-HSB01	0,00**		9,4	
WH-HSB01	80,00*	<5,0	<5,0	

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 70. Profundidade do ponto *vs* sulfatos.

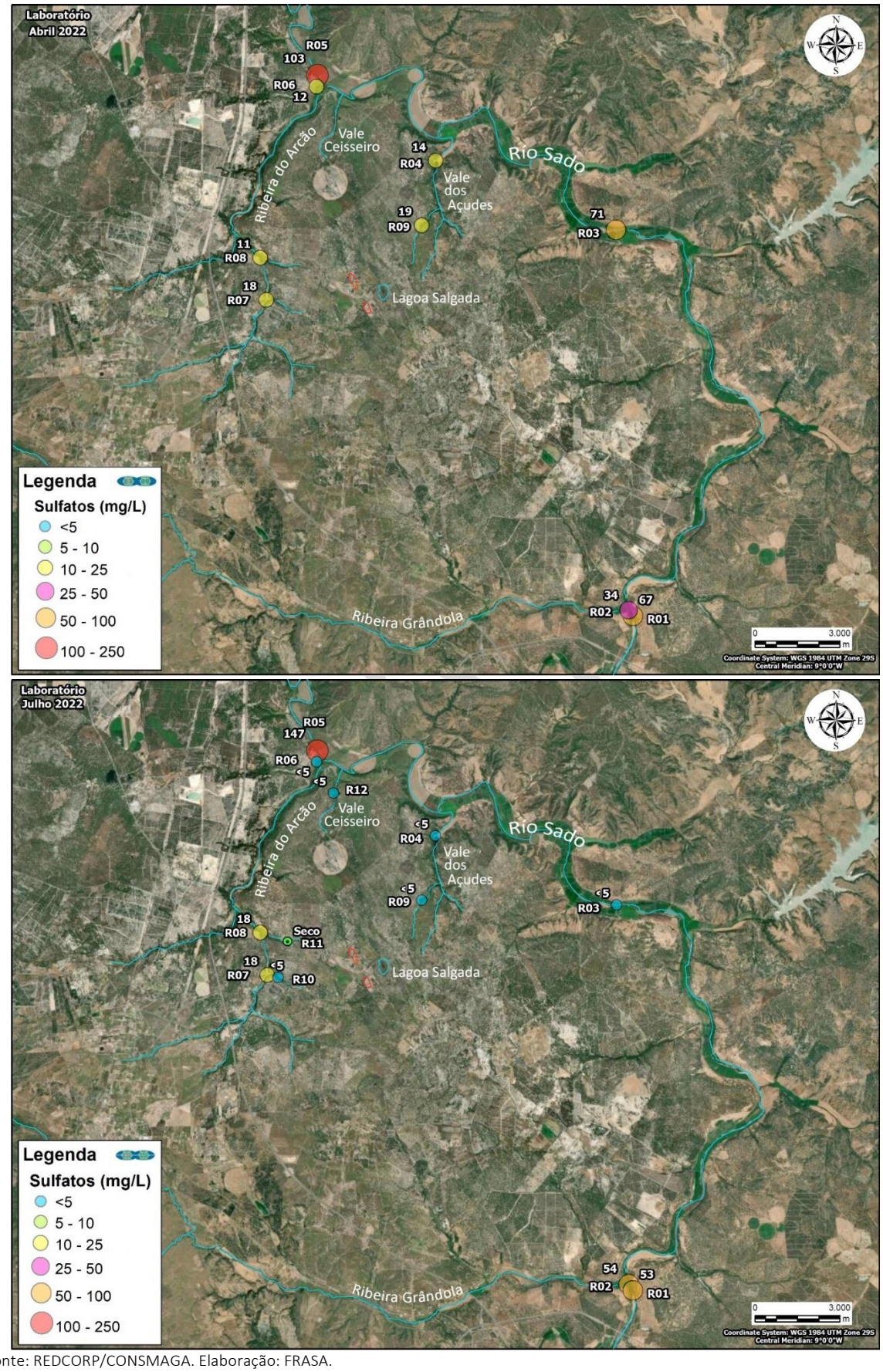


Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 176. Profundidade do ponto *vs* sulfatos.

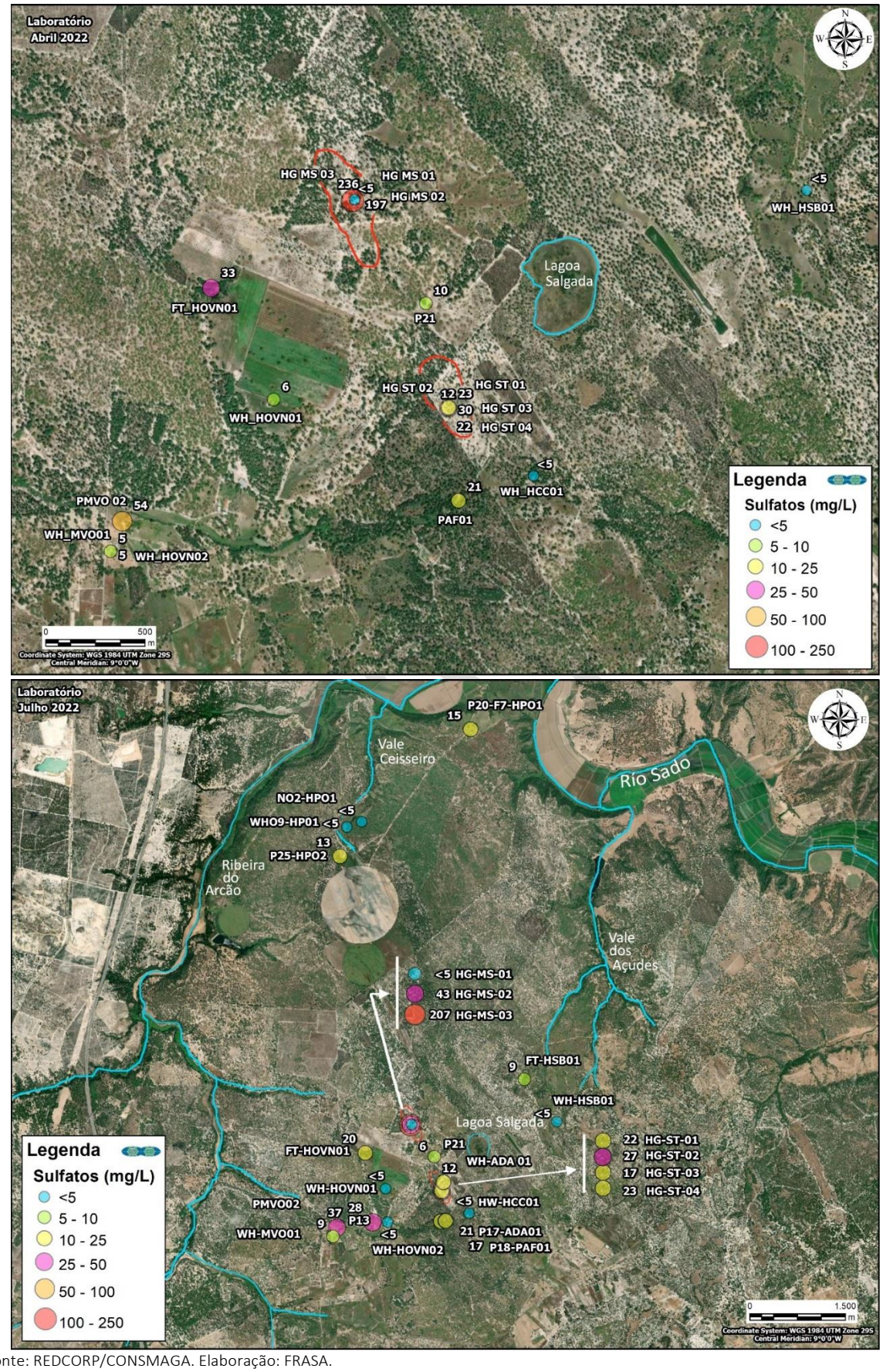
Nos pontos WH-HSB01, HG-MS01 e HW-HCC01 estão abaixo do limite de deteção de sulfato (<5,00 mg/L) em abril e julho.

Na Figura 177, são representados espacialmente os resultados das águas superficiais e na Figura 178 para as águas subterrâneas.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 177. Valores de sulfatos determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).

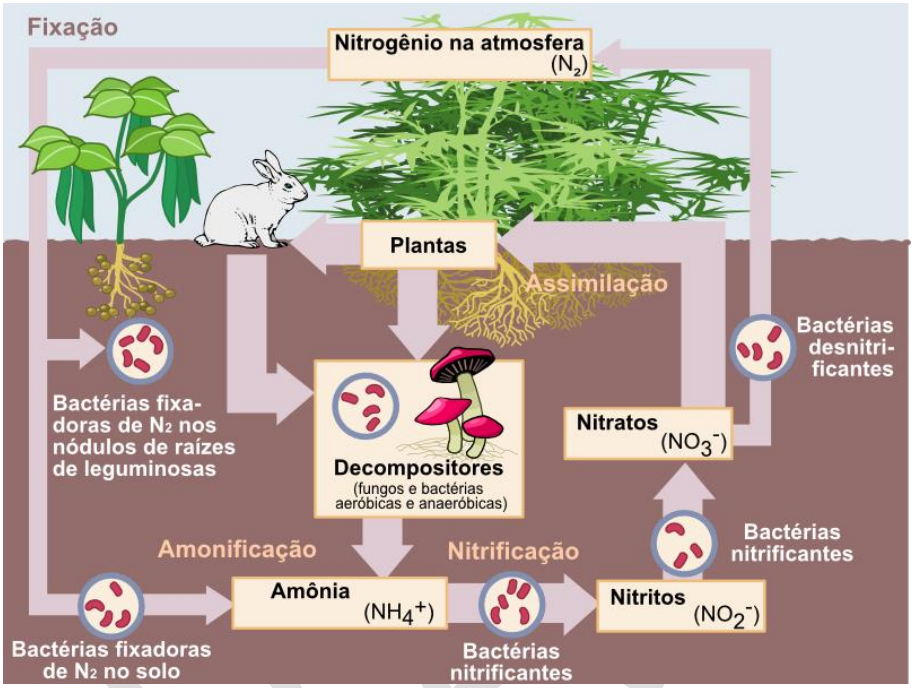


Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 178. Valores de sulfatos determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de2022).

9.4.6.4 Nitratos

Os nitratos são compostos químicos inorgânicos formados por três átomos de oxigénio e um átomo de azoto, e com uma carga negativa (NO_3^-). Não têm cor nem sabor e são encontrados na natureza tanto em solos, como dissolvidos na água. O ciclo do azoto é um dos ciclos nutritivos mais importantes para os ecossistemas naturais. As plantas absorvem azoto do solo, e os animais alimentam-se deles. Quando morrem e se decompõem, o azoto volta ao solo, onde as bactérias o transformam e o ciclo recomeça (Figura 179).

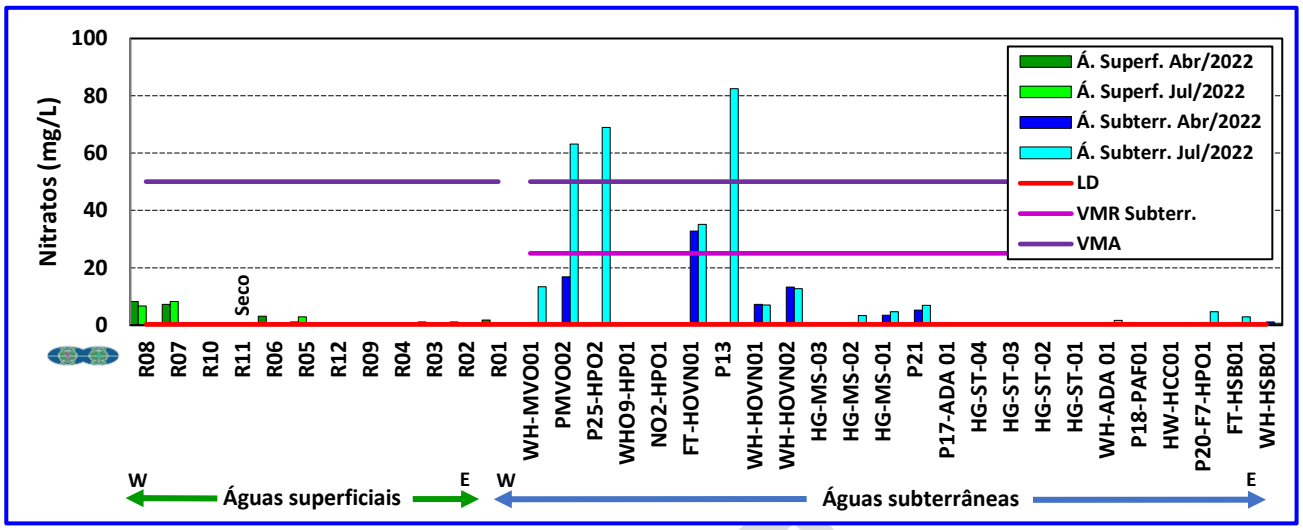


Fonte: wikiwand.com.

Figura 179. Ciclo do nitrogénio.

As análises mostram os resultados para nitratos como N e como nitratos, sendo a relação entre estes de 1 nitrato como N = 4,427 nitratos

Na Figura 180, estão representados os valores dos nitratos analisados em laboratório. Inclui os limites de qualidade estabelecidos pelo Decreto-Lei 236/98 para a água subterrânea e para a água doce de superfície.



VMA: valor máximo admissível.
VMR: valor máximo recomendado.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

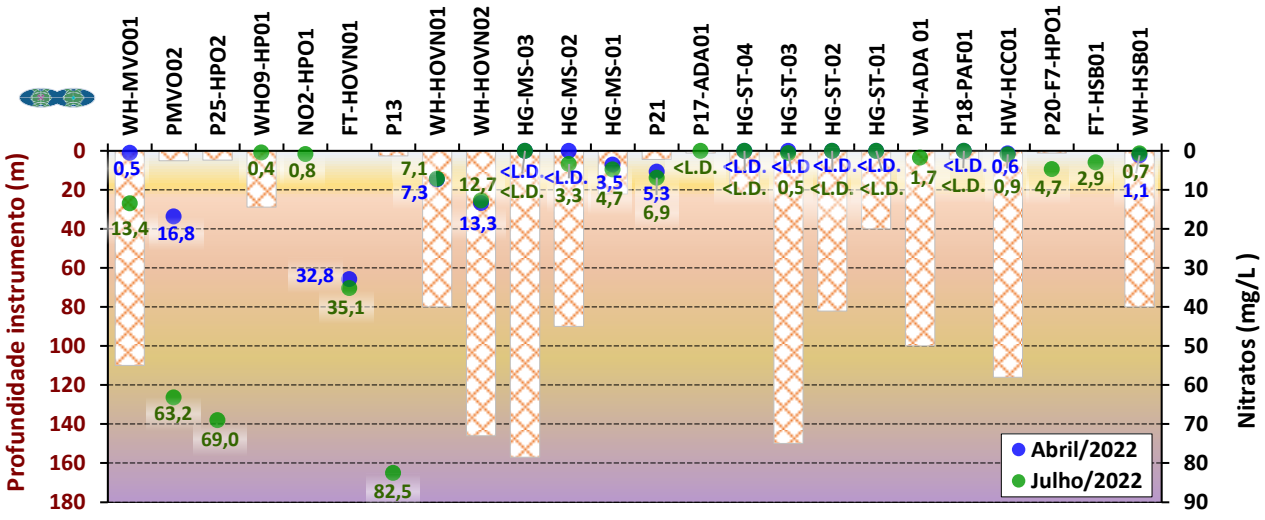
Figura 180. Nitratos.

No que diz respeito às águas superficiais, os valores máximos são detetados na ribeira do Arcão (pontos R08 (8,2 e 6,7 mg/L), R07 (7,3 e 8,2 mg/L) e R06 (3,2 e <0,27 mg/L) em abril e julho respetivamente). Nos outros pontos atingem-se teores de nitratos muito baixos.

Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 71, refletem-se os resultados dos nitratos, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representados graficamente na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 181.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 181. Profundidade do ponto *vs* nitratos.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	0,5	13,4	mg/L
PMVO02	4,95	16,8	63,2	
P25-HPO2	4,70		69,0	
WHO9-HP01	28,90		0,4	
NO2-HPO1	Sem dado		0,8	
FT-HOVN01	0,00**	32,8	35,1	
P13	2,60		82,5	
WH-HOVN01	80,00	7,3	7,1	
WH-HOVN02	146,00	13,3	12,7	
HG-MS-03	157,00	<0,27	<0.27	
HG-MS-02	90,00	<0,27	3,3	
HG-MS-01	22,00	3,5	4,7	
P21	4,45	5,3	6,9	
P17-ADA01	1,10		<0.27	
HG-ST-04	22,00	<0,27	<0.27	
HG-ST-03	150,00	<0,27	0,5	
HG-ST-02	82,00	<0,27	<0.27	
HG-ST-01	40,00	<0,27	<0.27	
WH-ADA01	100,00		1,7	
P18-PAF01	4,25	<0,27	<0.27	
HW-HCC01	116,00	0,6	0,9	
P20-F7-HP01	1,10		4,7	
FT-HSB01	0,00**		2,9	
WH-HSB01	80,00*	1,1	0,7	

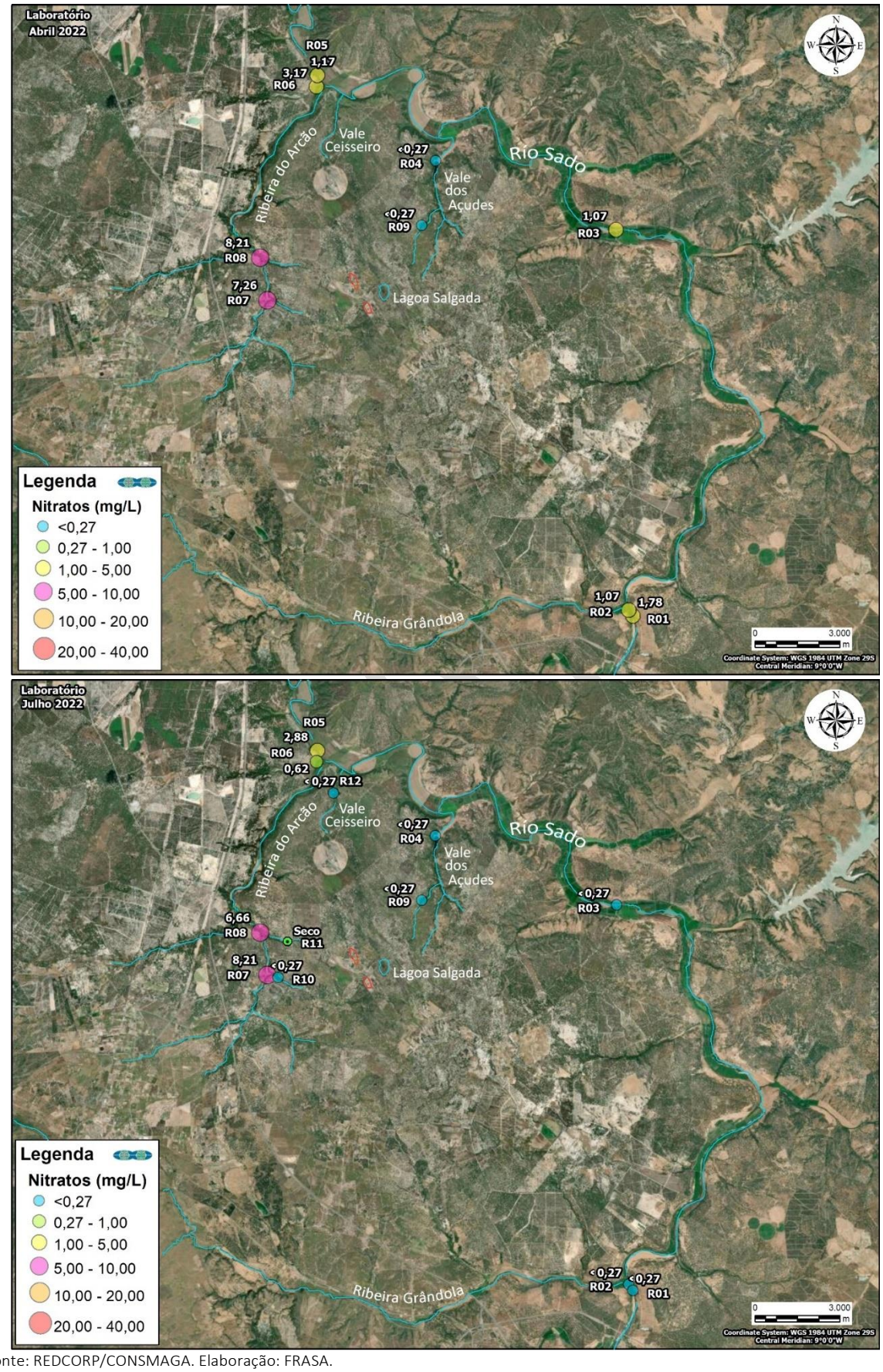
*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 71. Profundidade do ponto *vs* nitratos.

Nas águas subterrâneas, em muitos casos, estão abaixo do limite de deteção de nitratos (0,27 mg/L). Em abril de 2022 o valor mais elevado em nitratos encontra-se na fonte FT-HOVN01 (32,8 mg/L), que excede o valor máximo recomendado (25 mg/L), sem exceder o valor máximo admissível (50 mg/L). Pelo contrário, em julho no P13, P25-HPO2 e PMVO02 é excedido o VMA (notar que estas águas apresentavam elevado conteúdo de algas verdes).

