



| Relatório de Monitorização dos Recursos Hídricos – Águas Subterrâneas, Fase de Exploração (2016-2018)

INFRAESTRUTURAS PARA ILS E LINHA DE APROXIMAÇÃO DA PISTA 10, AMPLIAÇÃO DE PLATAFORMAS E CAMINHOS DE CIRCULAÇÃO E AMPLIAÇÃO E REMODELAÇÃO DA AEROGARE DO AEROPORTO DE FARO

Doutora Lúcia M. Machado

ANA – Aeroportos de Portugal, S.A.

Junho 2019

ÍNDICE

| | |
|----------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 3 |
| 1.1. Antecedentes..... | 5 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 9 |
| 3. RESULTADOS..... | 14 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 19 |
| 5. BIBLIOGRAFIA..... | 20 |

ANEXOS

1. INTRODUÇÃO

O Aeroporto de Faro (AFR) está localizado a 4 KM (2.16NM) BRG 262° do Alto de Faro (coordenadas geográficas do ARP: LAT: 37 00 52N; LONG: 007 57 57W) e pertence à empresa ANA- Aeropostos de Portugal SA, com sede na Rua D – Edifício 120 Aeroporto de Lisboa 1700-008 Lisboa Portugal CIPC 500 700 834; Reg. 8197 Conservatória do Registo Comercial de Lisboa (1º); Capital Social 200.000.000 Euros. A gestão do AFR cabe à Direção deste aeroporto (8006-901 Faro), que labora diariamente, todos os dias da semana e do ano, das 6H00 às 12H00 (H18).

O programa de monitorização das águas subterrâneas do AFR foi estabelecido de acordo com as orientações da Declaração de Impacte Ambiental (DIA) do projeto “Infraestruturas para ILS¹ e Linha de Aproximação da Pista 10, Ampliação de Plataformas e Caminhos de Circulação e Remodelação da Aerogare do Aeroporto de Faro”, processo de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) n.º 1969, na componente de Recursos Hídricos – Águas Subterrâneas.

No Relatório de Conformidade Ambiental com o Projeto de Execução (RECAPE) da “Linha de Aproximação da Pista 10” é referido que o programa dos Recursos Hídricos foi considerado abrangente e com objetivos definidos enquadrados por uma monitorização ampla e de fundo, e, como tal, não indexada apenas à “Linha de Aproximação da Pista 10”. No referido relatório foi considerado que o presente programa de monitorização não seria especificamente aplicável ao projeto da “Linha de Aproximação da Pista 10”, razão pela qual não foram sugeridas quaisquer alterações ao mesmo.

Na sequência da realização do programa de monitorização das águas subterrâneas nas fases antes da construção (2009), de construção (2010-2014) e antes da exploração (2015), e dando cumprimento à referida DIA e às respetivas alterações vertidas no Procedimento de Pós-Avaliação n.º 349 para a fase de exploração (Ofícios da Agência Portuguesa de Ambiente - APA, ref.ªs SO600100-201511-DAIA.DPP/DAIA.DPPA.00136.2013 e SO11454-201602-DAIA.DPP/DAIA.DPPA.00136.2013), foram realizadas, em 2016, as primeiras campanhas, trimestrais, das águas subterrâneas do Aeroporto de Faro em fase de exploração para os projetos, “Infraestruturas para ILS e Linha de Aproximação da Pista 10, e Ampliação de Plataformas e Caminhos de Circulação”. Em 2017 e 2018, e de acordo com o exposto no Ofício da APA, ref.ª S070858-201712-DAIA.DPP DAIA. DPPA.00136.2013, foi dada continuidade ao programa de monitorização das águas subterrâneas em fase de exploração.

Importa, contudo, referir que o projeto de “Remodelação da Aerogare do Aeroporto de Faro” encontra-se ainda em fase de construção. Contudo, dadas as características deste último, não são expectáveis potenciais influências negativas significativas sobre os recursos hídricos.

O programa de monitorização das águas subterrâneas do AFR na fase de exploração pretende assim dar continuidade ao programa de monitorização realizado na fase de construção, tendo mantido a mesma periodicidade e parâmetros. Este programa tem como objetivo controlar a evolução dos principais iões, incluindo também alguns dos mais nocivos (cloreto, sulfato, nitrato, sódio, cálcio, magnésio, bicarbonato, potássio, alumínio, ferro e manganês), de forma a permitir analisar, ao longo dos cinco anos da fase de

¹ *Instrument Landing System*

exploração (2016-2020), o comportamento do sistema, através da deteção de eventuais alterações significativas.

Na fase de exploração a amostragem passou a incidir apenas no ponto de amostragem designado por AFR2, localizado no sector SE da área interna do perímetro aeroportuário (Figura 1), cumprindo a recomendação da APA (Ofício APA, ref.ªs SO600100-201511-DAIA.DPP/DAIA.DPPA.00136.2013). Este ponto refere-se a uma captação com uso da água para fins científicos, ao serviço da estação do Ramalhete (pertencente à Universidade do Algarve).

A área em estudo situa-se na sub-bacia da Ria Formosa, estando o aeroporto delimitado por áreas pertencentes à Ria Formosa, área húmida protegida no Sul de Portugal [(com vários estatutos de proteção e conservação, Parque Natural - DL n.º 373/87, de 9 de dezembro; pertencente à Rede Natura 2000; Zona de Proteção Especial (ZPE) estabelecida ao abrigo da Diretiva AVES; Zona Especial de Conservação (ZEC) ao abrigo da Diretiva HABITATS e Zona Húmida de Interesse Internacional pelo Tratado Intergovernamental Ramsar)].

De acordo com Silva (2007), as características hidroquímicas das águas do aquífero superficial na área de implantação do AFR são marcadas pela proximidade ao mar, sendo as direções preferenciais de fluxo subterrâneo, predominantemente, de Norte para Sul. A área em estudo desenvolve-se numa zona de recarga direta dos aquíferos superficiais (aluviões e depósitos plistocénicos) e está sujeita à variação periódica do nível das águas, dado que esta zona sofre a influência de marés. O equilíbrio hidrostático está intimamente associado ao nível das marés e, portanto, sujeito a oscilações cíclicas de amplitude, embora pouco representativas.

Segundo (Costa *et al.*, 1985), o aquífero superficial Plistocénio tem um grau de vulnerabilidade à poluição médio e o aquífero Miocénico, que assume maior relevância no sistema, tem uma vulnerabilidade média a baixa, devido às características pouco permeáveis do aquífero superior que funciona como proteção. De acordo com Oliveira (2011), a principal característica das águas subterrâneas portuguesas será o excesso de dureza da água, associada a concentrações relativamente elevadas de cálcio e bicarbonatos, resultantes da dissolução dos principais minerais carbonatados existentes nas rochas (calcite - carbonato de cálcio e dolomite - carbonato de magnésio).

O presente relatório apresenta os resultados da análise da base de dados da monitorização das águas subterrâneas do AFR, desde a fase antes da construção (2009) até à atual - 3º ano da fase de exploração (2018). Os resultados referentes a este último ano são aqui apresentados pela primeira vez, procedendo-se à análise dos mesmos de forma análoga à realizada no relatório anterior sobre o presente descritor ambiental. Recorreu-se ao uso de técnicas específicas de análise estatística (exploratória e de variância - ANOVA, a um fator e teste de Mann-Whitney-Wilcoxon), de forma a melhor avaliar a evolução do comportamento do sistema até à fase atual, permitindo assim inferir sobre a existência de diferenças significativas nas concentrações de alguns parâmetros entre diferentes fases do projeto e, conseqüentemente, da existência de impactos negativos decorrentes da fase de construção.

A análise dos resultados revela que as concentrações dos parâmetros analisados cumprem os respetivos valores de referência dados pelo Decreto-Lei n.º 236/98 (relativo à produção de água para consumo humano), e encontram-se dentro da gama de valores expectáveis característicos do sistema em estudo (aquífero costeiro). Constatou-se também que a fase de construção não é responsável pela alteração significativa dos principais iões: cloretos, sulfatos, nitratos, cálcio, magnésio, bicarbonato, potássio, alumínio, ferro e manganês, cujas concentrações estão dentro das respetivas gamas de concentrações características do sistema em estudo. A redução das concentrações de alguns metais pesados (cádmio, cobre e crómio), com concentrações significativamente mais reduzidas na fase de exploração, parece indicar uma melhoria da qualidade da água subterrânea em estudo. O aumento das concentrações de cálcio, bicarbonatos e magnésio na fase de exploração, a par com as concentrações de cloretos, poderá estar relacionado com a eventual influência da intrusão salina no aquífero costeiro.

Os resultados obtidos permitem assim inferir que as medidas implementadas para evitar e/ou minimizar a ocorrência de contaminação das águas subterrâneas durante a fase de construção revelam-se eficazes.

De acordo com o Ofício da APA, ref.ª S060010-2015111-DAIA.DPP, o programa de monitorização das águas subterrâneas do Aeroporto de Faro continuará até perfazer cinco anos de monitorizações (2016-2020), com a mesma periodicidade, parâmetros e ponto de amostragem (AFR2 - Ramalhete), podendo este programa de monitorização ser reavaliado em função dos resultados obtidos ao fim deste período de estudo.

