

GGT - Lda

ESTUDO GEOFÍSICO COMBINADO GMI+PEN EM 6 SPOTS/LINES NA HERDADE DO MONTE DO ALTINHO (MONFORTE)

1 - INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

O presente estudo geofísico procura discriminar o potencial hidrogeológico dos terrenos integrantes da Herdade do Monte do Altinho, propriedade que possui cerca de 106 ha, a qual está localizada a cerca de 4 km para NW da vila de Monforte, por forma a avaliar a viabilidade de executar furos de água para captação. De notar que o projecto a implantar na herdade necessita de um volume de água subterrânea de 8 m³/dia.

A propriedade ocorre sobre ocorre no seio de rochas ígneas constituídas por granitos sendo que apresenta, ao mesmo tempo, uma cobertura sedimentar delgada constituída por argilas especialmente nas zonas mais elevadas. Esta região apresenta produtividades muito baixas, sendo que na propriedade existe um furo antigo de muito baixa produtividade, contudo o estudo geofísico pode dar indicações acerca da probabilidade de encontrar zonas fracturadas ou que apresentam maior permeabilidade, ou seja, zonas onde a rocha é menos resistiva e, deste modo, se poder obter furos produtivos.

A propriedade foi sujeita ao estudo geofísico combinado GMI+PEN (Geofísica com Magneto-Impedância + Potencial Espontâneo Natural). A figura 1 mostra a localização dos 6 SPOTS/Lines, marcados a cor verde e sujeitos ao varrimento geofísico GMI+PEN.

1

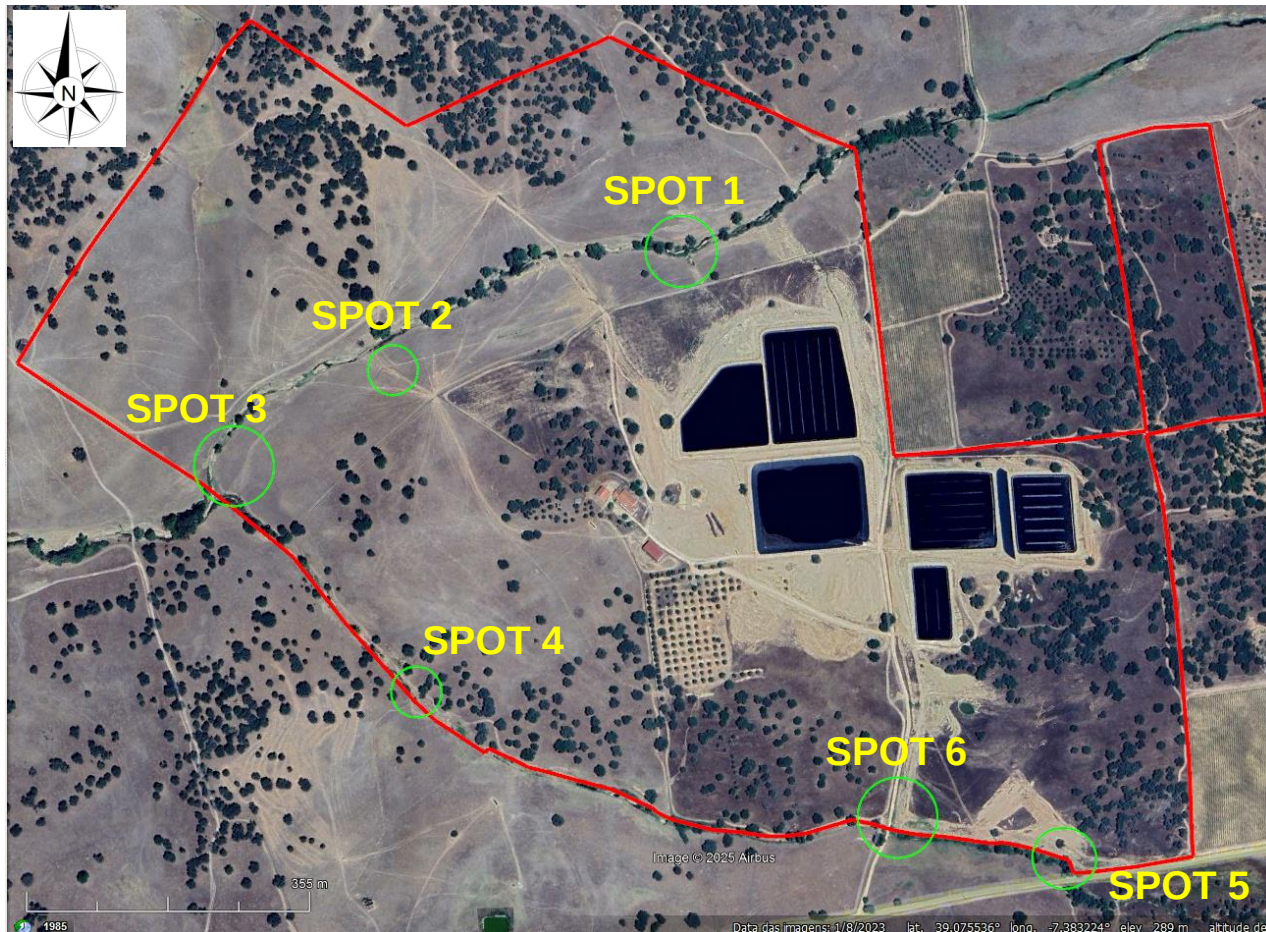


Fig. 1 – Localização dos 6 SPOTS/Lines na zona de estudo dentro da Herdade do Monte do Altinho.

2 – ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

No que à geologia diz respeito, a Herdade do Monte do Altinho ocupa terrenos da Zona de Ossa-Morena (ZOM) a qual é um domínio geoestrutural pertencente ao Maciço Ibérico. A Zona de Ossa-Morena (ZOM) é estratigraficamente variada, com idades desde o Proterozóico superior até ao Carbónico. Há, no entanto, opiniões discrepantes relativamente à sua idade e significado de algumas das suas séries integrantes. A parte da ZOM que interessa à propriedade em estudo corresponde ao Sector Alter do Chão-Elvas (SACE) e dentro deste sector insere-se no complexo plutónico de Monforte-Santa Eulália (CPMS).

Assim, as rochas ígneas que afloram na zona de estudo específica da Herdade do Monte do Altinho correspondem essencialmente a granitos alcalinos róseos. A propriedade está inserida parcialmente nas cartas geológicas à escala 1:50.000: 32-D – Sousel, de Gonçalves et al (1975); 33-C – Campo Maior de Gonçalves et al (1972).

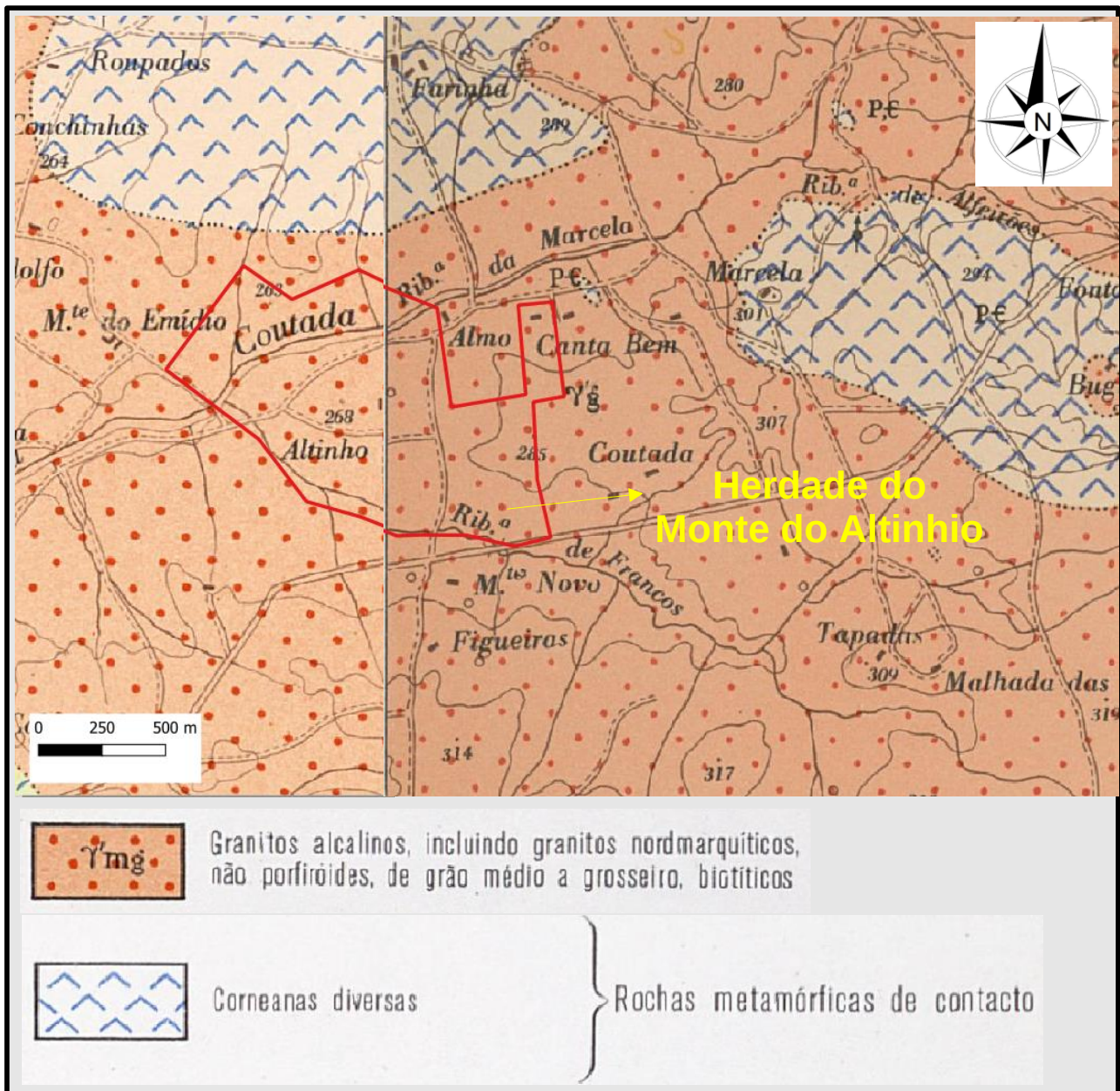


Fig. 2 – Enquadramento geológico da Herdade do Monte do Altinho.