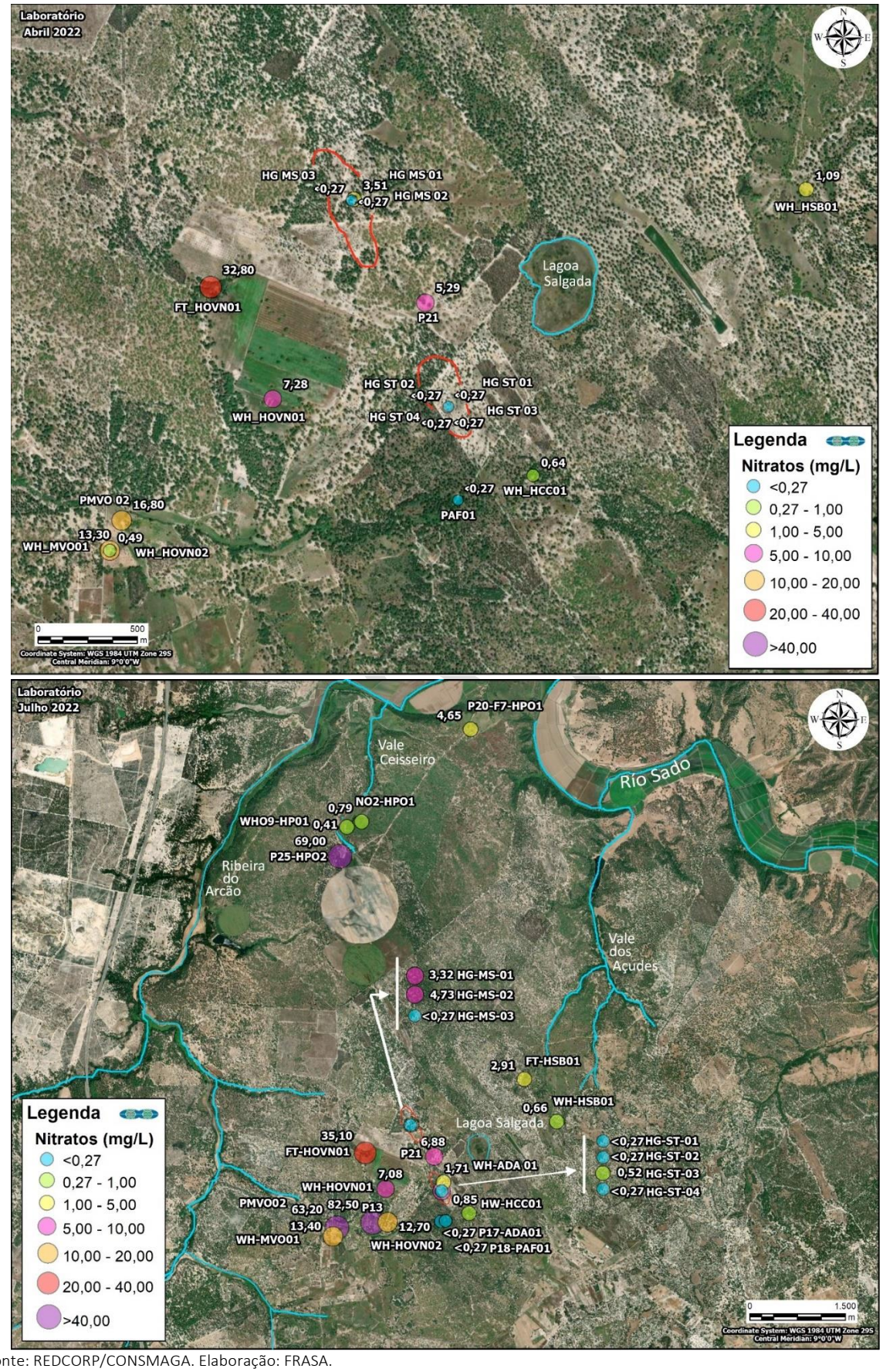
Parece que os maiores teores de nitratos sejam detetados em furos mais superficiais, possivelmente originados pelos fertilizantes e compostos orgânicos naturais.

Na Figura 182, são representados espacialmente os resultados das águas superficiais e na Figura 183 para as águas subterrâneas



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 182. Valores de nitratos determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril de julho 2022).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 183. Valores de nitratos determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

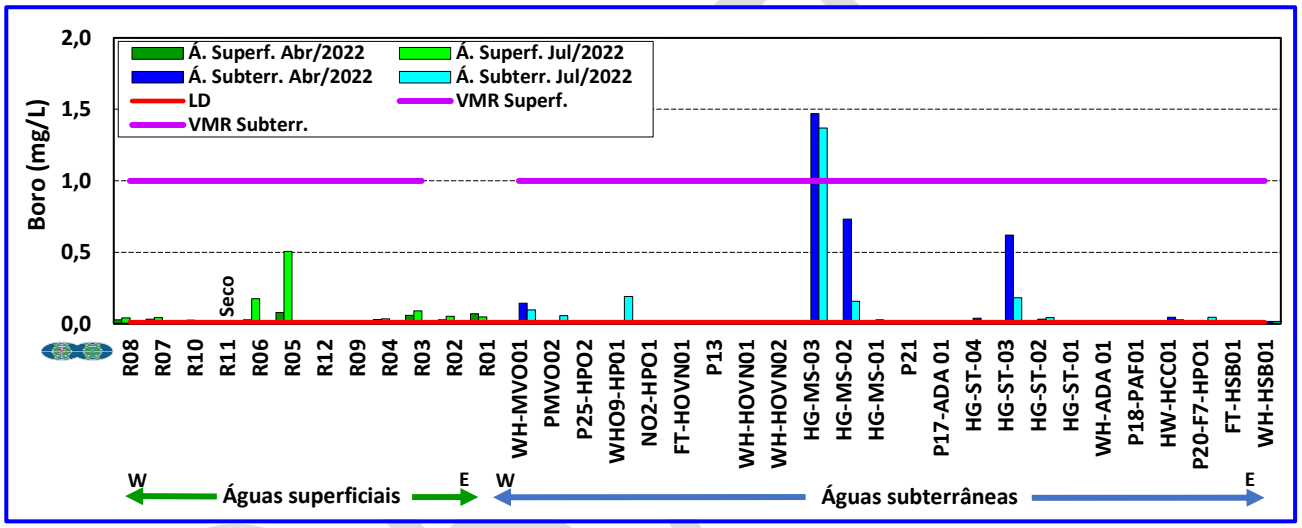
9.4.6.5 Boro

A origem do boro nas águas é geralmente diferente dependendo da fonte a partir da qual a água está a ser extraída. Alguns aquíferos têm na sua composição certos materiais com boro (principalmente turmalina) que dão à água um teor de boro que pode estar perto de 3 mg/L. Outro mecanismo de poluição é a fuga de águas residuais de uma rede de saneamento

O teor de boro de águas residuais é de cerca de 3 mg/L e provém dos perboratos utilizados na formulação de detergentes. A água do mar tem 5 mg/L de boro na sua composição média que provém principalmente da lixiviação de materiais geológicos. Outras fontes de contaminação do boro podem ser encontradas na utilização indevida de águas residuais para irrigação, ou no abuso de pesticidas ou fertilizantes que contêm na sua composição quantidades apreciáveis de boro (Hounslow, A.W.1995).

O interesse do boro no controlo analítico é que este elemento possa ser utilizado em determinadas ocasiões como um marcador da origem marinha das águas.

Na Figura 184, estão representados os valores do boro analisados no laboratório. Inclui os limites de qualidade estabelecidos pelo Decreto-Lei 236/98.



VMA: valor máximo admissível.
VMR: valor máximo recomendado.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 184. Boro.

No caso das águas superficiais, a concentração de boro não excede 0,08 mg/L, o máximo detetado no ponto R05.

Na Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

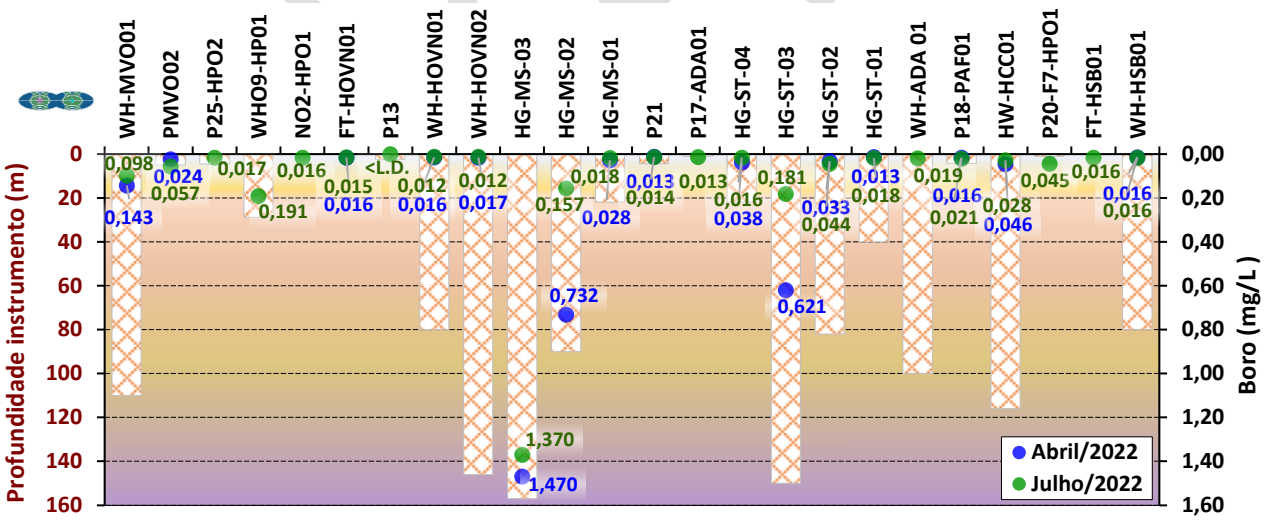
Tabela 72 refletem-se os resultados do boro, juntamente com a profundidade de cada ponto de amostragem das águas subterrâneas, sendo representado graficamente na Figura 185.

No que diz respeito aos pontos de amostragem de águas subterrâneas, a maior concentração de boro (1,470 e 1,370 mg/L) foi determinada no furo HG-MS03 em abril e julho, excedendo o Valor Máximo Recomendado pelo Decreto-Lei 236/98, seguido do HG-MS02 com uma concentração de 0,732 mg/L em abril. Note-se que o furo HG-ST03, com uma profundidade semelhante ao HG-MS03, tem menos de metade da concentração de boro. Os resultados indicam que a concentração de boro está associada à profundidade nos sectores da Venda Nova Norte e em menor grau da Venda Nova Sul. Outros pontos de observação com profundidades semelhantes noutros sectores não refletem estas anomalias de forma tão acentuada.

Ponto	Profundidade	Abril 2022	Julho 2022	Unidades
WH-MVO01	110,00	0,143	0,098	
PMVO02	4,95	0,024	0,057	
P25-HPO2	4,70		0,017	
WHO9-HP01	28,90		0,191	
NO2-HPO1	Sem dado		0,016	
FT-HOVN01	0,00**	0,016	0,015	
P13	2,60		<0,010	
WH-HOVN01	80,00	0,016	0,012	
WH-HOVN02	146,00	0,017	0,012	
HG-MS-03	157,00	1,470	1,370	
HG-MS-02	90,00	0,732	0,157	
HG-MS-01	22,00	0,028	0,018	
P21	4,45	0,013	0,014	mg/L
P17-ADA01	1,10		0,013	
HG-ST-04	22,00	0,038	0,016	
HG-ST-03	150,00	0,621	0,181	
HG-ST-02	82,00	0,033	0,044	
HG-ST-01	40,00	0,013	0,018	
WH-ADA01	100,00		0,019	
P18-PAF01	4,25	0,016	0,021	
HW-HCC01	116,00	0,046	0,028	
P20-F7-HPO1	1,10		0,045	
FT-HSB01	0,00**		0,016	
WH-HSB01	80,00*	0,016	0,016	

*Profundidade estimada segundo o proprietário.
**Nascente à cota do terreno.
Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

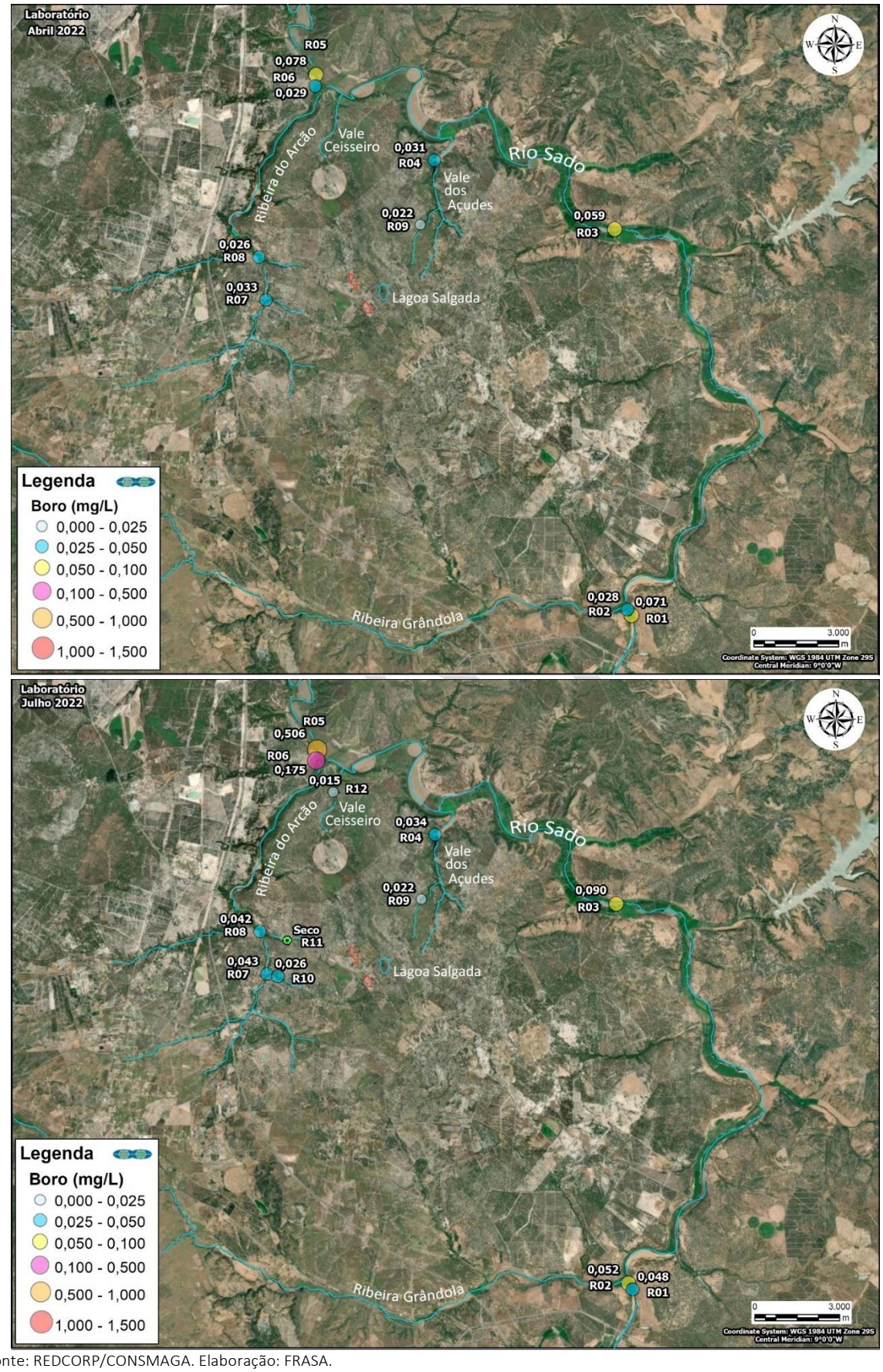
Tabela 72. Profundidade do ponto *vs* boro.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

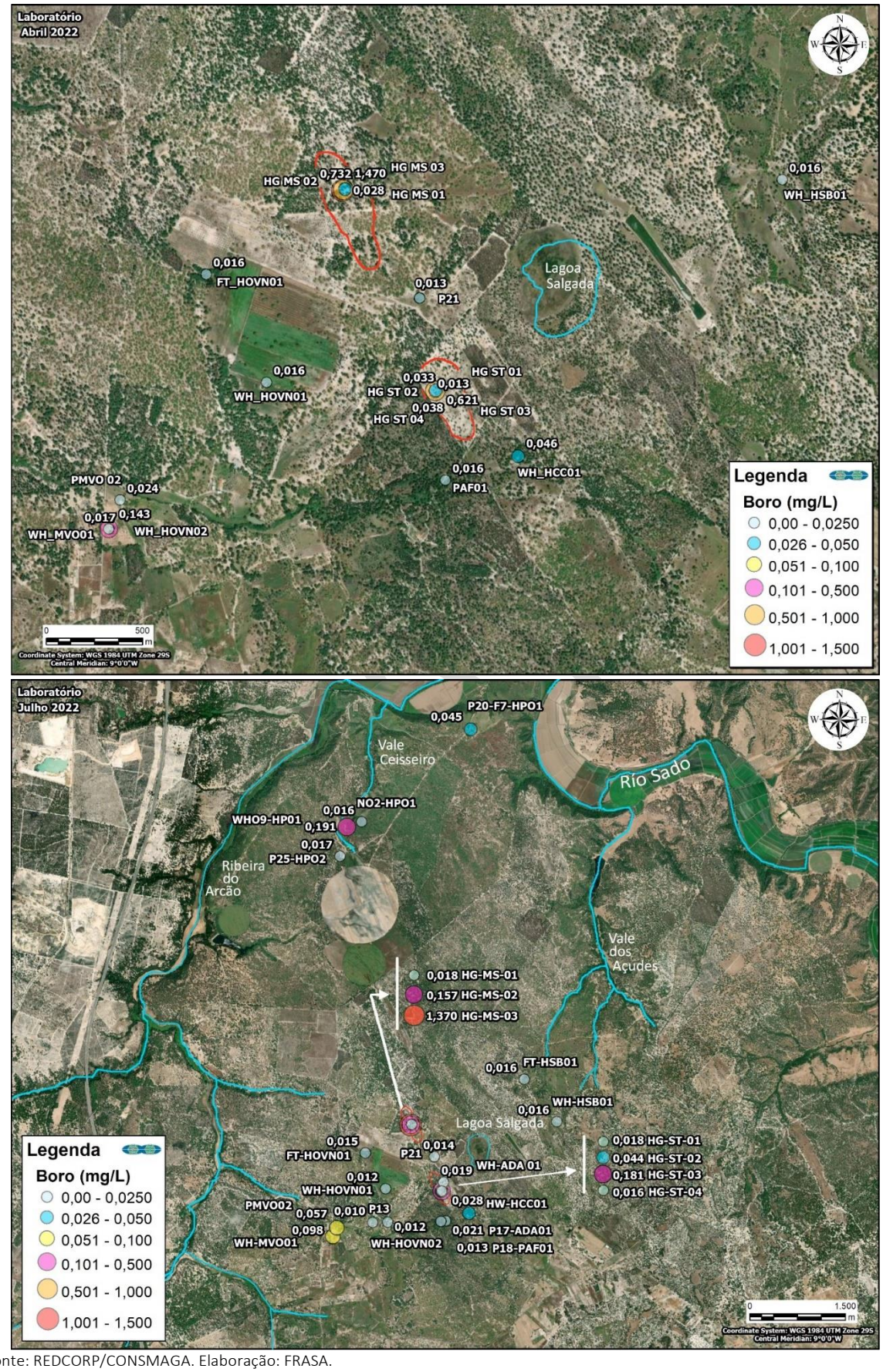
Figura 185. Profundidade do ponto *vs* boro.

Na Figura 186, são representados os resultados das águas superficiais espacialmente e na Figura 187 para as águas subterrâneas



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 186. Valores de boro determinados em laboratório, para as águas superficiais (abril e julho de 2022).



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 187. Valores de boro determinados em laboratório, para as águas subterrâneas (abril e julho de 2022).

9.4.6.6 Outros parâmetros com interesse

Os resultados analíticos de outros parâmetros de interesse analisados pelo laboratório são mostrados graficamente abaixo.

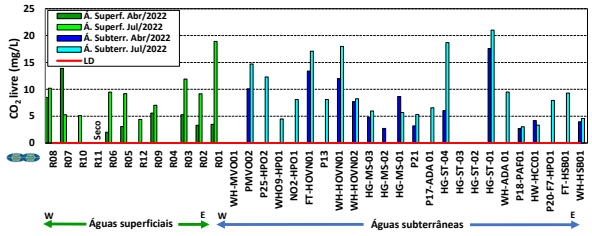


Figura 188. CO_2 livre.

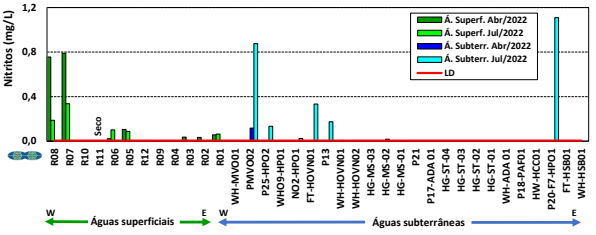


Figura 189. Nitritos.

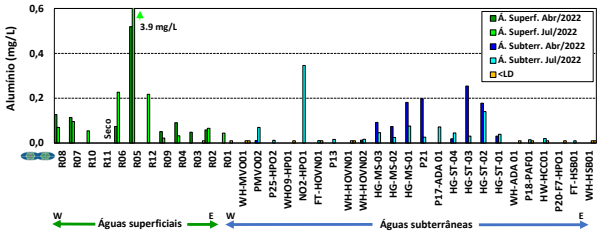


Figura 190. Alumínio.

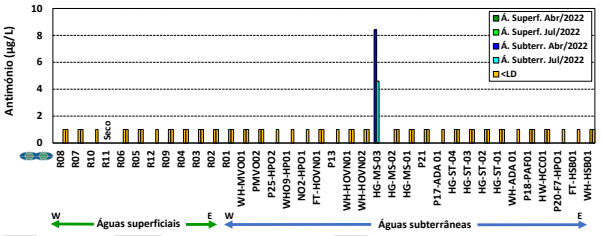


Figura 191. Antimónio.

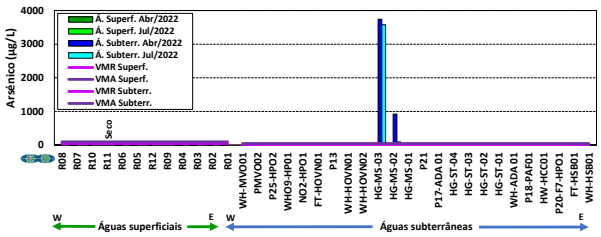


Figura 192. Arsénio.

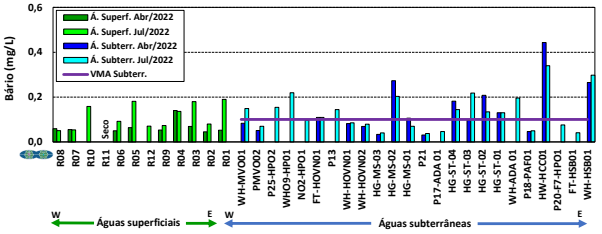


Figura 193. Bário.