As campanhas de monitorização foram realizadas pela empresa AGS – Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade, S.A., através do seu técnico, Eng. João Álvaro Martins.

O presente relatório foi elaborado pela Doutora Lúcia Mora Machado, seguindo a estrutura e o conteúdo definidos no Anexo V, da Portaria n.º 330/2001, de 2 de abril, revogada pela Portaria n.º 395/2015, de 4 de novembro.

1.1. Antecedentes

De acordo com os Ofícios da APA, ref.ªs SO600100-201511-DAIA.DPP/DAIA.DPPA.00136.2013 e SO11454-201602-DAIA.DPP/DAIA.DPPA.00136.2013, relativos ao Procedimento de Pós – Avaliação n.º 349, referente ao Projeto da Linha de Aproximação da Pista 10 do Aeroporto de Faro (AIA n.º 1969), o Relatório de Monitorização da componente Recursos Hídricos – Águas Subterrâneas, referente à fase de construção foi considerado conforme, devendo continuar na fase de exploração (2016-2020) com a mesma periodicidade e parâmetros e manter-se durante cinco anos, período após o qual deverá ser revisto em função dos resultados obtidos. Foi considerado, pela APA, que apenas o ponto de amostragem designado por AFR2 (Ramalhete) deveria ser amostrado, uma vez que o ponto AFR1 não foi considerado como representativo das águas subterrâneas.

Assim, o programa de monitorização das águas subterrâneas passou a incidir sobre o ponto AFR2 (Ramalhete) a partir do início da fase de exploração (janeiro 2016). O relatório relativo ao primeiro ano de

monitorizações na fase de exploração foi analisado pela APA, tendo esta entidade inferido no seu Ofício APA, ref.^a S070858-201712-DAIA.DPP DAIA. DPPA.00136.2013, datado de 16.03.2017, sobre a “não interferência do projeto na zona do aquífero com um maior potencial de ser afetado por eventuais contaminações”, tendo em consideração que “os resultados, para todos os parâmetros analisados, nunca ultrapassam os valores legais recomendados”. Neste ofício é também referido que “da análise efetuada aos diferentes parâmetros monitorizados, não se deteta qualquer influência do projeto no meio circundante, a nível químico ou biológico. Não obstante, considera-se que os programas de monitorização dos recursos hídricos se deverão manter. Nas datas de amostragem do período coberto pelo relatório anterior não se verificaram episódios de precipitação relevante, fator considerado importante, tendo presente a possibilidade de as águas de escorrência do aeroporto poderem constituir a origem que potencialmente mais poderá contaminar o sistema lagunar ou aquífero.” Pelo exposto, recomendou a APA que se desse continuidade à monitorização num registo semelhante ao até então efetuado, cumprindo os prazos estabelecidos na DIA (até 2018), de forma a obter-se segurança relativamente à incerteza de que o projeto não interfere no meio.

Em 2018 foi assim dada continuidade ao programa de monitorização das águas subterrâneas na fase de exploração, constituindo este o 3º ano de monitorizações nesta fase de projeto. O presente relatório apresenta os resultados referentes ao último ano de monitorizações, procedendo à análise do histórico de resultados de forma análoga à realizada no relatório anterior sobre este mesmo descritor ambiental, completando assim três anos sequenciais de dados obtidos na fase de exploração – 2016 a 2018.

1.1.1. Medidas de minimização corporativas

Importa informar que existem medidas implementadas no Aeroporto de Faro para minimizar os eventuais impactes ambientais negativos sobre a envolvente, decorrentes da circulação de veículos, equipamentos e aeronaves, a seguir descritas:

__ O armazenamento de substâncias perigosas para o ambiente e de resíduos passíveis de contaminarem as águas superficiais ou subterrâneas é realizado em zonas segregadas, cobertas, impermeabilizadas e com contenção secundária de derrames. A instrução de serviço, designada por “ITR – Boas práticas de armazenamento” define um conjunto de regras para o armazenamento, bem como orienta o modo de proceder ao armazenamento nas instalações concessionadas pela ANA, S.A., de forma a proporcionar a todos os seus utilizadores as informações necessárias para a proteção adequada a cada situação específica.

__ O aeroporto atualiza anualmente os inventários de produtos químicos utilizados nos diferentes serviços de manutenção (elétrica, eletrónica e mecânica) e mantém as respetivas Fichas de Dados de Segurança disponíveis para consulta pelos utilizadores dos mesmos.

__ A especificação de serviço, designada por “ESP – Gestão ambiental em situações de emergência” define as regras corporativas de atuação em situação de emergência com potencial impacte ambiental negativo, de forma a minimizar o(s) respetivo(s) impacte(s). Estas regras aplicam-se a todas as situações de emergência que podem ocorrer na ANA com potencial impacte ambiental negativo, designadamente, derrames de substâncias perigosas para o ambiente, inundações, explosões e incêndios. Nesta especificação são determinados os recursos (materiais e humanos) a disponibilizar e os procedimentos a adotar em cada uma das situações enunciadas. Um dos pontos desta Especificação prevê a comunicação

à Administração da Região Hidrográfica do Algarve, I.P. em caso de ocorrência de um derrame com possível afetação dos recursos hídricos.

_ O Plano de Emergência do Aeroporto também define os procedimentos de atuação para “Incidente com cargas perigosas” e “Derrame contendo substâncias perigosas”, os quais envolvem na resposta a estas situações, e entre outros, a atuação do Serviço de Luta Contra o Incêndio do aeroporto.

_ A limpeza de derrames acidentais contendo substâncias perigosas no Aeroporto de Faro está definida também numa instrução de serviço, designada “ITR - Limpeza de Derrames contendo Substâncias Perigosas”. A prática instaurada consiste em proceder à contenção e limpeza do derrame, evitando, sempre que possível e como primeira resposta, o escoamento para a rede de drenagem pluvial que precede ao tratamento em separadores de hidrocarbonetos. Este procedimento é realizado pelo Serviço de Luta Contra Incêndio da ANA, S.A., tal como referido anteriormente. Os resíduos resultantes destas ações são tratados como perigosos (enviados para destino final licenciado).

_ O Procedimento de Gestão da Segurança da Plataforma do Aeroporto de Faro instituído procura ainda garantir a segurança na Plataforma de estacionamento de aeronaves, através do cumprimento das regras de segurança aplicáveis. O Serviço de Operações Aeroportuária da ANA, SA é responsável pela fiscalização constante do cumprimento destas regras, sendo estas ações de fiscalização registadas num Sistema de Registo de Ocorrências, com particular atenção a determinadas situações (manutenção áreas de segurança das aeronaves; abastecimento de aeronaves; derrames de óleo e combustível; lançamento e teste de motores; *Breakaway points*; condições meteorológicas adversas; verificação/notificação infração; circulação de viaturas e limpeza e lavagem da plataforma, pista e caminhos de circulação.

_ Procede-se ainda, periodicamente (diariamente, quando justificado), à limpeza dos *stands* de estacionamento de aeronaves com vassoura automática e, semanalmente (sempre que se justifique), à lavagem com aspiração destes pavimentos.

_ Os separadores de hidrocarbonetos instalados nas áreas críticas do aeroporto (ao serviço das oficinas, plataformas de estacionamento de aeronaves, caminhos de circulação e pistas) funcionam como última resposta a eventuais contaminações que possam resultar do desgaste natural da circulação de viaturas, equipamentos e aeronaves e à ocorrência de derrames acidentais contendo substâncias perigosas (em especial, óleos e combustíveis). Estes equipamentos funcionam como bacias de retenção para uma eventual situação de emergência, garantindo a segurança ambiental da envolvente face à ocorrência de um derrame de maior magnitude em que a primeira resposta à emergência seja insuficiente. Os separadores de hidrocarbonetos são alvo de manutenções periódicas (inspeção e limpeza) e a maioria destes equipamentos está dotada de automatismo de aviso com alarmes acústicos e luminosos em situação de descarga accidental de hidrocarbonetos (a partir de 5 mg/l de hidrocarbonetos.)

_ O Plano de Gestão Ambiental em Obra (PGO) assegura a implementação de requisitos ambientais e medidas de minimização de impactes ambientais em obra, sendo definidas as funções, responsabilidades e procedimentos aplicáveis a todas as obras de expansão e melhoramento das infraestruturas da ANA, SA. Este Plano permite, por um lado, a inserção dos requisitos ambientais/medidas de minimização de impactes logo ao nível dos Cadernos de Encargos e, por outro, a sua efetiva implementação durante a realização de obras.

De referir ainda que foram implementadas as medidas de minimização e de compensação aplicáveis ao conjunto de projetos em questão concluídos e, em especial, as exclusivamente aplicáveis ao projeto da

“Linha de Aproximação da pista 10” nas diferentes fases do mesmo (preparação prévia à obra de execução, execução, final da execução e de exploração). Importa também informar que não foi recebida, até à presente data, qualquer reclamação relativa ao descritor ambiental “Águas Subterrâneas”, sendo de notar que a água proveniente do ponto de amostragem é utilizada para fins científicos na Estação de Investigação Científica do Ramalhete, pertencente à Universidade do Algarve.