A área de afloramento do CPMS ultrapassa os 300 km², e o seu contorno define, grosseiramente, uma elipse com eixo maior (cerca de 30 km) de orientação E-W, entre Monforte e a Barragem do Caia. Em termos petrográficos, caracteriza-se por uma variação interna de fácies graníticas que permite, dada a disposição aproximadamente concêntrica dos diferentes tipos, classificá-lo como com plexo anelar [Gonçalves et al, (1972); Gonçalves et al, (1975); Oliveira, (1975); Carrilho Lopes, (1989); Gonçalves et al, (1991)]. De acordo com esta designação, é composto, da periferia para o centro, por um anel de granitos róseos com textura média ou média-grosseira (a que se atribuiu a referência G0) e por um conjunto de granitos cinzentos em que é possível individualizar, sucessivamente, fácies com textura porfíroide (G1), granular média (G2) e granular fina (G3).

Na faixa Monforte-Arronches, o granito G0, mostra variedades quase sempre rosa-claro, granularidade tendencialmente mais grosseira (média-grosseira) e presença, nalguns locais, de penalizações petrográficas importantes, como sejam, manchas de rochas intermédias e máficas (de composição granodiorítica a diorítica) e bandado fino com alternância de minerais máficos e félsicos ('*schlieren*').

Os granitos róseos que afloram na herdade são rochas granulares de grão médio a grosseiro dominante, embora acusem parcial granulação fina por tectonização.

De modo geral verifica-se predomínio de feldspatos alcalinos em relação às plagioclases. A microclina parece ser sempre muito abundante associada ou não a pertite; a ortose não se mostra tão insistente. A plagioclase típica deste tipo petrográfico é albite, muitas vezes a tender para oligoclase - albite, ao contrário dos granitos acinzentados do núcleo nos quais a oligoclase parece predominar.

A cor rosada destes granitos que, nalguns locais, se acentua até aos tons róseo-avermelhados, é, fundamentalmente, devida à natureza das inclusões minúsculas presentes nos cristais de feldspatos e também nos de quartzo. Entre essas inclusões, difíceis de caracterizar dada a sua pequenez, são muito frequentes as de hematite e de outros óxidos castanho - avermelhados de ferro que conferem à rocha as colorações referidas.

Segundo Carrilho Lopes et al (1996), a observação do conjunto de dados referentes às principais famílias de fracturas permite concluir que duas delas se repetem (azimutes 30-45° e 90-115°), de um modo geral, nos diferentes afloramentos, registando-se variações significativas na atitude e densidade das restantes famílias. Tal dispersão deve exprimir a conjugação de dois factores principais: geometria dos campos de tensão tradiercinicos e descompressão tridimensional resultante do processo erosivo. Os critérios de movimento expressos nalguns planos (estrias, depósitos de quartzo e fluorite, fendas de tracção e cisalhamento, etc.) indicam rotação na direcção de compressão máxima, de NE-SW para NNW-SSE, com componentes intermédias próximo da vertical. Daqui resulta, por exemplo, que fracturas com movimento (falha, ainda que com deslocamentos de pequena amplitude), inicialmente sinistrogiras (NW-SE) passem a comportar-se como dextrogiras durante os períodos de fracturação mais tardios. O carácter local da resposta à fracturação, ao nível do afloramento, não aconselha uma extrapolação das famílias de fracturas, para todo o maciço. Ainda que o campo de tensões regional seja conhecido, são os factores locais (i.e. heterogeneidades petrográficas e proximidade ao encaixante) que determinam o modo de propagação de fracturas ao nível do afloramento.

A Herdade do Monte do Altinho localiza-se na área onde ocorrem os designados sistemas aquíferos do Maciço Antigo. Almeida et al., (2000), refere a zona restante da herdade como uma área indiferenciada no contexto do Maciço Antigo. Contudo, adoptando a metodologia desenvolvida por ERHSA (2001), a área de estudo está parcialmente incluída no vasto Sector Pouco Produtivo da Zona de Ossa-Morena (SPPZOM) (Chambel & Duque, 1999; Duque, 2004; Chambel et al. 2006).

Hidrogeologicamente, as manchas de rochas constituídas por granitos róseos do maciço de Monforte-Santa Eulália têm revelado fraco potencial do ponto de vista produtivo. Esta realidade de âmbito regional, tem sido evidenciada pela fraca produtividade reveladas pelas das captações realizadas um pouco por todo o lado onde afloram estes maciços, verificando-se que na envolvente à zona de estudo a média ronda os $1 \text{ m}^3/\text{h}$. Da mesma maneira o furo existente na propriedade, na parte N perto da Ribeira da Marcela, parece, segundo informação local, produzir caudal muito reduzido, de tal maneira que no verão deixa de possibilitar a captação de água. No entanto, estas litologias ígneas quando associadas a fracturação importante estruturas aquíferos do tipo fracturado/fissurado, de âmbito local, capazes de fornecer água para usos mais exigentes. Não obstante não são esperados caudais que excedam muito a média regional. Ou seja furos que captem entre 1 m^3 a 3 m^3 por hora já são muito bons. Volumes acima de 3 m^3 já são considerados excepcionais.

No passado relativamente recente e nestas rochas, nas quais, por razões económicas, de profundidade de ocorrência de água e facilidade da sua captação, construíram-se muitos poços tradicionais. Estes poços apresentam uma grande superfície de entrada de água e revelam-se relativamente eficientes para captarem pequenos aquíferos subterrâneos, quase sempre de tipo superficial ou suspenso e de natureza local.

Com o desenvolvimento da tecnologia de perfuração pneumática (DTH-Down The Hole-hammer) foi permitido a captação de água por furo vertical a partir de níveis aquíferos muito mais profundos nos meios fissurados, podendo assim produzir caudais superiores à média regional, se a implantação da obra for criteriosa, como é aquela que se pretende com este estudo.

3 - METODOLOGIA E RESULTADOS

No contexto geológico da Herdade do Monte do Altinho, onde dominam os litótipos consubstanciados por granitos róseos alcalinos, podemos identificar em profundidade, as zonas de alteração, as falhas inclinadas, verticais, horizontais, e as rochas de grande compacidade.

Assim foi utilizado o equipamento de GMI, o qual permite segundo (Chadwick & Jensen, (1971); Primdahl, (1979), encontrar locais específicos ou SPOTs onde existem anomalias electromagnéticas que se podem correlacionar com água subterrânea

O equipamento GMI opera numa faixa frontal até 3.000 m^2 e 1.200 metros de profundidade. O dispositivo permite que seleccionar uma faixa frontal adequada da área de pesquisa a ser coberta 500 - 1000 - 1500 - 2000 - 2500 - 3000 m^2 . Após a conclusão das configurações e iniciar o processo de detecção, o dispositivo começará a enviar e receber frequências magnéticas para detectar o potencial de anomalias causadas por alterações físicas nas rochas e daí correlacionar com a probabilidade de existir água [Morón et al (2015), Mohori et al (2015), Hayes et al (2017), Yi et al (2018), Loera (2020)]. A profundidade máxima do sensor vai até aos 1.200 metros de profundidade. O aparelho foi ainda regulado para detecção de águas naturais.

A zona de estudo foi varrida com GMI e foram identificados os 6 SPOTS da figura 1. As operações de GMI são única e exclusivamente realizadas no terreno e não debitam qualquer valor ou grafismo, apenas indica o local da anomalia principal na área. Depois de identificados estes locais ou SPOTs foi efectuada a geofísica PEN.

A probabilidade de uma rocha ter potencial aquífero reside na presença de valores de resistividade baixos obtidos na geofísica PEN.

O equipamento geofísico específico de medição PEN, usado na Herdade do Monte do Altinho, calcula a

diferença da medição do campo eléctrico natural (potencial espontâneo natural), com a medição do campo electromagnético natural do planeta, através de um conjunto de diferentes frequências de maneira a descortinar eventuais anomalias que possam ocorrer. Estas anomalias podem ser a presença de água subterrânea, minerais, zonas ocas, alterações de permeabilidade, fracturas, argilas etc. Este método de leitura é designado por: “método do princípio da selecção de frequências do potencial espontâneo natural”. Este método baseia-se então na diferença eléctrica do campo magnético da terra (0 - 30 kHz), através do uso de diferentes frequências que interferem com estruturas geológicas, descortinando as já referidas anomalias, através da sua resistência, de tal maneira que o equipamento de medição produz um corte-seccção que mostra a projecção da interpolação das medições das várias frequências, permitindo observar os resultados a diferentes profundidades de penetração.