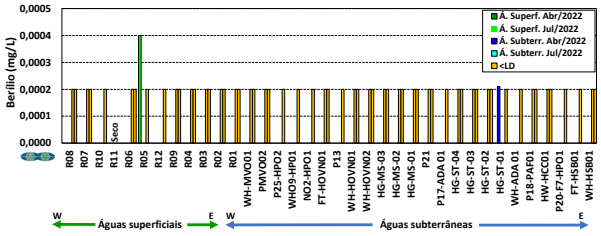
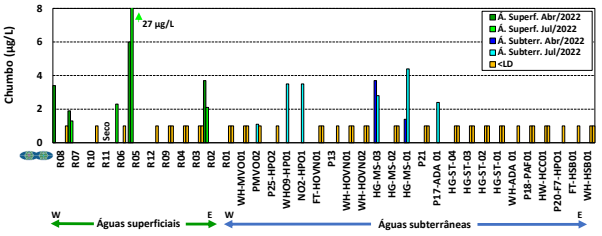
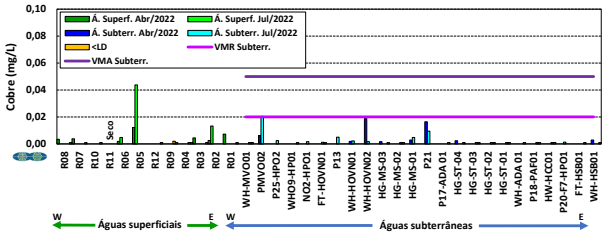


Figura 194. Berílio.



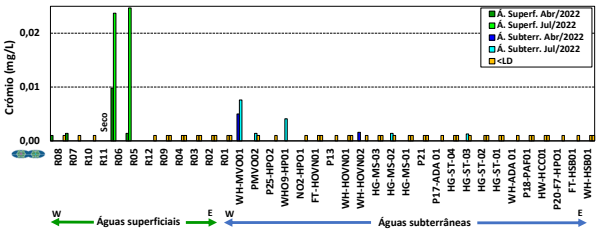
VMA: valor máximo recomendado. 0,05 mg/L = 50 µg/L.

Figura 195. Chumbo.



VMR: valor máximo recomendado.

Figura 196. Cobre.



VMR: valor máximo admissível (0,05 mg/L).

Figura 197. Crómio.

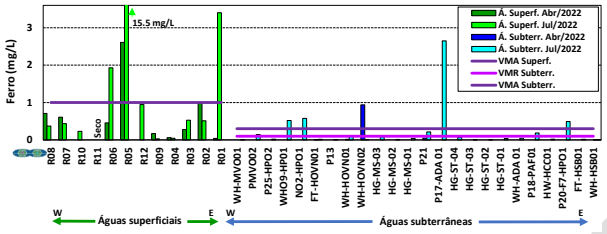


Figura 198. Ferro.

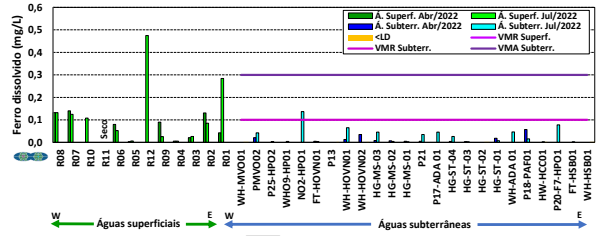


Figura 199. Ferro dissolvido.

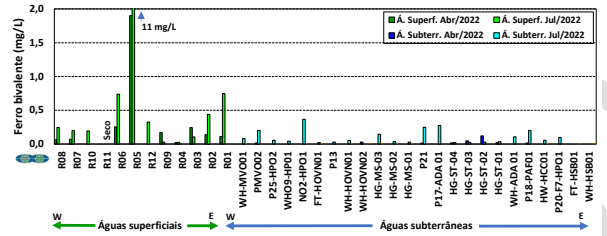


Figura 200. Ferro bivalente.

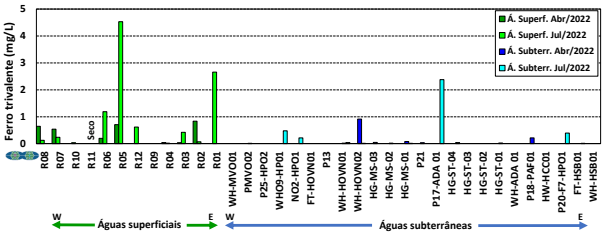


Figura 201. Ferro trivalente.

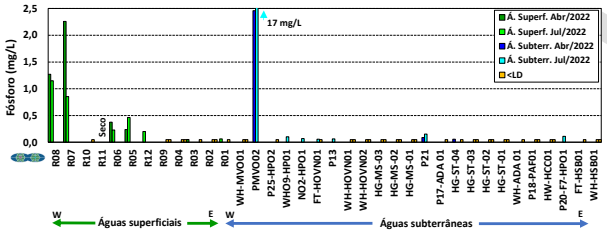


Figura 202. Fósforo.

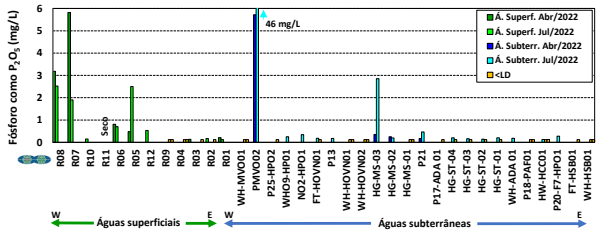
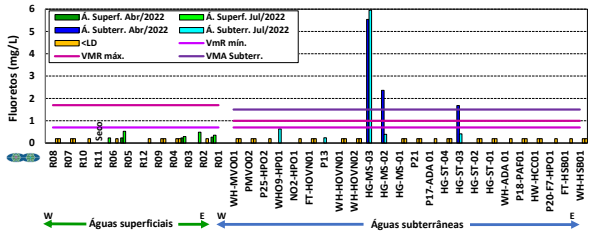


Figura 203. Fósforo como P_2O_5.



VMA: valor máximo admissível.
VMR: valor máximo recomendado.

Figura 204. Fluoretos.

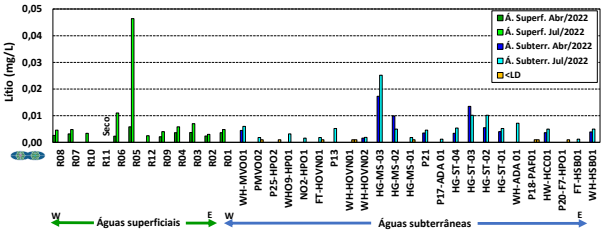
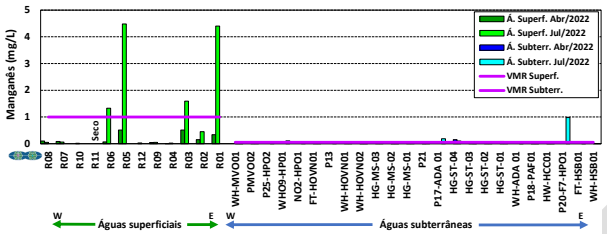
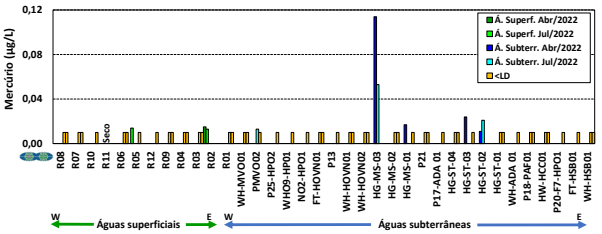


Figura 205. Lítio.



VMR: valor máximo recomendado.

Figura 206. Manganês.



VMA: valor máximo admissível. 0.0005 mg/L = 0,5 µg/L
VMR: valor máximo recomendado. 0,001 mg/L = 1 µg /L.

Figura 207. Mercúrio.

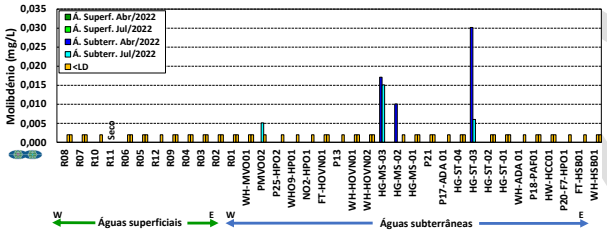


Figura 208. Molibdénio.

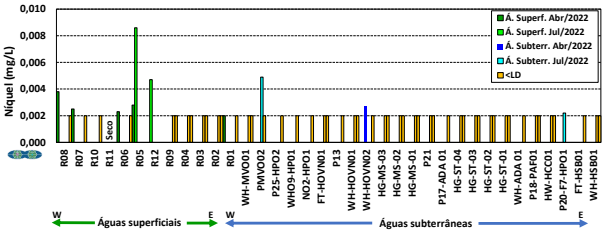


Figura 209. Níquel.

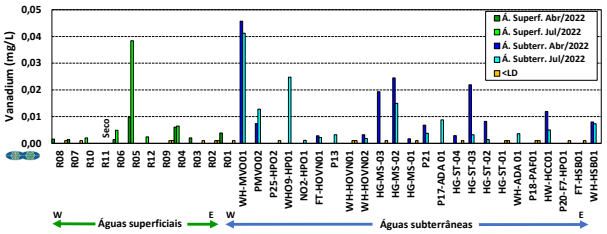


Figura 210. Vanádio.

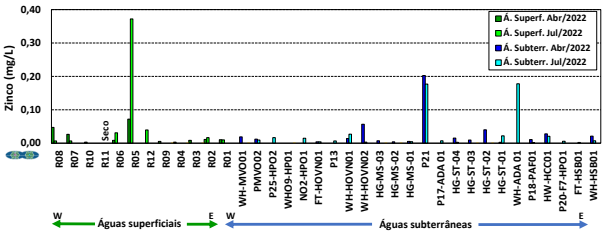


Figura 211. Zinco.

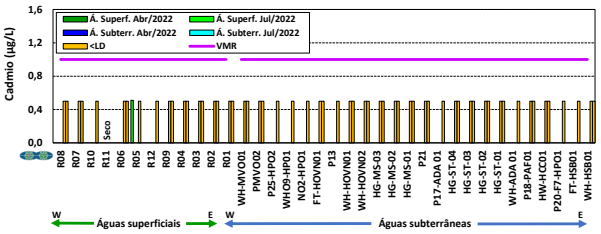


Figura 212. Cádmio.

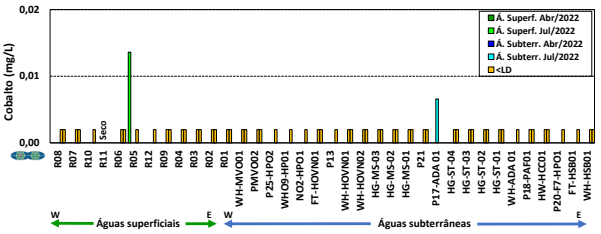


Figura 213. Cobalto.

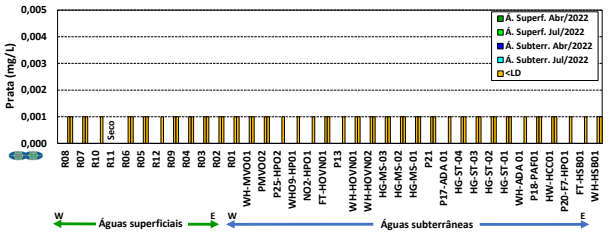


Figura 214. Prata.

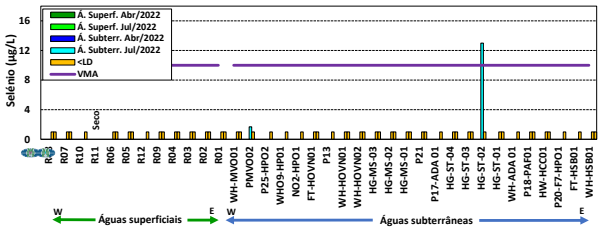


Figura 215. Selénio.

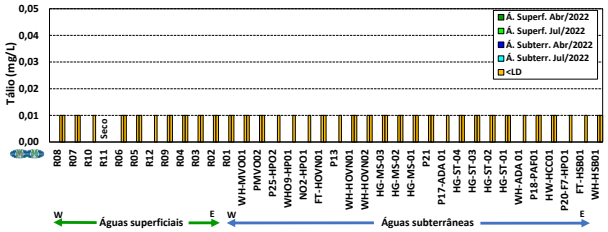


Figura 216. Tálio.

Os conteúdos em prata e tálio estão abaixo do limite de deteção em todos os pontos de controlo de águas subterrâneas e superficiais amostrados durante as campanhas de abril e julho de 2022.

O cádmio aparece com um valor ligeiramente acima do limite de deteção em julho de 2022 no R05, o cobalto mostra também uma concentração superior neste ponto e no P17-ADA01 em julho.

O selénio, em julho de 2022 mostra um valor acima do limite de deteção no PMVO02 e um valor acima do VMA no HG-ST02.

No HG-MS03 aparecem valores superiores de antimónio, arsénio, mercúrio, molibdeno e fluoretos, indicando a maior mineralização das águas profundas na Venda Nova Norte.

9.4.7 Parâmetros radiológicos

9.4.7.1 Trítio ^3H

O trítio é um isótopo de hidrogénio, é radioativo, o seu símbolo é ^3H, o seu núcleo é composto por um protão e dois neutrões. O trítio da atmosfera é formado naturalmente pela ação dos raios cósmicos; também provém de fontes antrópicas, especialmente testes termonucleares. A maior parte do trítio atmosférico é rapidamente oxidado para moléculas de água que se misturam com a chuva, juntando-se ao ciclo hidrológico, no qual constitui um marcador muito útil para as águas que tenham estado na atmosfera nos últimos anos.

A grande diluição que se submete na água significa que a sua concentração é extremamente baixa e só pode ser medida graças à radioatividade do trítio. O teor de trítio das águas naturais é expresso em unidades de trítio (UT). A unidade de trítio corresponde a uma concentração de 1 átomo de trítio por 1,018 átomos de hidrogénio. A UT tem uma atividade específica de 1/8.47 Bq/L, que equivale a 0.118 Bq/L.

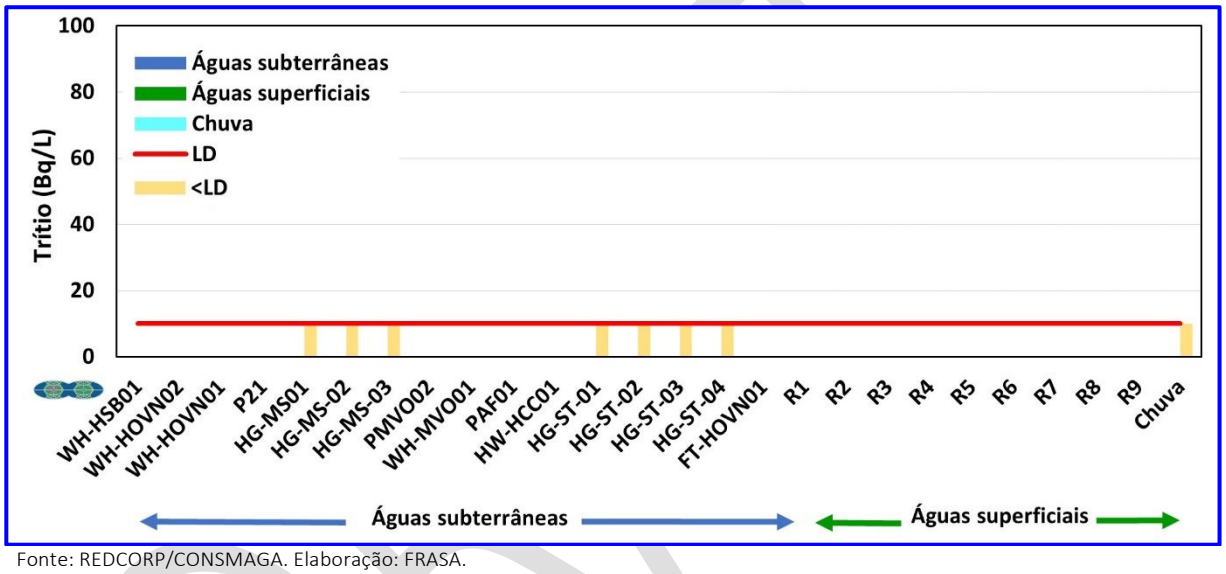
Em estudos hidrológicos, as medições de trítio fornecem informações sobre o tempo de trânsito ou renovação da água de um sistema. Ao entrar na zona não saturada, o trítio é isolado da atmosfera e a concentração inicial começa a diminuir por desintegração. A meia-vida do trítio é de 12,32 anos (Lucas e Unterweger, 2000), isto significa que, após 5 meias-vidas (cerca de 62 anos) só restam cerca de 3% de qualquer quantidade inicial de trítio. Se a produção natural é a única fonte de trítio de água, é uma ferramenta útil de deteção para um período entre 40 e 50 anos. Embora do ponto de vista técnico seja possível medir até 0,2 UT (cerca de 5 T, quase 62 anos), na realidade o limite inferior é entre 1 e 2 UT, uma vez que a incerteza (como 2σ) é geralmente desta ordem de magnitude ou ligeiramente inferior.

Num sistema de águas subterrâneas fechado, podem ser estabelecidas relações entre a concentração de trítio e a quantidade deste isótopo conhecido por ter sido depositado, com alterações relevantes devido aos efeitos da recarga e da mistura dispersiva, que variam de acordo com as estações do ano. Qualitativamente, concentrações inferiores a 2 ou 3 UT (0,236 ou 0,354Bq/L) numa localização

continental no hemisfério norte indicam que a recarga de água ocorreu antes das dispersões termonucleares do trítio (antes de 1953), enquanto concentrações superiores a 20 UT (2,36Bq/L) indicam um fluxo muito mais rápido de água do sistema.

Num sistema aberto, superficial ou subterrâneo, predomina a mistura de águas de várias idades. Como a maioria dos aquíferos têm uma capacidade de armazenamento muito superior à recarga anual, a água de vários anos pode acumular-se e misturar-se no próprio sistema. Assim, a concentração de trítio medido numa amostra não indica geralmente uma idade absoluta, mas uma idade média também chamada tempo de permanência ou residência.

A Figura 217, apresenta os valores para as amostras analisadas para o trítio (furos HG-ST e HG-MS) durante a campanha de abril de 2022. Além disso, estava incluída a determinação numa amostra de água da chuva. Em todos os casos, o trítio encontrava-se abaixo do limite de deteção do laboratório (<10Bq/L). Em princípio, parece que este limite de deteção é alto para fazer comparações com a água da chuva. É necessário procurar-se uma técnica mais precisa para chegar a conclusões sólidas em fases avançadas do estudo.



Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Figura 217. Trítio.

9.4.7.2 *Outros isótopos*

O oxigênio18 (^{18}O) é o segundo isótopo mais abundante de oxigénio depois do oxigénio16 (^{16}O), sendo um traçador da origem das águas meteóricas.

$\delta^{18}O$ é a medida da razão de isótopos estáveis de oxigénio 18 (^{18}O) e oxigénio 16 (^{16}O) numa amostra. É um indicador da temperatura de precipitação, como medida de interações entre águas subterrâneas, mostrando possíveis interconexões hidráulicas e condições de recarga, dado que é indicador de processos que exibem fracionamento isotópico, como a metanogénese.

O Deutério (^{2}H) é um isótopo estável de hidrogénio encontrado na natureza com uma abundância de 0,015% de todos os átomos de hidrogénio (um em 6.500), é um excelente traçador para determinar a idade das águas subterrâneas.

Tem interesse incorporar estes parâmetros ao estudo, para obter um melhor conhecimento das relações hidrodinâmicas.

9.5 Afetação hidrológico - ambiental da mineração

Antes de se falar do efeito hidrológico-ambiental da mineração, tem de se partir da caracterização química natural do ambiente em que, de acordo com capítulos anteriores, sabemos que alguns parâmetros já excedem o valor máximo recomendado (VMR) do Decreto-Lei 236/98 e até o admissível (VMA). Estar-

se-á, portanto, perante um ambiente com um fundo químico natural que ultrapassa estes limites já na situação 0 de referência, ante produção, que nada tem a ver com a atividade mineira.

Embora aparentemente não haja um impacto natural notável a destacar no quimismo das águas relacionado com a oxidação do depósito mineral, que possivelmente se deve a este ter permanecido submerso sob o nível freático, em condições tais que não haja uma oxidação marcada nas águas. Quando o bombeamento de água começar que permita a exploração mineira destes recursos, as condições químicas mudarão quando estes depósitos estiverem expostos ao ar e às suas condições oxidantes.

9.6 Conclusões sobre o quimismo das águas

As amplas gamas de valores obtidos para quase todos os parâmetros de qualidade revelam as diferentes origens das águas, sendo o tipo de material que atravessam e o tempo de contacto, os fatores que determinam a sua composição.

Há um aumento do pH, condutividade elétrica, temperatura da água, potencial redox e outros parâmetros, dependendo da profundidade, o que indica fluxos verticais típicos de uma zona de recarga.

Dependendo dos parâmetros físico-químicos, distinguem-se diferentes grupos de águas cuja qualidade pode estar relacionada com a sua origem, o grau de influência do processo de oxidação dos sulfuretos e o grau de neutralização da acidez gerada.

A este respeito, aparentemente não há um impacto elevado nas águas pela oxidação dos sulfuretos dos depósitos, isto pode ser porque, tendo permanecido debaixo do nível freático com baixas quantidades de oxigénio dissolvido não há um processo vincado de oxidação (por exemplo, a água em geral tem uma baixa concentração de sulfatos e ferro).

Ao mesmo tempo, a carbonatação e calichificação abundantes observadas, por vezes observando-se a presença de níveis de calcarenitos, podem induzir a capacidade de neutralizar a acidez gerada no sistema, em condições naturais pré-mina.

O furo de investigação hidrogeológica HG-MS03, relacionado com águas profundas do jazigo Venda Nova Norte, apresenta elevada alcalinidade (TAC) e maiores conteúdos em alguns elementos (bicarbonatos, sulfatos, sódio, mercúrio, fluoretos, arsénio, antimónio, boro e lítio) que nos outros pontos de controlo de águas profundas, indicando a diferente origem das águas e as diferentes relações químicas na mesma.