2. MATERIAL E MÉTODOS

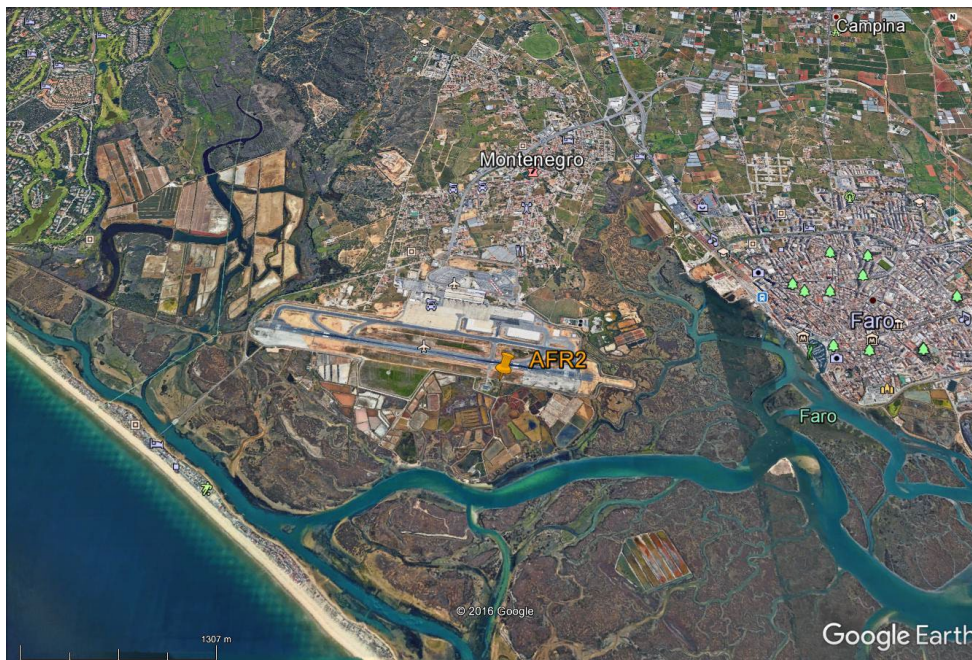
Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros de monitorização das águas subterrâneas do AFR e respectivas periodicidades de amostragem, obedecendo o estipulado na DIA, referida anteriormente.

Tabela 1 – Parâmetros de monitorização das águas subterrâneas do Aeroporto de Faro e respectivas periodicidades de amostragem.

| Parâmetros | Periodicidade |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Resíduo seco Temperatura Bicarbonato Nitritos Fluoretos Fosfatos Cálcio Sódio Potássio Magnésio Sílica Metais pesados (Ferro, Cádmiio, Zinco, Cobre e Crómio) | Semestral |
| Condutividade elétrica pH Hidrocarbonetos Cloretos | Trimestral |

O local de amostragem pretende ser representativo da eventual influência das águas de escorrência da atividade, sobretudo, movimentação de aeronaves, viaturas e equipamentos, no meio hídrico recetor. Pretende ainda ser representativo das características do meio (maior ou menor homogeneidade) e do tempo de funcionamento da infraestrutura aeroportuária. Pretende ainda aferir sobre a evolução do sistema hídrico ao longo do tempo.

O ponto de amostragem consiste numa captação existente a Sul da pista 28 (mais utilizada), localizada na imediação do caminho de circulação periférico do aeroporto (viaturas e equipamentos). Este ponto, designado por AFR2, permite a amostragem da captação de estratos superiores (Figura 1). A água desta captação é utilizada para fins científicos, pela Universidade do Algarve, na estação de investigação do Ramalhete, como referido anteriormente.



a)



b)

Figura 1 – Localização do ponto de amostragem das águas subterrâneas do Aeroporto de Faro, na fase de exploração (coordenadas, M: 214932; P: 5266: a) Vista geral do Aeroporto de Faro e da área envolvente; b) Vista de pormenor da localização do ponto de amostragem à escala 1:200 (Fonte: Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GE BCO, Image 2016, TerraMetrics, Google, 2016).

De forma a otimizar a representatividade são recolhidas amostras em diferentes períodos de tempo e, em particular, do ano hidrológico, *i.e.*, época húmida e seca, abarcando situações de águas altas e águas baixas. Esta representatividade é garantida com a periodicidade definida na Tabela 1.

A amostragem é do tipo pontual, sendo representativa das características da água no instante da recolha. São sempre capturados, pelo menos, os primeiros 50 cm da coluna de água, onde se concentra potencialmente a pluma contaminante.

De acordo com Aller *et al.* (1989) e Canter *et al.* (1987) são adotadas práticas de medição de parâmetros físicos e químicos, com o aquífero em equilíbrio, as quais consistem no registo contínuo dos seguintes parâmetros: condutividade elétrica, pH e temperatura. O registo destes parâmetros físicos e químicos é efetuado com recurso a uma sonda multiparamétrica, para cada amostra representativa da captação.

O eletrodo de medição é previamente lavado com a água colhida no local, seguidamente, é imergido na amostra, pelo menos até 2 cm de profundidade (de forma a que esteja mais de metade dentro da mesma), afastado do fundo e das paredes do recipiente. Aguardam-se alguns minutos antes de se efetuar a leitura, de modo a atingir o equilíbrio, e regista-se o valor do parâmetro, de acordo com as escalas e unidades correspondentes. O eletrodo é lavado com água destilada e acondicionado até à colheita da amostra seguinte. Todos os eletrodos são verificados/calibrados.

Na recolha da amostra são registados os dados de caracterização da recolha (data, hora, ponto de amostragem; identificação do técnico responsável; tipo: pontual) e da amostra (subterrânea, temperatura e pH).

O equipamento de amostragem consiste no seguinte material:

- _ balde de recolha de amostras;
- _ recipientes de material (PET, vidro e plástico);
- _ arca congeladora e cuvetes de congelação para conservação das amostras;
- _ etiquetas e lápis para identificação das amostras;
- _ e sonda multiparamétrica.

Após a conservação, as amostras são transportadas até ao laboratório de análises em condições que garantam a não degradação da sua qualidade desde o momento da recolha. Na Tabela 2 são indicados os métodos analíticos de cada parâmetro monitorizado.

As campanhas de monitorização das águas subterrâneas relativas ao 3º ano da fase de exploração foram realizadas nos dias 14 de março, 16 de maio, 26 de julho e 21 de novembro de 2018. Os resultados obtidos para os três anos da fase de exploração (2016-2018) são apresentados no corpo do texto, sendo apresentado, em anexos, a base de dados (transformados) contendo o histórico dos resultados do programa de monitorização das águas subterrâneas (Anexo 1).

A base de dados contém os dados das monitorizações desde 2009, contendo os referentes desde a fase antes da construção até à atual fase de exploração (3º ano - 2018), incluindo assim, e sequencialmente, as seguintes fases de projeto, às quais correspondem as respetivas nomenclaturas (atribuídas para permitir a análise estatística):

- Fase antes da construção - "a.antes.con" (2009);
- Fase de construção - "b.con" (2010-2014);
- Fase antes da exploração - "c.antes.exp" (2015);

- e Fase de exploração - “d.exp” (2016-2018).

Estes dados foram ainda classificados em função da época do ano, de forma a inferir sobre a variabilidade das concentrações dos parâmetros em função da influência da pluviosidade:

- Época húmida - “hum”, de outubro a março;
- Época seca - “sec”, de abril a setembro.

Tabela 2 – Métodos analíticos dos parâmetros de monitorização da qualidade das águas subterrâneas do Aeroporto (fase de exploração).

| Parâmetros | Método analítico |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Resíduo seco | Gravimetria |
| Temperatura | Termómetro (<i>in situ</i>) |
| Bicarbonato | NP EN ISO 99963-1:2000 – Titulação potenciométrica com ácido clorídrico |
| Nitritos | NP EN ISO 6777 – Espectroscopia de absorção molecular |
| Fluoretos | CSN EN ISO 10304-1, CSN EN 12506 |
| Fosfatos | Espectroscopia de absorção molecular |
| Cálcio | Espectroscopia de absorção molecular |
| Sódio | US EPA 200.7, ISO 11885, EN12506 |
| Potássio | US EPA 200.7, ISO 11885, EN12506 |
| Magnésio | Espectroscopia de absorção molecular |
| Sílica | CSN EN ISO 16264, EPA 370.1 |
| Ferro | US EPA 200.7, ISO 11885, EN12506 |
| Cádmio | EPA 200.7, ISO 11885 |
| Zinco | US EPA 200.7, ISO 11885, EN12506 |
| Cobre | US EPA 200.7, ISO 11885, EN12506 |
| Crómio | US EPA 200.7, ISO 11885, EN12506 |
| Condutividade elétrica | Potenciometria |
| pH | Electrometria |
| Hidrocarbonetos | CSN 75 7505 |
| Cloretos | Espectroscopia de absorção molecular |

Foi necessário transformar os dados qualitativos em numéricos, ao valor imediatamente inferior na mesma ordem de grandeza (p.e. “<0.0004” transformado em 0.0003). Dado o número de parâmetros trimestrais ser inferior aos semestrais foram originados valores em “branco”, os quais foram considerados como tal na análise computacional, em linguagem *R*.