Existem desde há muito trabalhos e investigação neste campo da prospecção hidrogeológica com PEN designadamente de Schiavone & Quatro (1984), Erneston & Scherer (1986), Ogilvy et al (1989), Corwin (1990), Patella (1997a), Patella (1997b), Shi (1998), Gallas (2000), Medeiros & Lima (1999), Doussan et al (2002), Zhang & Aubert (2003), Samovelian et al (2005), Revil et al (2006), Jardani et al (2007), Gilbert & Sailharc (2008), Jouniaux et al (2009), Tabbagh et al (2009), Jackson et al (2012), Hovhannissian (2016), entre outros.

O PEN detecta a probabilidade de existir eventuais estruturas fracturadas, ou zonas filoneanas fracturadas, que existem no subsolo, com base na resistividade eléctrica natural, que permitem obter água gravítica. (Gallas, 2000; Gallas, 2005).

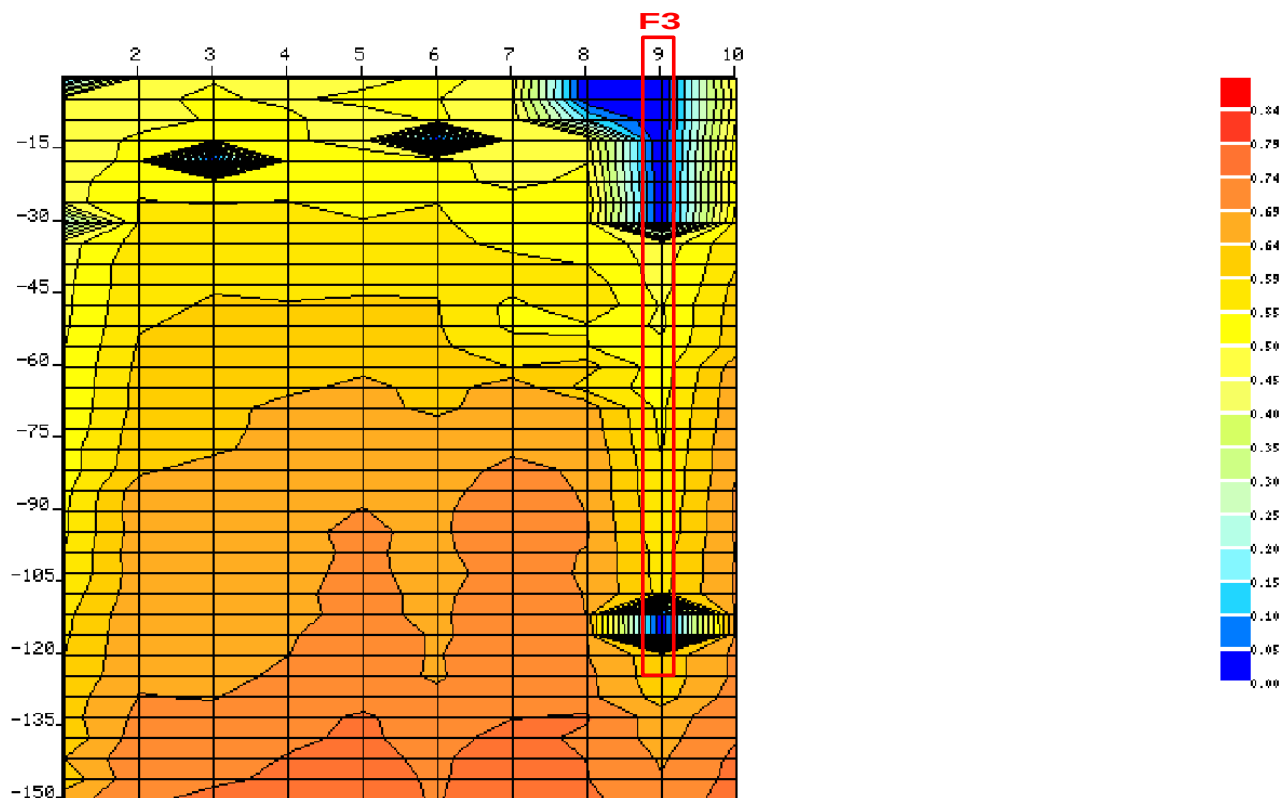
O equipamento geofísico usado na Herdade do Monte do Altinho está configurado para realizar medições no centro de dois eléctrodos distanciados 10 m. Posteriormente ambos os eléctrodos são movidos metro a metro ao longo de um perfil preestabelecido. É medido o campo eléctrico natural como fonte, e determina a resistividade que contrasta com rochas/minerais e/ou águas subterrâneas. Com base na medição do campo eléctrico natural na superfície do terreno a componente de campo eléctrico é medido com N frequências diferentes. Em termos de profundidade de penetração, o equipamento pode ser configurado para 100, 150 e 300 m.

Na situação específica da Herdade do Monte do Altinho, onde se pretende identificar locais para a construção de furos de captação de água subterrânea (aquéferos fissurados), decidiu-se efectuar perfis a uma profundidade de interpretação de 150 m.

Atendendo aos resultados da GMI foram executados 6 perfis PEN (L1 = 10 med; L2 = 10 med; L3 = 10 med; L4 = 10 med; L5 = 10 med; L6 = 12 med.) com total de 62 medições. Os perfis foram executados no centro da anomalia GMI na direcção perpendicular à sua detecção.

Seguidamente, apresentam-se as características, bem como, os resultados, individuais de cada um dos 6 SPOTs/Perfis GMI varridos com geofísica PEN na Herdade do Monte do Altinho. A posição do local do perfil com melhor probabilidade está marcado com um rectângulo vermelho, até à profundidade aconselhada para perfuração. Em 2 SPOTs dá indicação de duas profundidades opcionais (rectângulos verdes). Nestas situações, caso o furo produza algum caudal de interesse pode valer a pena avançar a perfuração para metragens mais profundas.

Está igualmente projectado no grafismo a classificação para furo de **F1** a **F6** (por ordem decrescente de probabilidade).

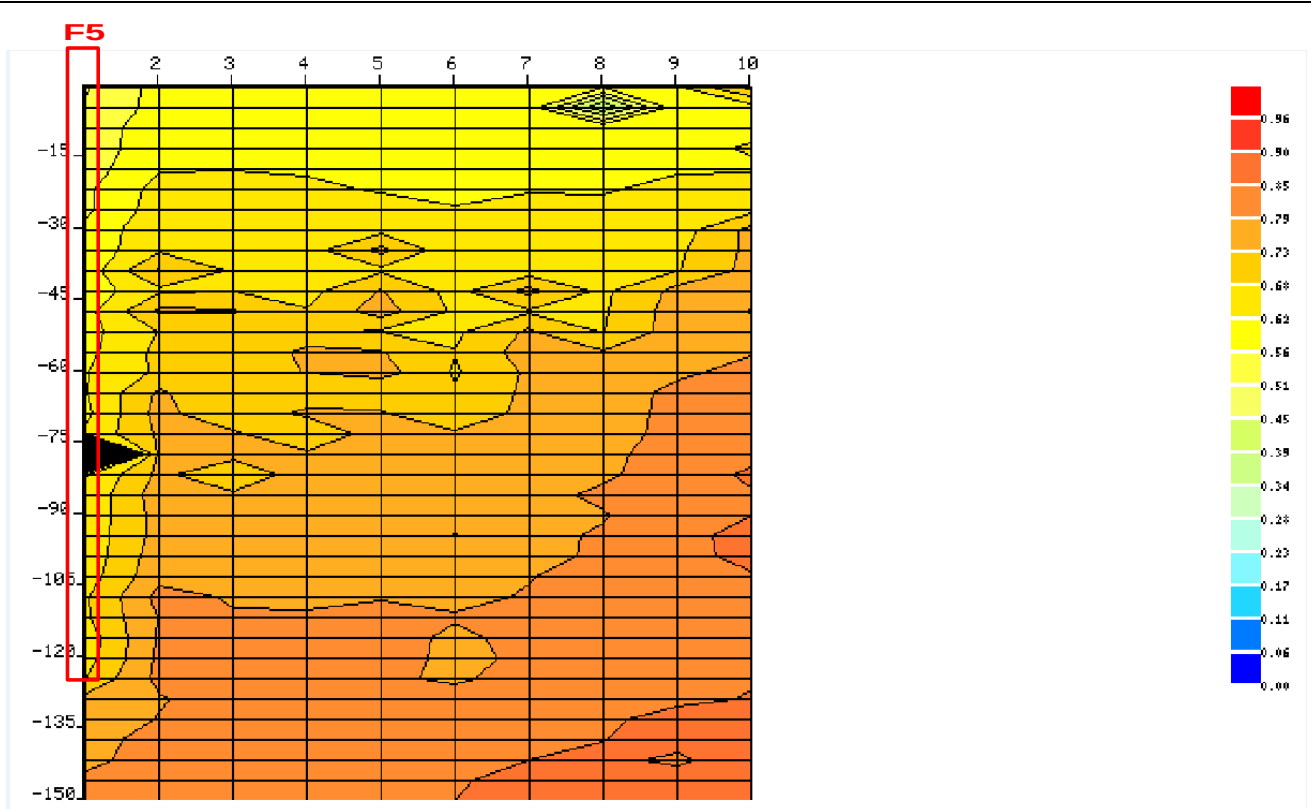


PERFIL PEN – L1 = **F3** na P9 até um máximo de 125 m, existem roturas de resistividade entre [10-20 m]; [25-35 m]; [50-55 m]; [110- 120 m].