DRAFT

10 PIEZOMETRIA

Está em curso o plano de monitorização piezométrica, que foi possível desenvolver durante o corrente ano, como ponto de partida, a ser progressivamente melhorado nas fases seguintes do projeto, à medida que ocorra a decisão mineira, quer ao nível da área foco do Projeto (AI_PDA), quer a um nível mais geral e regional que envolve a área do atual BHS.

Por ora estabeleceu-se o controlo piezométrico mensal, que é garantido pela REDCORP, de levantamentos dos níveis de água até 39 pontos, sendo 30 de sondagens de reconhecimento geológico (9 sondagens com sigla ST e MS), sondagens metalúrgicas (5 sondagens com sigla MET), todas inclinados a 60º onde se faz a conversão do valor da leitura de campo para cota vertical, mais a sondagem inicial do LNEG, vertical, mantida com revestimento de proteção (LS01) e as sondagens geotécnicas verticais (2 sondagens com sigla GT), sondagens hidrogeológicas verticais (7 sondagens com sigla HG) especialmente concebidas para o BHS, a que acresce os furos de captação de água verticais (5 furos com sigla WH), que incluem 1 furo público e 4 privados com acessibilidade autorizada para observação.

Este total de 30 pontos, representa uma rede de observação importante e significativa, mas ainda muito irregular, a que acrescerá, no futuro, novos pontos, que mereceram já a plena concordância pelo Projeto.

A este total soma-se 9 poços de água privados, ainda que só usados como indicadores de profundidade da água, pois são um auxiliar de interpretação, ocasionalmente usados.

Esta rede de monitorização integra uma lista mais vasta de pontos inventariados, numa malha de pontos de sondagens do projeto, furos de captação antigos, e poços de água, públicos e privados, num total de 65 pontos, a que se espera ter acesso progressivo, nas etapas futuras do seguimento do BHS e da implementação de um PVCASS do Projeto. Naturalmente, nesta fase do BHS não foi possível aceder a todos os pontos inventariados.

Refere-se também que entre os piezómetros construídos em 2022, nas sondagens designadas com a sigla HG, os dois que captam no sistema profundo, dão excelente indicador de que as águas deste sistema hidrogeológico, mais antiga e confinadas, só não são artesianas, porque o seu nível estabiliza a um nível sub-superficial, no seio do sistema cutâneo que, pela natureza livre e transmissiva deste aquífero do Plio-Plistocénico, dissipa a pressão do confinamento a que essas águas estão sujeitas, impedindo a sua completa ascensão nos furos e extravasão à superfície do terreno.

Daí que as medições de nível de água sendo indicadoras e complexas, nos dão a imagem do comportamento piezométrico geral da área coberta por estas medições.

A estimativa e interpretação das superfícies dos níveis de água é condicionada pelos diferentes sistemas de aquíferos e pela sua inter-relação.

Com base nos resultados alcançados nos testes de bombagem, observa-se a clara diferenciação entre o sistema aquífero superior, de natureza cutânea, com os sistemas intermédios e profundos.

Salienta-se ainda que pode haver diferenciação entre o Plio-Plistocénico e o Holocénico, que localmente pode manter em suspenso um aquífero livre, que assenta as areias eólicas soltas a inconsolidadas mais recentes sobre a “cama” de argilas siltosas cinzento-esverdeadas do topo do Plio-Plistocénico.

Este horizonte de barreira à infiltração, é o responsável pelas lagoas, brejos, charcos e águas derramadas, cujas águas pluviais dos ciclos hidrológicos tendem a acumular e saturar o meio, para logo depois descarregarem progressivamente para as suas margens e para a recarga do sistema cutâneo mais abaixo. Em alguns casos o encharcamento pelicular sub-superficial é sazonal, em outros pode ser duradouro, como o exemplo da Lagoa Salgada, com exceções, pois que nos últimos anos de seca prolongada se apresenta seca.

O rebaixamento aquífero a este nível, faz-se notar no comportamento piezométrico do Desenho 8, onde, em detalhe, se pode ver que há águas com nível alto da gama de cotas altimétricas do NH acima de 78m/+80m, por contraponto com os NH´s, com níveis da gama de valores de cota entre + 74m/77m. observados no aquífero cutâneo, do Plio-Plistocénico. Estas diferenças podem ser justificadas nos considerandos acima expostos.

Um rebaixamento plurimétrico, da ordem da cota altimétrica de + 83/+85m, é já suficiente para explicar o estado atual seco da grande maioria das lagoas assinaladas na área do BHS.

DRAFT

É preocupante este novo normal, pois que nos últimos 60-70 anos os episódios de secagem das águas, se bem que tendo acontecido, eram bem mais raros e ocasionais.

A seca que prevaleceu durante este período em que se procedeu à recolha de dados de nível de água, rebaixa e condiciona indubitavelmente os fluxos subterrâneos, dado que as recargas dos sistemas mais superficiais são menos significativas, em particular o sistema cutâneo.

Faltam dados, nas áreas adjacentes, que possam corroborar o modelo, de que na base do sistema aquífero cutâneo, na ordem da cota altimétrica +70m, possa confirmar-se que os fluxos cutâneos sejam dominados pela recarga vertical e a quase saturação das areias inconsolidadas do Plio-Plistocénico (sempre que haja eventos de máxima), para logo a seguir descarregarem nas linhas de água em direção às bacias do Arcão e Grândola, mas também para o rio Sado.

De uma forma genérica, observa-se que existe uma divisão hidrogeológica em profundidade, no sistema cutâneo, com uma orientação de fluxo de sudeste para noroeste, na área dos depósitos minerais do Projeto, onde foi possível estruturar uma rede de furos de investigação geológica e mineral, com outros furos realizados no ano corrente, metalúrgicos (naturalmente para testes mineralúrgicos de bancada), geotécnicos, e hidrogeológicos (no âmbito do corrente estudo).

Ver-se-á abaixo a expressão mais regionalizada deste sistema cutâneo, com a delimitação do seu perímetro de confinamento entre rios (Sado, Arcão e Grândola) e a interpretação da superfície de contato com as formações do Miocénico em profundidade, que possibilitará a interpretação para lá da área dos jazigos, dos fluxos cutâneos gerados e o continuado sentido de descarga deste sistema.

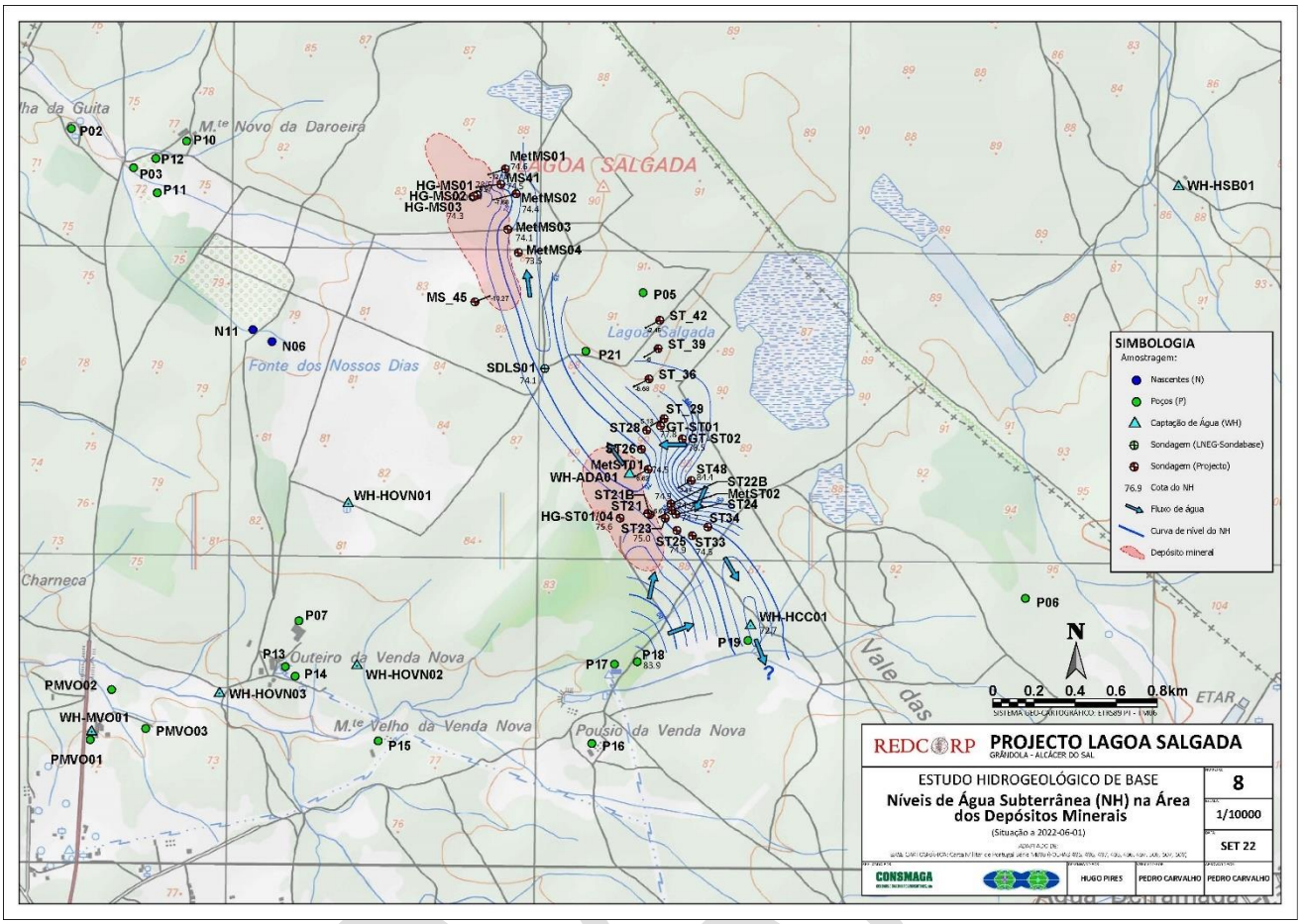
Esta paleo-superfície tal como foi interpretada (ver Desenho 9), aproveita o fato de no topo do Miocénico, prevalecer uma unidade compacta de argilitos, barreira natural do aquífero cutâneo, seu limite basal, onde se pode acumular águas em pequenas bacias Pliocénicas, ou servir de "cama", para a progressiva drenagem em direção às margens das linhas de água, que sulcam as formações Miocénicas.

Pelo saber popular e informações verbais recebidas nos contatos com os proprietários e residentes locais, demora cerca de 2 a 3 dias, entre a água de um evento de máxima, no platô das cabeceiras das sub-bacias e o tempo que demora a inundar as margens do rio Sado a Este.

É assim, que se define uma rede hidrográfica pouco pronunciada, com linhas de água com comportamento **perdedor,** até cerca de cota altimétrica aproximada 70+-2m a.n.m, passando a apresentar ravinamento mais acentuado para baixo desta cota de referência, onde se realça que os barrancos respetivos passam a ter, na generalidade dos casos, cursos de água permanente, com por ex: ribeira de Grândola, ribeira do Arcão, barrancos das Terras Cavadas e da Junceira (excetua o verão de 2022), Barranco do Vale Ceisseiro, Barranco dos Açudes e Barranco do Batão, que passam então a ter comportamento **ganhador**, com tal drenagem permanente para a rede hidrográfica principal da área, e para o rio Sado.

É possível que nestes fluxos das águas de subsuperfície, haja potencial para recarga difusa, acentuada pela tectónica alpina observada, dos sistemas aquíferos intermédio e profundo do Cenozoico.

DRAFT



Desenho 8. Curvas do NH na área dos depósitos minerais, referida a junho de 2022 (Desenho_8_Piezometria.pdf)

Estes levantamentos iniciais dos níveis de água em sondagens e poços, constituir-se-ão com a referência de base para a monitorização e controlo futuros.

Na Tabela 73 pode ver-se os levantamentos à data e as variações de nível de água observados.

Nota-se que em termos gerais os pontos observados tiveram tendência para rebaixamento do nível a responder ao período de seca, nos meses mais quentes de verão, sem que se tenha notado uma recuperação dos níveis assim tão generalizada com as primeiras chuvas de setembro.

Sendo cedo para se tirar ilações dever-se-á ter uma série de monitorização mais longa a cobrir também o ciclo de inverno, para perceber o efeito das chuvas nas variações dos níveis de água subterrânea na área do Projeto.

Pontos 2022	Furos/Poços Cota ao solo	Profundidade útil	Plio-Plistocénico Cota da Base	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
HG-ST01	88,33	42,00	69,33	75,93	75,32	75,04	74,87	74,94	75,18
HG-ST02	88,34	82,00	69,34	74,76	74,66	74,30	73,97	73,86	74,29
HG-ST03	88,19	150,00	69,01	76,11	74,30	74,58	74,16	73,97	74,15
HG-ST04	88,05	22,00	69,19	75,15	75,51	75,33	75,17	75,12	75,28
HG-MS01	85,89	22,00	67,89	78,59	78,54	78,51	78,46	78,54	78,39
HG-MS02	86,30	89,00	68,3	75,39	74,22	73,98	73,90	73,85	74,12
HG-MS03	86,44	157,00	68,44	76,16	74,41	74,32	74,15	74,12	74,49
WH-HCC01	88,68	116,00	nd	72,87		72,88	72,99	70,04	70,35
WH-ADA-01	90,43	100,00	nd						
WH-HOVN01	81,01	80,00	65,01	73,81					
WH09-HP01	58,08	≥100	nd				29,22		
WH-HSB01	86,60	80,00	nd	78,49					
LS01	86,90	≥100	70,7		74,24	74,14	74,01	73,84	73,97
GT-ST01	89,35	39,80	73,55			77,80	77,77	79,54	79,46
GT-ST02	89,74	39,80	74,54			78,47	78,43	79,68	79,62
MET-MS01	87,77	≥100	69,67	76,09	76,35	75,09	75,16	75,24	74,96
MET-MSO2	87,86	≥100	70,07	75,58	74,79	74,40	74,31	74,30	74,63
MET-MS03	87,30	≥100	nd	75,22	74,38	74,09	74,00	73,94	74,23
MET-MS04	87,87	≥100	nd	74,64	73,85	73,46	73,36	73,33	73,65
MET-ST01	89,44	≥100	73	75,07	75,13	74,50	74,17	74,12	74,46
MET-ST02	88,62	≥100	74,53	75,27	75,25	74,87	74,65	74,42	74,90
MS41	87,36	≥100	70,4	75,51	76,07	74,50	74,40	74,37	74,72
ST23	88,14	≥100		75,26	75,32	74,97	74,70	74,25	74,18
ST25	88,20	≥100		75,18	75,26	74,91	74,65	74,18	74,12
ST33	87,90	≥100		74,85	74,79	74,46	74,19	73,99	73,88
ST24	88,45	≥100		75,31	75,31	74,92	74,70	74,25	74,27
ST48	88,49	≥100	72,66	84,79	84,65	84,38	84,13	84,00	83,90
ST34	88,11	≥100		76,73		74,69			74,56
ST26	90,51	≥100						74,87	75,21
ST29	89,97	≥100	75,09					74,10	74,35
P17-ADA01	84,10	9,47					83,33		82,88
P21	89,15	3,45		87,61			87,97		86,41
P18-HVNO01(≡PAF01)	84,90	3,31	nd	84,17					
P16-HVNO02 (≡PAF02)	84,10	2,95	nd				81,89		
P15-MVVN01(≡PVN03)	74,00	6,00	nd	70,80					
PMVO02	65,30	4,00	nd	62,03					
P22-HP01	64,85	5,35	nd						
P25 -HP02	57,14	4,65	nd				55,44		
P14-HOVN03	77,60	3,96	nd				76,51		
P13-HOVN02	79,40	3,88	nd				77,66		
P07-HOVN01	79,40	4,44	nd				77,31		

Fonte: REDCORP/CONSMAGA. Elaboração: FRASA.

Tabela 73. Águas subterrâneas. Controlo de níveis de água. Leituras mensais

11 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCETUAL: MODELO DE FLUXOS

No depósito mineral da Venda Nova Norte, numa observação repartida em duas direções principais a um ângulo de 90º a partir de um ponto de vista no azimute 200º, i.e., a partir de Sul, a simular um bloco-diagrama (Figura 218), pode ver-se o seguinte:

- Os fluxos das águas subcutâneas, originam tanto a sua acumulação nas zonas centrais do jazigo, como a descarga lateralmente em direção às margens, em favor do contacto com os materiais argilosos do Miocénico Superior.

- Os fluxos das águas no sistema hidrogeológico intermédio, multicamada, adquirem um sentido subhorizontal, descarregando lateralmente nos afloramentos destas formações nas margens das ribeiras e barrancos, embora também possa haver intercomunicação hidrogeológica vertical com o Paleozoico profundo alterado.

- O paleo-relevo de contacto com o Paleozoico marca as direções preferenciais de fluxo no sistema profundo, de modo que há condições de fluxo, tanto para Sul, como para Norte, como se pode observar no detalhe da Figura 218, por Arezes *et al,* 2022, Redcorp, *doc interno*, mas também de forma enfática no Desenho 11 abaixo, aqui, muito evidente a partir da cumeada do paleo-relevo (*horst*) da Lagoa Salgada/Rio de Moinhos.

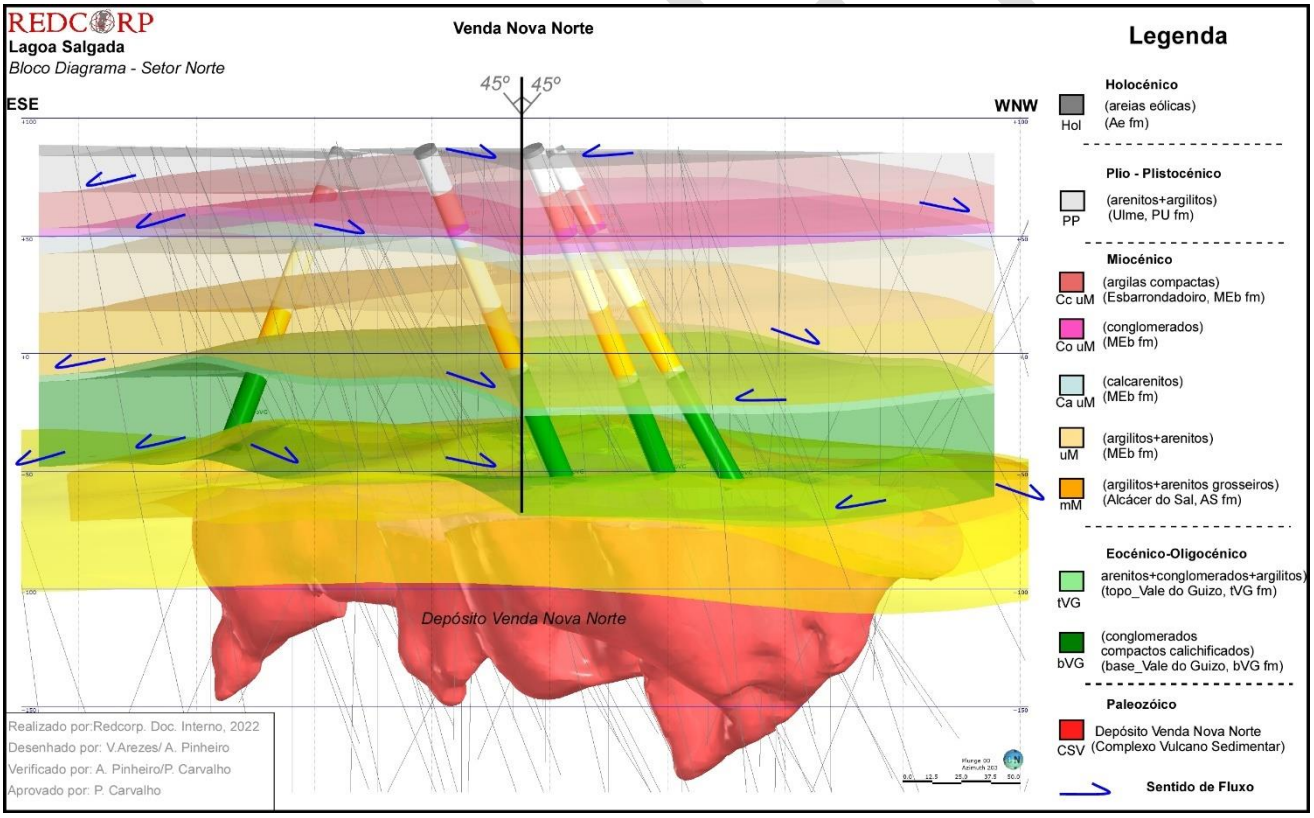


Figura 218. Fluxos hidrogeológicos na Venda Nova Norte.

