



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

**CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DO AQUÍFERO ALUVIONAR DO
MONDEGO NA REGIÃO DE COIMBRA (BOAVISTA)**

Cátia Alexandra Santos Nogueira

Mestrado em Geociências: Ambiente e Ordenamento do Território

Orientadores científicos

Prof. Maria Manuela da Vinha da Silva
Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Prof. José Manuel Martins de Azevedo
Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Outubro, 2015

AGRADECIMENTOS

Dedico esta secção àqueles que fizeram parte no desenvolvimento deste trabalho e tornaram possível a sua realização.

Aos meus orientadores científicos, respetivamente, Prof. Maria Manuela da Vinha Silva e Prof. José Manuel Martins de Azevedo, pelos seus ensinamentos, pela paciência e compreensão.

Ao Mestre António Santos pela disponibilidade e ajuda prestada no Laboratório Químico do DCT, sempre que eu precisava.

À Empresa Águas do Mondego, S.A., nomeadamente aos Engenheiros Pina Barreto, Fátima Coimbra e Isabel Sá Marques pelo fornecimento de dados e de estudos fundamentais para a realização da minha dissertação.

Um agradecimento sincero aos meus familiares e amigos pela força e encorajamento, em especial à minha querida mãe, avó e ao meu marido pela ajuda, permitindo finalmente concluir esta etapa do meu percurso académico, que se tornou mais longa que o esperado devido a algumas mudanças que foram surgindo na minha vida.

Índice

AGRADECIMENTOS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABELAS	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
1. Introdução	1
1.1. Água e enquadramento legislativo	1
1.2. O Rio Mondego.....	4
1.3. Captação hídrica no Mondego	5
1.4. Objetivos e estrutura da dissertação	7
2. Enquadramento geral	8
2.1. Enquadramento geográfico-administrativo.....	8
2.2. Enquadramento geológico regional.....	11
2.3. Enquadramento geomorfológico	14
2.4. Enquadramento hidrográfico e hidrogeológico	16
2.5. Enquadramento pedológico e uso e ocupação dos solos	19
2.6. Enquadramento climático.....	20
3. Aquífero Aluvionar da Boavista.....	23
3.1. Hidrogeologia geral das aluviões	23
3.2. Captações da Boavista	27
3.3. Vulnerabilidade do aquífero aluvionar	29
4. Metodologias	30
4.1. Base de Dados	30
5. Resultados	32
5.1. Hidroquímica à data de construção de Pdh1 e Pdh2	32
5.2. Qualidade da água.....	33

5.3. Parâmetros físico-químicos da água do Rio.....	34
5.4. Furo Pdh 1	35
5.5. Furo Pdh 2	41
5.6. Comparação entre ambos os furos	47
5.6.1 Condutividade	47
5.6.2. pH.....	47
5.6.3. Oxigénio dissolvido	48
5.6.4. Cloretos.....	48
5.6.5. Fosfatos	49
5.6.6. Nitratos.....	49
5.6.7. Ferro	50
5.6.8. Manganês	50
5.6.9. Sulfatos	51
5.1.10 Cobre	51
5.1.11 Zinco	51
6. Conclusões.....	52
7. Bibliografia.....	54
ANEXO I.....	59
Dados do furo Pdh1	59
Dados do furo Pdh2	61
ANEXO II.....	64
Gráficos Furo Pdh1	64
Gráficos da condutividade do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)	64
Gráficos do pH do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013).....	66
Gráficos do Oxigénio dissolvido do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013).....	68
Gráficos dos Cloretos do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)	70
Gráficos dos Fosfatos do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013).....	72
Gráficos dos Nitratos do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)	73

Gráficos do Ferro do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013).....	75
Gráficos do Manganês do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013).....	77
Gráficos dos Sulfatos do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013).....	79
Gráficos Furo Pdh2.....	81
Gráficos da condutividade do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)	81
Gráficos do pH do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013).....	83
Gráficos do Oxigénio dissolvido do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013).....	85
Gráficos dos Cloretos do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)	87
Gráficos dos Fosfatos do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013).....	89
Gráficos dos Nitratos do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)	90
Gráficos do Ferro do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013).....	92
Gráficos do Manganês do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013).....	93
Gráficos dos Sulfatos do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013).....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Instalações da Empresa Águas do Mondego S.A.	6
Figura 2.1 Localização da área de estudo	8
Figura 2.2 – Extrato da Folha 241 da Carta Militar de Portugal (Coimbra Sul) na Escala 1:25000	9
Figura 2.3 – Enquadramento geológico do local em estudo em Carta geológica do Município de Coimbra.....	13
Figura 2.4 -Esboço geomorfológico de Coimbra.....	15
Figura 2.5 – Bacia hidrográfica do Mondego com indicação dos Sistemas plurimunicipais de saneamento	16
Figura 2.6 – Principais direções de fluxo subterrâneo na Massa de águas subterrâneas no Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Mondego.....	17
Figura 2.7 – Mapas representativos dos valores de recarga e potencial aquífero..	18
Figura 2.8 – Mapa de espaços edificados do Município de Coimbra	19
Figura 2.9 – Principais unidades pedológicas próximas da área de estudo	20
Figura 2.10 – Gráficos com: a) Variação das temperaturas máxima, mínima e média; b) variação da precipitação média mensal (Coimbra, 1981/2010).....	22
Figura 3.1 – Localização da área analisada no Sistema Aquífero das ‘Aluviões do Mondego.....	23
Figura 3.2 – Localização da aquífero aluvionar da Boavista	24
Figura 3.3 – Logs geológicos de sondagens efetuadas nas aluviões da Boavista.	25
Figura 5.1 - Projeção em diagrama de Piper dos valores analíticos da água captada nos poços Pdh1 (4 análises) e Pdh2 (5 análises) e do Rio (7 análises) (1989/1990): a) análises individuais; b) valores médios.....	32
Figura 5.2 – Fácies hidrogeoquímicas da águas nas dois furos Pdh’s da Boavista	33
Figura 5.3 – Gráfico C.E. – furo Pdh1.....	37
Figura 5.4 – Gráfico pH – furo Pdh1	38
Figura 5.5 – Gráfico Ox.D. – furo Pdh1.....	38
Figura 5.6 – Gráfico Cl – furo Pdh1	39

Figura 5.7 – Gráfico NO ₃ – furo Pdh 1	39
Figura 5.8 – Gráfico do Fe – furo Pdh1.....	40
Figura 5.9 – Gráfico dos SO ₄ – furo Pdh1.....	40
Figura 5.10 – Gráfico C.E. – furo Pdh2.....	43
Figura 5.11 – Gráfico pH – furo Pdh2	44
Figura 5.12 – Gráfico Ox.D. – furo Pdh2.....	44
Figura 5.13 – Gráfico Cl – furo Pdh2	45
Figura 5.14 – GráficoPO ₄ – furo Pdh2	45
Figura 5.15 – Gráfico NO ₃ – furo Pdh2	46
Figura 5.16 – Gráfico dos SO ₄ – furo Pdh2.....	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Valores paramétricos e respetivas unidades para alguns parâmetros químicos de referência e indicadores para a água destinada ao consumo humana.	3
Tabela 3.1 – Valores de transmissividade (m ² /s) para o sistema Aquífero Aluviões do Mondego	26
Tabela 3.2. – Caraterísticas e produtividade das estruturas da Captação da Boavista.....	27
Tabela 5.1. Resultados obtidos da análise dos parâmetros físico-químicos do Rio.	34
Tabela 5.2 – Resultados para o furo Pdh1.	35
Tabela 5.3 - Resultados para o furo Pdh2.....	41

RESUMO

Este trabalho teve como principal objetivo determinar a existência de variabilidade ou mudanças significativas a nível hidrogeológico e/ou hidrogeoquímico ao longo dos últimos 10 anos (com exceção do ano 2014, por falta de dados) e em função da estação do ano no Sistema Aquífero das Aluviões do Mondego, mais especificamente no aquífero aluvionar explorado na Estação de Tratamento de Águas (ETA) da Boavista (instalações de Águas do Mondego S.A).

A investigação desenvolvida foi centrada em duas componentes: análise *in situ* da água na margem do Rio Mondego próximo da ETA da Boavista; e compilação e tratamento de análises físico-químicas captada e referentes ao período de 2005 até 2013 gentilmente disponibilizadas pela Empresa Águas de Mondego S.A.

Os resultados das medições *in situ* expressam os valores de pH, temperatura, condutividade elétrica, total de sólidos dissolvidos e alcalinidade.

O tratamento e interpretação dos dados das análises físico-químicas da água captada indicam que alguns parâmetros mostram variabilidade com o passar dos anos, enquanto noutros parâmetros mostram tendência com o passar do tempo.

Palavras-chave: Rio Mondego; **Aluviões;** **Aquífero;** Hidrogeologia; Hidrogeoquímica.

ABSTRACT

This work aimed to determine the existence of variability or significant changes to hydrogeological level or hydrogeochemical over the years 2013-2015 and depending on the season in Aquifer System of Mondego Alluviums, more specifically in the alluvial aquifer explored in Water Treatment plant (WTP) Boavista (Águas de Mondego S.A.).

The developed research focused on two components: *in-situ* water analysis in the Mondego River bank near the Boavista ETA; and collection and treatment of physical and chemical analyzes collected and for the period from 2005 to 2013 kindly provided by Águas do Mondego S.A. company.

The results of measurements *in situ* expressing the values of pH, temperature, conductivity, total dissolved solids and alkalinity

Treatment and interpretation of physical and chemical analysis of the water captured indicate that some parameters show variability over the years, while other parameters show trends over time.

Keywords: Rio Mondego; mudslides; aquifer; hydrogeology; hydrogeochemical.

1. Introdução

1.1. Água e enquadramento legislativo

A água, dádiva da Natureza e elemento essencial para a Vida, para o Desenvolvimento sócio-económico e para o Ambiente, é um recurso que, embora renovável, é também limitado e vulnerável. A utilização deste recurso tem vindo a aumentar quase exponencialmente, o que implica problemas crescentes de disponibilidade quantitativa e qualitativa e de compatibilização dos seus diferentes usos.

A gestão global, integrada e sustentável dos recursos hídricos é, assim de vital importância para assegurar o desenvolvimento do território nas suas diversas vertentes, especialmente, social, económica e ambiental. Essa gestão deve ser adequada a unidades territoriais coerentes e relevantes para os recursos hídricos, designadamente, a região hidrográfica, a bacia hidrográfica e as massas de água.

Segundo a definição das Nações Unidas (UN,2005), a qualidade da água refere-se às “propriedades físicas, químicas, biológicas e organolépticas (relacionadas com o sabor e cheiro) da água”, sendo a qualidade química de uma água, segundo Fetter (1994), determinada pelas espécies químicas que tem dissolvidas (gases e solutos) e também pela matéria que tem em suspensão ou a flutuar.

A água deve ter um aspeto limpo, deve ser pura e estar isenta de microrganismos patogénicos, o que é conseguido através do seu tratamento. Portanto, para a água se manter nessas condições deve-se evitar a sua contaminação através de resíduos (de natureza química ou orgânica), por esgotos, resíduos industriais ou por sedimentos provenientes da erosão.

O facto de uma determinada água poder ser considerada como adequada para uma dada utilização está dependente das suas características físicas, químicas, microbiológicas e radiológicas preencherem os requisitos definidos por normas e critérios estabelecidos nacional e internacionalmente. Tais requisitos variam de país para país, sendo afetados por fatores como o clima, a situação económica do país, a disponibilidade hídrica, etc.

Em Portugal são os Decretos-lei nº 236/98, de 1 de agosto, decreto-lei. Nº 243/2001, de 5 de setembro, decreto-lei nº 382/99, de 22 de setembro e decreto-lei. Nº 306/2007, de 27 de agosto, que correspondem à legislação base em vigor que regula a qualidade da água para os diferentes tipos de utilização.

O Decreto-lei nº 236/98, de 1 de agosto, tem como âmbito a proteção da saúde pública, de gestão integrada dos recursos hídricos e de preservação do ambiente, pretende-se também com este diploma legal clarificar as competências das várias entidades intervenientes no domínio da qualidade da água.

O Decreto-lei n.º 243/2001, de 5 de setembro, tem por objetivo assegurar a qualidade da água para consumo humano nas sociedades atuais, ponderada a sua importância para a saúde e a necessidade de salvaguardar e promover a sua utilização sustentável, protegendo a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes de qualquer contaminação da água destinada ao consumo humano, assegurando a sua salubridade e limpeza. Este diploma transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano.