Procedeu-se então à análise estatística dos dados com recurso à linguagem *R*, como referido, tendo-se efetuado uma análise exploratória prévia, utilizando gráficos *boxplot* para cada um dos parâmetros monitorizados (representando a amplitude da “caixa” 50% dos valores observados, com os valores máximo e mínimo não extremos representados pelas amplitudes fora da caixa, superior e inferior, respetivamente, e a mediana representada por um traço horizontal a negrito), em função da Fase de projeto e da Época do ano. O uso de *boxplot* permite verificar o padrão da distribuição das observações, observar medidas de tendência central, e comparar visualmente os grupos amostrados. Dado que a amostra é suficientemente reduzida para se detetar *outliers* (valores aberrantes, candidatos a serem corrigidos), dispensou-se a análise estatística exploratória para esse efeito.

A análise dos resultados é efetuada, a título comparativo, por comparação com os valores limite de referência dos parâmetros constantes no Anexo I, do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto (relativos à qualidade das águas doces superficiais e subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano) e com os recomendados no Decreto-lei n.º 152/2017, de 7 de dezembro (relativos à qualidade da água de consumo distribuída por sistemas de abastecimento), apesar da água subterrânea em estudo não ser destinada ao consumo humano. De acordo com os valores limite estabelecidos no DL n.º 236/98, representa-se o valor máximo admissível (VMA) de cada parâmetro com uma linha de cor vermelha e o valor máximo recomendado (VMR) com uma linha de cor laranja nos gráficos *boxplot*, sempre que a escala assim o permite.

Procedeu-se à análise exploratória dos valores de todos os parâmetros, tendo-se realizado a análise de variância (ANOVA), em ambiente R, e à respetiva apresentação em gráficos de *boxplot* dos parâmetros que revelaram variações significativas entre fases de projeto. Pretendeu-se com a aplicação da ANOVA verificar se as concentrações de cada parâmetro diferem significativamente entre as diferentes “Fases de projeto”. O objetivo principal da aplicação da ANOVA a 1 fator consistiu em testar a hipótese nula de que a fase de construção não teve impacte negativo sobre a qualidade das águas subterrâneas do AFR para cada parâmetro analisado. Se o *p value* obtido for inferior ao nível de significância $\alpha=0.05$, rejeita-se a hipótese nula, verificando-se que existe impacte significativo. E, nestes casos, parte-se para a aplicação do Teste T, para determinar a(s) fase(s) de projeto com concentrações significativamente diferentes.

Procedeu-se ainda ao uso do teste de Mann-Whitney-Wilcoxon, em ambiente R, para inferir se as concentrações dos diferentes parâmetros diferem significativamente entre as diferentes épocas do ano, designadamente, húmida e seca.

3. RESULTADOS

Na Tabela 3 são apresentados, de forma resumida, os resultados da monitorização das águas subterrâneas obtidos nos últimos três anos de monitorização (2016 a 2018), os quais correspondem à fase de exploração do projeto em apreço (ver “Boletins de resultados”, Anexo 2). Apesar de não se tratar de uma água com fim para consumo humano e de forma a recorrer-se a um referencial comparativo, por observação desta tabela, verifica-se que os cloretos continuam a apresentar concentrações relativamente superiores ao valor máximo recomendável dado pelo DL n.º 236/98 em duas campanhas de monitorização do último ano monitorizado (16.05.2018 e 21.11.2018). Contudo, será de notar que estas concentrações não são superiores ao valor máximo recomendado pelo DL n.º 152/2017 (250 mg/l) para água de consumo, e são características de aquíferos costeiros.

De uma forma geral, os valores dos parâmetros analisados em 2016, 2017 e 2018 revelam-se inferiores aos respetivos valores limite admissíveis e recomendáveis, dados pelo DL n.º 236/98 (Tabela 3), relativo à produção de água para consumo humano, uso este que, não será demais frisar, não é atribuído à água subterrânea em análise.

Os resultados da aplicação da ANOVA a 1 fator (Fase de Projeto) para cada parâmetro são apresentados no Anexo 3, apresentando-se, no Anexo 2, a base de dados alvo desta análise inferencial, contendo o histórico de resultados das monitorizações de águas subterrâneas (desde a fase antes da construção - 2009 até ao último ano da fase de exploração do projeto - 2018). Verifica-se a existência de valores que diferem significativamente entre diferentes fases do projeto para os seguintes parâmetros: Cálcio, Bicarbonato, Magnésio, Cloretos, Condutividade, Cádmiu, Cobre e Crómio. Para estes a análise inferencial (teste T) permite identificar entre que pares de valores (diferentes fases de projeto) estas diferenças são significativas (Anexo 3).

São assim apresentados graficamente, sob a forma de *boxplot*, os parâmetros que revelam variações significativas entre fases de projeto ($p < 0.05$; Anexo 3) para os quais não são atribuídos valores limite de referência definidos pelo Anexo I, do D.L. 236/98, designadamente para os parâmetros: Cálcio (Fig. 2), Bicarbonato (Fig. 3) e Magnésio (Fig. 4). De notar que as concentrações de cálcio são significativamente superiores na fase de exploração, comparativamente com a fase antes da construção e com a fase de construção ($p < 0.05$; Anexo 3). As concentrações de bicarbonato são significativamente superiores na fase de exploração, comparativamente a todas as outras fases de projeto ($p < 0.05$; Anexo 3). As concentrações de magnésio na fase de exploração são significativamente superiores às da fase de construção.

Importa frisar que as concentrações de cálcio, bicarbonatos e magnésio obtidas, assim como as concentrações dos restantes parâmetros referidos para os quais não são estabelecidos valores limite no DL n.º 236/98 (Tabela 3), continuam a revelar-se dentro da gama de valores espectáveis para o sistema em estudo, de acordo com os valores de caracterização dados por Silva (2007).

Tabela 3 – Resultados da monitorização da qualidade das águas subterrâneas do Aeroporto de Faro, obtidos nos três anos da fase de exploração (2016-2018) do projeto “Infraestruturas para ILS e Linha de Aproximação da Pista 10, Ampliação de Plataformas e Caminhos de Circulação e Remodelação da Aerogare do Aeroporto de Faro”.

| Parâmetro | Unidade | FASE DE EXPLORAÇÃO - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS | | | | | | | | | | | | Valor de Referência | | |
|--------------------------------|---------------|-----------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|-----------|---------------------|
| | | 1º ano | | | | 2º ano | | | | 3º ano | | | | DL 236/98 Anexo I | | DL 152/2017 Anexo I |
| | | 08.03.2016 | 10.05.2016 | 06.07.2016 | 03.11.2016 | 02.03.2017 | 10.05.2017 | 04.07.2017 | 15.11.2017 | 14.03.2018 | 16.05.2018 | 26.07.2018 | 21.11.2018 | VMA | VMR | VMR |
| pH | Esc. Sorensen | 7,4 | 7,3 | 7,8 | 7,1 | 7,6 | 7,7 | 7,9 | 6,9 | 7,5 | 7,0 | 7,2 | 7,0 | — | 6,5 - 8,5 | ≥6,5 e ≤9,5 |
| Temperatura | °C | 17 | 17 | 24 | 16 | 16 | 17 | 23 | 14 | 14 | 16 | 18 | 19 | 25 | 22 | |
| Condutividade | uS/cm) | 920 | 950 | 810 | 910 | 1000 | 970 | 910 | 940 | 920 | 820 | 870 | 820 | — | 1000 | 2500 |
| Cloretos | mg/l | 180 | 220 | 160 | 230 | 220 | 230 | 190 | 240 | 180 | 210 | 190 | 260 | — | 200 | 250 |
| Fosfatos | mg/l P2O5 | 0,1 | | 0,2 | | <0,15 | | <0,15 | | <0,12 | | <0,15 | | — | 0,4 | |
| HC dissolvidos ou emulsionados | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,12 | <0,05 | 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,05 | — | 0,001 |
| Cádmio | mg/l | <0,0004 | | <0,0004 | | <0,00040 | | <0,00040 | | <0,00040 | | <0,0004 | | 0,01 | 0,001 | |
| Cálcio | mg/l | 51 | | 53 | | 67 | | 62 | | 62 | | 40 | | — | — | 100 |
| Cobre | mg/l | 0,002 | | 0,001 | | 0,0034 | | 0,0015 | | 0,0027 | | <0,0010 | | 0,05 | 0,02 | |
| Crómio total | mg/l | <0,001 | | <0,001 | | <0,0010 | | <0,0010 | | <0,0010 | | <0,0010 | | 0,05 | — | |
| Bicarbonato | mg/l | 200 | | 210 | | 260 | | 280 | | 240 | | 150 | | — | — | |
| Ferro dissolvido | mg/l | 0,06 | | 0,02 | | 0,06 | | 0,01 | | 0,08 | | 0,14 | | 0,3 | 0,1 | 0,2 |
| Magnésio | mg/l | 23 | | 24 | | 30 | | 27 | | 27 | | 22 | | — | — | 50 |
| Fluoretos | mg/l | <0,2 | | <0,2 | | 0,21 | | 0,26 | | 0,22 | | <0,2 | | 1,5 | 0,7 - 1,0 | |
| Nitritos | mg/l | <0,1 | | <0,1 | | <0,1 | | <0,1 | | <0,1 | | <0,1 | | — | — | 0,5 |
| Potássio | mg/l | 5,8 | | 5,8 | | 6,7 | | 5,5 | | 3,9 | | 5,4 | | — | — | |
| Resíduo seco | mg/l | 305 | | 572 | | 778 | | 1158 | | 619 | | 539 | | — | — | |
| Sílica | mg/l | 13 | | 13 | | 12 | | 8 | | 11 | | 19 | | — | — | |
| Sódio | mg/l | 131 | | 109 | | 137 | | 100 | | 94,6 | | 110 | | — | — | 200 |
| Zinco | mg/l | 0,00 | | 0,00 | | 0,002 | | 0,0024 | | 0,0047 | | 0,0073 | | 3,0 | 0,5 | |