Localização do Perfil L1 (Esq)

Posição do **F3** (Drt)



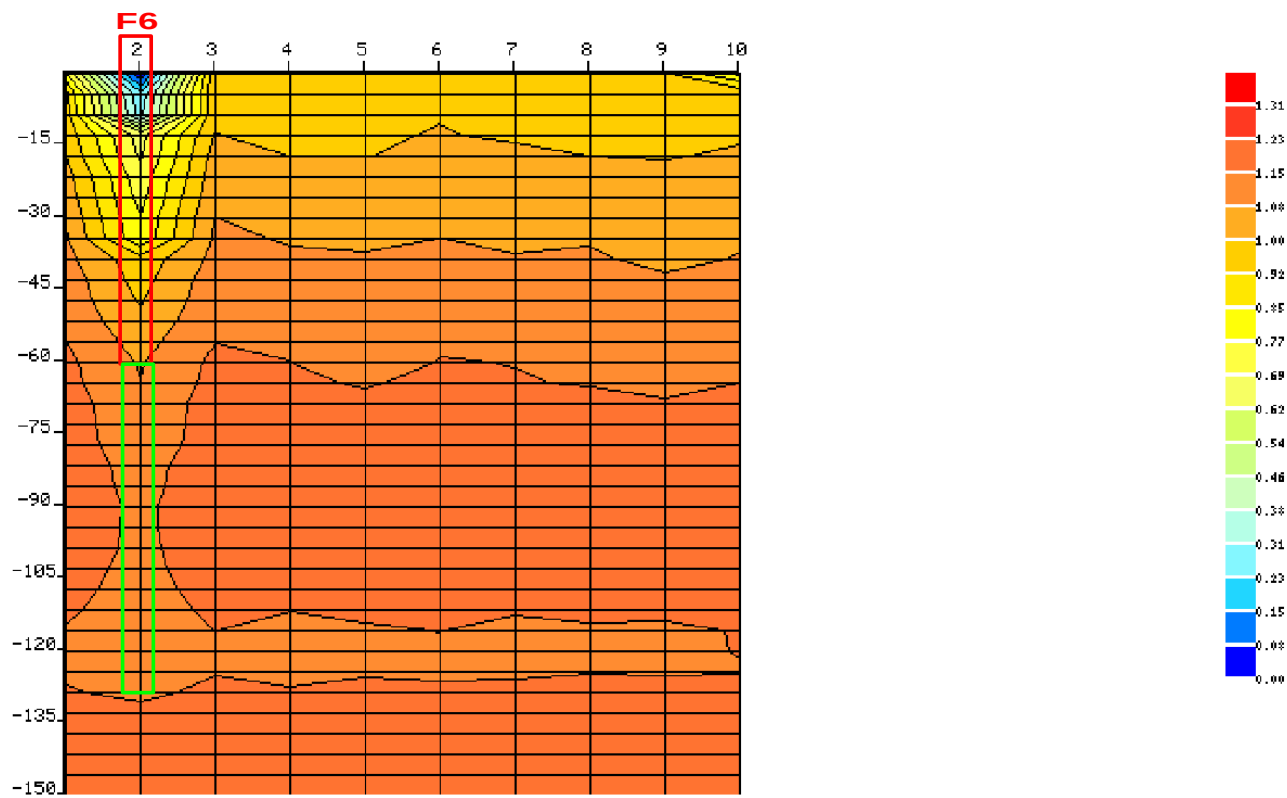
PERFIL PEN – L2 = **F5** na P1 até um máximo de 125 m, existem roturas de resistividade entre [5-10 m]; [75-85 m]; [115-120 m]; [120 m - 140 m].



Localização do Perfil L2 (Esq)



Posição do **F5** (Drt)



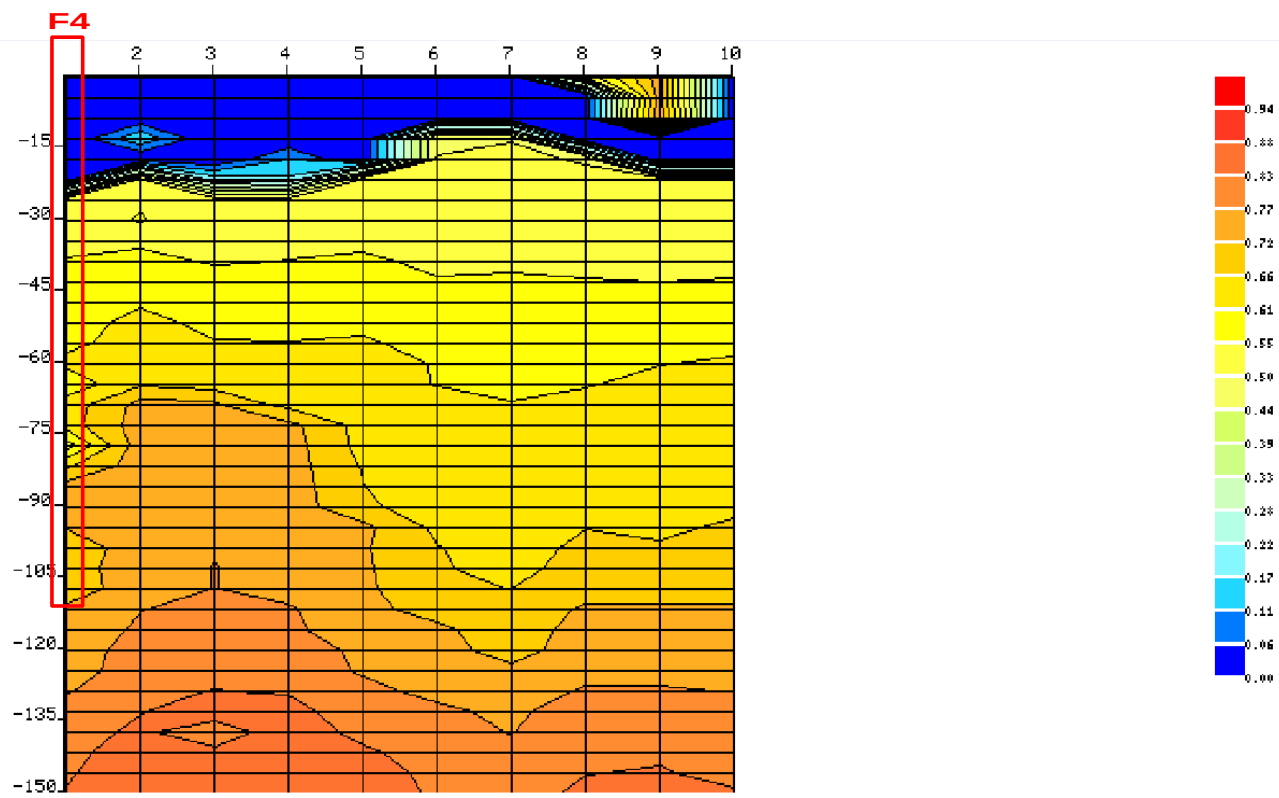
PERFIL PEN – L3 = **F6** na P2 até um máximo de 60 m, com 2ª opção de perfuração até aos 125 m. Existem roturas de resistividade entre [5-20 m]; [45-55 m]; [115-125 m].



Localização do Perfil L3 (Esq)



Posição do **F6** (Drt)



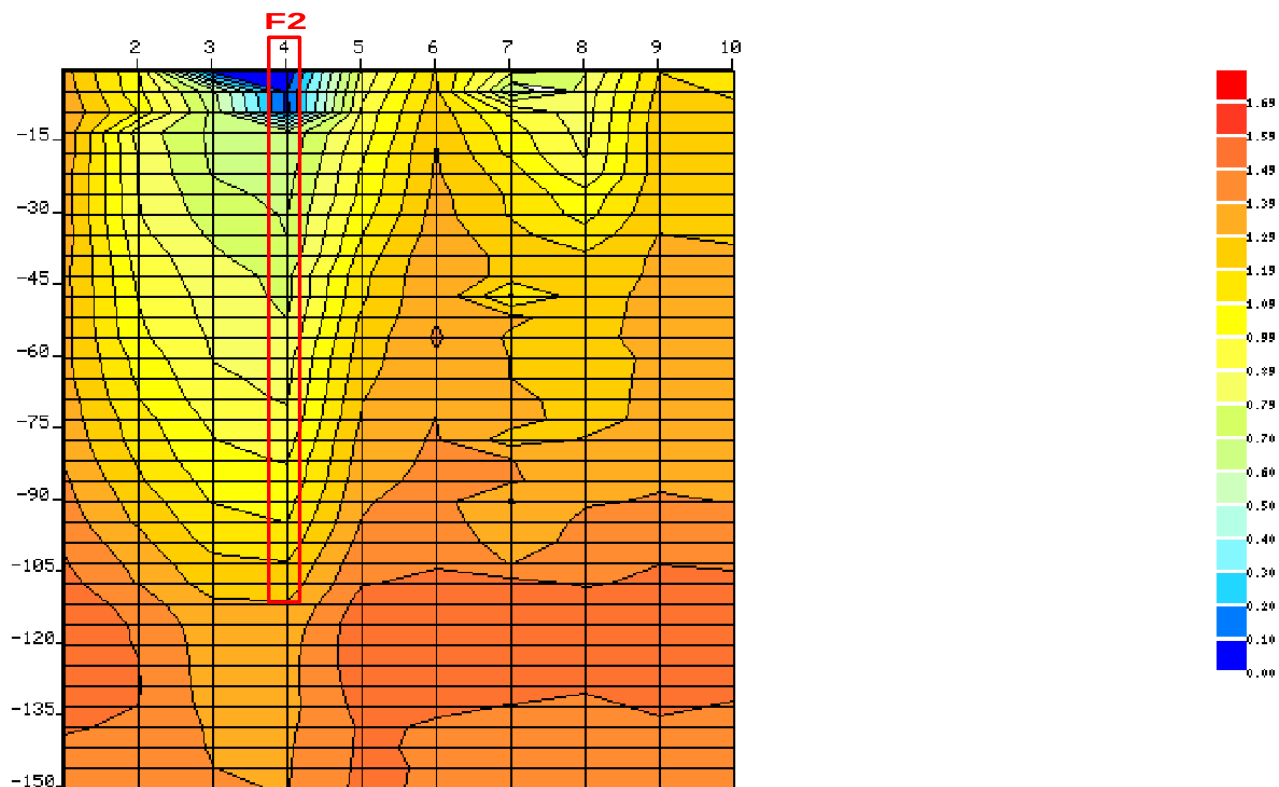
PERFIL PEN – L4 = **F4** na P1 até um máximo de 110 m, existem roturas de resistividade entre [5-25 m]; [60-65 m]; [75-85 m]; [100-105 m].