O Decreto-lei nº 382/99, de 22 de setembro, define as águas subterrâneas como importantes origens de água, efetivas ou potenciais, a nível regional e local, que importa conservar. Porém, a qualidade das águas subterrâneas é suscetível de ser afetada pelas atividades sócio-económicas, designadamente pelos usos e ocupações do solo, em particular pelas áreas urbanas, infra-estruturas e equipamentos, agricultura e zonas verdes. A contaminação das águas subterrâneas é, na generalidade das situações, persistente, pelo que a recuperação da qualidade destas águas é, em regra, muito lenta e difícil. A proteção das águas subterrâneas constitui, assim, um objetivo estratégico da maior importância, no quadro de um desenvolvimento equilibrado e duradouro.

O Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, procedendo à revisão do Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro, tendo por objetivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes da eventual contaminação dessa água e assegurar a disponibilização tendencialmente universal de água salubre, limpa e desejavelmente equilibrada na sua composição. Estabelece ainda os critérios de repartição da responsabilidade pela gestão de um sistema de abastecimento público de água para consumo humano, quando a mesma seja partilhada por duas ou mais entidades gestoras. Na Tabela 1.1 encontram-se compilados alguns valores paramétricos dos parâmetros químicos e indicadores descritos neste Decreto-Lei.

Tabela 1.1 – Valores e respetivas unidades para alguns parâmetros químicos de referência e indicadores para a água destinada ao consumo humana
(fonte: Decreto-lei nº306/2007 de 27 de Agosto).

Parâmetro	Parâmetro particular	Valor paramétrico	Unidade
Químico	Crómio	50	µg/L Cr
	Níquel	20	µg/L Ni
Indicadores	Cálcio	--	mg/L Ca
	pH	≥ 6,5 e ≤ 9	unidades de pH
	Magnésio	--	mg/L Mg
	Manganês	50	µg/L Mn

A Diretiva-Quadro da Água (DQA), Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000, transposta para o direito nacional pela Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro (Lei da Água), complementada pelo Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, estabeleceu um quadro de ação de âmbito comunitário para o domínio da política da água, que constitui hoje a ferramenta principal para a gestão integrada dos recursos hídricos, satisfazendo as necessidades atuais sem comprometer a satisfação das necessidades das gerações futuras e evitando o conflito entre desenvolvimento e proteção ambiental com vista a garantir uma gestão sustentável dos recursos hídricos, protegendo assim as águas superficiais interiores, de transição e costeiras e as águas subterrâneas.

1.2. O Rio Mondego

“O Mondego não é apenas o mais importante dos rios nascidos em Portugal. É também o mais português por ter sido sentido e cantado por quase todos os grandes poetas portugueses. (...) Muitos celebraram as “doças e claras águas” “entre os choupais murmurando”, “os saudosos campos” “o cristalino curso” “os salgueiros a cantar” “as falas mais tristes” do “languido Mondego”.” (Ribeiro, 1987)

O rio Mondego, com nascente situada a 1425m de altitude, na Serra da Estrela, e a foz no Oceano Atlântico, na Figueira da Foz, é o principal rio da região centro do país, apresentando um percurso de 220 km. A sua bacia hidrográfica tem uma área de 6772 km², correspondendo à maior bacia inteiramente portuguesa, (CCRC, 1988). Atualmente corre em canal artificial desde Coimbra até à Figueira da Foz, pela extensa planície designada por Baixo Mondego.

A bacia distingue-se das restantes bacias hidrográficas portuguesas por um conjunto de fatores importantes de salientar. Tem um potencial hídrico significativo (afluência média anual na foz da ordem dos 86 m³/s), situada no centro do país, configurando-se como uma reserva hídrica de elevado interesse estratégico, num futuro a longo prazo. É uma bacia com uma enorme diversificação de utilizações da água, muito importantes para o desenvolvimento económico da região, nomeadamente a agricultura e a indústria no Baixo Mondego, a produção de energia elétrica no Médio Mondego e na Serra da Estrela e, claro, o abastecimento público em toda a bacia.

Por tudo isto, a bacia hidrográfica do rio Mondego é uma das bacias portuguesas com maior utilização dos recursos hídricos, sobretudo a componente hidroelétrica e agrícola.

A situação atual em matéria de águas residuais assume especial importância nos municípios mais densamente povoados da bacia, nomeadamente em torno de Coimbra e nas margens do Mondego até à costa atlântica. Isto deve-se à grande afluência de consumo da água da região, que fornece vários municípios que a rodeiam.

1.3. Captação hídrica no Mondego

As captações constituem uma parte fundamental dos sistemas de abastecimento de água necessárias a qualquer tipo de utilização recolhendo a água na natureza (origem), tal qual ela existe, de acordo com as necessidades. O tipo de obra a considerar depende, basicamente, da situação em que a água se encontra no ciclo hidrológico e dos caudais requeridos.

A empresa Águas do Mondego S.A. (figura 1.1), criada em 2005, pretende satisfazer as necessidades da população da região ao nível da quantidade e qualidade da água. Pretende assim abastecer os municípios de Ansião, Arganil, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Leiria, Lousão, Mealhada, Miranda do Corvo, Penacova, Penela e Vila Nova de Poiares, correspondendo a uma população de quase 450 mil habitantes e um consumo anual de cerca de 45 milhões de m³.

O Subsistema de Captação e Abastecimento de Água da Boavista abastece cerca de 60% da população servida pelo Sistema Multimunicipal do Mondego-Bairrada. As captações inserem-se na Unidade hidrogeológica da Orla Ocidental, e mais especificamente no Sistema aquífero designado por Aluviões do Mondego.

A água captada na Estação da Boavista tem origem no aquífero aluvionar do Rio Mondego. A captação é constituída por três Poços com drenos horizontais - **Pdh** -, que são constituídos por paredes circulares verticais em betão armado, a partir das quais e próximo da base partem radialmente os drenos para o interior do aquífero. Presentemente um poço encontra-se inativo, o Pdh3.

Os Pdh's têm uma profundidade de cerca de 20m e os drenos horizontais apresentam comprimentos diferenciados. A capacidade extrativa varia entre os 600 L/s a 800 L/s. A água captada - água "em bruto" - apresenta elevada qualidade físico-química e bacteriológica (Águas do Mondego, S.A. 2008).



Figura 1.1 Instalações da Empresa Águas do Mondego S.A.

1.4. Objetivos e estrutura da dissertação

Na presente dissertação pretendeu-se caracterizar em termos físico-químicos as águas captadas e distribuídas na ETA da Boavista, localizada na margem direita Rio Mondego, cidade de Coimbra, e avaliar a sua evolução sazonal e plurianual.

A presente dissertação apresenta a seguinte estrutura:

- Capítulo I: apresentam-se breves considerações gerais sobre planeamento de recursos hídricos, legislações em vigor e apresentação da empresa “Águas do Mondego S.A.”, apresentou-se a estrutura desta dissertação.

- Capítulo II: apresenta-se a caracterização física da área em estudo, isto é, a localização geográfica e o enquadramento geológico e hidrológico da área, tal como a caracterização climatológica da região.

- No Capítulo III, apresenta-se as características e hidrogeologia gerais das aluviões das captações da Boavista, de onde proveem os dados em análise. Tal como as características físico-químicas e qualidade da água.

- O Capítulo IV serve para descrever as metodologias usadas, tanto em ensaios de campo como, principalmente, de estatística e manipulação de dados.

- No Capítulo V apresentam-se os vários gráficos e tabelas obtidas, com o tratamento de dados.

- Capítulo VI: apresenta-se as conclusões resultantes desta dissertação.

Em anexo apresentam-se tabelas e gráficos com os resultados das análises físico-químicas e com os valores de médias, desvio padrão, máximos e mínimos, para cada parâmetro físico-químico.

2. Enquadramento geral

2.1. Enquadramento geográfico-administrativo

A área em estudo localiza-se na cidade de Coimbra, distrito e concelho de Coimbra, mais precisamente na parte a sul do centro da cidade (figura 2.1).



Figura 2.1 Localização da área de estudo

Segundo as unidades territoriais estatísticas de Portugal, a área enquadra-se na Sub-região estatística portuguesa Baixo Mondego (NUT III), na Região Centro, (NUT II) de Portugal Continental (NUT I).

A área em estudo está representada na Carta Militar de Portugal, Folha 241- Coimbra sul, à escala 1/25 000 dos Serviços Cartográficos do Instituto Geográfico do Exército (figura 2.2).



Figura 2.2 – Extrato da Folha 241 da Carta Militar de Portugal (Coimbra Sul) na Escala 1:25000 . Serviços Cartográficos do Exército. Cada quadricula corresponde a 1 km².

O Distrito de Coimbra, formado por 17 municípios, ocupa uma área de 3.974 km² e apresentava, em 2011, uma população residente de 434.311 habitantes, o que representa 4,1% do total nacional, atribuindo-se como o oitavo distrito mais populoso do país. O valor da densidade populacional é de 109 habitantes por Km², ligeiramente abaixo do valor médio nacional (dados censos 2007).

Caracteriza-se por ser um distrito com assimetrias bastante significativas, não só de carácter demográfico, mas também socioeconómico. Em termos demográficos, o distrito de Coimbra apresenta níveis de envelhecimento preocupantes, verificando-se que cerca de um quinto da população é considerada idosa.

O Concelho de Coimbra está subdividido em 31 freguesias e tem uma área de cerca de 319 Km², com uma população residente de 143 052 habitantes (dados do Censos 2011). Tal como em toda a região Centro, a cidade de Coimbra tem sofrido perdas populacionais na última década (-3,6%).

Coimbra tem uma localização geográfica singular resultante da sua inserção na transição das duas grandes unidades geomorfológicas da região – a Orla litoral e o Maciço Central, identificadas, grosso modo, com as bacias do Vouga e do Mondego e áreas de abrasão marinha, a primeira, e pelas zonas de planalto e serras do interior, a segunda (PDM Coimbra). A estas unidades correspondem formas e dinâmicas de ocupação diferentes, verificando-se maiores densidades de ocupação e maior dinamismo demográfico e económico/empresarial no litoral do que no interior.

2.2. Enquadramento geológico regional

A região de Coimbra reparte-se por duas unidades geológicas estruturais distintas – o Maciço Hespérico (formações do Pré-câmbrico e do Paleozóico) e a Orla Mesocenozóica Ocidental (Bacia Lusitânica) – decorrentes das unidades litológicas presentes, que se manifestam ao nível de formas de relevo e, conseqüentemente, dos declives.

O Maciço Hespérico é o domínio de "rochas duras", onde a ocorrência e circulação da água se relacionam com as fraturas, superfícies de diaclasamento ou de xistosidade, quando a rocha se apresenta sã. Quando ocorrem fenómenos de alteração, essas funções podem ter lugar entre os poros intergranulares resultantes dessa alteração.

As unidades geológicas representativas da cidade de Coimbra que se enquadram na sub-zona setentrional da Bacia Lusitânia apresentam-se sob a seguinte disposição: uma sucessão detrítica terrígena continental designada Grupo Grés de Silves e pertence ao Triásico-Hetangiano (Soares & Marques, 1986). Este grupo é constituído por três subunidades litoestratigráficas que são referenciadas como:

- Formação da Conraria - corresponde à unidade "*Grés à rouge brique*" de Choffat (1880 - 1903). É essencialmente constituída por depósitos formados por materiais areno-conglomeráticos, podendo também por vezes apresentar arcoses e subarcoses, muito grosseiras, e essencialmente conglomeráticas, subcompactadas a compactadas, com estruturas obliquas e/ou em ventre;
- Formação de Castelo Viegas: apresenta-se constituída principalmente por arenitos avermelhados podendo ser beges, conglomerados, correspondendo a uma litofácies característica de depósitos de torrente e de rios que corriam de E para W (Ribeiro *et al.*, 1979);
- Formação de Pereiros: é essencialmente constituída na base por arenitos, enquanto no seu corpo superior destacam-se os pelitos e os dolomitos arenosos (Soares *et al.*, 1985).

Posteriormente ocorre a presença de uma série predominantemente carbonatada do Lias, Dogger e parte do Malm terminando na unidade Arenitos da Boa Viagem do Kimeridgiano-Portlandiano (Rocha et al. (1981); Soares et al. (1985); Soares et al. (1986); Barbosa et al. (1988); Soares & Gomes 1997).

Na série predominantemente carbonatada e assente sobre os corpos das camadas de Pereiros verifica-se a presença das Camadas de Coimbra s.l., sendo que Soares et al. (1985) procederam à sua divisão em Camadas de Coimbra s.s., correspondendo estas à parte inferior, e em Camadas de S. Miguel.