Vai-se apresentar nos itens subsequentes, caso a caso, os seguintes aspetos gerais:

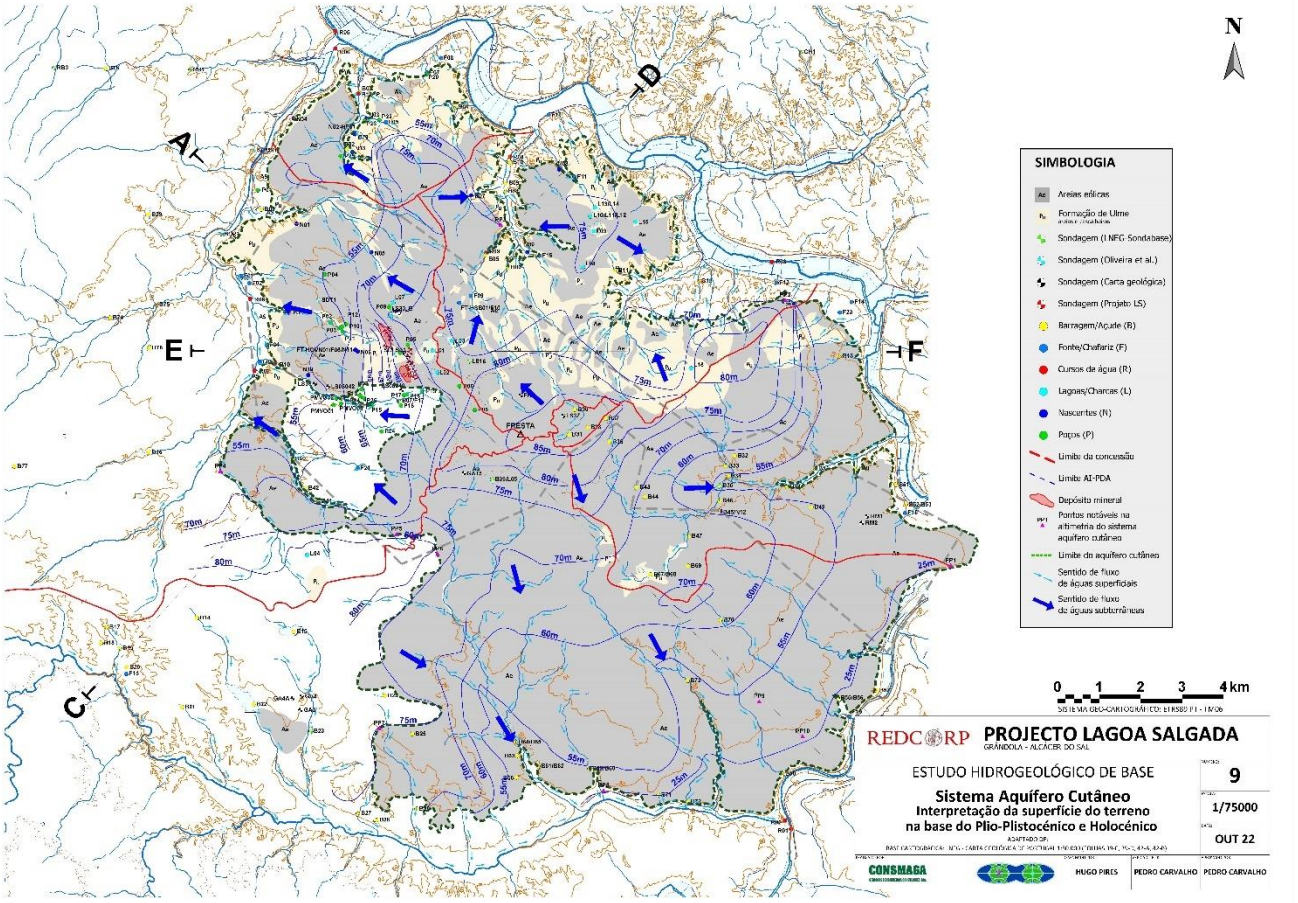
- Interpretação do modelo de fluxos no sistema cutâneo;

- Fluxos de água no sistema aquífero intermédio;

- Sistema aquífero profundo.

11.1 Interpretação do modelo de fluxos no sistema cutâneo

Para se efetuar a interpretação dos fluxos de água no sistema cutâneo tinha de se perceber em que medida haveria correspondência entre o sistema de fluxos verificado à superfície do terreno e oque seria de esperar em profundidade face à morfologia do contato do Plio-Plistocénico com o Miocénico inferior.



Desenho 9. Direções de fluxo no sistema Aquífero Cutâneo, referida a outubro de 2022 (Desenho_9_Cutaneo.pdf)

Pode observar-se no Desenho 9, o resultado da interpretação efetuada e salientando-se os seguintes considerandos:

- O aquífero cutâneo foi primeiramente delimitado pela linha externa do limite dos afloramentos das formações Holocénica e Plio-Plistocénica em conjunto, como se observa no Desenho 9. Ocupa uma superfície de cerca de 19.500m2;

- Foi observado que a formação de Ulme (PU), na carta geológica (Desenho 2), quando aflora nas áreas de platô com drenagem pouco vincada, constitui sistematicamente a "cama" das areias soltas do Holocénico que se lhe sobrepõe. As 16 lagoas e charcos inventariados (L1 a L16), na sua totalidade, estão localizadas neste contexto, não tendo este conjunto mais que 2-4 m, aliás, como observado nas sondagens do projeto;

- As argilas ou areias finas com matriz argilosa abundante do topo do Plio-Plistocénico, que constituem a "cama" acima referida, têm em média até cerca de 4 a 5 metros de espessura e são um bom ponto de referência para se estabelecer a espessura média das areias que lhe antecedem em profundidade;

- Pode dar-se como aceitável que a espessura total do conjunto acima seja muito regular, variando entre 16 a 18 metros em média, em particular na área do projeto. Isto também foi observado no Areeiro da Água do Montinho (Visa, 2012), onde a espessura, à cota 25 m a.n.m, no limite Este junto ao rio Sado é de 18 m, a mesma espessura tal como foi intersectado mais a Norte, na sondagem a RM01 de Rio de Moinhos;

- O fato de a espessura se manter muito regular ao longo da área do estudo, entre rios, onde se observa que este conjunto formacional tem uma terminação abrupta, nas escarpas dos vales mais acentuados da região, "obriga" a pensar que estas areias se depositaram sobre a superfície Miocénica, de modo diferenciado, ora diretamente sobre a formação do Esbarrondadoiro, ora mesmo sobre a formação de Alcácer do Sal, ou mesmo a formação de Vale do Guizo, embora a morfologia geral não seja muito distinta da planície recortada à superfície do terreno atual;

- Pode levar a concluir-se que esta "moldagem" ao terreno Miocénico, ora à cota 70m, ora às cotas 50m a.n.m e mesmo à cota 20m a.n.m, se possa efetuar no contato com a formação do Esbarrondadoiro e mesmo com a formação de Alcácer do Sal, como referido, dependendo da erosão a que estes terrenos tenham sido submetidos, sem que seja necessário apelar a variações de facies ou litológicas laterais;

- Pode inferir-se que as linhas aproximadas de cumeada se mantiveram sensivelmente com as mesmas caraterísticas, sendo na área Sudoeste dominada pela formação do Esbarrondadoiro, que demarca aí o limite deste sistema aquífero.

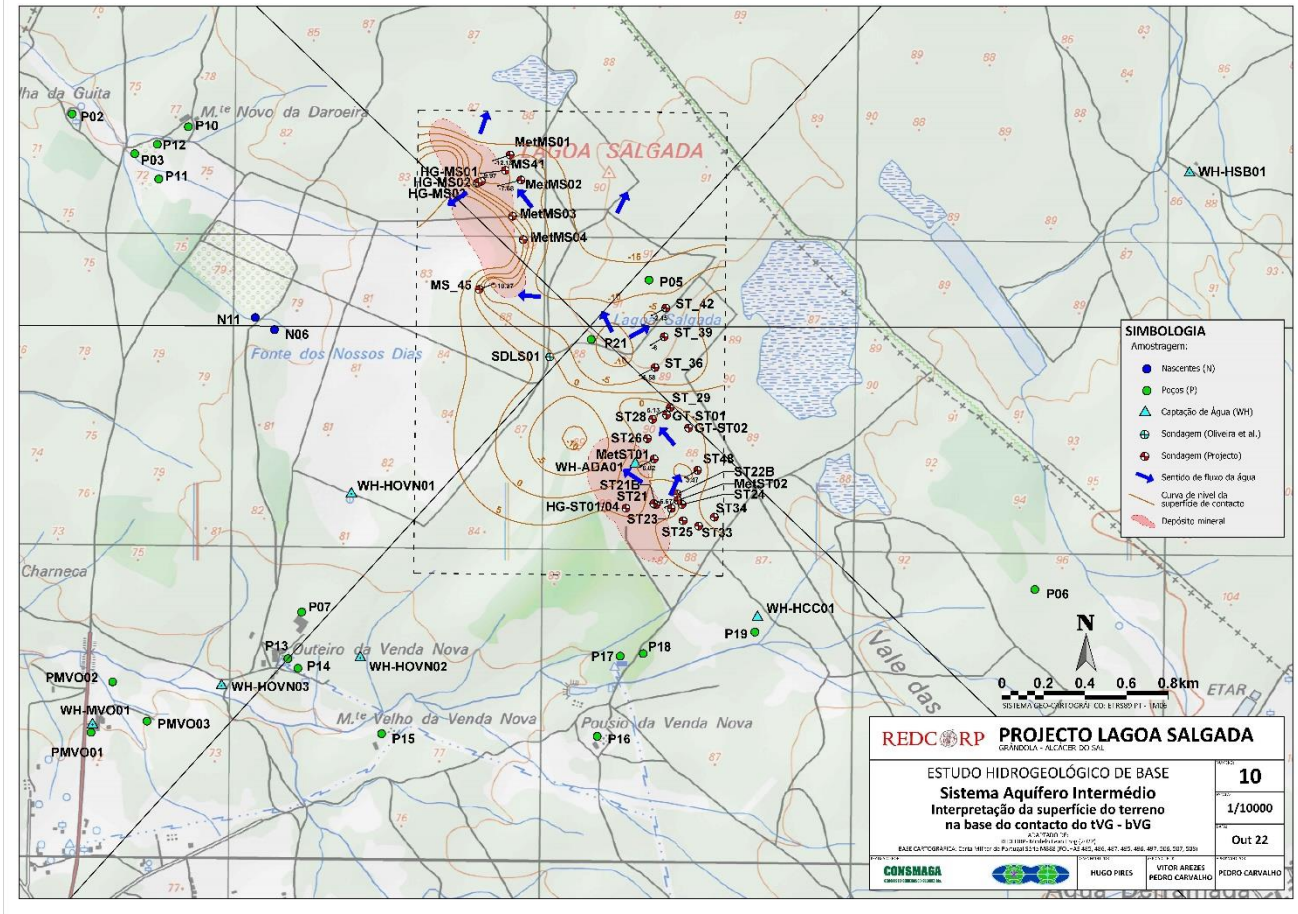
Assim, tendo em consideração os pontos acima, desenhou-se a superfície o contato da base do Plio-Plistocénico, não sendo despiciendo a importância das cerca de 17 sondagens novas efetuadas na área dos jazigos, como se refere acima na Tabela 73, que viabilizaram a interpretação.

A partir da interpretação da superfície de base do PP, foi então possível interpretar o sentido de fluxos na área do estudo, que é muito aproximado do modelo de fluxos das águas superficiais.

Na área do projeto domina o quadrante Noroeste, condicionado pelas duas linhas de cumeada a dividir os dois principais domínios de fluxo interpretados, a primeira de orientação aproximada Sudoeste-Nordeste que separa os dois hemisférios Norte e Sul, com sentido geral de fluxos para Norte e para Sul, respetivamente, e uma segunda linha principal de orientação geral Sudeste – Noroeste que separa o hemisfério Norte em dois quartos, sendo que o quadrante Noroeste integra a totalidade dos depósitos minerais e a API - Área de Potencial Interesse do Projeto, com os fluxos dominantes deste setor com orientação para NW ou para W, igualmente em correspondência com o sentido de drenagem pluvial observado à superfície.

11.2 Fluxos de água no sistema aquífero intermédio

Para além do que foi observado acima relativamente ao bloco-diagrama, refere-se a tentativa de interpretação da superfície de contato entre as unidades tVG e bVG, tidas como o limite inferior do sistema intermédio (Desenho 10).



Desenho 10. Direções de fluxo no Sistema Aquífero Intermedio, referida a outubro de 2022 (Desenho_10_Intermedio.pdf)

De facto, conforme foi sendo melhorado o reconhecimento por sondagens carotadas, com recolha de testemunho integral de tarolos das sondagens efetuadas pelo Projeto, no corrente ano, que permitiu num total aproximado de 20 intersecções novas, tornou-se possível, na área potencial intervenção do Projeto (API), a reinterpretação da superfície de contato inferior deste sistema aquífero.

Tal só foi possível realizar, á vertical da área dos jazigos, pois não há qualquer dado disponível dos furos de captação ou dos furos de investigação ou de Prospeção e Pesquisa antigos, tendo-se concentrado a interpretação numa área mais restrita, mas já reveladora de alguns conceitos a realçar:

- A superfície gerada não tem, aparentemente, qualquer relação com as superfícies do terreno atual, nem com a morfologia do terreno no início da deposição Pliocénica (Desenho 9).

- Esta superfície também se mostra totalmente diferente configuração interpretada da superfície de contato do Paleozóico (Desenho 11) e parece ter sido moldada, na superfície no topo do Paleogénico, pela deposição maciça e intempestiva dos conglomerados paleogénicos, que terão aplanado a área por volta daquelas cotas (ao valor altimétrico de referência atual).

- Não parece haver uma relação com os vales e rios atuais, embora as cotas do topo da formação do Vale do Guizo, tal como cartografado à data (Desenho 2), se dispõem muito regularmente ao longo do leito do rio sado, mas também das ribeiras de Arcão e Grândola, dentro dos valores de referência encontrados na área do Projeto, i.e., também com uma distribuição altimétrica entre a cota zero e a cota 10 m a.n.m.

- O sentido de drenagem é muito acentuado de Sul Sudeste para Nor- Noroeste com cotas altimétricas variáveis, passando de positivas (a.n.m) no depósito Venda Nova Sul para cotas negativas nos depósitos Venda Nova Norte, e não é vinculável a nenhuma das linhas de cumeada desenhadas na configuração atual do terreno, nem mesmo à superfície da base do Plio-Plistocénico.

Por outro lado, do que foi referido acima, não se pode inferir, que o aquífero individualizado mais acima, na sequência Miocénica Superior, designadamente à cota aproximada 50m a.n.m, tenha o mesmo tipo de modelo de terreno, ou a mesma importância e distribuição espacial do aquífero identificado na base da sequência Miocénica, na transição ao Paleogénico, nem tão pouco qualquer outro que ainda possa ser destacado, em alguns níveis arenosos intercalados a profundidades variáveis, tal como se pode deduzir da observação dos testemunhos de sondagem produzidos, embora até à data nenhum tenha parecido ser relevante.

Estes dados são importantes para se perceber a lógica a que estaria submetido qualquer planeamento de drenagem deste sistema aquífero intermédio, multicamada.

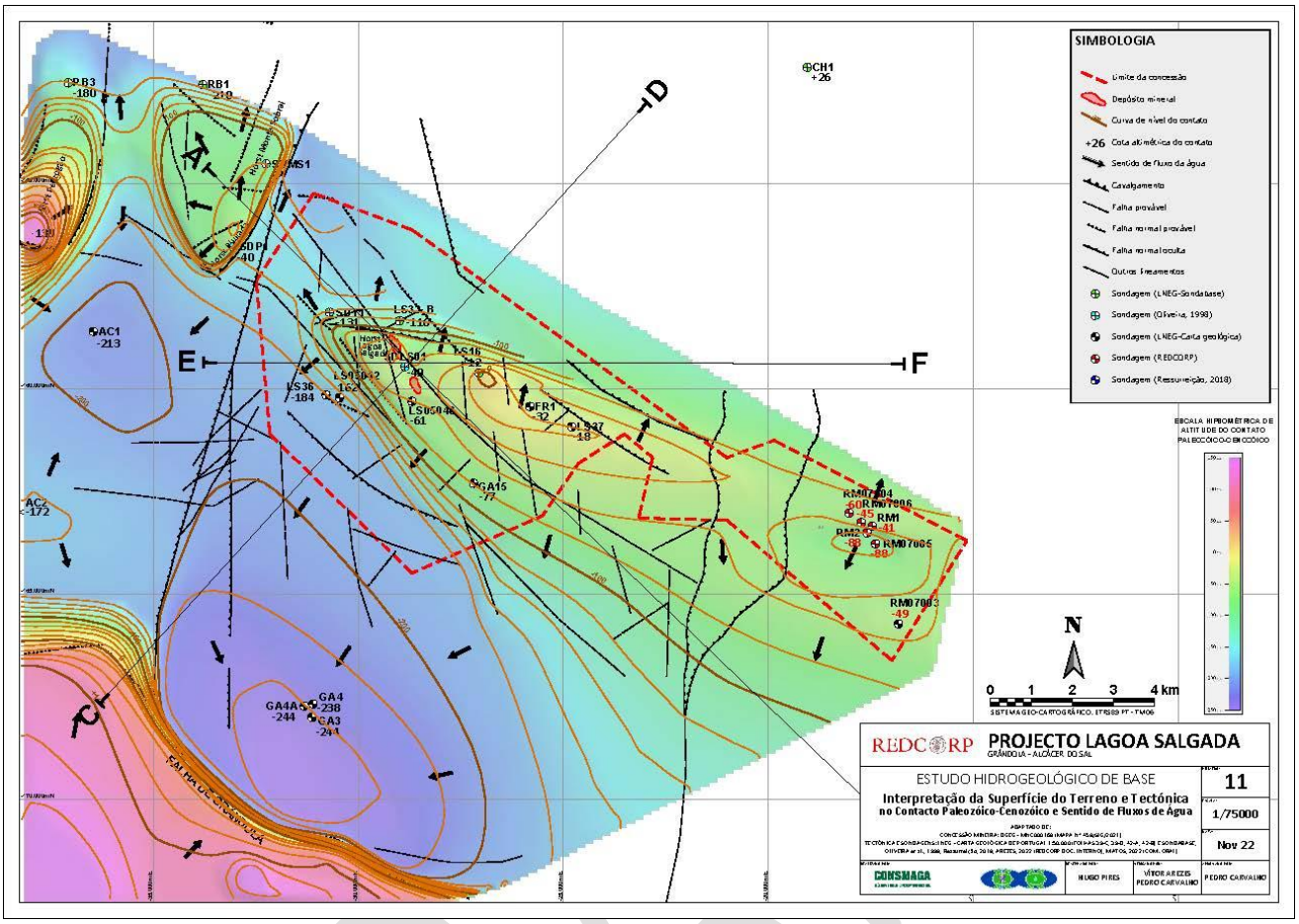
Por fim, referir que este sistema aquífero intermédio, estará delimitado pelos vales jusantes das ribeiras de Arcão e Grândola e pelo rio Sado, onde a cota de escavação daqueles vales se processou até ao topo dos conglomerados do Vale do Guizo, onde assentam, o que demarca a sua extensão. Não quer dizer que não tenha equivalente na área Sudoeste, onde pontifica o afloramento da formação do Esbarrondadoiro, para lá, e para montante, da linha de cumeada que divide as sub-bacias hidrográficas da ribeira do Arcão e da ribeira de Grândola, e para além do potencial de relação com a falha de Grândola e potencial falha do Arcão (alinhamento N-S interpretado por vários autores) (ver referências a este assunto na seção 11.3 abaixo), o que pode assumir um critério de recarga vertical localizada deste aquífero ali exposto, ou ali inferido.

11.3 Sistema aquífero profundo

O sistema hidrogeológico profundo, é caraterizado por ser bastante complexo, sendo que integra o sistema aquífero basal poroso do Paleogénico, e o sistema aquífero fissurado heterogéneo do CVS que integra naturalmente os depósitos minerais do projeto, Venda Nova Norte e Venda Nova Sul, respetivamente.

A interpretação da superfície de contato do Paleozoico/Paleogénico e a consequência regional dos fluxos de águas no sistema aquífero profundo, tanto no sistema aquífero basal, poroso, de comportamento variável aquífero a aquitardo, como no sistema aquífero fissurado do Paleozoico, podem observar-se no Desenho 11.

DRAFT



Desenho 11. Interpretação da superfície do terreno no contato do Paleozoico/Paleogénico (Desenho_11_Paleozoico.pdf)

Assim, conforme mostrado no Desenho 11, tentou interpretar-se os dados de sondagens antigas efetuadas pelo LNEG, ou outros operadores na região, e novas, como as que entretanto foram sendo realizadas pelo Projeto, num total geral superior a 120 sondagens, que constituem um banco de dados notável, a partir de parte do qual, foi possível interpretar o que seria a morfologia do terreno no contato entre o paleozoico e o Paleogénico, no momento imediatamente anterior à deposição dos conglomerados da formação Vale do Guizo, durante o Eocénico e Oligocénico e, eventualmente, até aos primeiros tempos do Miocénico Inferior, como referenciado e explicitado acima no relatório.

Salienta-se o papel determinante da **REDCORP**, e dos Geólogos Vitor Arezes e Avellino Pinheiro, que disponibilizaram informação interna, com a importância dos dados recentes de sondagens carotadas no Cenozoico, com continua discussão técnica, como a interpretação inicial da superfície de contato, plasmada no modelo de relevo dos setores da Lagoas Salgada e de Rio de Moinhos, que inspiraram a sua extrapolação para as restantes zonas de estudo.

Cabe igualmente um agradecimento especial ao geólogo João Matos, que se disponibilizou a partilhar e discutir muito do seu conhecimento local e regional, que ajudaram não só a confirmar os principais dados das sondagens que estavam referidas na Carta Geológica de Portugal, Folha 42-B de Azinheira do Barros, designadamente relativas ao contato do Paleozoico, e o modo como se pode usar esta informação para completar os dados disponibilizados em Oliveira *et al*, 1998, no Geoportal/Sondabase do LNEG, e em Ressurreição, 2018, e à volta das paleo-estruturas, que marcaram grande parte do relevo. Estas sondagens perfazem cerca de 25, espacialmente distribuídas na área do estudo, pelo que possibilitaram essa interpretação geral, ainda que hipotética e simplificada, do relevo reinante à época, que acolheu a deposição dos conglomerados de base do Paleogénico, como se descreve.

Esta morfologia do terreno ,marcada por relevos tectonicamente controlados, estranhamente sem evidências significativas de paleo-solos, comos se as faldas dos relevos principais assinalados, se mostrem desnudados, estiveram disponíveis para aí se depositar massivamente as descargas deltaicas grosseiras de detritos do intenso desmantelamento e erosão de partes significativas dos terrenos da ZOM e da ZSP (entre outros, Oliveira *et al*, 1998, Oliveira *et al*, 2011, Oliveira *et al*, 2013, Dias *et al* , 2009, Dias *et al*, 2016, Ressurreição, 2018).

Os conglomerados, mostram calichificação generalizada (enriquecimento calcítico a calcário abundante), nesta bacia do Baixo Sado, que terá sido mais acentuada pela subsidência entre as falhas de Grândola e do Torrão, antes das sucessivas regressões e transgressões marinhas que dominaram a área durante grande parte do Miocénico Superior e no Plio-Plistocénico (Ressurreição, 2018).

Assinala-se esta calichificação, certamente do tempo em que dominou a influência marinha, pois que pode ser relevante suporte à interpretação sobre a hidroquímica das águas, como acima efetuado.

Retornando aos sentidos de fluxo que se pode antecipar no quadro da interpretação do relevo residual e tectónica prevalecente, à época, salienta-se o paleo-alto correspondente em grande parte à estrutura de Lagoa Salgada, como se a mineralização de sulfuretos maciços polimetálicos e a gossanização e alteração supergénica ocorrida e/ou os maciços vulcânicos fossem determinantes na definição desse alto relevo.