Localização do Perfil L4 (Esq)



Posição do **F4** (Drt)



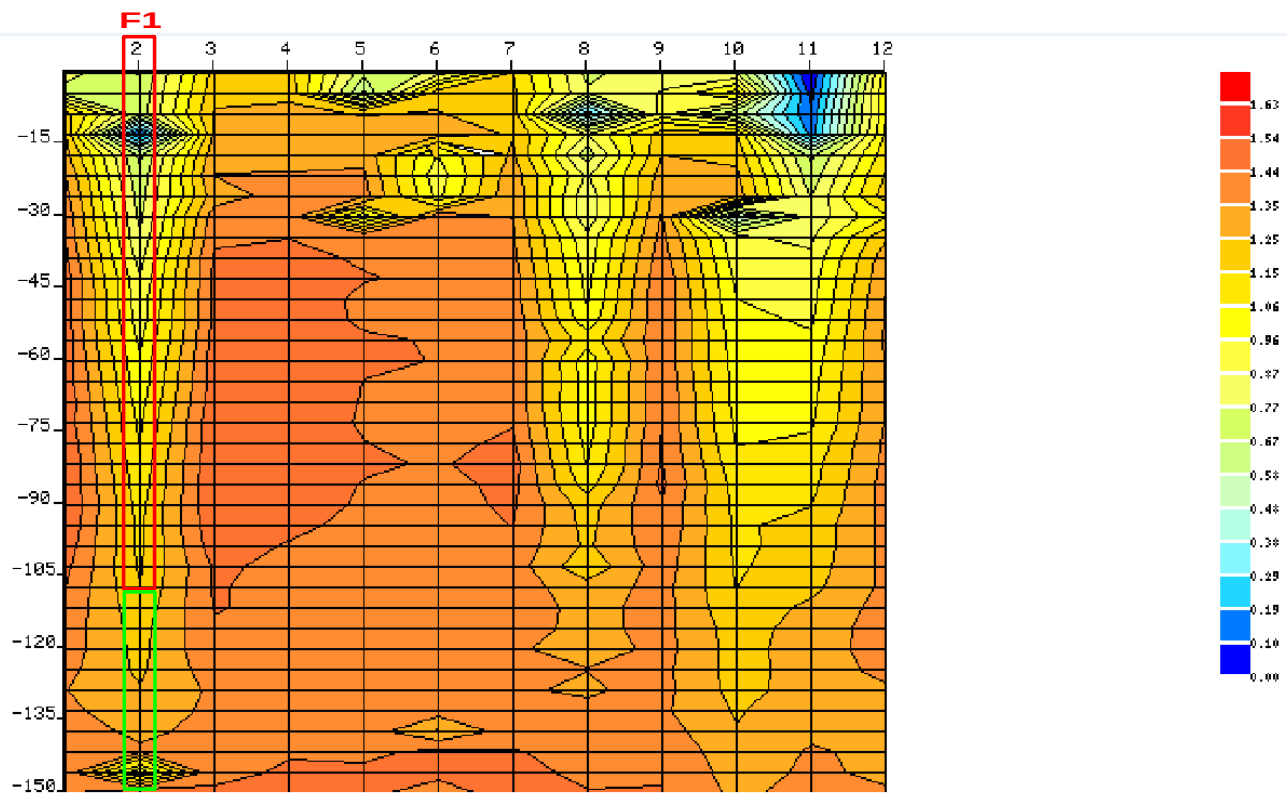
PERFIL PEN – L5 = **F2** na P4 até um máximo de 115 m, existem roturas de resistividade entre [5-15 m]; [30-35 m]; [45-55 m]; [80-85 m]; [100-110 m].



Localização do Perfil L5 (Esq)



Posição do **F2** (Drt)



PERFIL PEN – L6 = **F1** na P2 até um máximo de 110 m, com 2ª opção de perfuração até aos 150 m. Existem roturas de resistividade entre [5-20 m]; [25-35 m]; [60-75 m]; [100-105 m]; [140-150 m].



Localização do Perfil L6 (Esq)



Posição do **F1** (Drt)

3.1 - RESULTADO DA PROSPECÇÃO GEOFÍSICA NO SPOT/Line L1 (perfil com 10 medições):

No SPOT/Line L1, há 1 local que apresentam alguma probabilidade para obter água a partir de um furo de captação de água subterrânea que corresponde à posição P9 a qual que apresenta maior potencial hidrogeológico, onde a profundidade de perfuração pode ir até aos 125 m. Assim, o P9 corresponde ao **F3** da Herdade do Monte do Altinho.

3.2 - RESULTADO DA PROSPECÇÃO GEOFÍSICA NO SPOT/Line L2 (perfil com 10 medições):

No SPOT/Line L2, há 1 local que apresentam alguma probabilidade para obter água a partir de um furo de captação de água subterrânea que corresponde à posição P1 a qual que apresenta maior potencial hidrogeológico, onde a profundidade de perfuração pode ir até aos 125 m. Assim, o P1 corresponde ao **F5** da Herdade do Monte do Altinho.

3.3 - RESULTADO DA PROSPECÇÃO GEOFÍSICA NO SPOT/Line L3 (perfil com 10 medições):

No SPOT/Line L3, há 1 local que apresentam alguma probabilidade para obter água a partir de um furo de captação de água subterrânea que corresponde à posição P2 a qual que apresenta maior potencial hidrogeológico, onde a profundidade de perfuração pode ir até aos 60 m. Não obstante existe ainda uma 2ª opção de profundidade de perfuração até aos 130 m. Assim, o P2 corresponde ao **F6** da Herdade do Monte do Altinho.

3.4 - RESULTADO DA PROSPECÇÃO GEOFÍSICA NO SPOT/Line L4 (perfil com 10 medições):

No SPOT/Line L4, há 1 local que apresentam alguma probabilidade para obter água a partir de um furo de captação de água subterrânea que corresponde à posição P1 a qual que apresenta maior potencial hidrogeológico, onde a profundidade de perfuração pode ir até aos 110 m. Assim, o P1 corresponde ao **F4** da Herdade do Monte do Altinho.

3.5 - RESULTADO DA PROSPECÇÃO GEOFÍSICA NO SPOT/Line L5 (perfil com 10 medições):

No SPOT/Line L5, há 1 local que apresentam alguma probabilidade para obter água a partir de um furo de captação de água subterrânea que corresponde à posição P4 a qual que apresenta maior potencial hidrogeológico, onde a profundidade de perfuração pode ir até aos 115 m. Assim, o P4 corresponde ao **F2** da Herdade do Monte do Altinho.

3.6 - RESULTADO DA PROSPECÇÃO GEOFÍSICA NO SPOT/Line L6 (perfil com 12 medições):

No SPOT/Line L6, há 1 local que apresentam alguma probabilidade para obter água a partir de um furo de captação de água subterrânea que corresponde à posição P2 a qual que apresenta maior potencial hidrogeológico, onde a profundidade de perfuração pode ir até aos 110 m. Não obstante existe ainda uma 2ª opção de profundidade de perfuração até aos 150 m. Assim, o P2 corresponde ao **F1** da Herdade do Monte do Altinho.

4 – CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E PROJECCÃO CARTOGRÁFICA FINAL:

A zona de estudo correspondente à Herdade do Monte do Altinho estrutura-se nas rochas ígneas constituídas por granitos róseos alcalinos. Os granitos estão parcialmente recobertos com argilas.

Em termos hidrogeológicos corresponde a uma zona onde as rochas denotam muito baixa produtividade, sendo que os granitos apresentando caudais cujas produtividades são bem inferiores a 1 L/s. Não obstante com o recurso a prospecção geofísica podem-se encontrar os melhores locais e potenciar as produtividades

da propriedade. Convém realçar que os granitos de Monforte-Santa Eulália são muito pouco produtivos. As taxas de insucesso são muito elevadas.