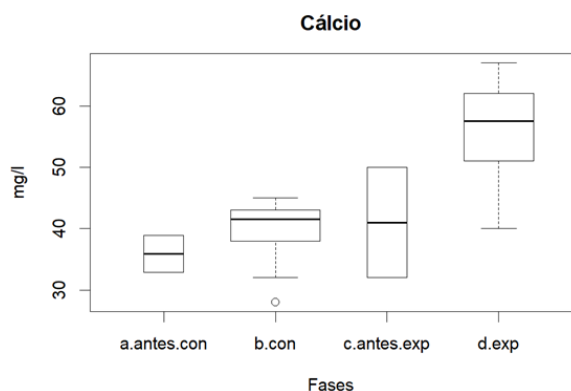


Figura 2 - Gráfico *boxplot* das concentrações de cálcio nas diferentes fases do projeto.

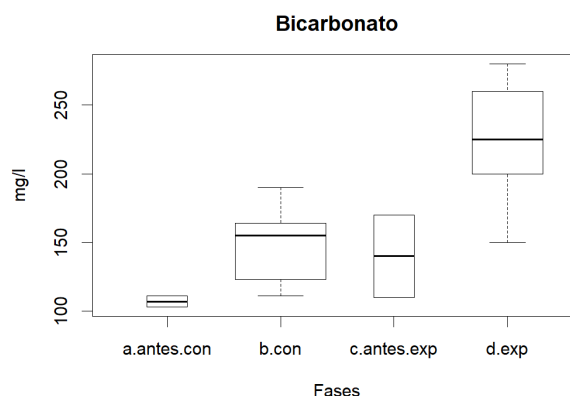


Figura 3 - Gráfico *boxplot* das concentrações de bicarbonato nas diferentes fases do projeto.

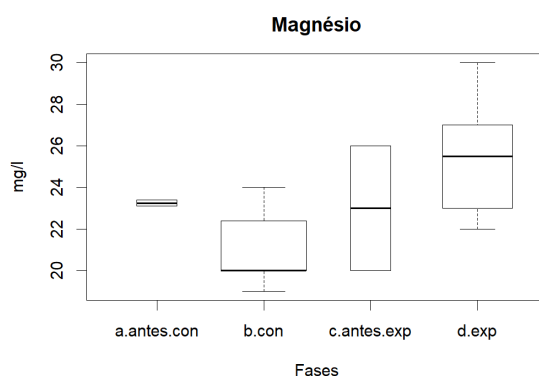


Figura 4 - Gráfico *boxplot* das concentrações de crómio total nas diferentes fases do projeto.

De seguida são apresentados os gráficos de *boxplot* do histórico de dados (2009 a 2018), incluindo as diferentes fases de projeto, para os parâmetros com variações significativas entre diferentes fases de projeto e que cumprem os respetivos valores limite de referência definidos pelo Anexo I, do D.L. 236/98, designadamente, Cádmio (Fig. 5), Cobre (Fig. 6) e Crómio total (Fig. 7).

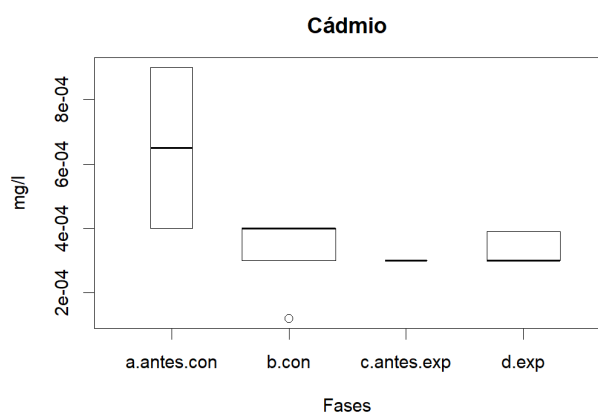


Figura 5 - Gráfico *boxplot* das concentrações de cádmio nas diferentes fases do projeto.

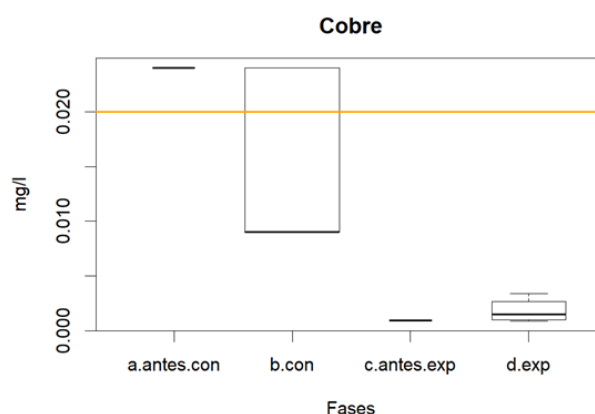


Figura 6 - Gráfico *boxplot* das concentrações de cobre nas diferentes fases do projeto.

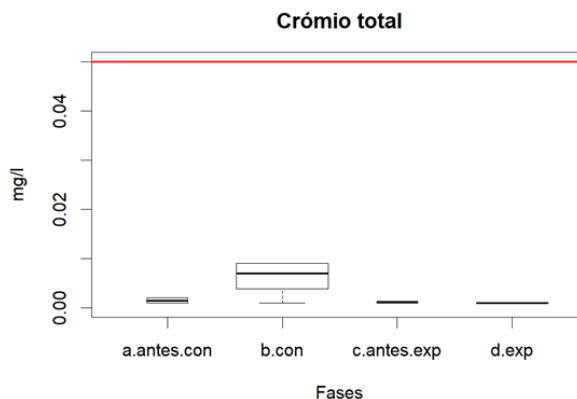


Figura 7 - Gráfico *boxplot* das concentrações de crómio total nas diferentes fases do projeto.

As concentrações destes três metais pesados diferem entre diferentes fases de projeto. As concentrações de cádmio na fase antes da construção superam significativamente as concentrações obtidas nas restantes fases de projeto ($p < 0.05$; Anexo 3). As concentrações de cobre na fase antes da construção são significativamente mais elevadas que na fase antes da exploração e na fase da exploração ($p < 0.05$; Anexo 3). O crómio, por sua vez, apresenta um comportamento relativamente diferente, com concentrações significativamente superiores na fase de construção ($p < 0.05$; Anexo 3). Importa referir que as concentrações destes potenciais contaminantes (metais pesados), apesar de relativamente reduzidas, têm vindo a reduzir-se desde a fase antes da construção, e em particular, de forma significativa as de cádmio.

Dos parâmetros com valores pontualmente acima dos respetivos valores máximos recomendados, designadamente, Cloretos e Condutividade, verifica-se que os dos cloretos na fase antes da construção são significativamente superiores aos das fases de construção e de exploração (Fig. 8; $p < 0.05$; Anexo 3). Como referido em relatórios anteriores, segundo Silva (2007), a água subterrânea em redor do AFR e a Sul desta infraestrutura aeroportuária apresentam concentrações relativamente elevadas de iões cloreto e sódio, devido à proximidade da Ria Formosa, sendo evidente a influência da oscilação das marés e o fenómeno de intrusão salina no aquífero superficial existente nesta área. De notar que as camadas superficiais do aquífero estão em conexão hidráulica com a Ria Formosa.

Por sua vez, os valores de condutividade obtidos na fase antes da construção são significativamente superiores aos da fase de construção e da fase antes da exploração (Fig. 9; $p < 0.05$, Anexo 3).

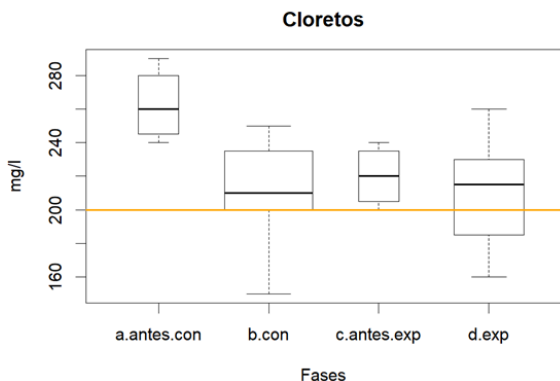


Figura 8 - Gráfico *boxplot* das concentrações de cloretos nas diferentes fases do projeto.