A constituírem aquíferos complexos e heterogéneos, estas formações mineralizadas e fraturadas do paleozoico devem ser interpretadas à luz do seu potencial para se comportarem como aquíferos confinados a semi-confinados, como descrito acima, no presente relatório, e para se comportarem como águas de contato, com quimismo diferenciado, como igualmente referido acima no presente documento, aliás, como a FRASA, bem disserta.

As cotas altimétricas podem variar entre + 10 m e -40 a -50 m e baixam rapidamente, pelo menos para Sudoeste, mas também ao longo do eixo da estrutura para Noroeste, em direção à barreira constituída pelo *horst* de Piugada/Monte Sobral a Noroeste. Para Sudeste, também se pode assinalar a tendência para a continuação desta elevação em direção a Rio de Moinhos, onde a presença de espessuras assinaláveis plurimétrica de jaspes numa das sondagens, marca os relevos locais, onde num espaço reduzido se pode passar de cotas -40 m para cerca de -90 m.

A Oeste da área domina o relevo correspondente ao *horst* de Pedrogão, mas acima de tudo, a surpresa de haver uma grande depressão que marca uma bacia de cota de base inferior a -240 m b.n.m. (como atualmente se interpreta com os dados disponíveis).

Esta enorme bacia não parece escoar totalmente as águas que eventualmente aí de acumulassem, durante o Eoceno-Oligoceno, embora se vislumbre um sentido regional de fluxo para Nornoroeste entre os relevos de Pedrogão e de Piugada/Monte Sobral.

Outra possibilidade de escoamento para Este e depois para Norte, como se à época já houvesse um "rio Sado" não pode ser atestada, pois que entre a sondagem LS36 e uma sondagem no Chaparral (CH1), na margem direita do rio Sado, são os únicos dados existentes e, surpreendentemente, com altimetrias, nada favoráveis ao desenho de tal vale de escoamento das águas, à época.

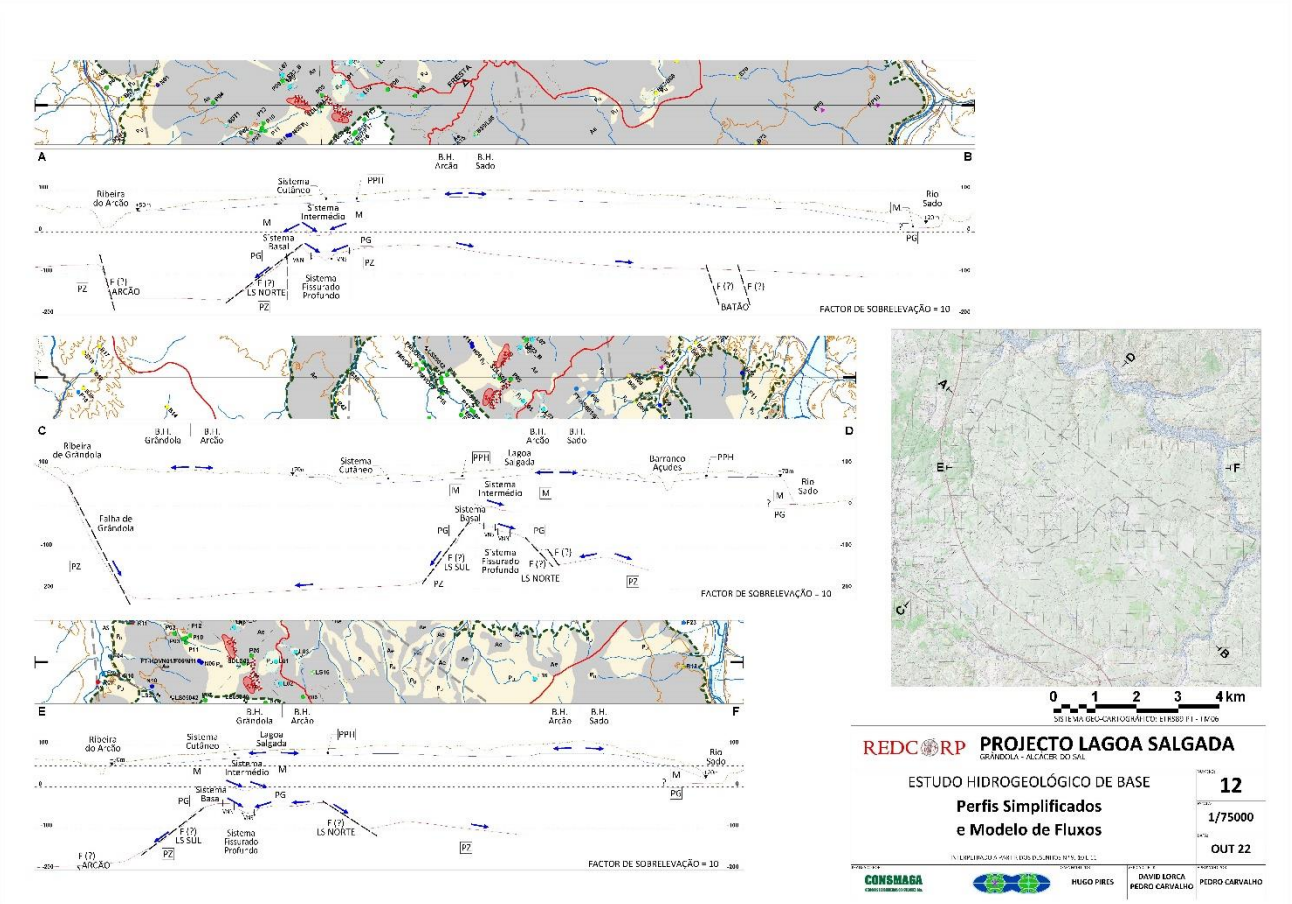
Será que há lugar a algum tipo de bacia endorreica local neste setor Sul da área, no encosto à falha de Grândola?

As diferenças altimétricas observadas com declives muito rápidos e pendor muito elevado, como a encosta Norte da serra de Grândola (e da falha de Grândola) que desceria, então, de cotas + 315 m para cotas de -250 m (altura total superior a 550 m), não tem comparação com os modelos atuais de geomorfologia da região, onde domina a planície. Pode mesmo antecipar-se que dominava uma geomorfologia de relevos de media altitude e vales pronunciados e marcados pelo tipo de relevo escarpado com tectónica condicionante a modelar a paisagem.

Neste contexto, pode esperar-se uma grande complexidade e heterogeneidade hidrogeológica, neste período da deposição Paleogénica, mas também da sua relação de contato com os sistemas hidrogeológicos fissurados do Paleozoico e, em particular, quando em presença de mineralização de sulfuretos maciços, duros, fissurados a micro-fissurados, de comportamento frágil e aquífero confinado a semi-confinado.

Os fluxos de água parecem privilegiar as direções para Nordeste e para Sudoeste num âmbito regional, independentemente de na zona mais alta dos jazigos, poder inferir-se a existência de micro bacias com fluxos direcionados para o seu interior, no sentido da recarga dos sistemas fissurados e associação aos depósitos minerais

No Desenho 12, pode observar-se 3 perfis tipo, simplificados, longitudinais e transversais aos depósitos minerais do Projeto.



Desenho 12 – Perfis tipo onde se mostra a relação entre sistema aquíferos, geologia e sentidos de fluxo das águas subterrâneas (Desenho_12_Perfis.pdf)

Realça-se que estes perfis se baseiam nas superfícies interpretadas do contato entre os sistemas aquíferos definidos, i.e., desenhados a partir das superfícies mostradas no Desenhos 9 a 11, que assim representam os limites entre o Sistema Cutâneo e o Sistema Intermédio representado pela superfície de contato Plio-Plistocénico/Miocénico (PP/M), entre o Sistema Intermédio e o Sistema Basal representado pela superfície de contato Miocénico/Paleogénico (M/PG) e entre o Sistema Basal e o Sistema Fissurado Profundo representado pela superfície de contato Paleogénico/Paleozoico (PG/PZ).

Pode observar-se a grande harmonia entre a superfície atual do terreno e a superfície de base do PP e, portanto, pode concluir-se que o sentido de fluxos é também semelhante, com uma parte alta em platô cerca da cota altimétrica de referência 70m a.n.m, ou mesmo localmente descair o seu limite até à cota 50 m a.n.m, ou mesmo 20 m a.n.m., nos vales e leitos, do rio Sado, ribeiras de Grândola e Arcão, e ainda mais pontualmente nos barrancos da área de estudo, como é o exemplo do barranco do Açudes, com vale muito pronunciado abaixo da cota 70m a.n.m., sendo que é maioritariamente a estas cotas onde se dá a descarga aquífera respetiva.

Por sua vez, o Sistema Intermédio só foi interpretado à vertical dos depósitos minerais, onde havia informação de sondagens, sendo que o limite também foi inferido ao longo do leito do rio Sado e na confluência da ribeira do Arcão, onde se cartografou a formação do Vale do Guizo, aflorante junto a esta povoação até cotas altimétricas por volta de 10 m a.n.m.

Este Sistema Aquífero Intermédio, na pequena área que se conhece á vertical dos jazigos, parece ser diferente do que se observa nos restantes sistemas aquíferos, com um sentido de fluxos preferencial de Sul-Sudeste para Nor-Noroeste, marcado por cotas desta superfície que variam de 6 m a.n.m., no depósito Venda Nova Sul para 10 m b.n.m., no depósito Venda Nova Norte.

O sistema basal do contato PG/PZ e o sistema fissurado associados aos dois depósitos minerais respetivos, fundem-se num só Sistema Profundo, que mostram a vantagem de associar a interpretação daquela superfície de contato ao nível da região, muito para lá da área de estudo, onde se evidencia o paleo-relevo reinante à época da deposição dos conglomerados paleogénicos, com uma topografia diferenciada de altos e baixos, por vezes acentuados pela tectónica varisca (ex: falha de Grândola).

Os depósitos minerais estão em zona de alto-fundo correspondente à estrutura da Lagoa Salgada, com morfologia própria e sentido de fluxos internos complexo, mas também específico, antes de serem dominados pelo sentido mais regional para Noroeste e para Sudeste, respetivamente.

DRAFT

12 INFRA-ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

12.1 Inventário e caracterização

Quanto às origens de água para o Projeto, elencamos diferentes possibilidades alternativas e/ou complementares entre elas, e com referência à distância relativa ao Projeto (as distâncias são tiradas do Google em linha reta), que são:

- Barragem Vale do Gaio (ou Trigo de Morais) a cerca de 14 Km e com complemento com Sistema de Alqueva. Esta barragem, pelo que se observou em visita recente, que mostra um nível de armazenamento muito baixo, deve ser muito sensível a um período de seca prolongada, se não associar o adicional de Alqueva;
  - Alternativa Barragem de Odivelas (do sub-sistema de Alqueva) a cerca de 31 Km;
- Adução direta num ponto de entrega de água na conduta da rede da EDIA, possível a Oeste de Figueira de Cavaleiros, onde já hoje existe rega com água de Alqueva, a uma distância até cerca de 20 Km;
- Água da ETAR de Grândola, na descarga na ribeira do Arcão. Atualmente são descarregados cerca de 600.000 m^3/ano, ou seja, o equivalente superior a 70 m^3/h (fonte AGDA), até cerca de 8 Km do Projeto (esta fonte terá de ser considerada como um adicional, pois sozinha não é suficiente para as necessidades);
  - Complementarmente pode considerar-se uma barragem a construir na ribeira do Arcão, com os barrancos da Freixeira e do Burgão e majorar a água residual da AgdA, com a água da própria ribeira;
- Unidade de dessalinização de água do rio Sado, no troço com influência das marés. Esta alternativa poderia ser estudada na ótica de uso público em algum projeto intermunicipal e/ou AGDA. Entre 6 a 8 km de distância a partir de Vale do Guizo;
- Uso dos excedentes de águas subterrâneas do Projeto e do balanço entre drenagem mineira vs recarga aquífera, tanto quanto possível a iniciar no período pré-Projeto. De notar que, pelo menos, a água do sistema hidrogeológico mineiro profundo, da drenagem direta dos jazigos, em sede de exploração, poderá ter uso industrial (mina ou lavaria), depois de passar por uma estação de tratamento e/ou reservatórios de água a construir pelo Projeto, sendo o tipo de tratamento a que a água de drenagem de aquíferos profundos deve ser submetida dependerá da qualidade da água captada.

Distinguem-se diferentes tipos de água de drenagem mineira de interior:

- As águas de contacto, são aquelas que inevitavelmente surgem nos trabalhos mineiros e que devido à exposição ao ar, se acidificam em contacto com materiais piritosos e são reativas. Normalmente também sofrem o impacto do trabalho mineiro de desmonte e transporte, incremento em sais se forem utilizados explosivos, risco acrescido de contacto com óleos, massas e lubrificantes, combustíveis, cimentos, materiais de selagem, etc. A produção destas águas deve limitar-se ao máximo, uma vez que implica aumento dos riscos ambientais e dos custos económicos;
- As águas recolhidas por sistemas de drenagem preventiva, em antecipação pré-mina, evitam o contacto da água com o ar, ou com o minério. Apresentam a qualidade da água do sistema aquífero, neste caso, as águas fósseis, com ocasionalmente alto teor de algum

elemento químico da composição original. Melhoram as condições de segurança e de trabalho, reduz os custos de equipamento e depuração e garantem caudais mais estáveis.

Existem diferentes métodos de drenagem, sendo necessário desenvolver estudos específicos para escolher o mais adequado.

Estes são alguns contributos possíveis, independentemente da sua exequibilidade técnica e financeira, a determinar, que poderão ser uma base de trabalho, oportunamente a desenvolver em sede de Projeto, pois terão impacte na elaboração do balanço das águas.

Não deve ser considerado o uso de águas dos sistemas aquíferos Cutâneo e Intermédio, porque, devido à sua importância ambiental e social, deverão ser preservados intocados, como caso base, tão óbvio quanto dispensável de apresentação de alternativas, que seriam sempre associadas à opção pela pré-drenagem, num sistema separado de furos de bombagem de sangria (drenagem) e de re-injeção (recarga) dos aquíferos respetivos.

Estas recomendações estão obviamente sujeitas aos considerandos técnicos de Projeto, designadamente as relativas ao desenvolvimento mineiro de acesso, em condições de engenharia seguras, isolando os troços de acesso (rampa e chaminés), através da sua impermeabilização e consolidação geotécnica.

DRAFT

13 INTER-RELAÇÕES HIDROLÓGICO-MINEIRAS E BALANÇO HÍDRICO

13.1 Pontos de partida

Este EHB é um primeiro passo para estabelecer as relações entre os diferentes sistemas aquíferos e o projeto de exploração mineira da Lagoa Salgada.

Neste ponto do Estudo, o cálculo do balanço hídrico é aproximado, uma vez que existem pouquíssimos dados disponíveis que possam subsidiar uma análise confiável, pelo que só em investigações futuras será possível que os aspetos hidrogeológicos detalhados venham a ser especificados.

De um modo geral, na bibliografia da especialidade e, em concreto, nos dados da ARH7 pela Autoridade de Bacia, explicitam-se valores de fluxo extraíveis e parâmetros hidrogeológicos nessas formações.

De um modo mais local, estão disponíveis os resultados obtidos nos testes hidrogeológicos realizados na área do Projeto e alguns dados de captação aquífera com dados de abastecimento.

Os dados resultantes dos testes de bombeamento, devem ser tomados com cautela, uma vez que os caudais extraídos e os níveis atingidos, não são muito representativos.

Deve-se ter em consideração que tanto o sistema aquífero intermédio quanto o sistema profundo possuem carater de confinamento sob pressão, de forma que o nível d'água, sem ser uma nascente artesiana, estabiliza a um nível próxima da subsuperfície, no sistema cutâneo, onde é despressurizado.

13.2 Diagrama de fluxos/Modelação conceptual de fluxos

Como já foi descrito no capítulo 11, os sistemas aquíferos apresentam diferentes modelos de fluxo:

- O fluxo no sistema cutâneo é muito aproximado do modelo fluxos das águas superficiais, com descarga lateral em direção às margens, em favor do contacto com os materiais argilosos do Miocénico Superior;
- A base do sistema intermédio tem uma superfície que parece ter sido moldada pelo depósito maciço e intempestivo dos conglomerados paleogénicos, os fluxos das águas adquirem um sentido subhorizontal, descarregando lateralmente nos afloramentos destas formações nas margens das ribeiras e barrancos, embora também possa haver intercomunicação hidrogeológica vertical com o teto de contacto Paleozoico alterado;
- O paleo-relevo de contacto com o Paleozoico marca as direções preferenciais de fluxo no sistema profundo, de modo que as condições fluem, tanto para Sudoeste como para Nordeste a partir da cumeada do paleo-relevo (horst) da Lagoa Salgada/Rio de Moinhos.

13.3 Capacidades hidrológicas dos sistemas

Procura-se neste capítulo definir, com base nos parâmetros hidrogeológicos disponíveis, a capacidade de cada um dos sistemas aquíferos enquanto fonte de abastecimento e a evolução que irão apresentar em condições de drenagem.

13.3.1 Sistema hidrográfico

Não há dados foronómicos disponíveis da rede hidrográfica na área do projeto.

Definiu-se uma rede hidrográfica pouco pronunciada, com linhas de águas com comportamento perdedor, até cerca de cota altimétrica aproximada 70+-2m a.n.m, passando a apresentar ravinamento mais acentuado para baixo desta cota de referência, onde se realça que os barrancos respetivos passam a ter, na generalidade dos casos, cursos de água permanente, com por ex: ribeira de Grândola, ribeira do Arcão, barrancos das Terras Cavadas e da Junceira (excetua o verão de 2022), Barranco do Vale Ceisseiro, Barranco dos

DRAFT

Açudes, Barranco do Batão, i.e., e que passam a ter comportamento ganhador, com tal drenagem permanente para a rede hidrográfica principal da área, e para o rio Sado.

Em relação à realização de estimativas relacionadas com a precipitação, podemos resumir, a partir do capítulo 5, os seguintes dados, embora seja necessário comprová-los a partir de instrumentação climatológica a ser instalada em fases futuras do projeto.

A precipitação anual calculada, na EC de Grândola (24F01C), varia de 160 mm (2018/19) até 1.228 mm (1995/96), a média anual é de 641 mm, verificando-se uma diminuição da ocorrência de anos húmidos e o aumento da ocorrência de anos secos, com particular ênfase nas primeiras décadas do século XXI.

Considerando 20% de percentil foi determinado que podem ser considerados 14 anos secos (precipitação menor de 433,1 mm, cerca de 68% da precipitação média anual), 15 anos húmidos (precipitação maior de 881,7 mm, cerca de 138% da precipitação média anual).

A precipitação diária máxima foi de 93,4 mm no ano 1962.

A evolução da precipitação mensal, ao longo do ano, na área de implementação do Projeto é quase nula em julho e agosto, sendo os meses mais chuvosos os de dezembro e janeiro

A temperatura mínima diária na estação de Grândola (1983 a 2000) foi de 0,4°C no mês de janeiro de 2000, a máxima detetada foi de 33,4°C no mês de julho de 1989, é a média foi de 16,3°C, com uma amplitude térmica média de 12,4°C.

A EC de Grândola não tem disponíveis dados de evaporação em quantidade e qualidade que permitam efetuar uma análise à evolução desta variável climática. Nesta situação, recorreu-se aos dados de evaporação tina mensal, observados na EC da barragem de Vale do Gaio (24H/02C) com uma serie de 1953 a 1999), com falhas em 10 dos anos observados.

A evaporação mensal em tina média variou de 19,8 mm em dezembro até 209,6 mm em julho com um valor anual de 1137,1 mm.

A Evaporação potencial (ETP) calculada pelo método de Thronthwaite, com um valor de chuva anual média de 661 mm, é de 821 mm e a Evapotranspiração (ETR) pode considerar-se que é 448 mm, com capacidade de campo de 100 mm.

A classificação pelo índice hídrico é de C1 - Sub-húmido seco e de acordo com o índice de humidade s2 com défice hídrico grande, no verão.

Para efeitos comparativos efetua-se a determinação do escoamento superficial através do método proposto por Quintela (1984), em função da temperatura média anual e do grupo de solos existentes, resulta para nulo o ano mais seco, de 134,8 para o ano médio e de 480 mm para o mais húmido.

No ano médio, existe um superavit hídrico, no período húmido de novembro a março, com cedência de água ao solo, de 180,1 e 142,3 mm, considerando uma capacidade utilizável do solo de 80 mm e 120 mm em termos anuais. Por outro lado, existe um défice hídrico anual de 388,6 e 350,8 mm em que o solo cede água para a evapotranspiração real de maio a setembro.

Considerando os valores para o excedente no ano médio calculado, verifica-se que o escoamento superficial anual é 142,2 mm considerando uma capacidade utilizável do solo de 80 mm e de 180,0 mm, para uma capacidade utilizável do solo de 120 mm.

A infiltração considerando que o somatório das médias mensais é de 612 mm verifica-se que a percentagem de infiltração oscila entre os 29% para n_u = 80 mm (179,3 mm) e 23% para n_u = 120 mm (141,9 mm).

No futuro pode-se estimar que a precipitação, em Setúbal, poda diminuir entre 3,3 até 5,7% no cenário RCP 4.5. No cenário 8.5 pode diminuir de 6,2 ate 7,2%.

Nestas condições o excedente anual será de 192 mm e o déficit hídrico será de 372 mm.

O escoamento superficial estimado para o somatório de chuvas médias mensais, considerando capacidades utilizáveis do solo de 80 e 120 mm será de 180,0 e 134,5 mm. A infiltração para o somatório de chuvas médias mensais, variará entre 142 mm até 180 mm.

13.3.2 Sistema subcutâneo

As formações do Holocénico e Plio-Plistocénico; constituem um aquífero livre em arenitos finos não consolidados, com profundidades de 0 a 20 m, isolado na base pela formação argilosa miocénica do

Esbarrondadoiro. De forma geral tem alta transmissividade (100 a 3000 m^2/dia) e produtividade mediana (15,5 L/s). A resposta ante chuvas significativas é rápida, descarregando lateralmente na rede hidrográfica.

Como foi observado nos ensaios de bombagem, o sistema aquífero não permite o abatimento do nível a longo prazo com furos ou poços, porque as bombagens deprimem rapidamente o nível com caudais pequenos (0,3 e 0,1 L/s) sendo que o cone de depressão é limitado, reduzindo a transmissividade entre 10^{-1} até 10^{-2} m^2/dia.