A formação das *Camadas de Coimbra*, pertencente ao Jurássico Inferior, de acordo com Soares et al. (1985) é composta essencialmente “*por espessas bancadas dolomíticas*”, em termos de idade é datada essencialmente do Sinemuriano. Na base é composta por um membro dolomítico, constituído por dolomites e calcários pouco fossilíferos (“*Camadas de Coimbra s.s.*” Soares et al., 1985). No topo é constituída por um membro calcário, caracterizado por calcários interstratificados com níveis centimétricos de margas (“*Calcários de S. Miguel*”, Soares et al., 1985; Rocha et al., 1990).

Por fim verifica-se a presença de unidades detríticas e carbonatadas do Cretácico descritas, entre outros, por Soares (1966), Rocha et al. (1981), Reis (1983), Soares & Reis (1984), Soares et al. (1986), Barbosa et al. (1988) a que se sobrepõem em discordância a Formação argilogresosa e conglomerática da Sra. do Bom Sucesso do Oligocénico. Na figura seguinte é possível observar um esboço geológico da cidade de Coimbra.

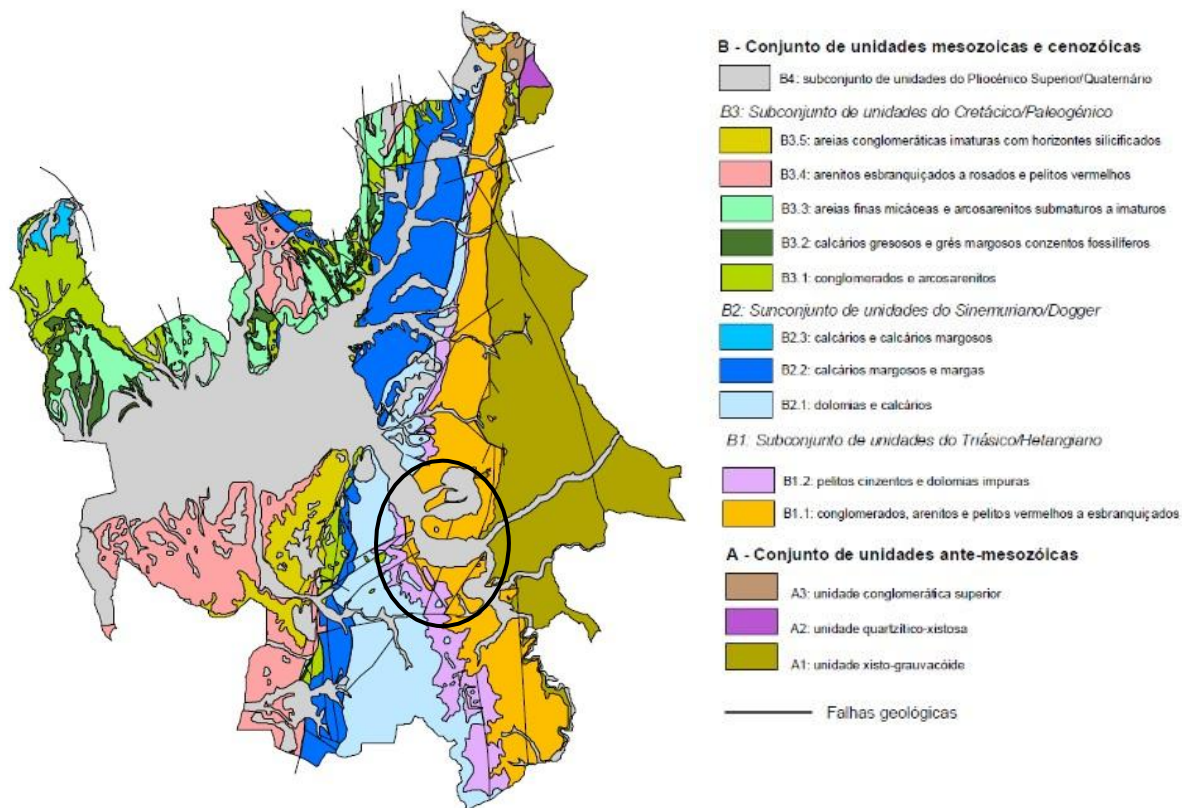


Figura 2.3 – Enquadramento geológico do local em estudo em Carta geológica do Município de Coimbra (fonte: PDM Coimbra, 2008).

2.3. Enquadramento geomorfológico

Do ponto de vista morfológico ressaltam a, E, os relevos xistentos do Maciço Marginal de Coimbra com hipsometrias próximas dos 500 m, cortados pelos vales onde correm os rios Mondego e Ceira e seus afluentes; a W encontram-se formas suaves de colinas areno-conglomeráticas e calcárias que muito raramente ultrapassam os 200 m. A presença do Mondego e de alguns dos seus afluentes, a proximidade do oceano e a fraca resistência das unidades líticas ajudam a criar uma vasta planície aluvial – os Campos do Mondego.

No município predominam os terrenos planos (31%) que correspondem fundamentalmente à planície aluvial do Mondego e seus afluentes. As áreas de declive superior a 25%, ocupam cerca de 26% do território e localizam-se, em grande parte, a este, nas vertentes do Maciço Marginal. O fator declive, embora não determinante, contribui para a instabilidade do terreno associada a movimentos de massa de vertente (20% do município são áreas de moderada a elevada instabilidade).

As grandes linhas gerais do relevo da área de Coimbra são controladas pelas características litológicas e disposição estrutural, mas essencialmente pela fracturação ligada ao soerguimento do *Horst* do Maciço Marginal de Coimbra (Biro, 1949, *in* Rebelo, 1985; Cunha et al. 1997), em contraste com o abatimento, mais ou menos diferenciado do conjunto da Orla. As movimentações segundo a vertical deverão ter sido o elemento básico para a explicação das linhas gerais do relevo. A rigidez da direção do vale do Mondego no centro da cidade (NNW-SSE) e as inflexões bruscas que mostra, explicam-se pela fraturação existente. Na figura 2.4 temos um esboço da geomorfologia da região de Coimbra.

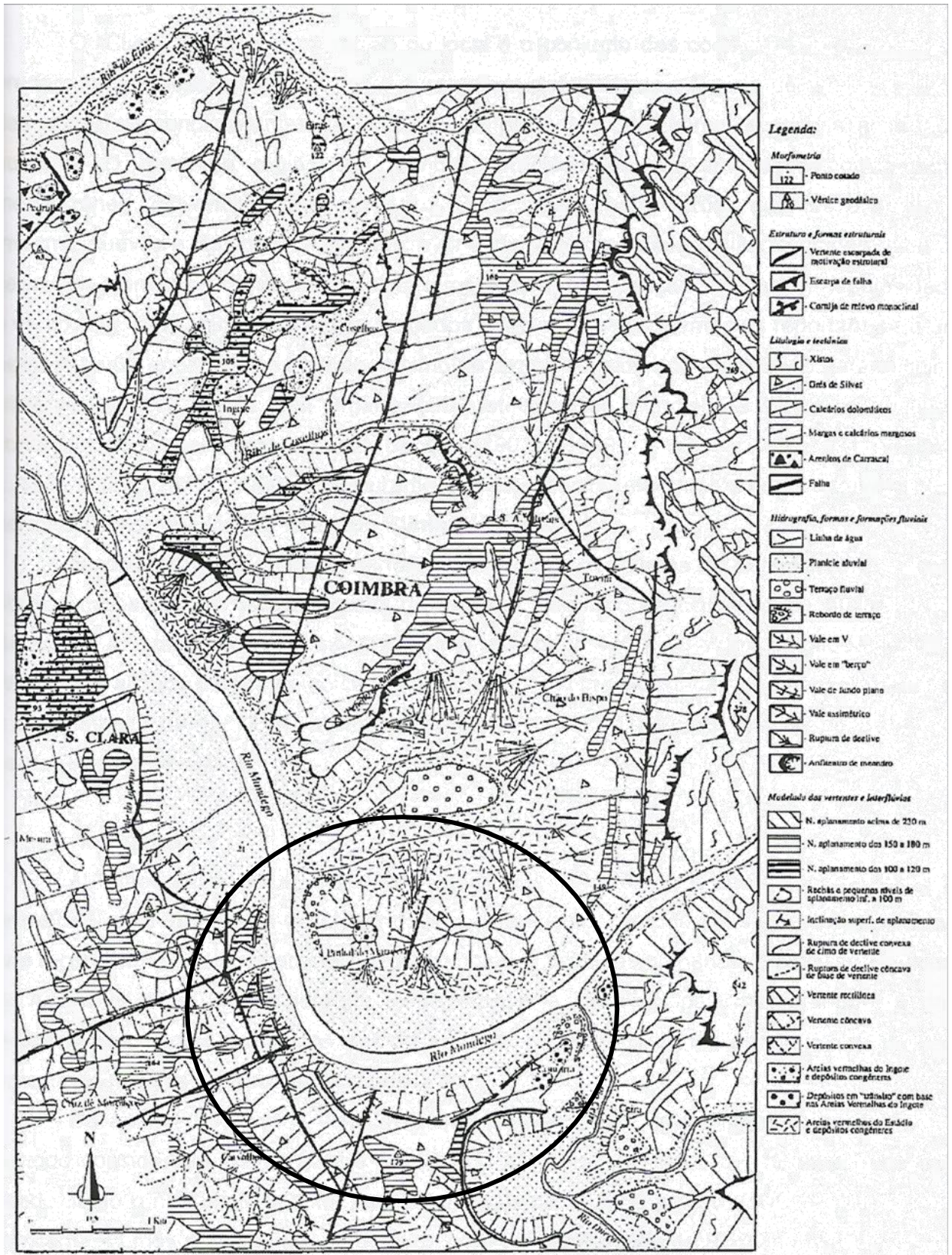


Figura 2.4 – Esboço geomorfológico de Coimbra (Cunha, 1996).

2.4. Enquadramento hidrográfico e hidrogeológico

A área em estudo enquadra-se na Bacia Hidrográfica do Rio Mondego, especificamente no troço de Coimbra pertencente ao domínio do Baixo Mondego-Bairrada (figura 2.5). Situa-se na unidade Orla Ocidental, no sistema aquífero designado por Aluviões do Mondego. As aluviões que o constituem, são muito produtivas, porosas e o nível freático ocorre na proximidade da superfície do terreno.

Na zona em estudo a recarga aquífera aumenta devido a um conjunto de processos hidrodinâmicos que promovem este aumento hídrico da unidade ou recarga aquífera. Existe uma clara ligação hidráulica entre o Rio (albufeira) e as aluviões que constituem o aquífero aluvionar. A elevada condutividade hidráulica das aluviões, permite a fácil infiltração da água da albufeira garantindo recursos exploráveis muito elevados. A elevada capacidade transmissiva do aquífero é, desse modo, o fator mais determinante para a exploração dos volumes de água pretendidos.

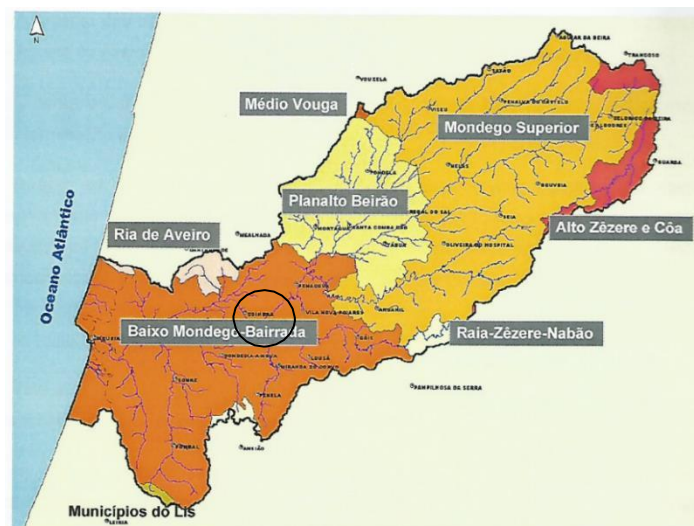


Figura 2.5 – Bacia hidrográfica do Mondego com indicação dos Sistemas plurimunicipais de saneamento (DRAOT, 2001).

A elevada condutividade hidráulica das aluviões, permite a fácil infiltração da água superficial, garantindo recursos exploráveis muito elevados. A elevada capacidade transmissiva do aquífero é, desse modo, o fator mais determinante para a exploração dos volumes de água pretendidos.

As aluviões assentam na Formação Grés de Silves (Triásico), que do ponto de vista hidrogeológico se trata de uma formação de permeabilidade muito baixa, e por isso, funciona como substrato impermeável.

O escoamento subterrâneo local efetua-se paralelamente ao eixo do rio. Contudo, na massa de água subterrânea do Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Mondego ele é condicionado maioritariamente pela topografia, linhas de água e pela existência de uma rede de fracturação, que pode ser continua ou não (ARH centro). A nível regional verifica-se que o fluxo é maioritariamente de Este para Oeste acompanhando a topografia (figura 2.6), embora localmente se possa verificar o condicionamento do fluxo subterrâneo pela rede de drenagem das linhas de água superficiais e, eventualmente, pela rede de fracturação (ARH centro).