Inicialmente foi realizada a prospecção GMI na zona de estudo específica a qual permitiu definir 6 SPOTs/Lines. Posteriormente cada SPOT foi avaliado com a geofísica PEN com num total de 62 medições, tendo-se obtido 6 locais com maior probabilidade para perfuração e captação de água subterrânea.

Seguidamente apresenta-se a sequência por ordem decrescente de probabilidade de produtividade aquífera dos 6 pontos classificados para pesquisa por furo (**F1**, **F2**, **F3**, **F4**, **F5** e **F6**) a saber:

- **F1** - (Posição P2 no SPOT/Line 6): perfuração máxima até 110 m, ou opcionalmente até aos 150 m, existem roturas de resistividade entre [5-20 m]; [25-35 m]; [60-75 m]; [100-105 m]; [140-150 m];
- **F2** - (Posição P4 no SPOT/Line 5): perfuração máxima até 115 m, existem roturas de resistividade entre [5-15 m]; [30-35 m]; [45-55 m]; [80-85 m]; [100-110 m];
- **F3** - (Posição P9 no SPOT/Line 1): perfuração máxima até 125 m, existem roturas de resistividade entre [10-20 m]; [25- 35 m]; [50-55 m]; [110- 120 m];
- **F4** - (Posição P1 no SPOT/Line 4): perfuração máxima até 110 m, existem roturas de resistividade entre [5-25 m]; [60-65 m]; [75-85 m]; [100-105 m];
- **F5** - (Posição P1 no SPOT/Line 2): perfuração máxima até 125 m, existem roturas de resistividade entre [5-10 m]; [75-85 m]; [115-120 m]; [120 m - 140 m];
- **F6** - (Posição P2 no SPOT/Line 3): perfuração máxima até 60 m, ou opcionalmente até aos 150 m, existem roturas de resistividade entre [5-20 m]; [45-55 m]; [115-125 m].

Provavelmente a perfuração poderá ter de atingir os 110 de profundidade em **F1**, não obstante há que tomar apenas as decisões em obra consoante os resultados que forem ocorrendo. Se porventura for encontrado mais cedo um volume de água que o cliente ache por interessante, pode eventualmente parar a perfuração. Por outro lado, o **F1** tem uma 2ª opção de perfuração até aos 150 m, esta profundidade pode ser atingida ou não consoante os resultados que se vierem a obter. Só excepcionalmente se poderá considerar outras profundidades considerando a leitura dos materiais atravessados durante a perfuração.

O volume alvo do cliente são 8 m³/dia. No caso de o furo produzir somente 1m³/h, bastam 8 h por dia para obter o caudal desejado. Atendendo a que as rochas graníticas da zona são muito limitadas hidrogeologicamente seria mais recomendável fazer 2 furos e distribuir a bombagem por ambos, de modo a deixar folga nos níveis potenciométricos durante o período de Verão. Por outro lado, existindo somente um furo e, no caso de ocorrer uma avaria da bomba, ou algum problema estrutural, existiria sempre o 2º furo de redundância para poder funcionar.

Para os resultados da geofísica GMI+PEN realizados apenas se recomenda perfurar as opções **F1**, **F2** e **F3**. As restantes 3 devem ser muito hidraulicamente muito fracas.

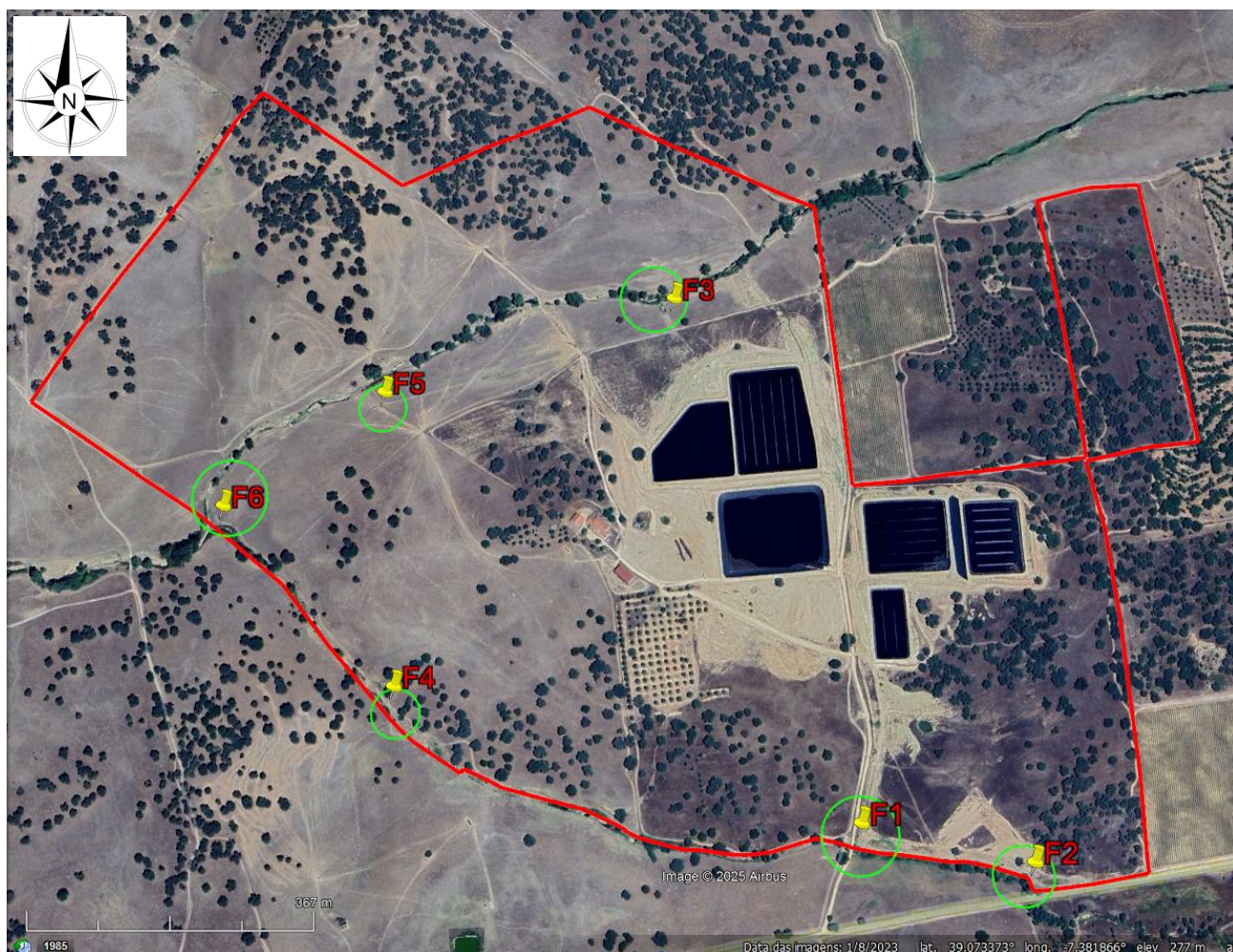
É importante notar que o presente estudo com 6 SPOTs visa fundamentalmente dar uma panorâmica das possibilidades genéricas hidrogeológicas da Herdade do Monte do Altinho., sendo que a sua densidade de prospecção é baixa, com cerca de 1 SPOT por cada 18 ha. Contudo, caso os resultados da perfuração das pesquisas derem resultados que interessem ao promotor (para outra tipologia de projecto), pode realizar-se uma nova campanha GMI+PEN para adensar os SPOTs.

Recomenda-se vivamente o cliente a marcar de modo mais seguro as posições físicas/geográficas dos 6 locais principais (**F**), uma vez que as marcações efectuadas no âmbito deste estudo são meramente

provisórias (montículos de pedras). Assim, é recomendável a substituição por estacas de madeira, ou de ferro, de maneira a salvaguardar essas posições de modo mais definitivo (para o futuro). Note-se que as marcações por GPS são meramente indicativas, uma vez que os sistemas de referência geográfica têm erros de precisão entre 3-5 m, distância essa que nestes meios rochosos é suficiente para falhar a intersecção das fracturas.

As figuras dos mapas que se seguem mostram o respectivo enquadramento geográfico de todos os pontos seleccionados (dos 6 locais classificados para furos – **F**), por ordem decrescente de probabilidade de aptidão aquífera, sobre o ortofotomapa do Google Earth, onde se incluem na legenda de cada local as coordenadas geográficas a partir do sistema EPSG 4326 (WGS84 decimais).