Será preciso desenhar os sistemas de proteção face à infiltração na área industrial e nas pilhas e reservatórios, pela alta vulnerabilidade deste sistema.

13.3.3 Sistema aquífero intermédio

É constituído pelas formações do Miocénico; arenitos porosos, conglomerados e calcarenitos, formado um aquífero semi-confinado multicamada (até 4-5 m de espessura cada uma), atingindo uma profundidade aproximada entre 20 até e 115 m, dependendo das variações laterais de fácies e das caraterísticas do paleo-relevo.

Foram identificados 2 aquíferos principais, um aquífero próximo do seio da Formação de Esbarrondadoiro, a uma profundidade média de cerca de 40 m e um aquífero mais baixo, na base da Formação de Alcácer do Sal, no contato com a formação do topo de Vale do Guizo (tVG).

Este aquífero inferior é o mais importante pesquisado pelos furos de captação na região do Estudo.

De forma geral o sistema apresenta produtividades medianas (de 10 para 30 L/s) e transmissividade desde 45 até 700 m^2/dia.

Na área do projeto, os furos de captação, têm caudais de 3 até 5 L/s, embora se deva considerar que ainda está sendo realizado o controle de bombagem e a reação do nível de água nestes poços para estabelecer, com mais detalhes, as suas características hidrogeológicas.

O ensaio de bombagem, no instrumento de controlo do sistema intermédio na Venda Nova Norte (HG_MS02) mostrou a existência das duas camadas aquíferas, com caudal de 1,8 L/s, e transmissividade à volta de 10^0 m^2/dia.

Na Venda Nova Sul o instrumento mostrou tendência para esgotamento, mantendo um caudal pequeno (0,4 L/s) com transmissividade de 10^0 m^2/dia.

Dado que este sistema aquífero é o mais importante da região para fornecimento de água, deve ser preservado de impacto (influência) da drenagem mineira. Como é possível que sofra alguma interferência deverá ser estudada a possibilidade de reduzir o mesmo, com recarga perto dos furos de abastecimento.

Para a construção da rampa de acesso, e chaminés ou poços, é importante ter em consideração que quando sejam atravessados os materiais mais transmissivos, deverão ser realizados sistemas de impermeabilização e consolidação contra abatimento e infiltrações indesejadas.

13.3.4 Sistema aquífero profundo

13.3.4.1 Sistema Basal

É formado pelos materiais do contacto Paleogénico/Paleozoico, à profundidade variável entre 120 e 150 m., tem natureza heterogénea, dado que depende da alteração/fracturação dos materiais.

Não é clara a interconexão hidrogeológica com o aquífero intermédio, uma vez que nos ensaios de bombagem tenha sido detetada, porém há dúvidas se é devido a causas antrópicas (conexão pelos furos) ou é natural.

No instrumento hidrogeológico da Venda Nova Norte (HG-MS03), para um caudal de 4 L/s a transmissividade estimada foi de 17 m^2/dia.

Na Venda Nova Sul (HG-ST03) para um caudal de 1,8 L/s a transmissividade foi de 2,7 m/dia.

Os níveis estáticos deste sistema parecem ter carga hidráulica (pressão) pelo que é mais do que provável que ocorra forte irrupção de água ao serem atravessados, reduzindo consideravelmente assim que sejam despressurizados.

13.3.4.2 Sistema Profundo Paleozoico

São materiais do Complexo Vulcano-Sedimentar do Paleozoico com sulfuretos polimetálicos, formam um sistema heterogéneo misto poroso/fissurado, confinado a semi-confinado de profundidade indefinida. Por vezes o contato é direto com o Paleogénico, através de uma pequena franja de paleo-alteração e hidrólise.

Não há dados sobre as características hidrogeológicas dos materiais que compõem o sistema profundo, exceto pelos dados obtidos nos levantamentos de pesquisa de mineração, que devem ser levados em consideração, eles não têm grande confiabilidade, pois não são isolados em toda a sua extensão e são inclinados.

Do estudo dos níveis de água medidos nestes instrumentos, verifica-se que existe um sentido preferencial de fluxo de sudeste para noroeste e a existência de algumas inconformidades ou anomalias hidrogeológicas no interior dos depósitos.

13.3.5 Drenagem dos sistemas aquíferos

A drenagem do sistema aquífero profundo não deve apresentar muitas dificuldades se forem adotados sistemas de captação em antecipação ao respetivo acesso mineiro, que reduzam a pressão e o caudal.

Recomenda-se estudar a implementação de furos de captação localizados a Sudeste dos depósitos minerais, uma vez que o sentido preferencial do fluxo possa beneficiar dessa instalação.

Pode-se estimar que para drenar as jazidas é necessário bombear cerca de 15 L/s na Venda Nova Norte e cerca de 10 L/s na Venda Nova Sul.

Sendo os diferentes parâmetros estimados nos ensaios de caudal, mais baixos que a média dos caudais bombeados em furos privados e públicos da área, como sobejamente referido, recomenda-se igualmente que estes valores acima sejam também elevados até máximos de cerca de 30 L/s na Venda Nova Norte e cerca de 15 L/s na Venda Nova Sul, sendo que os caudais totais intermédios previsivelmente mais ajustados dentro de uma baliza de valores 40 L/s na Venda Nova Norte e cerca de 20 L/s na Venda Nova Sul, tal como já apresentado em sede dos Estudos Técnicos de Engenharia em fase de realização.

Sendo o Sistema Aquífero Profundo isolado ou isolável (eventual necessidade de impermeabilização local de antigas sondagens e de fraturas abertas por neo-tectónica, que afetem os trabalhos mineiros), dos aquíferos mais altos intermédio e cutâneo, pode deixar drenar-se que a afetação é localizada. Neste tipo de sistema fissurados a curva rebaixamento é muito limitada à vertical dos jazigos e à vertical da área drenada sem expressão lateral.

Quanto a estes sistemas aquíferos superiores, seja o sistema Cutâneo, seja o sistema Intermédio, com especificidades próprias, tal como a sua delimitação basal, à vertical dos depósitos minerais, por litologias de comportamento aquitardo a aquicludo, que os separam das sistemas mais baixos respetivos, independentemente de algum risco de interligação antrópica e/ou natural por fraturação alpina insipiente, que se possa manifestar localmente, autorizou-nos a recomendação, tal como apresentado em sede dos mesmos Estudos Técnicos de Engenharia que, salvo restrições técnico-económicas, à data não relevadas, como o garante de efetiva possibilidade de selagem, impermeabilização hídrica e consolidação geotécnica do maciço nos trabalhos mineiros de acesso (rampa e chaminés), se deva manter estes dois sistemas intocados e isolados do sistema profundo, a drenar, no âmbito das operações de exploração mineira dos jazigos.

DRAFT

14 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

14.1 Principais conclusões

CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO GERAL

Foram definidos 4 sistemas aquíferos na área do Projeto, sistemas aquíferos complexos, com espessuras e produtividade variável, designadamente:

- Sistema Aquífero Cutâneo. Formações jovens superiores (Holocénico e Plio-Pleistocénico); contém 2 aquíferos livres nos arenitos finos não consolidados, a profundidade de 0-20 m;
- Sistema Intermédio. Formações do Miocénico; arenitos porosos, conglomerados e calcarenitos; sistema aquífero semi-confinado multicamada (até 4-5 m de espessura cada uma), a profundidade intermédia entre 30 e 80 m). Inclui a formação do topo do Paleogénico quando se apresenta arenítica no seio de argilitos (80-85m). Contém pelo menos 2 aquíferos importantes e identificados com caraterísticas próprias, mas podem existir outros, multicamada, de menor expressão e importância, ao longo desta sequência formacional;
- Sistema Aquífero Profundo. Os dois sistemas mais baixos fundem-se num só sistema aquífero profundo pois, embora com as suas especificidades próprias, são contíguos e de interface, sendo só bem individualizáveis onde não haja, à mesma vertical sobreposição com a mineralização;
  - Sistema Basal. Contacto Paleogénico/Paleozoico correspondente ao importante hiato estratigráfico emergido; aquífero heterogéneo, a profundidade variável entre 120 e 150 m;
  - Sistema Profundo *ss.* Paleozoico no seio do Complexo Vulcano-Sedimentar e sulfuretos maciços, disseminados ou venulares; corresponde-se a rochas fraturadas e/ou relacionadas com a mineralização: sulfuretos polimetálicos, *stockwork* e *gossan*; sistema heterogéneo misto poroso/fissurado confinado a semi-confinado; profundidade indefinida.

OUTRAS CONCLUSÕES

Tecem-se algumas conclusões gerais, pela sua relevância genérica para o Projeto:

- As águas do Sistema Aquífero do Tejo-Sado - Margem Esquerda (T3), são consideradas de boa qualidade para consumo público e rega;
- A Hidrogeologia será um vetor importante do Projeto, na relação com o contexto hídrico e ambiental;
- O Estudo Hidrogeológico contém dois capítulos, específicos e muito avançados da caraterização hidroquímica e hidrodimensional. Ressalva-se, contudo, a necessidade de dar continuidade futura, em sede de decisão mineira e cobrir o mínimo de um ano hidrológico completo;
- Há grande complexidade e diversidade comportamental das águas, tanto na vertical como na horizontal;
- As cabeceiras das linhas de água são irregulares e "difusas", antes de claramente drenar para o rio Sado ou para as ribeiras de Grândola e Arcão. Isto vem a favor da recarga direta

do sistema cutâneo, pelas chuvas sazonais, no platô geomorfológico da área, com uma capacidade de amortecimento antes da descarga na rede hídrica referida;

- A cota altimétrica +70m ±2m (base do sistema cutâneo, na zona dos depósitos minerais, é importante para se interpretar os dados físico-químicos;
- As sensibilidades dos sistemas hidrogeológicos às condições climatológicas diminuem com a profundidade, mas, em particular, o sistema cutâneo é de alta variabilidade e dependência climatológica;
- Para além do rio Sado, os principais cursos de água (ribeiras de Grândola e Arcão) e alguns tributários, têm caudal permanente, porque recebem descargas dos sistemas hidrogeológicos cutâneo e intermédio;
- O rio Sado tem influência das marés até à zona de Porto Rei, a montante do barranco dos Açudes. As amostragens hidroquímicas foram efetuadas na maré baixa;
- A modelação da superfície de contato do Plio-Plistocénico/Miocénico Superior foi importante para enraizar o conceito do sistema cutâneo livre, mas delimitados pela morfologia específica da área do Estudo, i.e., este sistema mais superficial, limita-se pelo traçado do rio Sado, e ribeiras do Arcão e Grândola, onde os vales escavados assentam nas litologias mais basais do Miocénico e do Oligocénico;
- A modelação da superfície do contato do Paleozoico/Cenozoico foi importante para se compreender os fluxos subterrâneos potenciais, nesta interface.

MODELAÇÃO NUMÉRICA

Não se realizou a modelação numérica. Não, antes de ter resultados melhores que os existentes atualmente, que possibilitem, obter resultados mais consistentes do que com o Modelo Concetual, tal como planeado na proposta do BHS. Não se pode fazer um modelo numérico sem dados históricos piezométricos, nem com as bombagens e ensaios efetuados, que contribuirão para esse histórico, no futuro, nem sem antes ter a cobertura de um ano hidrológico completo, seco e húmido e ensaios de longa duração.

A modelação numérica não estava prevista e julga-se que os dados existentes não são suficientes, pelo que a sua realização só permitiria obter resultado, não-final, não-coerente, pois não existe informação histórica, nem registos atuais das respostas dos sistemas hidrogeológicos a um ciclo chuvoso significativo e as condições hidroclimatológicas registadas também não permitiriam desenvolver os diferentes cenários indispensáveis ao modelo numérico.

Por outro lado, as campanhas de monitorização e controlo futuras de continuidade seriam um grande salto evolutivo no conhecimento hidrológico e hidrogeológico.

As campanhas de determinação do trítio e de Isótopos para datação, estão já previstas e autorizadas pela REDCORP, sendo de esperar por condições húmidas, para possibilitar a coleta de águas de chuva de referência.

Por fim e não menos importante, referir que o BHS é apenas um ponto de partida, não um ponto de chegada, e muito trabalho e compromisso futuro terá que ser engajado, até à fase de arranque mineiro, sem esquecer que a ÁGUA é um dos fatores mais determinantes na decisão do Projeto.

14.2 Principais recomendações

Realçar os seguintes aspetos:

- Planear a infra-estrutura mineira de tal forma que os sistemas aquíferos cutâneo e intermédio não sejam afetados. São muito óbvias as vantagens ambientais e sociais de manter intocados estes sistemas aquíferos na relação do projeto com a região;

- Recomendar a instalação de um sistema a pré-drenagem dos depósitos minerais, no sistema aquífero profundo, a partir de furos de bombagem e sangria com eventual re-injeção aquífera (recarga) ambos instalados no sentido de fluxos pré-determinados de Sulsudeste (bombagem) para Nornoroeste (re-injeção), a substituir pelo sistema de drenagem a instalar posteriormente nos trabalhos mineiro;

- Planear os valores de drenagem mineira, com capacitação de bombagem suficiente para bombear os caudais de drenagem estabelecidos acima, para o sistema aquífero profundo da ordem entre os 20 e 40 m3, como estabelecidos acima, e tendo em consideração os valores para cada depósito mineral, isoladamente;

- Elaborar, num futuro próximo, tão cedo quanto se der a decisão mineira, um PVCASS – Plano de Vigilância e Controlo das Águas Superficiais e Subterrâneas do Projeto, com critério de monitorização continua, integrador, estabelecido como um verdadeiro Plano de Gestão das Águas, que integre também as águas industriais, residuais, e pluviais, o seu reaproveitamento e utilização, como forma de controlar a relação do Projeto, no subterrâneo e à superfície, na proteção aquífera, mas também hidrológica e dos solos e formações geológicas relacionadas.

DRAFT

15 DOCUMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA

15.1 Documentação e informação técnica de base disponibilizada para o BHS

Nesta rúbrica é explicitada a referência a documentos técnicos internos do Projeto, elaborados a partir de 2019, e editados com divulgação pública, mais também a documentos internos de trabalho, essencialmente cartográficos, sejam de aquisição às entidades públicas competentes, ou sejam de execução interna no âmbito das licenças de prospeção e pesquisa e da concessão mineira, seja no âmbito mais restrito do Projeto, e da sua valoração técnico económica.

Enumera-se igualmente a documentação e informação disponibilizada pelo Projeto, seja pública, ou seja, pesquisada pela equipa do BHS, sendo que a documentação técnica do Projeto é aqui incluída, enquanto a bibliografia usada de artigos técnico-científicos, relevantes para o BHS, está incluída na rúbrica de Bibliografia, abaixo, neste capítulo.

15.1.1 Relatórios técnicos sobre o Projeto. Documentos públicos

Como elementos básicos para elaborar o BHS foram considerados um conjunto de documentos, disponibilizados pela QUADRANTE e pela REDCORP, ao qual foi acrescentada uma bibliografia pública, pesquisada pela CONSMAGA/FRASA, a partir de diferentes fontes. Assim, a referência a relatórios técnicos do Projeto, ordenada cronologicamente é a seguinte:

- VISA Consultores, (2019, abril). *Estudo de Impacte Ambiental Mina de Lagoa Salgada. Proposta de Definição do Âmbito*. Documento público realizado para REDCORP. 198 pp.
- APA, (2019, Junho). *Proposta de Definição do Âmbito do Estudo de Impacte Ambiental da Mina da Lagoa Salgada*. Parecer da Comissão de Avaliação. Documento público. 67 pp.
- REDCORP. (2019, setembro). *Resumo não técnico do Plano de Lavra*. 16 pp.
- MICON, (2019, novembro). *Technical report on the resource estimate update for the Lagoa Salgada Project, Setúbal district, Portugal*. 152 pp.
- AMC Mining Consultants, (2019. Dezembro). *Technical Report and PEA for the Lagoa Salgada Property, Setúbal District, Portugal*. Canada. 158 pp.
- Quadrante, (2022, março). *Proposta de Definição de Âmbito do EIA do Projeto da Mina da Lagoa Salgada*. REDCORP - Empreendimentos Mineiros, Lda. Revisão 2. Lisboa. 150 pp+16 anexos.

15.1.2 Informação geológica e mineira do Projeto. Documentos internos, públicos e/ou não públicos

Para a realização do EH foram disponibilizados ou adquiridos os seguintes documentos técnicos:

- *Relatórios ou estudos geológicos* gerados na pesquisa e avaliação dos depósitos minerais, em particular: log´s de sondagens, perfis geológicos e disponibilização das elevações das "bocas" de sondagens, declividade, e estado de conservação.
- *Modelo Geológico do jazigo*, com informação 3D geológica e estrutural e de sondagens dos depósitos minerais Venda Nova Norte e Venda Nova Sul.
- *MDT da superfície do contato Cenozoico/Paleozoico*.
- *Informação técnica de 21 sondagens* carotadas ou de rotação com lamas, designadamente os log´s geológicos, geotécnicos e técnicos respetivos, e o *ficheiro*

fotográfico das caixas das amostras, a reconverter para uso futuro como piezómetros, que incluem:

- *4 Sondagens de reconhecimento e avaliação geológica (só uma é vertical). Sondagens MS; ST e LS.*
- *1 sondagem geológica vertical. Antiga LS01 - a primeira sondagem efetuada pelo SFM-IGM (atual LNEG).*
- *2 sondagens geotécnicas curtas (40 m). Sondagens GT-ST 01 e 02.*
- *7 sondagens metalúrgicas. Sondagens MET- MS01 a 03 e MET-ST01 a 04.*
- *7 sondagens hidrogeológicas. Sondagens HG-MS01 a 03 e HG-ST-01 a 04.*

- *Informação sobre furos de captação de água*, privados ou públicos, como:
  - *1 furo de abastecimento provisório de água ao estaleiro e sondagens (WH-HCC01), litologia, dados construtivos do mesmo (profundidade, diâmetro, revestimento, etc.), com cedência acordada com o proprietário. Este furo é também para reconverter e licenciar no âmbito do EH e da utilização/controlo de recursos hídricos.*
  - *1 furo de captação de água para abastecimento público (WH-ADA01), litologia, dados construtivos do mesmo (profundidade, diâmetro, revestimento, etc.). Esta informação sucede a contatos estabelecidos com a AgdA, com quem se tem mantido uma relação prioritária de interesse mútuo e partilha responsável de dados.*
  - *Informação geográfica e cartográfica*

Para a realização do BHS, foi disponibilizada pela REDCORP a seguinte documentação cartográfica:

- As *cartas militares*, IGEOE - Carta Militar de Portugal, Série M888, dos Serviços Cartográficos do Exército, à escala 1:25.000. Cartas nº 485, 486, 487, 495, 496, 497, 506, 507 e 508. Inclui:
  - *O modelo vetorial 3D das curvas de nível e MDT*
  - *Rede hidrográfica das cartas acima mencionadas, em modelo 2D*
- As *cartas geológicas de Portugal*, por SGP-LNEG à escala 1:50.000, folha nºs nº 39-C, 39-D, 42-A e 42-B
- As *bases cartográficas georreferenciadas* da conceção do Projeto, designadamente:
  - *Levantamento cartográfico de pormenor da área do Projeto. (Levantamento Aerofotogramétrico), com MDT do terreno com base em pixel original de 10 cm.*
  - *Fotografia aérea orto retificada, no âmbito do levantamento acima (Desenho 4).*
  - *Shape File com limites da Concessão Mineira, e limites dos depósitos minerais, extrato do modelo 3D da geologia e estrutura dos depósitos minerais e da sequência lito-estratigráfica definida, com a localização das sondagens de investigação geológica-mineira, mineralúrgica-metalúrgica, geotécnica e hidrogeológica.*
  - *A situação em planta das instalações e outros anexos industriais de superfície e do desenho prévio da operação mineira (em fase de preparação por QUADRANTE).*

DRAFT

A CONSMAGA/FRASA, ao longo do BHS efetuou o levantamento e completou ainda a seguinte informação, a partir de dados públicos, dados técnicos específicos junto a entidades e no Projeto, inquéritos genéricos a atores locais, etc., como;

- Informação hidrogeológica específica de referência
- Colunas litológicas de furos e captações no Cenozoico.
- Registos de perdas de água na perfuração dos furos no Cenozoico e no Paleozoico.
- Registos do nível de água nos poços de captação e furos de pesquisa.
- Informação retrospetiva dos caudais bombeados para adução de águas à população pela captação pública pela AgdA (com os correspondentes períodos de bombagem, semanais ou mensais).
- Localização dos pontos de água (surgência de águas subterrâneas em nascentes e fontes, charcos e lagoas e" águas derramadas").
- Localização de pontos de água em localizações de interesse notável nos cursos de água.
- Definição de furos públicos e privados, e sondagens do Projeto.
- Bibliografia (pública e inédita) de estudos geológicos do Cenozoico na bacia inferior do rio Sado.
- Paleomorfologia do contato Miocénico/Pliocénico (Plio-Plistocénico).
- Paleomorfologia do contato Paleogénico/Miocénico-
- Paleomorfologia do contato Cenozoico/Paleozoico.

15.2 Documentos produzidos no âmbito específico do BHS

Ao longo do relatório estão inseridos um conjunto de desenhos, de carater geral, para o enquadramento da área do Estudo Hidrogeológico de Base

Os desenhos numerados de 1 a 9, podem ser abertos, conforme instrução específica acima, sendo que ao abrir na versão original em PDF, podem ser facilmente explorados, desde a ampliação simples e de observação detalhada, ao manuseamento dos vários *layers* existentes em cada desenho, que se podem abrir e fechar, para melhor observação de dados específicos da sua conceção como, a título de exemplo, no Desenho 1, entre outros, retirar a carta militar de base, e deixar somente as curvas topográficas. Outro exemplo é o da própria impressão em tamanho A3, com ajuste automático da página, que resulta sempre na edição do desenho à escala pré-definida.

Assim:

- Foram estabelecidos os mapas de base de suporte geral (desenhos 1 a 9), regional e da zona de interesse do Projeto, ou seja, da AI-PDA, a várias escalas de trabalho, desde 1:75.000 (a partir das cartas 1:50.000 e 1:25.000, como necessário), até uma escala de ampliação 1:10.000, da mesma base cartográfica de partida, sendo;
- Com base nas cartas militares em formato raster e da informação topográfica em formato vetor 3-D, mais a rede hidrográfica vetorizada em 2-D, desenhou-se o Desenho 1.
- Com base nas cartas geológicas, à escala 1:50.000 (4 cartas), montou-se o mosaico mostrado no Desenho 2, numa área abrangente e integradora da área da Concessão

Mineira, entre a margem esquerda do rio Sado, a ribeira de Grândola e a margem direita da ribeira do Arcão.