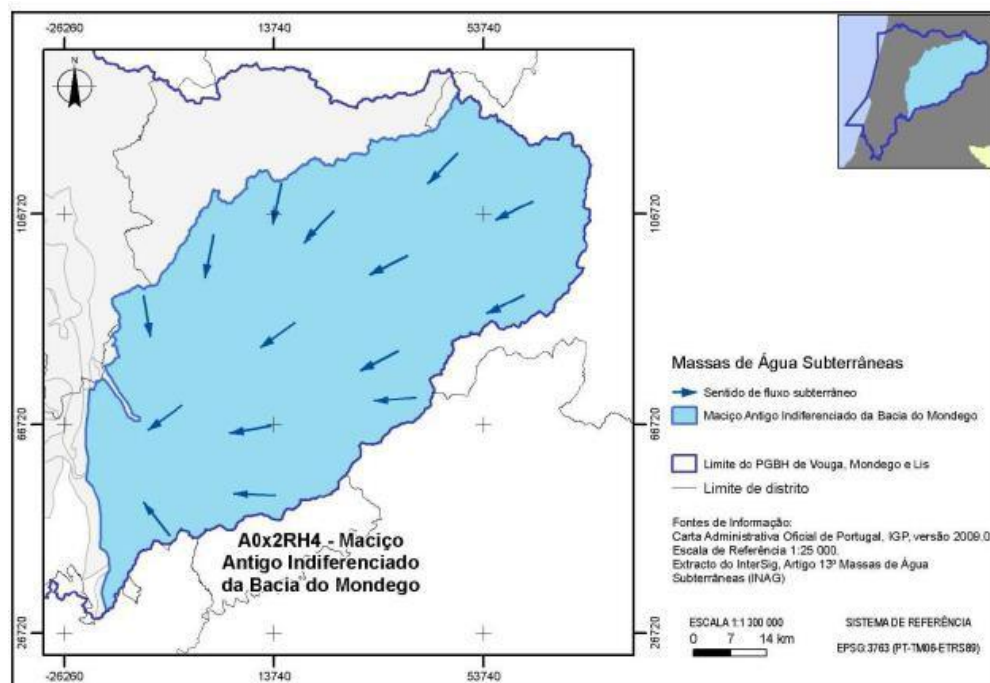


Figura 2.6 – Principais direções de fluxo subterrâneo na Massa de águas subterrâneas no Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Mondego (retirado: ARH-centro).

Uma formação ou estrutura geológica é considerada aquífera pela conjugação de diversas características, como a capacidade de armazenamento hídrico e uma média a elevada condutividade hidráulica, ocorre também uma recarga aquífera regular. As propriedades físicas-químicas da água obedecem aos valores exigidos para uma captação de água ser técnica e economicamente viável. De acordo com os estudos de caracterização física para o PDM de Coimbra, a área de estudo tem um valor de potencial aquífero alto (figura 2.7).

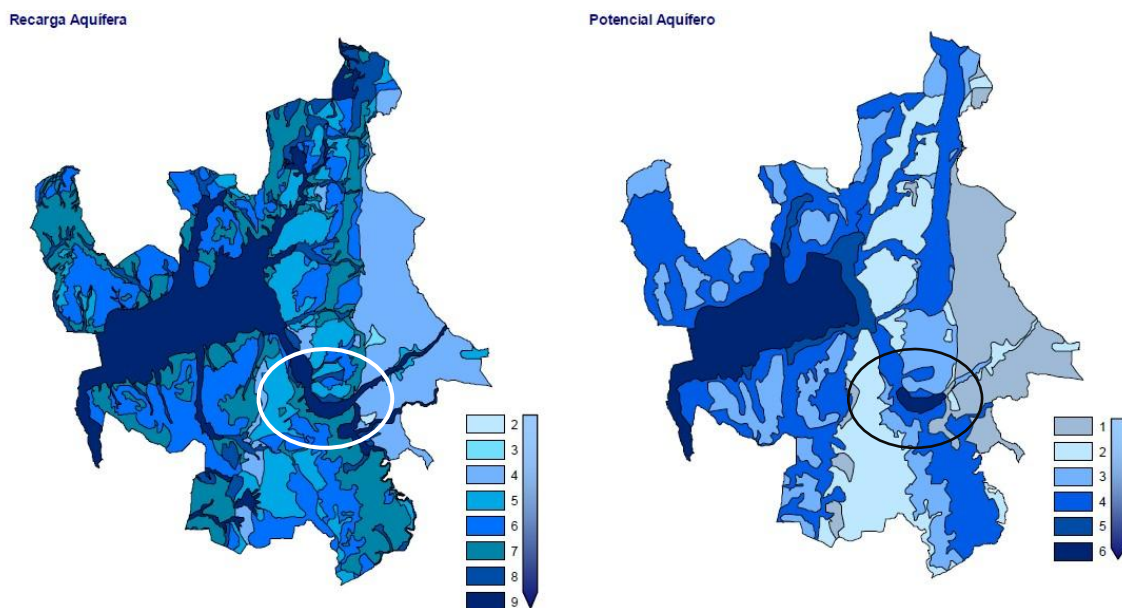


Figura 2.7 – Mapas representativos dos valores de recarga e potencial aquífero. (fonte: estudos de caracterização da revisão do PDM Coimbra, 2010).

2.5. Enquadramento pedológico e uso e ocupação dos solos

Próximo da Boavista encontra-se uma zona povoada e com grande afluência automóvel, como o Poló 2 da Universidade de Coimbra e a estrada N17. Na zona existem também vários espaços verdes de lazer e de desporto, e também algumas zonas agrícolas, principalmente na margem esquerda próximo da Boavista. Na figura seguinte é possível observar essa afluência populacional, através das zonas com maior coloração, que representam os espaços edificados da área em estudo.

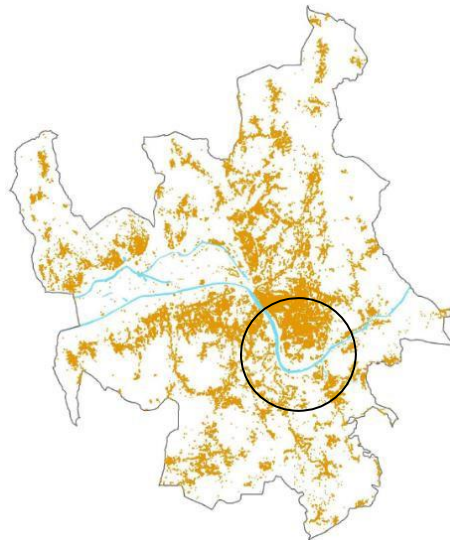


Figura 2.8 – Mapa de espaços edificados do Município de Coimbra (fonte: estudos de caracterização da revisão do PDM de Coimbra, 2010).

As unidades pedológicas presentes na área de estudo, segundo a Carta de solos do Atlas do Ambiente, à escala 1:1 000 000, são do tipo Cambissolos crómicos e êutricos (Figura 2.9). Os Cambissolos caracterizam-se por terem um desenvolvimento intermédio, definem-se por estarem numa fase inicial de diferenciação em horizontes. Este tipo de solos têm baixa a intermédia permeabilidade.

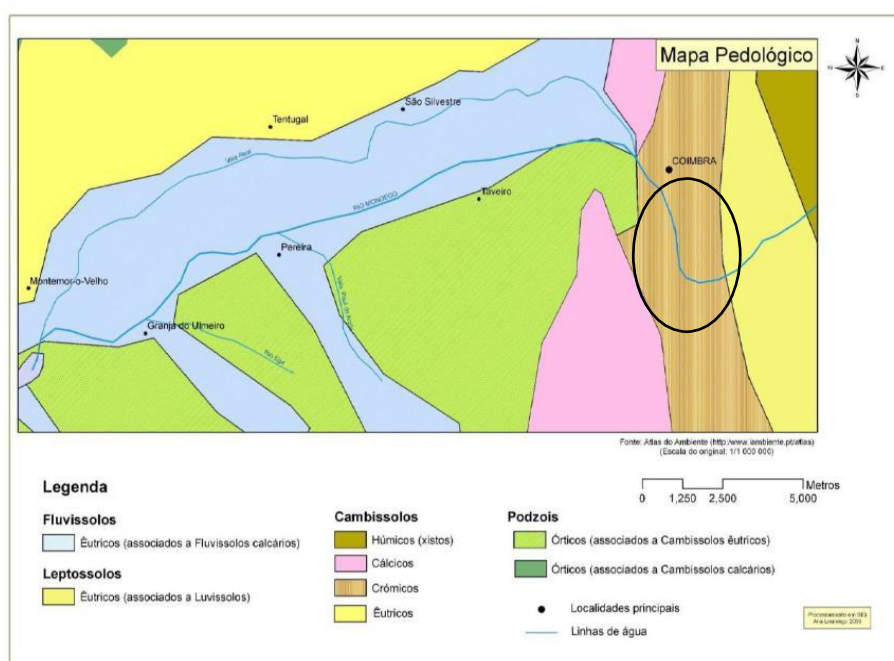


Figura 2.9 – Principais unidades pedológicas próximas da área de estudo (adaptado de Atlas do Ambiente 2007, em Lourenço 2012).

2.6. Enquadramento climático

A região de Coimbra é caracterizada por um clima com regime nitidamente mediterrâneo, influenciado pelo Atlântico (Silva, 1998), em que os verões são quentes e secos e Invernos suaves e chuvosos. Contudo, para descrever o clima de uma dada região é necessário ter em conta os seguintes elementos climáticos: temperatura; insolação; nebulosidade; e vento (Silva, 1998).

Os dados climatéricos disponibilizados pelo IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), para as variáveis temperatura e precipitação, contêm registos da estação meteorológica de Bencanta, a 35m de altitude com latitude 40°12N e longitude 8°27W, situada na periferia oeste da cidade. Segundo a informação disponibilizada pelo IPMA, a classificação segundo Koppen e Geiger é de um clima temperado, tipo C, com subtipo Csb (clima temperado com Verão seco).

O número de horas de sol descoberto acima do horizonte ou duração da insolação (Ganho, 1992) é maior em julho e agosto (9,6 e 9,4 h respetivamente), pois são os meses com o maior número de horas de Sol por dia registados para o período de 1971-2000, seguindo-se-lhes o mês de junho, com 8,6 h. O mês com registo de menor número de horas diárias de Sol, foi o mês de dezembro (4,1h).

Os dados disponibilizados são referentes ao período de 1981 a 2010, apresentam temperaturas médias anuais de 15,9°, sendo os meses mais frios, o janeiro, fevereiro e dezembro com temperaturas médias de 10°C, tendo apresentado em alguns dias temperaturas mínimas de -4,5°C. Os meses mais quentes são julho e agosto, com temperatura média de 21,9°C, podendo em dias mais quentes atingir valores de 41,5°C (figura 2.10 a))

Quanto à precipitação atmosférica, esta concentra-se nos meses não estivais, de acordo com os valores médios de precipitação para o mesmo período (1981/2010) (figura 2.10 b)), os meses com maior precipitação média são Novembro e Dezembro, com 118mm e 126mm, respetivamente (IPMA, 2014). Lencastre e Franco (1984) apresenta valores para a precipitação de Coimbra, em ano médio de 962 mm, com repartição sazonal marcada da precipitação: um período chuvoso, desde o mês de outubro a maio, com cerca de 88% da precipitação média anual.

A direção predominante dos ventos é de NW, direção esta que se verifica quase ao longo de todo o ano (março, abril, maio, junho, julho, agosto e setembro). Contudo, em outubro as direções predominantes médias são NW/SE e nos meses de Inverno (dezembro, janeiro e fevereiro) são SE. No mês de novembro, o vento sopra predominantemente de sul (valor médio). Este regime de ventos pode ser alterado de ano para ano, existindo uma variação intra-diurna na sua direção.