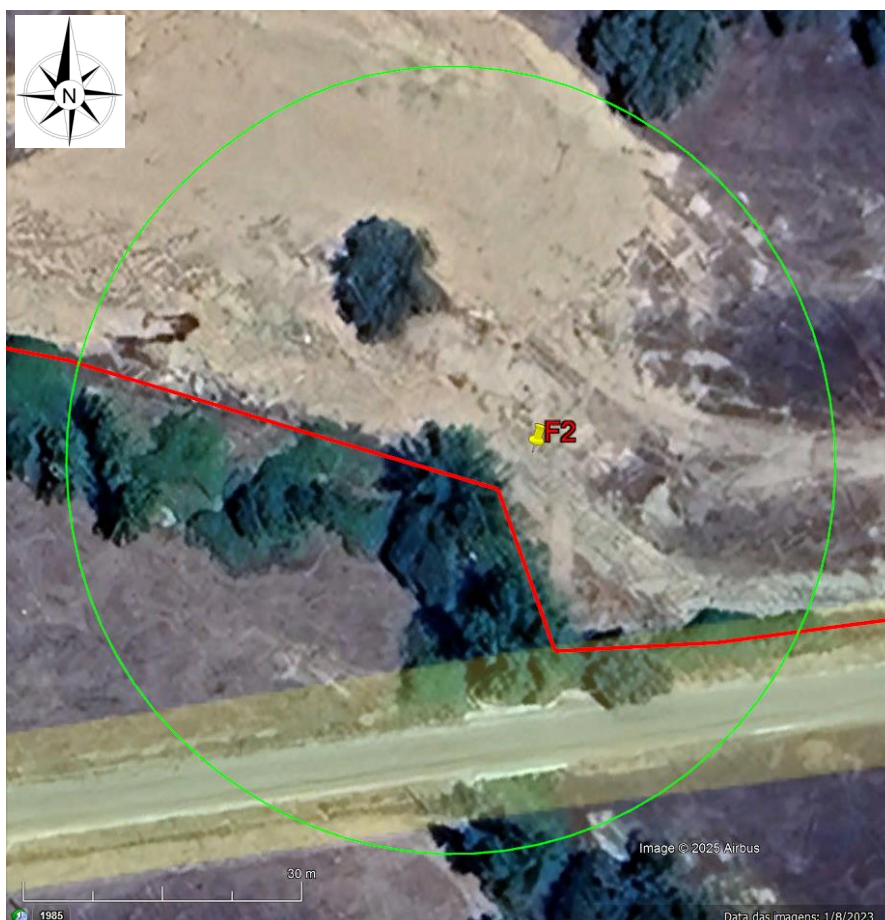
O mapa 1 representa a totalidade da projecção dos pontos identificados para furo. Já os mapas de 2 a 7 apresentam o zoom de cada ponto seleccionado.



MAPA 1 - Enquadramento da Herdade do Monte do Altinho (**F1 – F2 – F3 – F4 – F5 – F6**) com a projecção de todos os pontos potenciais para perfuração.



MAPA 2 - Zoom do Posicionamento do **F1** = EPSG 4326: Lat: 39.073026°; Long: -7.390586°



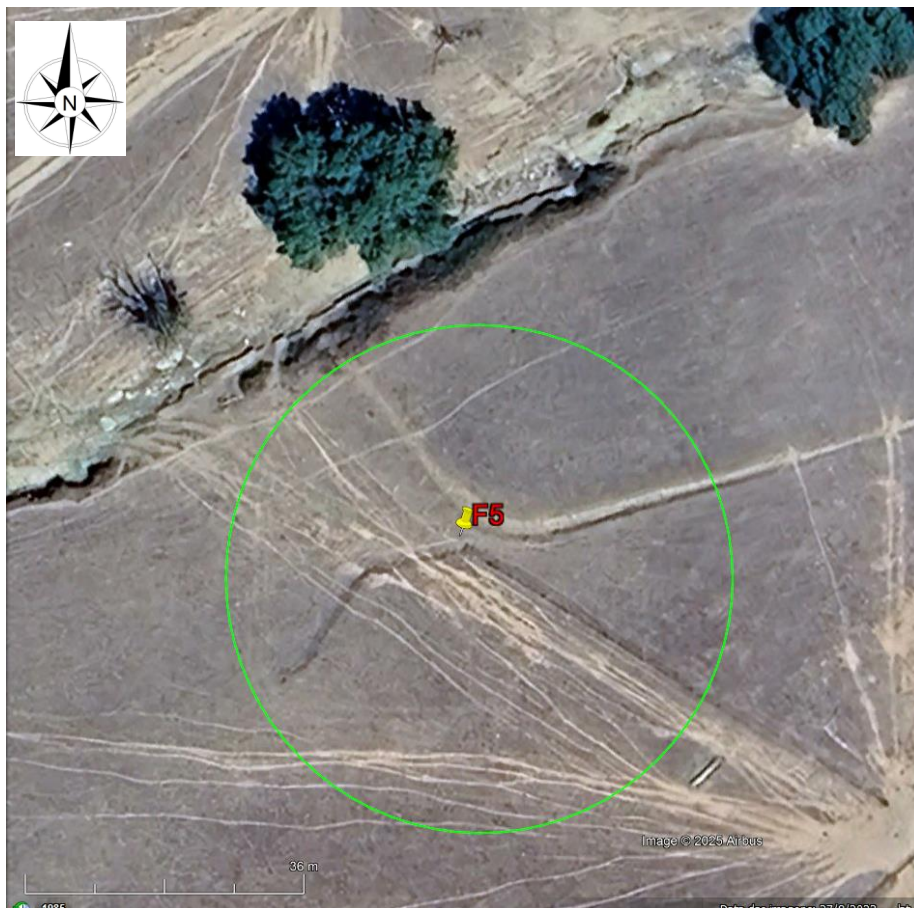
MAPA 3 - Zoom do Posicionamento do **F2** = EPSG 4326: Lat: 39.072586; Long: -7.387940°



MAPA 4 - Zoom do Posicionamento do **F3** = EPSG 4326: Lat: 39.079551°; Long: -7.393538°



MAPA 5 - Zoom do Posicionamento do **F4** = EPSG 4326: Lat: 39.074642°; Long: -7.397959°



MAPA 6 - Zoom do Posicionamento do **F5** = EPSG 4326: Lat: 39.078337°; Long: -7.398274°



MAPA 7 - Zoom do Posicionamento do **F6** = EPSG 4326: Lat: 39.076889°; Long: -7.400857°

5 – BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, C., MENDONÇA, J. J. L., JESUS, M. R. & GOMES, A. J., (2000), Sistemas aquíferos de Portugal Continental. Centro de Geologia da Fac. Ciências Univ. Lisboa, Instituto da Água, vol. III.
- ARAÚJO, A., PIÇARRA, A. J., BORREGO, J., PEDRO, J. & OLIVEIRA, J. T., (2006), AS regiões central e sul da Zona de Ossa-Morena, In: Dias, R., ARAÚJO, A., TERRINHA, P. & KULLBERG, J. C., Coords – Geologia de Portugal no contexto da Ibéria, Universidade de Évora, 151-172 pp.
- BENÍTEZ, A., (1972), Captacion de aguas subterraneas, 2 ed., Editorial Dossat SA, 619 pp.
- CARRILHO LOPES, J. M., LOPES, J. L. & LISBOA, V., (1996), Caracterização petrográfica e estrutural dos granitos róseos do Complexo Plutónico de Monforte Santa Eulália (NE-Alentejo, Portugal), Estudos, Notas e Trabalhos, Instituto Geológico e Mineiro, tomo 39, pp. 141 – 156 pp
- CHADWICK, D. & JENSEN, L., (1971), The Detection of Magnetic Fields Caused by Groundwater, Reports. Paper 568., Utah Water Research Laboratory, College of Engineering of Utah State University, 57 pp
- CHAMBEL, A., DUQUE, J., (1999), Hard rock aquifers of Alentejo region (South Portugal): Contribution to the water and land use management, XXIX International Association of Hydrogeologists – Hydrogeology and land use management, Bratislava, Eslováquia, 6 a 10 de Setembro, p.p. 171-176
- CHAMBEL, A., DUQUE, J., MATOSO, A. & ORLANDO, M. (2006), Hidrogeologia de Portugal continental, Boletín Geológico y Minero, Vol. 117 (1), pp. 163-185
- CORWIN, R. F., (1990), The self-potential method for environmental and engineering applications, Geotechnical and Environmental Geophysics, Review and Tutorial, Society of Exploration Geophysicists, 1: pp 127–145.
- COSTA, A. M., PIMENTEL, N. L. V. & BARBOSA, B. P., (2003), A Formação de Vale do Guizo e o bordo oriental da Bacia do Baixo Tejo entre Crato e Avis- dados preliminares. Ciências da Terra, N. Esp. V, p.38 e CD-ROM C-24 a C-27.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M., (1983), Hidrología Subterránea, Ediciones Omega, S. A., Barcelona, Espanha, Vol. 1 e 2, 2350 pp.
- DIAS, R. P. & PAIS, J., (2008), Reactivação alpina de estruturas variscas na região da barragem de Montargil. GGET'2008 – 8ª Conferência Anual, 24-25 de Julho 2008, Memórias nº 13 Resumos Alargados, Universidade do Porto. Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, Porto, pp. 126-129.
- DOUSSAN, C., JOUNIAUX, L., THONY, J.-L., (2002), Variations of self-potential and unsaturated water flow with time in sandy loam and clay loam soils, Journal of Hydrology, 267, pp 173–185
- DUQUE, J., (2004), Geophysical survey under difficult hydrogeologic conditions surrounding the Moura carbonate aquifer (South Portugal), In: Abstracts of the XXVIX General Assembly of the European Geophysic Society, Nice, França, EGU-A-00651
- DUQUE, Jorge, (2005), Hidrogeologia do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja, Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor, Lisboa, 420 pp.
- DUQUE, J. & JAN, Lina, (2000), Contribuição do projecto ERHSA para o desenvolvimento da investigação hidrogeológica no Alentejo, I Jornadas da Engenharia dos Recursos Hídricos, Núcleo de Estudantes da Engenharia dos Recursos Hídricos, Évora
- ERHSA, (2001), Relatório Técnico do Projecto Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo - ERHSA, (Redactores – DUQUE, J. & JAN, L; Executores – CCRA, INAG, IGM, DRAA, UE & FCUL), CCRA, Évora.
- ERNSTSON, K. & SCHERER, H. U., (1986), Self potential variations with time and their relation to hydrogeologic and meteorological parameters. GEOPHYSICS, 51(10), pp 1967-1977.
- FETTER, C. W., (1994), Applied hydrogeology, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 691 pp.
- GALLAS, J., (2000), Principais Métodos Geo-eléctricos e suas Aplicações em Prospekção Mineral, Hidrogeologia, Geologia de Engenharia e Geologia Ambiental, Tese de Doutoramento em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exactas, Universidade Estadual Paulista, pp 174
- GALLAS, J., (2005), O método do potencial espontâneo (sp) – uma revisão sobre suas causas, seu uso histórico e suas aplicações actuais, Revista Brasileira de Geofísica, 23 (2): p.p. 133-144
- GIBERT, D. & SAILHAC, P., (2008), Comment on “Self-potential signals associated with preferential groundwater flow

pathways in sinkholes” by A. Jardani, J. P. Dupont, and A. Revil,” *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, no. 3