- Com base nas cartas topográficas à escala 1:25.000 (9 cartas), em formato raster e em formato vetorial, como referido acima, para a mesma área e informação de base global, regional e local, juntou-se ainda a informação vetor da carta de solos de Portugal, para se obter o Desenho 3.

- A **REDCORP** facultou o levantamento aerofotográfico e topográfico, aerofotogramétrico, de baixa altitude e grande precisão (cm), com suporte de drone, a cobrir a área da AI-PDA do Projeto, i.e., a área dos jazigos Venda Nova Norte e Venda Nova Sul. Assinala-se a importância deste detalhamento cartográfico e da informação adicional que proporcionou na definição de detalhe das cabeceiras das sub-bacias hidrográficas definidas, a partir da base vetorial 1:25.000 acima, para se produzir o Desenho 4.

- As cartas 1:25.000 em formato vetor (só os layers das curvas de nível, MDT do terreno e rede hidrográfica em 2D, rede geodésica homogeneizada no sistema ETRS89), permitiram concluir este processo cartográfico de enquadramento onde, em particular, a altimetria é relevante para a caracterização fisiográfica e morfológica das sub-bacias hidrográficas das linhas de água que atravessam a área de estudo, para além da sua delimitação detalhada, como referido acima e, ainda para a elaboração dos desenhos (Desenho 5, Desenho 6, Desenho 7, Desenho 8 e **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**).

15.3 Bibliografia

As referências bibliográficas da listagem abaixo, são do conhecimento da equipa de BHS, quer do conhecimento direto na sequência de trabalhos anteriores na Bacia do Sado e de trabalhos semelhantes em outras situações do Sul da Península Ibéria, no setor português e no setor espanhol da FPI, e integra conhecimento e referências de autores que mais particularmente têm trabalho nestes domínios da Geologia e Hidrogeologia, tanto em meios porosos como em meios fissurados, onde se veio colhendo informação gerada ao longo das últimas décadas em investigação no domínio geológico e mineiro.

Esta listagem é complementar à informação técnica disponibilizada pelo Projeto e referida acima, alguma inédita, no seguimento dos trabalhos aprofundados de prospeção e pesquisa, e a avaliação dos recursos dos depósitos minerais Venda Nova Norte e Venda Nova Sul, na AI-PDA do Projeto.

Albardeiro L.J.S., (2015). *Aplicação da Geocronologia U-Pb em Zircão a Areias e Rochas do Substrato do Litoral do Sudoeste de Portugal: Implicações para a Proveniência, Dinâmica Sedimentar e História Geológica da Região*. Doutoramento em Ciências da Terra e do Espaço. Especialidade de Processos Geológicos. Universidade de Évora. Instituto de Investigação e Formação. 354 pp.

Almeida C., Mendonça J. J., Jesus M. R., Gomes A. J., (2000). Sistemas Aquíferos de Portugal Continental. Centro de Geologia da FCUL / Instituto da Água, Lisboa, 649. In https://snirh.apambiente.pt/snirh/download/aquiferos_PortugalCont/Ficha_T3.pdf

Azevedo T.M., Pimentel N.L., (1995), *Dados para a discussão da génese da Bacia do Tejo-Sado no Paleogénico*, Atas do IV Cong. Nac. Geologia, Museu Labor. Mineral. Geol., Porto, Memória, 4: p.p. 897-902.

Baquero J.C., Reyes M.J., Custodio E., Scheiber L. Vázquez-Suñé E., (2016). *Groundwater Management in Mining: The Drainage and Reinjection System in Cobre Las Cruces, Spain.* Modern Environmental Science and Engineering (ISSN 2333-2581). October 2016, Volume 2, No. 10, pp. 631-646. Doi: 10.15341/mese (2333-2581)/10.02.2016/001. Academic Star Publishing Company, 2016. *In*: www.academicstar.us

Barros J.F.N.E., (2013). *The Exploration and Research of Polimetalic Massive Sulphides in Iberian Pyrite Belt. New Data About the Lagoa Salgada Deposit*. Mestrado em Geologia. Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. 117 pp.

Brandão C, Rodrigues R., Pinto da Costa J., (2001). Análise de Fenómenos Extremos, Precipitações Intensas em Portugal Continental. Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos. Lisboa, dezembro 2001. 64 pp. *In* https://snirh.apambiente.pt/snirh/download/relatorios/relatorio_prec_intensa.pdf

Candeias C., Ferreira da Silva E., Salgueiro A. R., Garcia Pereira H., Matos J. X., Ávila P. F., (2010) *Assessment of the soil contamination by potentially toxic elements in Aljustrel mining area in order to implement soil reclamation strategies*. http://hdl.handle.net/10400.9/1242.

Cardoso J.C., (1965). *Os solos de Portugal: sua classificação, caracterização e génese*. Ministério da Economia. Secretaria de Estado da Agricultura, Direção Geral dos Serviços Agrícolas.

Carvalho P., Ferreira A., (1994). *Geologia de Neves-Corvo; estado atual do conhecimento. Simpósio de Sulfuretos Polimetálicos da Faixa Piritosa Ibérica*. APIMINERAL. Évora. Outubro. Portugal Mineral. 33;1-5 36:7-8.

Carvalho P., Pacheco N., Beliz A., Ferreira A., (1996). *Últimos desenvolvimentos em prospeção realizados pela SOMINCOR*. Simp. Sulfuros Polimetálicos de la Faja Pirítica Ibérica, Huelva. pp 1±21. Também referido em: Boletín Geológico y Minero, ISSN 0366-0176, Vol. 107, Nº 5-6, 1996, págs. 39-54.

Castelo-Branco J.M., (1996). *O Projeto de Lagoa Salgada. Estado atual do conhecimento da jazida*. Boletin Geológico y Minero, Instituto Tecnologico GeoMinero, v. 107, is. 5 and 6, p. 685–695.

Chambel A., Duque J., Matoso a., Orlando M., (2006). Hidrogeologia em Portugal Continental. Boletín Geológico y Minero, 117 (1): 163-185 ISSN: 0366-0176. *In*: https://www.igme.es/Boletin/2006/117_1_2006/Art.11.PD

Chebotarev, I. (1955), *Metamorphism of Natural Waters in the Crust of Weathering*. Geochimica et Cosmochimica Acta, 8, 22-32.*In*: https://doi.org/10.1016/0016-7037(55)90015-6.

Cunha P.P., Pais J., Legoinha P., (2009). *Evolução geológica de Portugal continental durante o Cenozoico - sedimentação aluvial e marinha numa margem continental passiva (Ibéria ocidental)*. 6º Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico MIA09. Oviedo. 10 pp.

Custodio, E., Llamas M. R. (Eds.), (1983). *Hidrología Subterránea*. (2 tomos). Omega, 2350 pp.

CVRM, MGCB, SIFUCEL, (2002). Proposta de Definição do Âmbito do EIA da Pedreira de Areia de Casal Ventoso. 34 pp. *In*: https://siaia.apambiente.pt.

Dias R., Pais J., (2009). *Homogeneização da Cartografia Geológica do Cenozoico da Área Metropolitana de Lisboa (AML)*. INETI 2009, Comunicações Geológicas, t. 96, pp. 39-50.

Dias R.P. (coordenação), com colaboração de Dias R.P., Oliveira J. T., Leal J., Romão J., Inverno C. e Consórcio BRGM-SPE-EDM, Manuppella G., Machado S., Rodrigues A., Bartolomeu A., Pais J., Ressurreição R., Matos J., Midões C., Matias J., Tereso S., Carvalho C., Chainho F., Pereira P., Lamberto V., Legoinha P., Alves P., (2011). *Carta geológica de Portugal. Folha 42-A - Grândola. Escala 1:50.000*, Unidade de Geologia e Cartografia Geológica, Laboratório de Geologia e Minas. Laboratório Nacional de Energia e Geologia.1ª Edição, e **Dias R., Oliveira J.T., Matos J.X., Ressurreição R., Pereira Z., Machado S., Pais J., Manuppella G., com colaboração de: Ramalho M., Cabral J, Freitas M. C., Cruces A., Midões C., Lisboa V., Matos J.X, Sousa P., Represas P., Rosa D., Matias J., Tereso S., Carvalho C., Pereira P., Chainho F., Pestana A., Pereira Z., Barreira F., Ramalho E.,** (2016). *Notícia Explicativa da Folha 42-A Grândola. Unidade de Geologia, Hidrogeologia d Geologia Costeira. Laboratório Nacional de Energia d Geologia*. Lisboa ,2016. 106 pp. ISBN: 978-989-675-049-7. cartografia@lneg.pt.

Fagundo Castillo J.R., González Hernández P., Suárez Muñoz M., Melián Rodríguez C., (2005), *Relaciones entre potenciales redox y concentraciones de sulfuros en aguas termales de Cuba*. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Vol. 6. 31-44. ISBN: 959-7136-35-X

Feitosa F.A.C.*, (2008).* Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 812 pág. CPRM.

Fernández Rubio R., Baquero Ubeda J.C., Lorca Fernández D., Verdejo Serrano J., Ovejero Zappino G., Doyle M.G.*, (2006)*. *Contribuicion del Proyeto Las Cruces al conocimiento del acuífero Niebla-Posadas (valle del Guadalquivir, España).* Las aguas subterráneas en los países mediterráneos. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hydrogeología y Aguas Subterráneas. Nº 17: 631-638. Madrid. Consulta *on line in* https://books.google.pt/books?id=A4Ej6UcA2mIC&pg=PA58&hl=pt-PT&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false

Fernandez-Rubio R., Carvalho P., Real F.*, (1988)*. *Mining-Hydrological Characteristics of the Underground Coper Mine of Neves-Corvo, Portugal*. IMWA 1988 Proceedings. International Mine Water Association 2012. WWW IMWA info.

Figueiredo P.C.S.M., (2015). *Neotectonics of the Southwest Portugal Mainland: Implications on the Regional Seismic Hazard.* Doutoramento em Geologia. Especialidade em Geodinâmica Interna. Universidade de Lisboa. Faculdade de Ciências. Departamento de Geologia. 282 pp.

FRASA, AIA Consult, (2005*). Valoración Ambiental del Estado Pre-operacional. Proyecto Minero-Hidrometalúrgico Cobre Las Cruces. Sevilla*. © Cobre Las Cruces, S.A., 2006. ISBN:84-89683-05-0. Depósito Legal: M-21992-2006. *In*: https://www.cobrelascruces.com/wp-content/themes/twentyeleven/pdf/valoracion_ambiental_del_estado_pre-operacional.pdf

Galego Fernandes P., Oliveira da Silva M., (1998). *Contribuição para a Caracterização Hidrogeológica do Sistema Aquífero da Bacia do Sado.* Trabalho realizado no âmbito do ERSHA. 22 pp. https://aprh.pt/congressoagua98/files/com/026.pdf

Galego Fernandes P., Carreira P., Silva M.O., (2005). *Nova abordagem na caracterização do aquífero costeiro de Sines (S Portugal) recorrendo a técnicas isotópicas ambientais*. Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe, Coruña. Vol. 30, pp. 125-144 ISSN: 0213-4497.

Glynn P.D., Plummer L.N., (2005). *Geochemistry and the understanding of ground-water systems*. Hydrogeology Journal, volume 13, pp 263–287.

Hounslow A.W., (1995). *Water Quality Data: Analysis and Interpretation* (1st ed.). CRC Press. 416 pp. *In*: https://doi.org/10.1201/9780203734117.

Lucas L. L., Unterweger M. P., (2000). *Comprehensive review and critical evaluation of the half-life of tritium. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*. Volume 105, Number 4, p.p.541-549.

Matos J. M. X., (2021). *Alteração hidrotermal ácido-sulfato associada aos jazigos de sulfuretos maciços de Lagoa Salgada, Caveira, Lousal, Aljustrel e São Domingos (Faixa Piritosa Ibérica)*. "Documento Definitivo". Doutoramento em Geologia, Especialidade de Metalogenia. FACULDADE DE CIÊNCIAS. UNIVERSIDADE DE LISBOA. Tese orientada por: Professores Doutores Fernando José Arraiano de Sousa Barriga e Jorge Manuel Rodrigues Sancho Relvas. Documento especialmente elaborado para a obtenção do grau de Doutor. 578 pp.

Matos J.X., Barriga F.J.A.S., Oliveira V.M.J., Relvas J.M.R.S., Conceição P.I.S.T., (2000). *The Geological Structure and Hydrothermal Alteration of the Lagoa Salgada Deposit (Iberian Pyrite Belt - Sado Tertiary Basin, Portugal).* Volcanic Environments and Massive Sulfides, Tasmania, Australia, November 2000. 3pp.

Matos J.X.; Barriga F., Oliveira V.M.J., (2003). *Alunite veins versus supergene kaolinite-halloysite alteration in the Lagoa Salgada, Algares and S. João, Aljustrel, and S. Domingos massive sulphide deposits, Iberian Pyrite Belt, Portugal*.

Matos J.X., Barriga F.J.A.S., Jorge Relvas M.R.S., (2017). *Acid sulphate alteration in the Iberian Pyrite Belt. Laboratório Nacional de Energia e Geologia/Centro Estudos Geológicos e Mineiros do Alentejo, Portugal. Universidade de Lisboa, Portugal.* Mineral Resources to Discover, Proceedings of the 14th SGA Biennial Meeting, August 20-23 2017, Quebec City, Canada, Volume 2. Pages 625-628.

Matos J.X., Carvalho J., Represas P., Batista M.J., Sousa P., Ramalho E.C., Marques F., Morais I., Albardeiro L., Gonçalves P., Dias P., (2020). *Geophysical surveys in the Portuguese sector of the Iberian Pyrite Belt: a global overview focused on the massive sulphide exploration and geologic interpretation*. Comunicações Geológicas (2020) 107, Especial III, 41-78. ISSN: 0873-948X; e-ISSN: 1647-581X. Versão *online*: https://www.lneg.pt/wp-content/uploads/2020/07/Volume_107_III.pdf

Matos J.X., Martins L.P., (2006). *Environmental reclamation of mining areas in the portuguese sector of the Iberian Pyrite Belt: State of the art and future perspectives, Reabilitação ambiental de áreas mineiras do sector português da Faixa Piritosa Ibérica: Estado da arte e prespectivas futuras.* Boletin Geologico y Minero, 117 2 (2006): 289-304. *In*: http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-47649132426&partnerID=MN8TOARS

NEMUS, ECOSSISTEMA, AGRO.GES, 2011. *Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas integradas na Região Hidrográfica 6. VOLUME I- Relatório. Parte 2- Caracterização e Diagnóstico*. Tomo 6- Monitorização das massas de água. Tomo 6A- Peças escritas. ARH MAPOT, IP t09122/04 Jun 2011; Edição de Fev 2012 (após Consulta Pública). 340pp.

Oliveira D.P.S., Matos J.X., Rosa C.J.P., Rosa D.R.N., Figueiredo M.O., Silva T.P., Guimarães F., Carvalho J.R.S., Pinto Á.M.M., Relvas J.R.M.S., Reiser F.K.M., (2011). *The Lagoa Salgada Orebody, Iberian Pyrite Belt, Portugal*. ©2011 Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, v. 106, pp. 1111–1128. *In* http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-80054684539&partnerID=MN8TOARS. 10.2113/econgeo.106.7.1111

Oliveira J. T., (coordenação), com colaboração de Levantamentos Geológicos do consórcio SPE, SREM, EDMA e de Fernandes P., Sousa de Andrade A., Oliveira V., Pais J., Antunes M. T., Romão J. A., César Lopes J., Casimiro J., Cunha T. A., (2006). *Carta Geológica de Portugal. Folha 42-B - Azinheira do Barros. Escala 1:50.000*, Departamento de Geologia, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação I.P., 1ª Edição, e **Tomas Oliveira J.; Fernandes P.; Pais J.; Dias R.**, (2013). *Notícia Explicativa da Folha 42-B Azinheira do Barros*. Unidade de Geologia e Cartografia Geológica, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Lisboa 2013. 48 pp. ISBN: 978-989-675-032·9. cartografia@lneg.pt

Oliveira J. T., Relvas J., Pereira Z., Matos J., Rosa C., Rosa D., Munhá J., Fernandes P., Jorge R., Pinto Á., (2013). II.2.7. *Geologia Sul Portuguesa, com ênfase na estratigrafia, vulcanologia física, geoquímica e mineralizações da faixa piritosa. Geologia de Portugal,* Volume I - Geologia Pré-mesozóica de Portugal. Editores: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J II - Meso-cenozóica de Portugal. Editores: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & .J C. C. K. Kullberg. © 2013, Escolar Editora.

Oliveira V., Matos J., Bengala M., Silva N., Sousa P., Torres L., (1998). *Geology and geophysics as successful tools in the discovery of the Lagoa Salgada Orebody (Sado Tertiary Basin - Iberian Pyrite Belt), Grândola, Portugal*. *Mineralium Deposita* 33 1-2 (1997): 170-187. In: http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0031922704&partnerID=MN8TOARS

Oliveira V.J.M., Matos J.X., Rosa C., (2001*). The NNW sector of the Iberian Pyrite Belt - new exploration perspectives for the next decade. Geode Workshop - Massive Sulphide desposits in the Iberian Pytite Belt new advances and comparison with equivalent systems, Aracena, Spain*, pp34. Impressed copy.

Pimentel N.L., (1997). *O Terciário da Bacia do Sado - Sedimentologia e Análise Tectono-Sedimentar.* Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa: 381 pp.

Quevauviller P., Lavigne R., Pinel R., Astruc M., (1989). *Organo-tins in Sediments and Mussels from the Sado Estuarine System (Portugal)*. Environmental Pollution, Vol 57:149-166.

Quintela A.C., (1984). Hidrologia de águas superficiais. Curso Internacional de Hidrologia Operativa, Vol. II. Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos (DGRAH). Lisboa. 289pp.

Ramos A.M., (2008). *O Pliocénico e o Plistocénico da Plataforma Litoral entre os paralelos do Cabo Mondego e da Nazaré. Estudo Geral* - Repositório Científico da UC. Tese de doutoramento em Geologia (Geodinâmica Externa) apresentada à Fac. Ciências e Tecnologia da Univ. Coimbra. Contacto: ana-baia@sapo.pt URI: http://hdl.handle.net/10316/10437 Direitos: Open Access. Aparece nas coleções: FCTUC Ciências da Terra - Teses de Doutoramento. *In*: https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/10437?locale=pt

Relvas J. M. R. S., Barriga F., Carvalho J. R. S., Pinto Á. M. M., Matos J. X., Rosa C. J. P., Pereira Z., (2011). *Structure, stratigraphy and hydrothermal alteration at the Gavião orebodies, Aljustrel: reconstruction of a dismembered ore-forming system at the Iberian Pyrite Belt and implications for exploration*. 2011.

Relvas J.M.R.S., Pinto A., Fernandes, C., Matos, J.X., Vieira, A., Mendonça, A., Malha, C., *et al.*, (2014). *Lousal: An old mine, a recent dream, a new reality,Lousal: Uma antiga mina, um sonho recente, uma nova realidade*. *Comunicacoes Geologicas* 101 Special Is (2014): 1345-1347. http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84995607458&partnerID=MN8TOARS

Represas P., Matos X.J., (2012). *New approach on the gravity data of the Lagoa Salgada structure, Iberian Pyrite Belt, Portugal*.

Ressurreição R.J.V., (2018). *Evolução tectono-estratigráfica cenozóica do litoral alentejano (sector Melides-Odemira) e enquadramento no regime geodinâmico actual. "Documento Definitivo*. Doutoramento em Geologia. Especialidade em Geodinâmica Interna. 282 pp.

Ressurreição R., Legoinha P., Dias R., Santos J., Ribeiro S., Patinha C., Miranda R., (2021). *87Sr/86Sr dating of the Alcácer do Sal Formation (upper Miocene, mainland Portugal).* Comunicações Geológicas (2021) 108, 5-11. ISSN: 0873-948X; e-ISSN: 1647-581X. DOI: https://doi.org/10.34637/stdj-wn53. Recebido em 31/12/2020 / Aceite em 17/05/2021. Publicado online em junho de 2021. © 2021 LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP.

Ribeiro O., (1987). Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico, Livraria Sá da Costa Editora, Lisboa: 191 pp.

Simões M.M.M., (1998). Contribuição para o Conhecimento Hidrogeológico do Cenozoico na Bacia do Baixo Tejo. Dissertação apresentada à Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Hidrogeologia. Volume (Vol. I). Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Departamento de Ciências da Terra. Centro de Estudos Geológicos. Monte de Caparica, 1998.

Telles Antunes M., Pais J., com colaboração de Lopes J. C., (1983). *Carta geológica de Portugal, folha 39-C-Alcácer do Sal, Escala 1:50.000*. Serviços Geológicos de Portugal, Direção Geral de Geologia e Minas (atual LNEG).1ª Edição, e **Telles Antunes M.**, (1983). Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal, Folha 39D - Alcácer do Sal. 58 pp. cartografia@lneg.pt

Telles Antunes M., Pais J., Gonçalves F., Oliveira J. T., (1991). *Carta geológica de Portugal. Folha 39-D - Torrão (1991). Escala 1:50.000*, Serviços Geológicos de Portugal, Direção Geral de Geologia e Minas (atual LNEG).1ª Edição e **Gonçalves F., Telles Antunes M.**, (1992). Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal, Folha 39-D - Torrão. 86 pp. cartografia@lneg.pt

Universidad de Extremadura (2005). Facultad de Ciencias Químicas. Área de Edafología y Química Agrícola: *https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFQReaccion.htm* e *https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFQPotRedox.htm*.

VISA Consultores, (2012). *Estudo de Impacte Ambiental. Relatório Síntese da Ampliação da Pedreira de Areia "Areeiro da Água do Montinho". Azinheira de Barros e São Mamede do Sádão. Grândola*. TFG - Transprtes Florêncio & Guerreiro Lda. Maio de 2012. 309 pp. In: https://siaia.apambiente.pt

World Health Organization, (1971). *International standards for drinking-water*, 3rd ed. World Health Organization. (tercera edición, Ginebra, 1971) 70 pp.

DRAFT