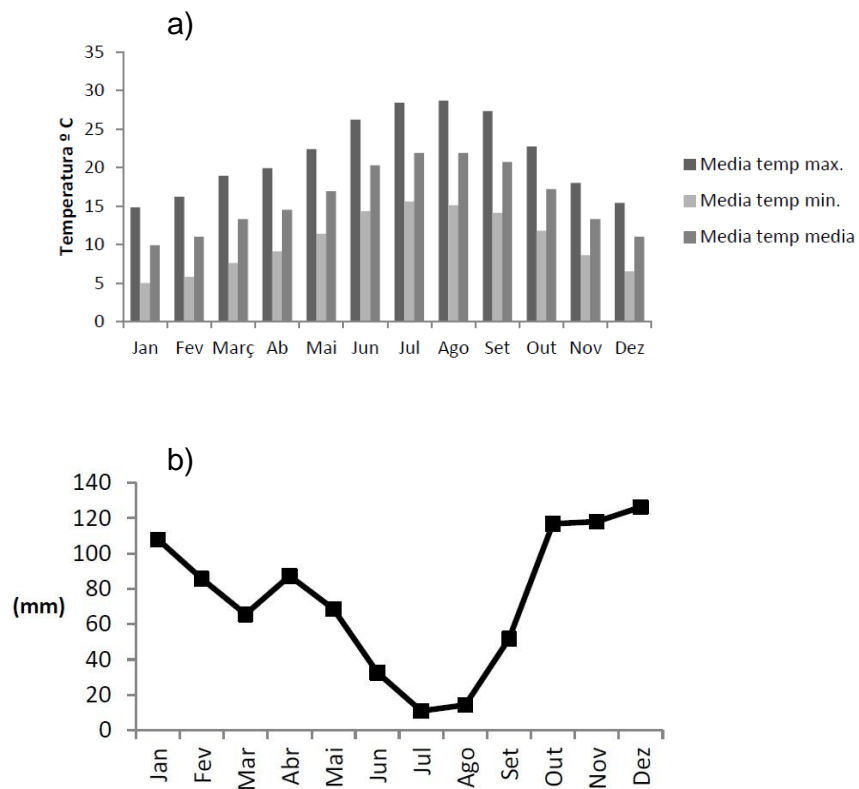


Figura 2.10 – Gráficos com: a) Variação das temperaturas máxima, mínima e média; b) variação da precipitação média mensal (Coimbra, 1981/2010, segundo IPMA).

3. Aquífero Aluvionar da Boavista

3.1. Hidrogeologia geral das aluviões

As captações da Boavista localizam-se na margem direita do rio Mondego, numa faixa aluvionar, logo após o rio passar o Maciço Hespérico e entrar na Orla Mesocenozóica Ocidental. As aluviões que servem de suporte às captações da Boavista, inserem-se no sistema aquífero designado por “Aluviões do Mondego” (Almeida *et al*, 2000), da unidade hidrogeológica “Orla Ocidental” (figura 3.1).

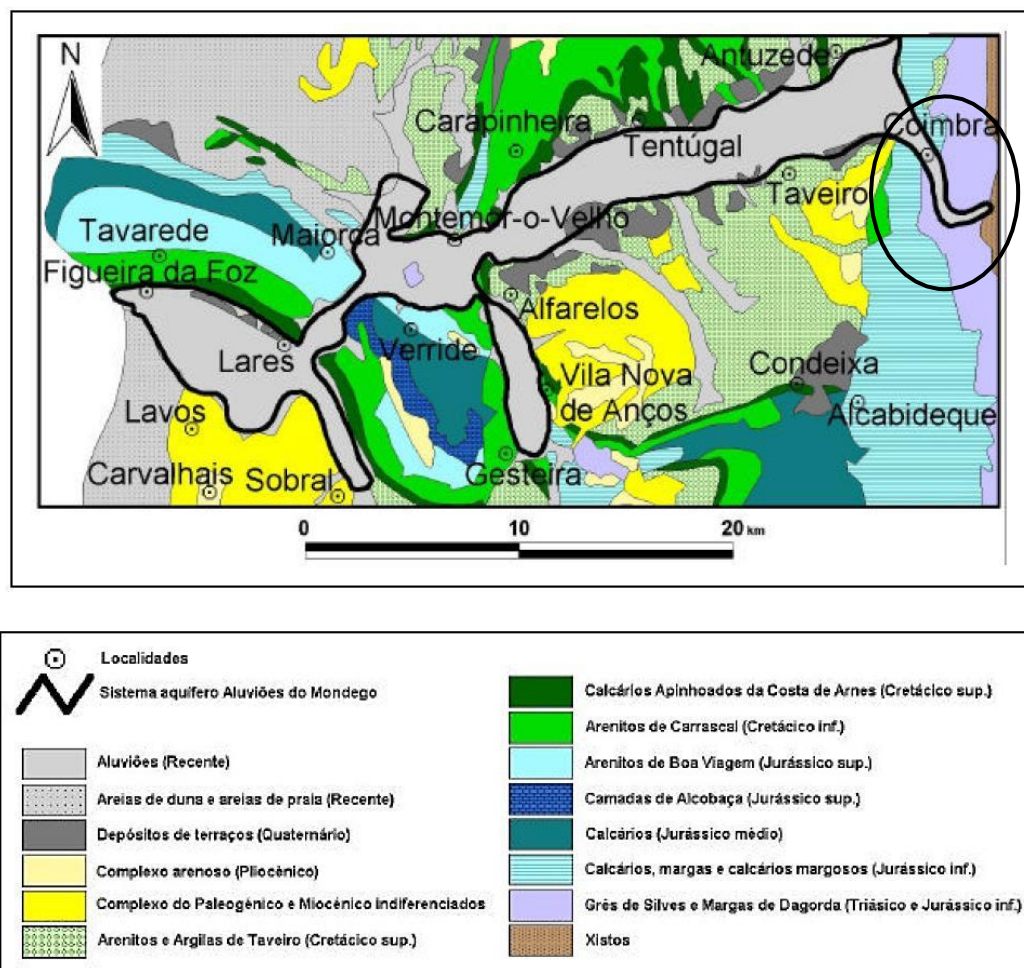


Figura 3.1 – Localização da área analisada no Sistema Aquífero das ‘Aluviões do Mondego (Almeida et Al 2000)’.

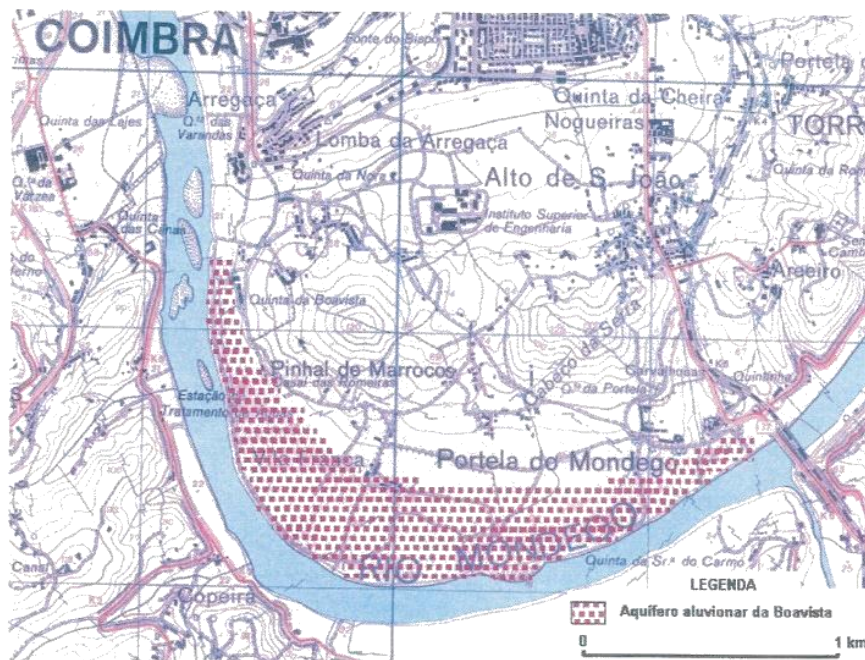


Figura 3.2 – Localização da aquífero aluvionar da Boavista (fonte: Mendonça, J.Lopo, 2000).

As aluviões expressam-se como depósitos de areias e silte localizados no leito e margem do rio (figura 3.2), por vezes com níveis de cascalheiras e com poucas lenticulas lodosas de extensão e espessura reduzidas. Este tipo de materiais sobrepõe-se aos arenitos triásicos (Grés de Silves), que na zona ribeirinha estarão a cerca de 20 a 25 m de profundidade (figura 3.3).

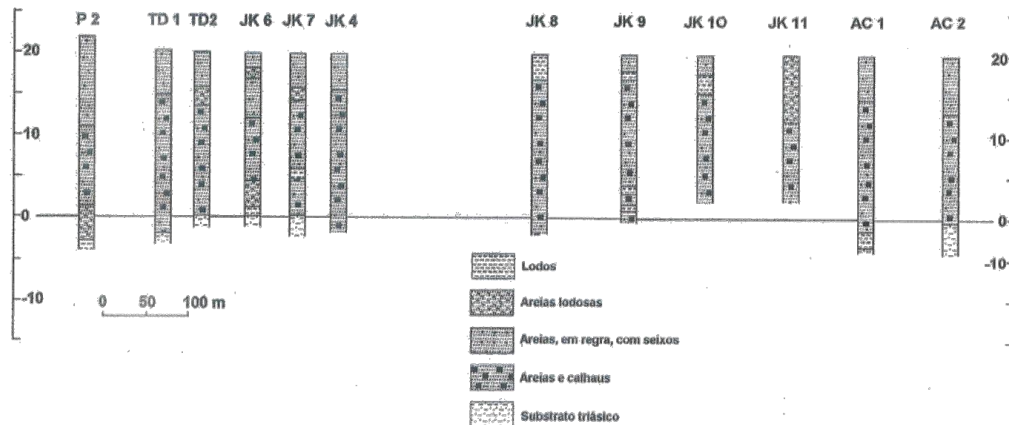


Figura 3.3 – Logs geológicos de sondagens efetuadas nas aluviões da Boavista (Mendonça, J.L., 2000).

As aluviões formam um aquífero poroso, livre, homogéneo, isotrópico e muito produtivo com um substrato praticamente impermeável. O aquífero é limitado na base por arenito do Triásico, que é considerado impermeável.

Na atribuição de cota do substrato do aquífero são consideradas duas zonas: na maior parte da área à cota 0 m; na proximidade do limite com o grés à cota +10 m. A água na albufeira e a superfície freática inicial consideram-se à cota +20 m. As reservas e os recursos exploráveis do aquífero são muito superiores aos recursos intrínsecos. A exploração do aquífero induz a infiltração (captura) da água no leito do rio e traduz-se, por isso, por um 'prejuízo' no caudal do escoamento superficial. Na exploração das captações da Boavista, é utilizado este mecanismo - infiltração induzida.

Os recursos disponíveis ou exploráveis, no que respeita à quantidade e à qualidade, dependem quase exclusivamente da albufeira adjacente (albufeira do Açude-Ponte de Coimbra). O modelo conceptual de fluxo do aquífero aluvionar também inclui a infiltração da água que deriva das precipitações diretas nas aluviões e das escorrências com origem na colina adjacente.

A distribuição da precipitação gera superavit hídrico nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março; havendo um déficit hídrico nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro (e eventualmente em abril). Tendo em conta as características morfológicas e geológicas da área aluvionar, estima-se que a infiltração profunda, ou recarga, seja 220 mm/ano, aproximadamente 60% do superavit hídrico anual.

Quando da conceção dos atuais Poços de Drenos Horizontais (Pdh's), a interpretação de ensaios de produtividade realizados nos furos AC1 e AC2 e de ensaios de bombagem expeditos em furos de pesquisa localizados nas proximidades do Pdh1 justificou o valor da condutividade hidráulica médio de 2.5×10^{-3} m/s atribuído ao aquífero aluvionar, e a porosidade efetiva de 0,15.

Na tabela apresentam-se os valores de transmissividade atribuídos ao aquífero implantados nos aluviões do Mondego.

Tabela 3.1 – Valores de transmissividade (m^2/s) para o sistema Aquífero Aluviões do Mondego (in Almeida et al., 2000).

Parâmetro	n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
T (m^2/s)	10	$5,57 \times 10^{-2}$	$8,47 \times 10^{-2}$	$7,87 \times 10^{-3}$	$1,22 \times 10^{-2}$	$1,71 \times 10^{-2}$	$2,62 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-1}$

3.2. Captações da Boavista

Captando nas aluviões que marginam a albufeira do Açude-Ponte de Coimbra, as Águas do Mondego S.A., têm atualmente as seguintes estruturas de captação:

- 2 poços com drenos horizontais (Pdh1 e Pdh2);
- 2 furos convencionais (AC1 e AC2).

No local estão implantados outros furos que não estão atualmente operacionais.

Na tabela 3.2 apresentam-se algumas características e a produtividade de furos de captação executadas na área da Boavista.