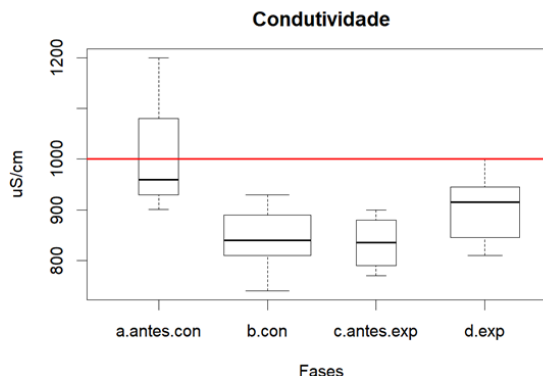


Figura 9 - Gráfico *boxplot* dos valores de condutividade elétrica nas diferentes fases do projeto.

No que se refere à análise comparativa dos valores dos parâmetros monitorizados (cálcio, bicarbonatos, magnésio, nitritos, potássio, resíduo seco, sílica, sódio, fluoreos, fosfatos, zinco, crómio, cobre, ferro, pH, temperatura e hidrocarbonetos) entre as diferentes épocas do ano (seca e húmida), verifica-se que não são detetadas diferenças significativas para entre os mesmos (ver resultados do teste de Mann-Whitney_Wilcoxon, Anexo 4). Em 2017 tinham sido detetadas diferenças significativas apenas entre os valores de pH (mais alto na época seca) e de temperatura (mais quente na época seca), mas foram ligeiras (p -value próximo de 0.05). A adição dos valores de 2018 ao histórico de dados parece nivelar estas pequenas diferenças detetadas anteriormente, isto é, dados pelo ligeiro aumento da temperatura e do pH na última época húmida e ligeiro decréscimo dos valores destes parâmetros na última época seca.

4. CONCLUSÕES

De uma forma geral, as concentrações dos parâmetros analisados cumprem os respetivos valores de referência dados pelo Decreto-Lei n.º 236/98, relativo à qualidade das águas doces e superficiais destinadas à produção de água para consumo, e encontram-se dentro da gama de valores expectáveis característicos de aquíferos costeiros.

Constatou-se também que a fase de construção não é responsável pela alteração significativa dos principais iões: cloretos, sulfatos, nitratos, cálcio, magnésio, bicarbonato, potássio, alumínio, ferro e manganês, cujas concentrações estão dentro das respetivas gamas de concentrações características do sistema em estudo.

A redução das concentrações de alguns metais pesados (cádmio, cobre e crómio), com concentrações significativamente mais reduzidas na fase de exploração, parece indiciar uma melhoria da qualidade da água subterrânea em estudo.

O aumento das concentrações de cálcio, bicarbonatos e magnésio na fase de exploração, a par com as concentrações de cloretos, poderá estar relacionado com a eventual influência da intrusão salina no aquífero costeiro.

Os resultados obtidos permitem assim inferir que as medidas implementadas para evitar e/ou minimizar a ocorrência de contaminação das águas subterrâneas durante a fase de construção revelam-se eficazes.

De acordo com o Ofício da APA, ref.^a S060010-2015111-DAIA.DPP, o programa de monitorização das águas subterrâneas do Aeroporto de Faro continuará até perfazer cinco anos de monitorizações (2016-2020), com a mesma periodicidade, parâmetros e ponto de amostragem (AFR2 - Ramalhete), podendo este programa de monitorização ser reavaliado em função dos resultados obtidos ao fim deste período de estudo.

5. BIBLIOGRAFIA

Aller, L.; Truman, W.B.; Hackett, G.; Pretty, R.; Lehr, J. H.; Sedoris, H.; Nielsen, D.M. & Denne, J.E. (1989). *Handbook of Suggested Practices for the Design and Installation of Ground Water Monitoring Wells*. US Environmental Protection Agency. EPA 600/4-89/034. Dublin, Ohio, 398 p.

Canter, L.W.; Knox, R.C. & Fairchild, D.M. (1987). *Ground Water Quality Protection*. Michigan, Lewis Publishers, Inc., 562 p.

Costa, F.E.; Brites, J.A.; Pedrosa, M.Y. & Silva, A.V. (1985). Carta Hidrogeológica da Orla Algarvia na escala 1:100 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto.

Decreto-Lei n.º 152/2017, de 7 de dezembro.

Oliveira, J.M.S. (2011). Impacto das alterações climáticas na qualidade das águas subterrâneas de aquíferos carbonatados em Portugal. *Dissertação para o grau de Mestre em Engenharia Geológica e de Minas*. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. 170 p.

Portaria n.º 330/2001, de 2 de abril.

Portaria n.º 395/2015, de 4 de novembro.

Silva, R.I. (2007). *Caracterização Hidrogeológica da Área de Implantação do Aeroporto de Faro*. Relatório de Projeto da Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Ramo de Engenharia Sanitária. Instituto Politécnico de Beja, Escola Superior Agrária. 76 p.

***Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2005).** 21th ed., American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.

ANEXOS

ANEXO 2 - Boletins de resultados das monitorizações da qualidade das águas subterrâneas do Aeroporto de Faro, relativos a 2018.



BOLETIM DE ANÁLISE AGS [Nº 3318]

Entidade: ANA - Aeropostos
Local de colheita: Aeroporto de Faro
Ponto de colheita: AFR 2 – Nora Ramalhete
Tipo de amostra: Pontual

Data de colheita: 14.03.2018
Data de início da análise: 14.03.2018
Data de conclusão da análise: 04.04.2018

| Parâmetro | Método | Resultado | Unidade | Valor de Referência (Decreto-Lei 236/98 Anexo I) | |
|---------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------|
| | | | | VMR | VMA |
| Resíduo seco | * | 619,0 | mg/L | - | - |
| Temperatura | SMEWW 2550B (<i>in situ</i>) | 14,4 | °C | - | - |
| Bicarbonatos | * | 2,4x10 ² | mg/L HCO ₃ | - | - |
| Nitritos | * | < 0,1 (LQ) | mg/L NO ₂ | - | - |
| Fluoretos | * | 0,221 | mg/L F | 0,7 - 1,0 | 1,5 |
| Fosfatos | * | < 0,120 (LQ) | mg/L P ₂ O ₅ | 0,4 | - |
| Cálcio | * | 62 | mg/L Ca | - | - |
| Sódio | * | 94,6 | mg/L Na | - | - |
| Potássio | * | 3,94 | mg/L K | - | - |
| Magnésio | * | 27 | mg/L Mg | - | - |
| Silica | * | 10,9 | mg/L SiO ₂ | - | - |
| Ferro | * | 0,0789 | mg/L Fe | - | - |
| Cádmio | * | < 0,00040 (LQ) | mg/L Cd | 0,001 | 0,005 |
| Zinco | * | 0,0047 | mg/L Zn | 0,5 | 3 |
| Cobre | * | 0,0027 | mg/L Cu | 0,02 | 0,05 |
| Crómio | * | < 0,0010 (LQ) | mg/L Cr | - | 0,05 |
| Condutividade | * | 9,2x10 ² | µS/cm 20 °C | 1000 | - |
| pH | * | 7,5 (22 °C) | Unidades pH | 6,5 - 8,5 | - |
| Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados | * | < 0,050 (LQ) | mg/L | - | 0,05 |
| Cloretos | * | 1,8x10 ² | mg/L Cl | 200 | - |

Observações:

Os parâmetros analisados estão de acordo com o VMA do Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98.

Os resultados constantes deste relatório referem-se exclusivamente à amostra analisada.

*Método do laboratório externo subcontratado para execução da análise.

LQ: Limite de Quantificação.

VMR: Valor Máximo Recomendado.

VMA: Valor Máximo Admissível.

Porto Salvo, 4 de Março de 2018

[resultados validados pelo Responsável do Laboratório Externo]

Entidade: ANA - Aeroportos
Local de colheita: Aeroporto de Faro
Ponto de colheita: AFR 2 – Nora Ramalhete
Tipo de amostra: Pontual

Data de colheita: 16.05.2018
Data de início da análise: 16.05.2018
Data de conclusão da análise: 28.05.2018

| Parâmetro | Método | Resultado | Unidade | Valor de Referência (Decreto-Lei 236/98 Anexo I) | |
|---------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-----------------------------------------------------|------|
| | | | | VMR | VMA |
| Temperatura | SMEWW 2550B (<i>in situ</i>) | 15,7 | °C | - | - |
| Condutividade | * | 8,2x10 ² | µS/cm 20 °C | 1000 | - |
| pH | * | 7,0 (22 °C) | Unidades pH | 6,5 - 8,5 | - |
| Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados | * | <0,050 (LQ) | mg/L | - | 0,05 |
| Cloretos | * | 2,1x10 ² | mg/L Cl | 200 | - |

Observações:

Os parâmetros analisados estão de acordo com o VMA do Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98.

Os resultados constantes deste relatório referem-se exclusivamente à amostra analisada.

*Método do laboratório externo subcontratado para execução da análise.

LQ: Limite de Quantificação.