- GONÇALVES, F., TORRE ASSUNÇÃO, C., & COELHO, A. V. P., (1972), *Carta Geológica de Portugal, na escala de 1:50.000. Notícia explicativa da Folha 33-C (Campo Maior)*, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 41 pp
- GONÇALVES, F., ZBYSZEWSKI, G., & COELHO, A. V. P., (1975), *Carta Geológica de Portugal, na escala de 1:50.000. Notícia explicativa da Folha 32-D (Sousel)*, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 64 pp
- HAYES, M., MITCHELL, B., BONNETT, B. & HEFFERNAN, W. J. B., (2017), *Preliminary results from an electromagnetic groundwater flow measurement system*, University of Canterbury Repository, New Zealand, 6 pp
- HOVHANNISSIAN, G., (2016), *Use of Electrical Resistivity and Self Potential Mapping for Sustainable Agriculture: Application to Rubber Tree Plantations in North-East Thailand*, Office of the National Research Council of Thailand (NRCT), Complete report submission form, 37 pp
- JACKSON, M. D., BUTLER, A. P. & VINOGRADOV, J., (2012), *Measurements of spontaneous potential in chalk with application to aquifer characterization in the southern UK*, *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 45, pp 457-471
- JARDANI, A., REVIL, A., SANTOS, F., FAUCHARD, C. & DUPONT, J. P., (2007), *Detection of preferential infiltration pathways in sinkholes using joint inversion of self-potential and EM-34 conductivity data*, *Geophysical Prospecting*, vol. 55, no. 5, pp. 749–760
- JOUNIAUX, L., MAINEULT, A., NAUDET, V., PESSEL, M. & SAILHAC, P., (2009), *Review of self-potential methods in hydrogeophysics*, *Comptes Rendus Géoscience*, vol. 341, no. 10-11, pp. 928–936
- KELLER, G. V. & FRISCHKNECHT, F. C., (1966), *Electrical Methods in Geophysical Prospecting*, Pergamon Press, Oxford, England
- LOERA, H., (2020), *The Magnetometry -A Primary Tool in the Prospection of Underground Water*, *Magnetometers - Fundamentals and Applications of Magnetism*, DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.84322>
- MATTE, P., (1986), *Tectonics and plate tectonics model for the Variscan belt of Europe*, *Tectonophysics*, 126: pp. 329-374.
- MEDEIROS, W. E. & LIMA, O., (1999), *Origem do potencial eléctrico espontâneo em rochas cristalinas fracturadas e sua utilização na locação de poços*, *Revista Brasileira de Geofísica*, 17(2,3): pp 103–116
- MILSON, J., (1989), *Field geophysics*, Geological Society of London, John Wiley & Sons, Chichester, England, 182 pp
- MOHRI, K., UCHIYAMA, T., PANINA, L., YAMAMOTO, M. & BUSHIDA, K., (2015), *Recent Advances of Amorphous Wire CMOS IC Magneto-Impedance Sensors: Innovative High-Performance Micromagnetic Sensor Chip*, *Journal of Sensors*, Hindawi Publishing Corporation, 8 pp
- MORÓN, C., CABRERA, C., MORÓN, A., GARCÍA, A. & GONZÁLEZ, M., (2015), *Magnetic Sensors Based on Amorphous Ferromagnetic Materials: A Review*, *Sensors* 2015, 15, pp 28340-28366
- OGILVY, A. A., OSTROVSKIJ, E. J. & RUDERMAN, E. N., (1989), *Electrical surveys using the method of the natural potential electrical field; new investigations, in Detection of Subsurface Flow Phenomena*, G. P. Merkler, H. Militzer, H. Hötzl, H. Armbruster, and J. Brauns, Eds., Springer, Berlin, Germany, pp. 401–462
- ORELLANA, E., (1972), *Prospeccion geoeletrica en corriente continua*, Madrid: Paraninfo, 523 pp
- OLIVEIRA, V. M. J., (1975), *Cartografia inédita do Granito de Santa Eulália (G1, G2, G3) - Serv. Fom. Min - DGGM, Portugal*.
- PATELLA, D., (1997a), *Introduction to ground surface self-potential tomography*, *Geophysical Prospecting*, vol. 45, no. 4, pp. 653–681
- PATELLA, D., (1997b), *Self-potential global tomography including topographic effects*, *Geophysical Prospecting*, vol. 45, no. 5, pp. 843–863,
- PIÇARRA, J. M., DIAS, R., RIBEIRO, M. L., SOLÁ, R., BARBOSA, B. & PAIS, J., (2009), *Carta Geológica de Portugal, na escala de 1:50.000. Notícia explicativa da Folha 32-C (Avis)*, Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Lisboa, 50 pp
- PRIMDAHL, F. (1979), *The fluxgate magnetometer*. *J. Phys. E: Sci. Instruments*. 1979, 12, 241–253
- REVIL, A., TITOV, K., DOUSSAN, C. & LAPENNA, V., (2006), *Applications of the self-potential method to hydrological problems*, In: Vereecken H., Binley A., Cassiani G., Revil A., Titov K. (eds) *Applied Hydrogeophysics*. NATO Science Series, vol 71. Springer, Dordrecht

- RIBEIRO, A., ANTUNES, M. T., FERREIRA, M. P., ROCHA, R. B., SOARES, A. F., ZBYSZEWSKI, G. MOITINHO DE ALMEIDA, F. CARVALHO, D. & MONTEIRO, J. H., (1979), Introduction à la Géologie Générale du Portugal. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 114 p.
- SAMOUELIAN, A., COUSIN, I., TABBAGH, A., BRUAND, A. & RICHARD G., (2005), Electrical resistivity survey in soil science: a review. Soil & Tillage Research, 83, 173–193.
- SCHIAVONE, D. & QUARTO, R., (1984), Self-potential prospecting in the study of water movements, Geoexploration, vol. 22, no. 1, pp. 47–58,
- SHI, W., (1998), Advanced modeling and inversion techniques for three-dimensional geoelectrical surveys, Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass, USA
- SNIRH, (2025), Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos – SNIRH, www.inag.pt
- TABBAGH, A., DABAS, M., HESSE, A. & PANISSOD, C., (2000), Soil resistivity: a non-invasive tool to map soil structure horization, Geoderma 97, pp 393–404.
- TELFORD, W. M., GELDART, L. P., SHERIFF, R. E. & KEYS, D.A., (1990), Applied Geophysics, 2ª edição, Cambridge University Press, Cambridge, 770 pp
- WIGHTMAN, W. E., JALINOOS, F., SIRLES, P., & HANNA, K., (2003), Application of Geophysical Methods to Highway Related Problems, Federal Highway Administration, Central Federal Lands Highway Division, Lakewood, CO, Publication No. FHWA-IF-04-021
- YI, X., ZHANG, J., FAN, T., TIAN, B. & JIANG, C., (2018), Design of Meter-Scale Antenna and Signal Detection System for Underground Magnetic Resonance Sounding in Mines, Sensors (Basel). 2018 Mar; 18(3): 848.
- ZHANG, G-B. & AUBERT, M., (2003), Quantitative interpretation of self-potential anomalies in hydrogeological exploration of volcanic areas: a new approach,” New Surface Geophysics, vol. 1, no. 2, pp. 69–75

Data: 17-02-2025

Relatório com 20 páginas

**GGT – Gabinete de Planeamento e
Gestão do Território, Lda.**

**Zona Industrial - Talhão 33
7000-171 ÉVORA
Móvel: 914903291
Email: jduque03@gmail.com**

Consultoria em Recursos Hídricos - Estudos Hidrogeológicos - Localização de Sondagens
Estudos Geofísicos - Estudos de Impacte Ambiental - Monitorização da Qualidade da Água
Modelação de Fluxo, Transporte e Hidrogeoquímica em Águas Subterrâneas

Jorge Duque (Ph.D.)

(GEÓLOGO - HIDROGEÓLOGO)

GABINETE DE PLANEAMENTO
E GESTÃO DO TERRITÓRIO, Lda
CONTRIBUINTE Nº 583 40748
ZONA INDUSTRIAL, Talhão 33
7000 ÉVORA