**Tabela 3.2. – Características e produtividade das estruturas da Captação da Boavista
(Mendonça, 2000; Aqualis, 2008)**

Refª	Tipo	Profundidade (m)	Caudal (l/s)	Rebaixamento (m)	Caudal Especifico (l/s/m)
Pdh1	Poço	33,5	625	2,0	312,5
Pdh2	Poço	33,5	625	3,7	168,5
AC1	Furo	24,10	100,0	3,7	27,0
AC2	Furo	24,0	100,0	3,3	30,3

A produtividade e rendimento dos furos têm variações significativas na zona mais a jusante. Estas variações podem relacionar-se com a percentagem de fracção argilosa e siltosa, em camadas individualizadas ou dispersa nas areias, e com a distância ao rio Mondego (a totalidade destes furos foi executada antes da construção do Açude-Ponte).

Quando da conceção dos atuais Poços de Drenos Horizontais (Pdh's), a interpretação de ensaios de produtividade realizados nos furos AC1 e AC2 e de ensaios de bombagem expeditos em furos de pesquisa localizados nas proximidades do Pdh1 justificou o valor da condutividade hidráulica (K) médio de 2.5×10^{-3} m/s atribuído ao aquífero aluvionar, e a porosidade efetiva (ne) de 0,15 (Aqualis 2008).

De cada Poço de Dreno Horizontais (Pdh) extrai-se o caudal de 625 l/s e de cada furo são bombeados 100 L/s. Os Pdh's são substituídos por poços tubulares totalmente penetrantes com raio equivalente a cerca de 2/3 do comprimento médio dos drenos (de acordo com a experiência da empresa Fehlman (Mendonça, 1985)).

3.3. Vulnerabilidade do aquífero aluvionar

A vulnerabilidade, que resulta das boas condições de infiltração no leito da albufeira, é muito elevada. Dadas as características litológicas, texturais e estruturais do aquífero, a capacidade atenuadora (depuradora) de eventuais contaminações depende quase exclusivamente da 'película' de materiais mais finos e com matéria orgânica que recobre o leito da albufeira.

A granulometria elevada e a composição predominantemente quartzosa das areias não proporcionam condições favoráveis à retenção de contaminantes por adsorção e troca iónica, por exemplo. Eventuais contaminantes dissolvidos na água podem penetrar no aquífero depois de ultrapassada a capacidade atenuadora da 'película'.

O mecanismo de captação é suficientemente eficaz do ponto de vista da filtração mas bastante menos eficaz na alteração (depuração) da qualidade química da água infiltrada. Pode-se concluir, que a qualidade da água captada nas aluviões da Boavista depende e é posta em risco por eventuais focos de contaminação localizados nas aluviões, zona envolvente e na área da Bacia Hidrográfica do Mondego a montante da Boavista (Mendonça, J.L. 2000).

Atualmente, os impactes sobre a qualidade da água na área Boavista não são muito perceptíveis.

4. Metodologias

4.1. Base de Dados

Os dados das análises físico-químicas utilizados neste estudo são em amostras recolhidas regularmente no período compreendido entre Janeiro de 2005 a Dezembro de 2013. A recolha efetuou-se em captações tradicionais próximo das instalações da Eta da Boavista, e foram posteriormente analisadas no laboratório das mesmas. Para o presente estudo selecionaram-se apenas as análises completas e optou-se por utilizar o seguinte conjunto de parâmetros:

-Parâmetros físico-químicos: Temperatura (T); Condutividade eléctrica (CE); e pH.

-Parâmetros químicos: Oxigénio dissolvido; NH₄; Cl; PO₄; NO₃; Cu; Fe; Mn; SO₄; Ca; e Mg.

Inicialmente procedeu-se à organização dos dados por anos e por furo. Podendo ser possível observar a falta de elementos detetados ou doseados em alguns anos. Efetuaram-se tabelas e gráficos com os valores de médias, desvio padrão, máximos e mínimos, para os diferentes elementos ao longo que cada ano, para o furo Pdh1 e para Pdh2, sendo possível tirar conclusões acerca das variações anual e sazonais. Por fim, faz-se a descrição dos diferentes valores obtidos para cada elemento, comparando os dois furos em estudo.

Nos anos 2011, 2012 e 2013 os teores de fosfatos foram todos menores a 0,08 mg/L, correspondente ao limite de deteção do método, não sendo possível a elaboração de gráficos, para o furo Pdh1. Para o ferro nos anos 2009 e 2010 foram registados valores menores a 0,10 mg/L.

No ano de 2010 o manganês, só foi detetado em 3 análises, do furo Pdh1, com o máximo 0,024 mg/L em fevereiro e valor mínimo 0,01 mg/L, no mês de agosto. No ano de 2010, os sulfatos só foram detetados em 2 análises, com valores de 7,5 mg/L em fevereiro e de 6,4 mg/L no mês de agosto, também para o furo Pdh1.

Para o furo Pdh2, quantos aos fosfatos, nos anos 2011, 2012 e 2013 os valores são todos menores a 0,08 mg/L. Para os valores do ferro, em 2007 são registados valores menores a 0,02 mg/L de janeiro a maio, a partir de maio os valores são menores a 0,03 mg/L. Em 2008 os valores de Ferro são menores de 0,03 mg/L. Nos anos 2009 e 2010 os valores são menores a 0,10 mg/L. Em 2013 apresenta valores menores 0,05 mg/L. Sendo assim, não se conseguem obter gráficos nos anos anteriormente referidos.

No ano 2010, no furo Pdh2, não foi detetado manganês. Em 2011 só foi registado um valor: 0,032 mg/L, no mês de outubro. No ano 2012 os valores são menores que 0,010 mg/L.

No ano 2010 foram registados somente dois valores, para os sulfatos: 8,4 mg/L no mês de fevereiro; e 7,1 mg/L em agosto (furo Pdh2).

5. Resultados

5.1. Hidroquímica à data de construção de Pdh1 e Pdh2

Através dos boletins de análises físico-químicos disponíveis no arquivo das Águas do Mondego, S.A., relativas à água subterrânea da zona da Boavista, obtidas durante a campanha de trabalhos conducentes à construção dos poços de drenos horizontais Pdh1 e Pdh2, foi possível caracterizar e definir a fácies hidrogeoquímica da água presente naquela altura nas aluviões do Mondego na área em questão.

Os iões principais de cada amostra de água analisada encontram-se projectados em diagrama de Piper (figura 5.1). Conclui-se que a água do Rio é menos mineralizada que aquela que foi captada nos poços, na data considerada (1989/1990), havendo também uma ligeira diferença entre estes. Observando o diagrama de Piper considera-se estas águas como águas de fácies mista.

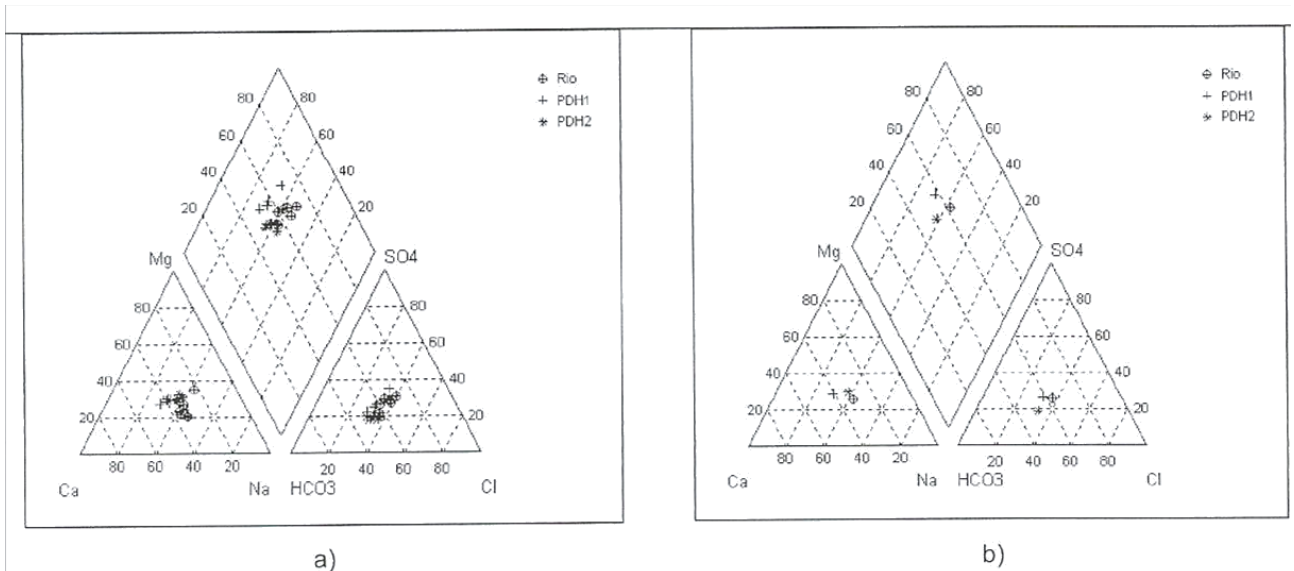


Figura 5.1 - Projeção em diagrama de Piper dos valores analíticos da água captada nos poços Pdh1 (4 análises) e Pdh2 (5 análises) e do Rio (7 análises) (1989/1990): a) análises individuais; b) valores médios (retirado: Aqualis 2008).

5.2. Qualidade da água

A água captada na Boavista é de fácies mista, tanto no que respeita aos aniões como aos catiões (figura 5.2). Como regra, os aniões cloreto e bicarbonato dominam; o sódio e o cálcio são os catiões mais abundantes. A água é hipossalina (condutividade elétrica da ordem de $110 \mu\text{S}/\text{cm}$) com pH ligeiramente ácido (Mendonça, 2000).

Conforme o controle da qualidade físico-química da água efetuado pelo Laboratório dos SMASC, entre 1 de Janeiro de 1994 e 31 de Dezembro de 1998, a qualidade da água mantém-se estável e, na generalidade, os parâmetros de qualidade têm tomado valores que não violam os limites definidos pelo decreto-Lei nº 306/2007.

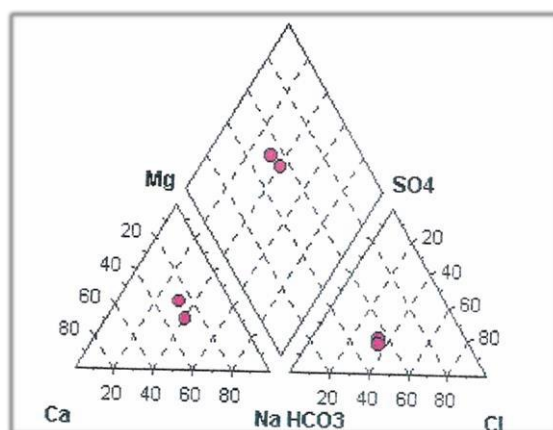


Figura 5.2 – Fácies hidrogeoquímicas da águas nas dois furos Pdh's da Boavista (Mendonça, J.L. 2000)

5.3. Parâmetros físico-químicos da água do Rio

Sendo o aquífero superficial, achou-se conveniente conhecer os valores das características físico-químicas da água do rio, pelo que se procedeu também à sua amostragem.

Na junção do Rio Mondego com o Rio Ceira efetuaram-se medições com um medidor Multiparâmetro, instrumento portátil que mede parâmetros físico-químicos da água do rio.

Primeiro fez-se a sua calibração em laboratório para todos os parâmetros. No terreno efetua-se novamente uma calibração do oxigénio, pois a pressão do oxigénio depende da altitude. Os valores obtidos são dados na tabela 5.1.

Tabela 5.1. Resultados obtidos da análise dos parâmetros físico-químicos do Rio.

pH	6,23
Temperatura	19,61 °C
Condutividade	70 µS/cm
Condutividade (para 25°C)	63 µS/cm
TDS	34 ppm
Alcalinidade	99,65 mg/L de HCO ₃ ⁻

5.4. Furo Pdh 1

Na tabela 5.2 são dados os valores médios, desvio padrão, máximos e mínimos para as análises do furo Pdh1, desde o ano 2005 até 2013.