VMR: Valor Máximo Recomendado.

VMA: Valor Máximo Admissível.

Porto Salvo, 26 de Maio de 2018

[resultados validados pelo Responsável do Laboratório Externo]

Entidade: ANA - Aeroportos
Local de colheita: Aeroporto de Faro
Ponto de colheita: AFR2 – Nora Ramalhete
Tipo de amostra: Pontual

Data de colheita: 26.07.2018
Data de início da análise: 26.07.2018
Data de conclusão da análise: 10.08.2018

| Parâmetro | Método | Resultado | Unidade | Valor de Referência (Decreto-Lei 236/98 Anexo I) | |
|---------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------|
| | | | | VMR | VMA |
| Resíduo seco | * | 539,0 | mg/L | - | - |
| Temperatura | SMEWW 2550B (<i>in situ</i>) | 18,3 | °C | - | - |
| Bicarbonatos | * | 1,5x10 ² | mg/L HCO ₃ | - | - |
| Nitritos | * | < 0,1 (LQ) | mg/L NO ₂ | - | - |
| Fluoretos | * | <0,200 (LQ) | mg/L F | 0,7 -1,0 | 1,5 |
| Fosfatos | * | <0,15 (LQ) | mg/L P ₂ O ₅ | 0,4 | - |
| Cálcio | * | 40 | mg/L Ca | - | - |
| Sódio | * | 110 | mg/L Na | - | - |
| Potássio | * | 5,38 | mg/L K | - | - |
| Magnésio | * | 22 | mg/L Mg | - | - |
| Silica | * | 18,6 | mg/L SiO ₂ | - | - |
| Ferro | * | 0,1360 | mg/L Fe | - | - |
| Cádmio | * | <0,00040 (LQ) | mg/L Cd | 0,001 | 0,005 |
| Zinco | * | 0,0073 | mg/L Zn | 0,5 | 3 |
| Cobre | * | < 0,0010 (LQ) | mg/L Cu | 0,02 | 0,05 |
| Crómio | * | < 0,0010 (LQ) | mg/L Cr | - | 0,05 |
| Condutividade | * | 870 | µS/cm 20 °C | 1000 | - |
| pH | * | 7,2 (25 °C) | Unidades pH | 6,5 - 8,5 | - |
| Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados | * | < 0,050 (LQ) | mg/L | - | 0,05 |
| Cloretos | * | 190 | mg/L Cl | 200 | - |

Observações:

Os parâmetros analisados estão de acordo com o VMA do Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98.

Os resultados constantes deste relatório referem-se exclusivamente à amostra analisada.

*Método do laboratório externo subcontratado para execução da análise.

LQ: Limite de Quantificação.

VMR: Valor Máximo Recomendado.

VMA: Valor Máximo Admissível.

Porto Salvo, 17 de dezembro de 2018

[resultados validados pelo Responsável do Laboratório Externo]

Entidade: ANA - Aeroportos
 Local de colheita: Aeroporto de Faro
 Ponto de colheita: AFR 2 – Nora Ramalhete
 Tipo de amostra: Pontual

Data de colheita: 21.11.2018
 Data de início da análise: 21.11.2018
 Data de conclusão da análise: 05.12.2018

| Parâmetro | Método | Resultado | Unidade | Valor de Referência (Decreto-Lei 236/98 Anexo I) | |
|---------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-----------------------------------------------------|------|
| | | | | VMR | VMA |
| Temperatura | SMEWW 2550B (<i>in situ</i>) | 19,2 | °C | - | - |
| Condutividade | * | 9,2x10 ² | µS/cm 20 °C | 1000 | - |
| pH | * | 7,0 (23 °C) | Unidades pH | 6,5 - 8,5 | - |
| Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados | * | <0,050 (LQ) | mg/L | - | 0,05 |
| Cloretos | * | 260 | mg/L Cl | 200 | - |

Observações:

Os parâmetros analisados estão de acordo com o VMA do Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98.

Os resultados constantes deste relatório referem-se exclusivamente à amostra analisada.

*Método do laboratório externo subcontratado para execução da análise.

LQ: Limite de Quantificação.

VMR: Valor Máximo Recomendado.

VMA: Valor Máximo Admissível.

Porto Salvo, 17 de dezembro de 2018

[resultados validados pelo Responsável do Laboratório Externo]

ANEXO 3

RESULTADOS DAS ANOVAS A 1 FATOR - "Fase de projeto" (Linguagem R)

CÁLCIO

```
> anova(lm(Ca~fase))
```

Analysis of Variance Table

Response: Ca

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|---------|---------|---------|-------------|
| fase | 3 | 1200.59 | 400.20 | 6.8908 | 0.003427 ** |
| Residuals | 16 | 929.23 | 58.08 | | |

```
> pairwise.t.test(Ca,fase)
```

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: Ca and fase

| | a.antes.con | b.con | c.antes.exp |
|-------------|-------------|--------|-------------|
| b.con | 1.0000 | - | - |
| c.antes.exp | 1.0000 | 1.0000 | - |
| d.exp | 0.0277 | 0.0043 | 0.1194 |

RESULTADO: As concentrações de cálcio na Fase de exploração são significativamente superiores às concentrações obtidas na Fase ante da construção e na Fase de construção ($p < 0.05$).

BICARBONATO

```
> anova(lm(Bicarb~fase))
```

Analysis of Variance Table

Response: Bicarb

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|--------|---------|---------|-------------|
| fase | 3 | 30388 | 10129.4 | 8.6154 | 0.001239 ** |
| Residuals | 16 | 18812 | 1175.7 | | |

```
> pairwise.t.test(Bicarb,fase)
```

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: Bicarb and fase

| | a.antes.con | b.con | c.antes.exp |
|-------------|-------------|--------|-------------|
| b.con | 0.3606 | - | - |
| c.antes.exp | 0.7003 | 0.7003 | - |
| d.exp | 0.0045 | 0.0045 | 0.0356 |

RESULTADO: As concentrações de bicarbonato na Fase de exploração são significativamente superiores às das restantes fases de projeto ($p < 0.05$), sendo que entre estas últimas não existem diferenças significativas entre as concentrações deste parâmetro ($p > 0.05$).

MAGNÉSIO

```
> anova(lm(Mg~fase))
```

Analysis of Variance Table

Response: Mg

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|--|----|--------|---------|---------|--------|
|--|----|--------|---------|---------|--------|

```
fase      3 73.670 24.5568 4.1976 0.02416 *
Residuals 15 87.754 5.8503
```

```
> pairwise.t.test(Mg,fase)
```

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: Mg and fase

| | a.antes.con | b.con | c.antes.exp |
|-------------|-------------|-------|-------------|
| b.con | 1.000 | - | - |
| c.antes.exp | 1.000 | 1.000 | - |
| d.exp | 1.000 | 0.018 | 1.000 |

RESULTADO: As concentrações de magnésio na Fase de exploração são significativamente superiores às da Fase de construção ($p < 0.05$), mas não significativamente superiores às das restantes fases de projeto ($p > 0.05$).

NITRITOS

```
> anova(lm(Ni~fase))
```

Analysis of Variance Table

Response: Ni

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|-----------|------------|---------|---------|
| fase | 3 | 0.0083265 | 0.00277548 | 3.0664 | 0.05806 |
| Residuals | 16 | 0.0144821 | 0.00090513 | | |

RESULTADO: As concentrações de nitritos não diferem significativamente entre fases de projeto ($p > 0.05$).

POTÁSSIO

```
> anova(lm(K~fase))
```

Analysis of Variance Table

Response: K

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|---------|---------|---------|--------|
| fase | 3 | 6.0826 | 2.0275 | 1.2861 | 0.3153 |
| Residuals | 15 | 23.6483 | 1.5765 | | |

RESULTADO: As concentrações de potássio não diferem significativamente entre fases de projeto ($p > 0.05$).

RESÍDUO SECO

```
> anova(lm(ResidSeco~fase))
```

Analysis of Variance Table

Response: ResidSeco

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|--------|---------|---------|--------|
| fase | 3 | 25138 | 8379.4 | 0.2992 | 0.8255 |
| Residuals | 16 | 448053 | 28003.3 | | |

RESULTADO: As concentrações de resíduos seco não diferem significativamente entre fases de projeto ($p > 0.05$).

SÍLICA

```
> anova(lm(Si~fase))
```

Analysis of Variance Table

```
Response: Si
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
fase    3  112.68   37.560   1.0201 0.4098
Residuals 16  589.09   36.818
```

RESULTADO: As concentrações de sílica não diferem significativamente entre fases de projeto ($p > 0.05$).

SÓDIO

```
> anova(lm(Na~fase))
Analysis of Variance Table
```

```
Response: Na
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
fase    3   572.6   190.85   0.2894 0.8324
Residuals 16 10552.0   659.50
```

RESULTADO: As concentrações de sódio não diferem significativamente entre fases de projeto ($p > 0.05$).

FOSFATOS

```
> anova(lm(Fosf~fase))
Analysis of Variance Table
```

```
Response: Fosf
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
fase    3 0.0051607 0.0017202   1.0096 0.4127
Residuals 17 0.0289659 0.0017039
```

RESULTADO: As concentrações de fosfatos não diferem significativamente entre fases de projeto ($p > 0.05$).