Tabela 5.2 – Resultados para o furo Pdh1.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
C.E.									
Média	109	105,92	98,75	103,48	103,63	94,50	94,76	104,25	97,41
Desvio Padrão	7	7,43	6,88	11,79	7,26	4,00	6,69	8,09	4,89
Máximo	119	117	120	129	120	103	111	116	108
Mínimo	95	94	90	85	92	86	87	92	86
pH									
Média	6,94	6,89	6,85	6,94	6,92	6,87	6,90	6,93	6,77
Desvio Padrão	0,10	0,09	0,07	0,07	0,11	0,08	0,07	0,08	0,06
Máximo	7,2	7,1	7,1	7,1	7,6	7,1	7	7	6,9
Mínimo	6,6	6,7	6,7	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,7
Ox. D.									
Média	57,55	63,85	72,30	66,43	64,17	68,83	68,25	56	55,5
Desvio Padrão	18,53	13,35	15,69	10,08	13,47	15,51	12,85	11,63	16,19
Máximo	92,2	85,4	95,5	88	91	94	92	80	77
Mínimo	39,9	42,8	43,1	51,3	46	52	47	45	33
Cl									
Média	12,04	10,58	9,94	11,28	11,33	9,87	10,46	11,87	10,41
Desvio Padrão	0,36	0,99	0,52	1,03	0,69	0,78	0,63	0,86	1,03
Máximo	12,70	11,80	11,40	12,80	12,60	10,90	11,10	14,10	12,40
Mínimo	11,50	8,80	9,30	10,00	10,60	9,00	9,00	10,90	9,30

P₂O₅									
Média	0,035	0,042	0,038	0,065	0,055	0,052	-	-	-
Desvio Padrão	0,005	0,007	0,007	0,020	0,010	0,028	-	-	-
Máximo	0,04	0,05	0,05	0,097	0,07	0,09	-	-	-
Mínimo	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,02	-	-	-
NO₃									
Média	3,05	3,93	4,00	3,35	3,78	3,68	3,69	2,72	3,42
Desvio Padrão	0,88	0,81	1,24	0,77	0,84	1,04	0,89	0,33	1,02
Máximo	4,00	5,00	5,80	4,30	5,00	5,30	4,80	3,20	5,00
Mínimo	1,60	2,60	2,00	2,00	2,30	2,20	2,10	2,10	2,10
Fe									
Média	0,044	0,037	0,048	0,067	-	-	0,032	0,025	0,054
Desvio Padrão	0,013	0,010	0,013	0,021	-	-	0,012	0,011	0,007
Máximo	0,068	0,050	0,060	0,090	-	-	0,043	0,037	0,070
Mínimo	0,030	0,030	0,030	0,050	-	-	0,014	0,012	0,050
Mn									
Média	0,020	0,025	0,019	0,023	0,017	0,017	0,012	0,012	0,021
Desvio Padrão	0,020	0,025	0,019	0,023	0,017	0,017	0,012	0,012	0,021
Máximo	0,027	0,036	0,025	0,039	0,031	0,024	0,015	0,017	0,040
Mínimo	0,009	0,017	0,011	0,013	0,006	0,010	0,010	0,010	0,010
SO₄									
Média	9,10	7,74	7,78	8,30	8,37	6,95	7,26	9,02	8,00
Desvio Padrão	1,23	0,91	1,04	1,25	0,96	0,78	1,22	1,72	1,59
Máximo	10,6	8,6	10,8	9,9	9,5	7,5	9,3	10,6	10,0
Mínimo	7,1	6,2	6,8	6,7	7,1	6,4	6,0	6,5	6,2

Na tabela 5.2 são dados os resultados de: condutividade elétrica, em $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C ; pH, em escala Sorensen; oxigénio dissolvido, em percentagem de saturação; cloretos, fosfatos, nitratos, ferro, manganês e sulfatos, todos em mg/L (tabela 5.2). Não se incluem o cobre e o zinco devido à falta de dados. Foram construídos gráficos de dispersão, com respetiva linha de tendência, para cada elemento anteriormente referido.

Os valores de condutividade elétrica mostram uma tendência de diminuição desde o ano de 2005 ao ano de 2013. Esta tendência é observada tanto para os valores médios, como para os máximos e mínimos (figura 5.3). Somente em 2008 o valor máximo mostra um valor superior relativamente à linha de tendência (figura 5.3).

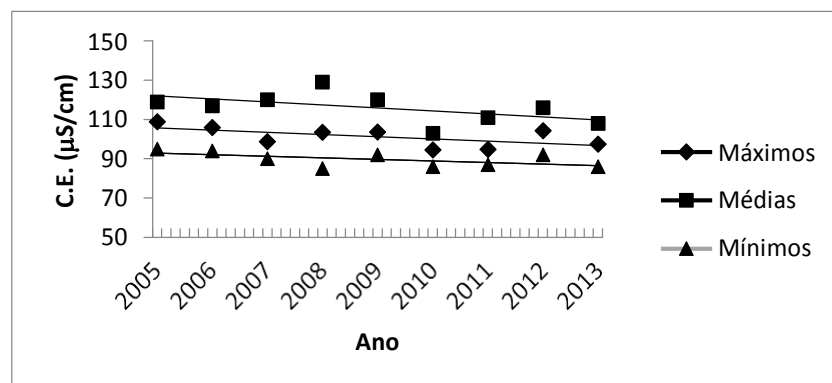


Figura 5.3 – Gráfico C.E. – furo Pdh1.

No mesmo período temporal a variação dos valores médios de pH mostra-se quase constante, mas os valores máximos diminuem e os mínimos aumentam desde 2005 a 2013 (figura 5.4). No ano 2009 o valor médio apresenta um valor muito alto, o que pode corresponder a um erro de leitura (figura 5.4).

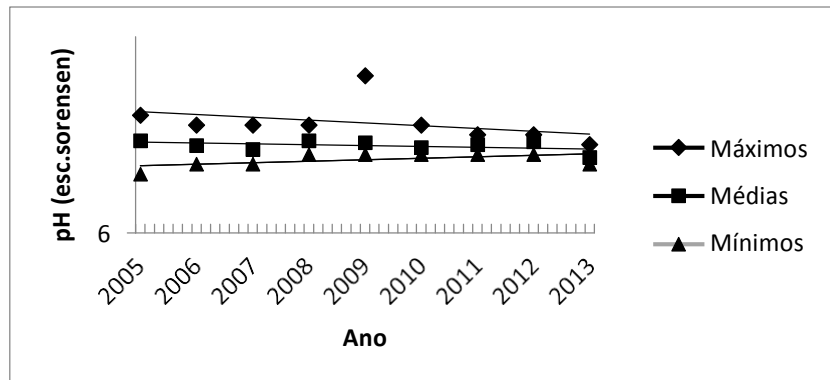


Figura 5.4 – Gráfico pH – furo Pdh1.

Os teores de oxigénio tanto médios quanto mínimos apresentam-se constantes neste espaço temporal, enquanto os valores máximos parecem mostrar um ligeiro decréscimo (figura 5.5).

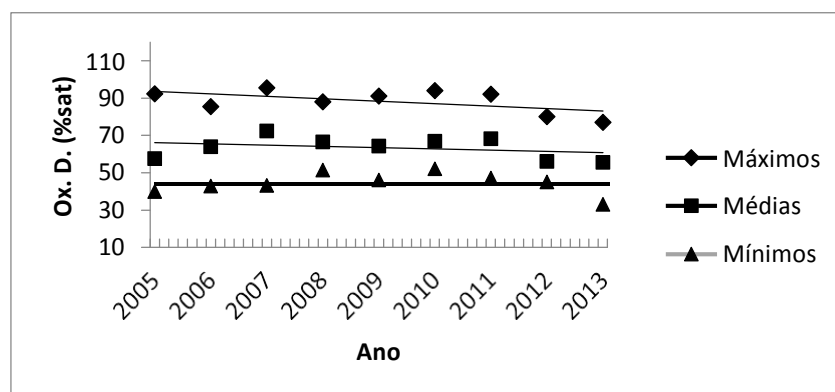


Figura 5.5 – Gráfico Ox.D. – furo Pdh1.

Os teores médios, máximos e mínimos de cloretos, nitratos e sulfatos mostram-se constantes no período de 2005 a 2013, enquanto os teores de ferro mostram grande variabilidade mas não é possível definir uma tendência de variação clara (figuras 5.6 a 5.9).

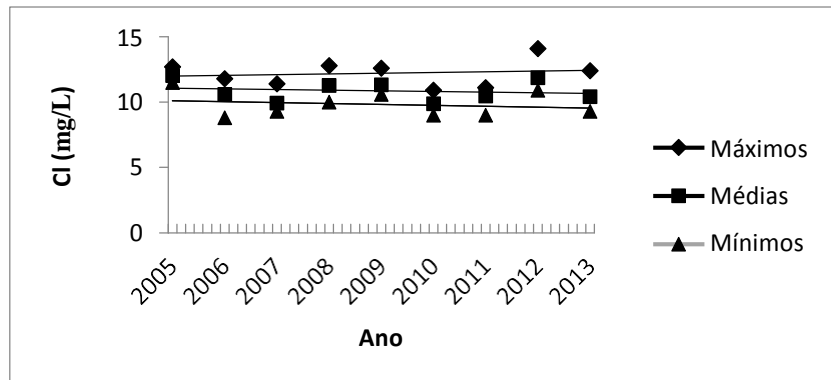


Figura 5.6 – Gráfico Cl – furo Pdh1.

Os mais elevados teores de nitratos foram doseados em 2007 e os menores teores em 2012 (figura 5.7).

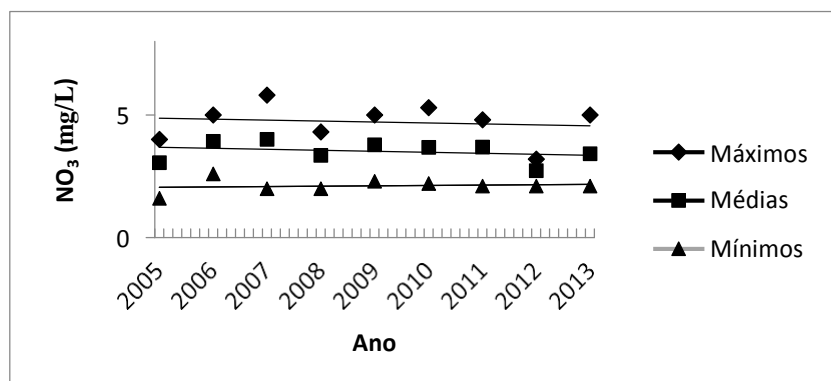


Figura 5.7 – Gráfico NO₃ – furo Pdh 1.

O ferro não foi doseado nas análises de 2005. Os teores máximos de ferro detetados com confiança foram registados em 2011 (figura 5.8). Há variabilidade ao longo dos anos, os valores do ferro apresentam um máximo em 2010, mas o valor está muito acima de todos os outros e deve-se, possivelmente, a um erro de leitura ou de unidades.

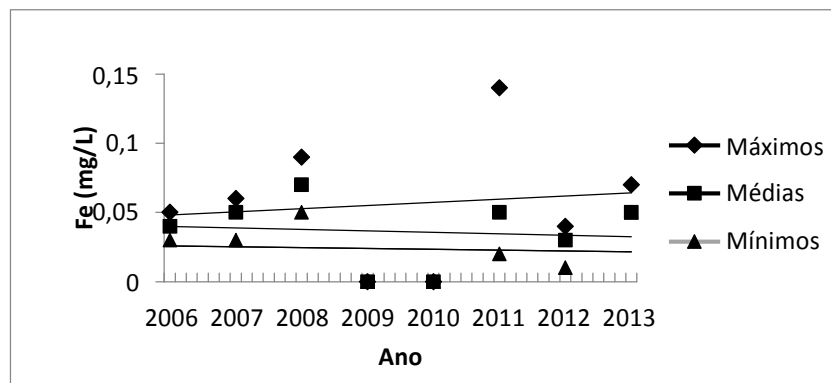


Figura 5.8 – Gráfico do Fe – furo Pdh1.

O gráfico dos sulfatos demonstra que existe variabilidade, principalmente nos valores máximos (figura 5.9).

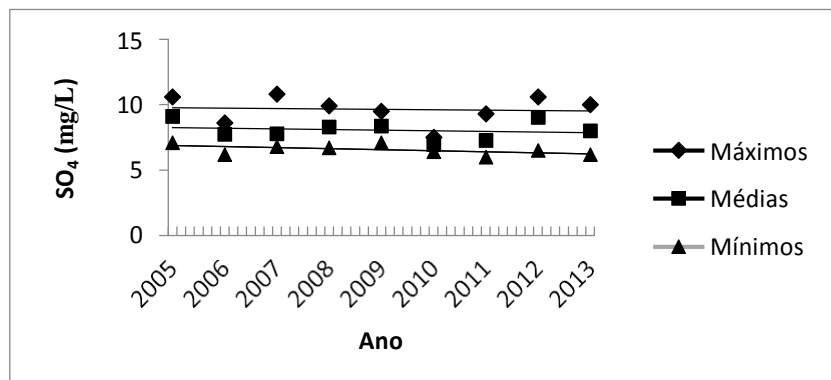


Figura 5.9 – Gráfico dos SO₄ – furo Pdh1.