CÁDMIO

```
> anova(lm(Cd~fase))
Analysis of Variance Table
```

```
Response: Cd
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
fase    3 1.8354e-07 6.118e-08   4.6489 0.01604 *
Residuals 16 2.1056e-07 1.316e-08
```

```
> pairwise.t.test(Cd, fase)
```

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: Cd and fase

| | a.antes.con | b.con | c.antes.exp |
|-------------|-------------|-------|-------------|
| b.con | 0.019 | - | - |
| c.antes.exp | 0.030 | 1.000 | - |
| d.exp | 0.019 | 1.000 | 1.000 |

P value adjustment method:holm

RESULTADO: As concentrações de cádmio são significativamente superiores na Fase antes da construção ($p < 0.05$).

ZINCO

```
> anova(lm(Zn~fase))
```

Analysis of Variance Table

Response: Zn

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|-----------|------------|---------|-----------|
| fase | 3 | 0.0052335 | 0.00174449 | 2.5355 | 0.09343 . |
| Residuals | 16 | 0.0110084 | 0.00068802 | | |

RESULTADO: As concentrações de zinco não diferem significativamente entre fases de projeto ($p > 0.05$).

COBRE

> `anova(lm(Cu~fase))`

Analysis of Variance Table

Response: Cu

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|----------|------------|---------|---------------|
| fase | 3 | 0.001200 | 0.00040001 | 11.743 | 0.0002568 *** |
| Residuals | 16 | 0.000545 | 0.00003406 | | |

> `pairwise.t.test(Cu,fase)`

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: Cu and fase

| | a.antes.con | b.con | c.antes.exp |
|-------------|-------------|--------|-------------|
| b.con | 0.1277 | - | - |
| c.antes.exp | 0.0046 | 0.0203 | - |
| d.exp | 0.0016 | 0.0024 | 0.8553 |

P value adjustment method: holm

RESULTADO: As concentrações de cobre são significativamente superiores nas Fase antes da construção e na Fase de Construção ($p < 0.05$).

CRÓMIO

> `anova(lm(Cr~fase))`

Analysis of Variance Table

Response: Cr

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|------------|------------|---------|-------------|
| fase | 3 | 0.00012100 | 4.0333e-05 | 6.0015 | 0.006113 ** |
| Residuals | 16 | 0.00010753 | 6.7210e-06 | | |

> `pairwise.t.test(Cr,fase)`

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: Cr and fase

| | a.antes.con | b.con | c.antes.exp |
|-------------|-------------|--------|-------------|
| b.con | 0.1567 | - | - |
| c.antes.exp | 1.0000 | 0.1389 | - |
| d.exp | 1.0000 | 0.0098 | 1.0000 |

RESULTADO: As concentrações de crómio na Fase de construção são significativamente superiores à da Fase de exploração ($p < 0.05$).

pH

> `anova(lm(pH~fase))`

Analysis of Variance Table

Response: pH

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|--------|---------|---------|--------|
| fase | 3 | 1.0716 | 0.35721 | 1.4402 | 0.2477 |
| Residuals | 35 | 8.6813 | 0.24804 | | |

RESULTADO: Os valores de pH não diferem significativamente entre fases de projetos ($p>0.05$).

TEMPERATURA

> `anova(lm(T~fase))`

Analysis of Variance Table

Response: T

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|---------|---------|---------|--------|
| fase | 3 | 38.255 | 12.752 | 1.0787 | 0.3796 |
| Residuals | 21 | 248.246 | 11.821 | | |

RESULTADO: Os valores de temperatura não diferem significativamente entre fases de projeto ($p>0.05$).

CONDUTIVIDADE

> `anova(lm(Cond~fase))`

Analysis of Variance Table

Response: Cond

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|--------|---------|---------|--------------|
| fase | 3 | 93781 | 31260.3 | 6.9972 | 0.000827 *** |
| Residuals | 35 | 156363 | 4467.5 | | |

> `pairwise.t.test(Cond,fase)`

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: Cond and fase

| | a.antes.con | b.con | c.antes.exp |
|-------------|-------------|--------|-------------|
| b.con | 0.0010 | - | - |
| c.antes.exp | 0.0049 | 0.6785 | - |
| d.exp | 0.0499 | 0.1159 | 0.1706 |

RESULTADO: Os valores de condutividade na Fase antes da construção são significativamente superiores aos das restantes fases de projeto ($p<0.05$).

CLORETOS

> `anova(lm(Cl~fase))`

Analysis of Variance Table

Response: Cl

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|---------|---------|---------|-------------|
| fase | 3 | 9507.3 | 3169.1 | 4.8053 | 0.006611 ** |
| Residuals | 35 | 23082.5 | 659.5 | | |

> `pairwise.t.test(Cl,fase)`

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: C1 and fase

| | a.antes.con | b.con | c.antes.exp |
|-------------|-------------|--------|-------------|
| b.con | 0.0059 | - | - |
| c.antes.exp | 0.1004 | 1.0000 | - |
| d.exp | 0.0059 | 1.0000 | 1.0000 |

RESULTADO: As concentrações de cloretos na Fase antes da construção são significativamente superiores às das Fase de construção e Fase de exploração ($p < 0.01$).

HIDROCARBONETOS DISSOLVIDOS OU EMULSIONADOS

> `anova(lm(HC~fase))`

Analysis of Variance Table

Response: HC

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|---------|----------|---------|--------|
| fase | 3 | 0.10646 | 0.035487 | 0.6701 | 0.5761 |
| Residuals | 35 | 1.85364 | 0.052961 | | |

RESULTADO: As concentrações de hidrocarbonetos não diferem significativamente entre fases de projeto ($p > 0.05$).

FERRO

> `anova(lm(Fe~fase))`

Analysis of Variance Table

Response: Fe

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|-----------|----|----------|-----------|---------|--------|
| fase | 3 | 0.004330 | 0.0014434 | 0.2958 | 0.8279 |
| Residuals | 16 | 0.078086 | 0.0048804 | | |

RESULTADO: As concentrações de ferro não diferem significativamente entre fases de projeto ($p > 0.05$).

ANEXO 4

RESULTADOS DO TESTE DE MANN-WHITNEY-WILCOXON PARA "Época do ano" (Linguagem R)

CÁLCIO

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Ca by epoca

w = 58, p-value = 0.5424

RESULTADO: As concentrações de cálcio não diferem significativamente entre épocas do ano ($p > 0.05$).

MAGNÉSIO

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Mg by epoca

w = 63.5, p-value = 0.1146

RESULTADO: As concentrações de magnésio não diferem significativamente entre épocas do ano ($p > 0.05$).

NITRITOS

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Ni by epoca

w = 56.5, p-value = 0.5417

RESULTADO: As concentrações de nitritos não diferem significativamente entre épocas do ano ($p > 0.05$).

POTÁSSIO

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: K by epoca

w = 48, p-value = 0.8368

RESULTADO: As concentrações de potássio não diferem significativamente entre épocas do ano ($p > 0.05$).

RESÍDUO SECO

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: ResidSeco by epoca

w = 39, p-value = 0.4561

RESULTADO: As concentrações de resíduo seco não diferem significativamente entre épocas do ano ($p > 0.05$).

SÍLICA

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Si by epoca

W = 56, p-value = 0.6556

RESULTADO: As concentrações de sílica não diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).

SÓDIO

[Wilcoxon rank sum test with continuity correction](#)

data: Na by epoca

W = 70, p-value = 0.1275

RESULTADO: As concentrações de sódio não diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).

FLUORETOS

[Wilcoxon rank sum test with continuity correction](#)

data: F1 by epoca

W = 38, p-value = 0.3268

RESULTADO: As concentrações de fluoretos não diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).

FOSFATOS

[Wilcoxon rank sum test with continuity correction](#)

data: Fosf by epoca

W = 40, p-value = 0.3013

RESULTADO: As concentrações de fosfatos não diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).

ZINCO

[Wilcoxon rank sum test with continuity correction](#)

data: Zn by epoca

W = 37, p-value = 0.3583

RESULTADO: As concentrações de zinco não diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).

CRÓMIO TOTAL

[Wilcoxon rank sum test with continuity correction](#)

data: Cr by epoca

W = 41.5, p-value = 0.5391

RESULTADO: As concentrações de crómio total não diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).

pH

[Wilcoxon rank sum test with continuity correction](#)

data: pH by epoca

W = 120, p-value = 0.05851

RESULTADO: Os valores de pH não diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).

TEMPERATURA

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: T by epoca

W = 41.5, p-value = 0.05475

RESULTADO: Os valores de temperatura não diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).

CONDUTIVIDADE

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Cond by epoca

W = 256, p-value = 0.05195

RESULTADO: Os valores de condutividade não diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).

HIDROCARBONETOS

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: HC by epoca

W = 163.5, p-value = 0.4373

RESULTADO: As concentrações de hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionado não diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).

FERRO

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Fe by epoca

W = 73.5, p-value = 0.07398

RESULTADO: As concentrações de ferro diferem significativamente entre épocas do ano ($p>0.05$).