5.5. Furo Pdh 2

Para o furo Pdh2 também se efetuou uma tabela que apresentam-se os valores médios, desvio padrão, máximos e mínimos para os diferentes dados do furo Pdh2, desde o ano 2005 até 2013. Temos os resultados de: condutividade, em $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C ; pH, em escala Sorensen; oxigénio dissolvido, em percentagem de saturação; cloretos, fosfatos, nitratos, cobre, ferro, manganês; sulfatos e zinco todos em mg/L (tabela 5.3).

Tabela 5.3 - Resultados para o furo Pdh2

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
C.E.									
Média	112	102	105,21	109,25	108,88	99,93	100,33	109,33	105,80
Desvio Padrão	9	7,90	7,95	12,25	7,17	3,73	5,69	5,90	4,69
Máximo	126	118	120	136	123	107	112	116	115
Mínimo	97	92	94	93	96	89	93	99	95
pH									
Média	7	6,94	6,92	6,96	6,95	6,88	6,90	6,88	6,75
Desvio Padrão	0,09	0,12	0,05	0,11	0,06	0,09	0,07	0,07	0,06
Máximo	7,2	7,4	7	7,4	7,1	7,1	7	7	6,9
Mínimo	6,7	6,6	6,8	6,8	6,9	6,7	6,8	6,8	6,6
Ox. D.									
Média	69,90	73,26	82,01	67,07	75,25	74,67	74,08	63,58	64,40
Desvio Padrão	15,11	16,39	14,14	10,10	9,75	12,11	11,55	11,01	18,25
Máximo	89,7	99,8	100	89	99	91	94	83	89
Mínimo	40,8	44,7	56,1	53	64	61	53	49	37
Cl									
Média	12,65	11,23	11,47	12,38	12,41	11,24	10,88	12,16	11,12

Desvio Padrão	0,52	1,16	0,54	1,16	0,58	0,91	0,69	0,63	1,00
Máximo	13,3	12,9	12,9	14,1	13,6	12,4	12	14	13,1
Mínimo	11,5	9,8	10,8	10,9	11,7	10,1	10	11,7	9,9
PO₄									
Média	0,043	0,044	0,042	0,060	0,053	0,054	-	-	-
Desvio Padrão	0,016	0,015	0,007	0,023	0,013	0,024	-	-	-
Máximo	0,09	0,08	0,05	0,1	0,8	0,09	-	-	-
Mínimo	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	-	-	-
NO₃									
Média	2,95	3,95	3,86	3,21	3,77	4,09	3,65	2,61	3,28
Desvio Padrão	0,77	0,91	1,22	0,75	0,83	1,36	0,95	0,33	0,90
Máximo	3,8	5,1	5,7	4,1	5,2	6,3	4,9	3,1	4,6
Mínimo	1,7	2,5	2	1,9	2,4	2,1	2,1	2	2,1
Cu									
Média	0,004	0,003	0,008	0,003	0,002	-	-	-	-
Desvio Padrão	0,002	0,001	0,012	0,002	0,001	-	-	-	-
Máximo	0,01	0,004	0,047	0,005	0,003	-	-	-	-
Mínimo	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	-	-	-	-
Fe									
Média	0,024	0,030	-	-	-	-	0,025	0,012	-
Desvio Padrão	0,008	0,022	-	-	-	-	0,019	0,003	-
Máximo	0,040	0,080	-	-	-	-	0,056	0,016	-
Mínimo	0,020	0,020	-	-	-	-	0,010	0,010	-
Mn									
Média	0,012	0,011	0,008	-	0,008	-	-	-	0,023
Desvio Padrão	0,007	0,004	0,003	-	0,002	-	-	-	0,044
Máximo	0,027	0,016	0,013	-	0,011	-	-	-	0,180
Mínimo	0,005	0,005	0,005	-	0,007	-	-	-	0,010

SO₄									
Média	9,93	8,74	8,79	9,65	9,37	-	7,84	10,18	9,08
Desvio Padrão	1,45	1,45	0,79	1,54	1,09	-	0,98	1,86	0,94
Máximo	11,7	11,4	10,7	11,4	10,7	-	9,5	12,6	10
Mínimo	7,8	7,1	7,7	7,7	7,5	-	7	7,6	7,8
Zn									
Média	-	-	-	-	-	-	0,034	0,017	0,016
Desvio Padrão	-	-	-	-	-	-	0,026	0,004	0,006
Máximo	-	-	-	-	-	-	0,075	0,023	0,023
Mínimo	-	-	-	-	-	-	0,010	0,012	0,010

Para o furo Pdh 2, obtivemos também gráficos de dispersão, com respetiva linha de tendência, para cada espécie química analisada

Os valores médios, máximos e mínimos da condutividade elétrica, tem tendência para diminuir ao longo dos anos, contudo mostra um valor maior em 2008 (gráfico 5.10). Esta tendência foi também observada no furo Pdh1.

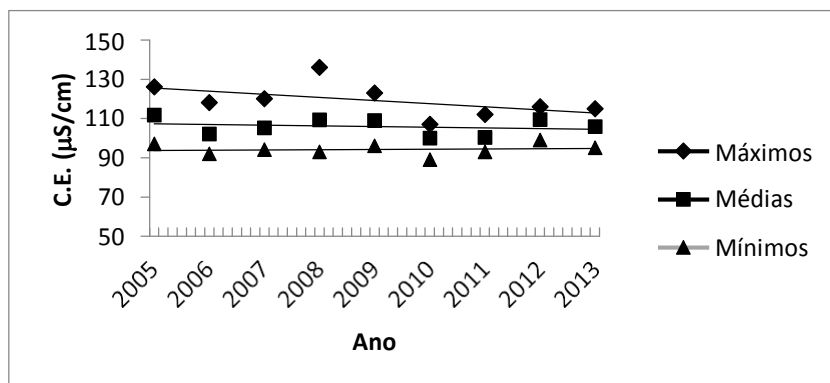


Figura 5.10 – Gráfico de C.E. – furo Pdh2.

Os valores médios e mínimos de pH mantêm-se constantes de 2005 a 2013, mas os valores máximos mostram tendência para diminuir neste espaço temporal. pH mostra tendência a diminuir ao longo dos anos. Apresenta dois valores máximos mais significativos em 2006 e 2008. Em 2013 mostra os valores no geral mais baixos (figura 5.11).

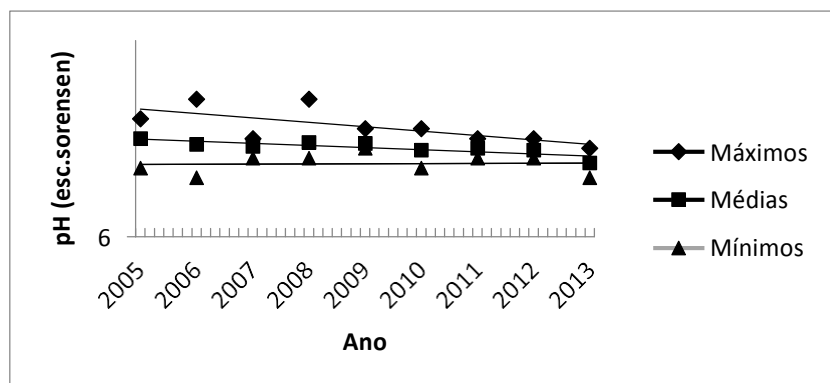


Figura 5.11 – Gráfico do pH – furo Pdh2.

Nos valores do oxigénio dissolvido observa-se variabilidade ao longo dos anos. Nos anos 2005 a 2007 há um certo aumento mas depois, de ano para ano, há aumento e diminuição de valor consecutivamente (figura 5.12). Contudo a tendência geral é para uma ligeira diminuição.

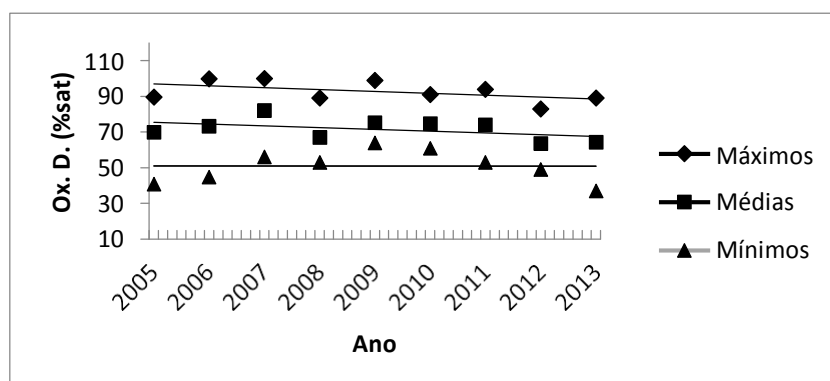


Figura 5.12– Gráfico Ox.D. – furo Pdh2.

Os teores de cloretos mostram alguma variabilidade; os valores aumentam e diminuem de quatro em quatro anos, mas no espaço temporal total de 2005 a 2013 os valores são constantes (figura 5.13).

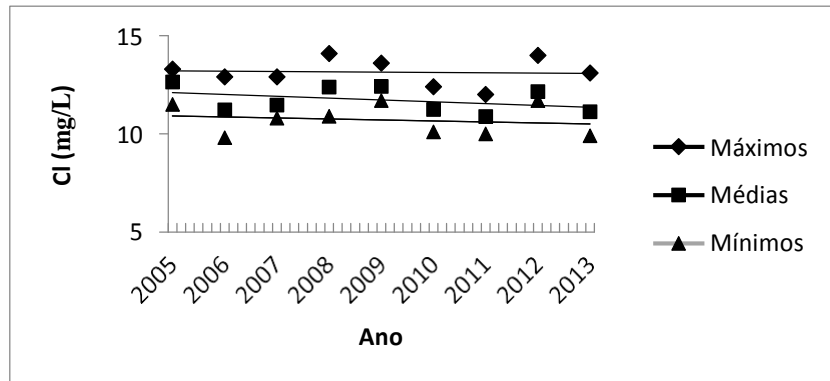


Figura 5.13 – Gráfico Cl – furo Pdh2.

Os teores médios e mínimos de fosfatos mostram a existência de tendência para aumentarem com o passar dos anos, mas esta tendência não é tão nítida para os teores máximos (figura 5.14). Em 2008 foi registado o teor mais elevado e em 2007 os teores foram baixos e muito constantes (figura 5.14).

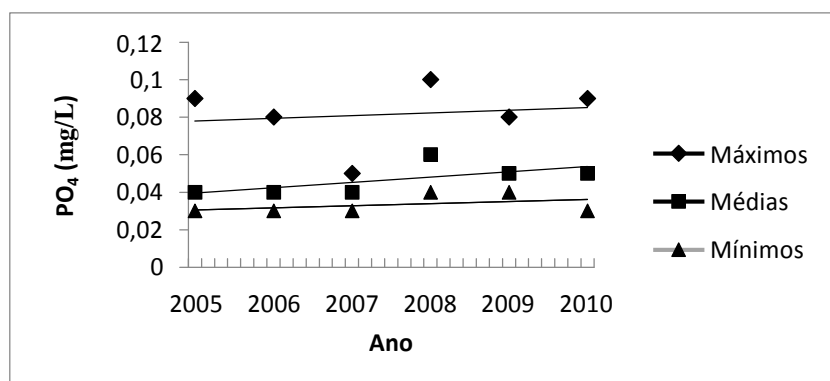


Figura 5.14 – Gráfico PO4 – furo Pdh2.

Os teores médios e mínimos de nitratos apresentam-se constantes, mas os teores máximos mostram oscilações de 3 em 3 anos anos, sendo máximos em 2007 e 2010 (figura 5.15).

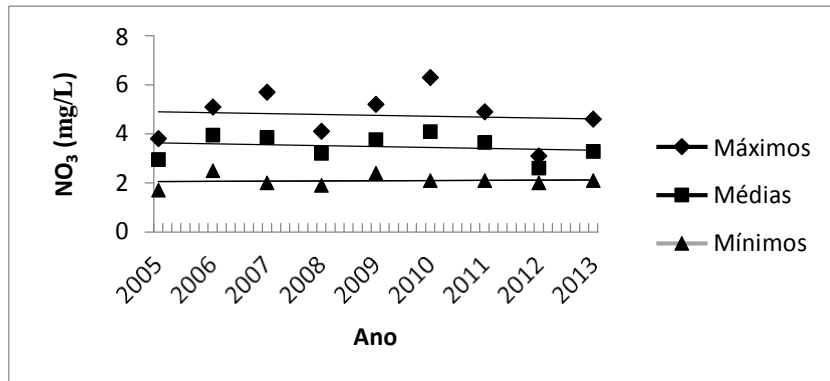


Figura 5.15 – Gráfico NO₃ – furo Pdh2.

Os teores de sulfatos mostram alguma variabilidade, principalmente nos anos 2010 a 2013, sendo que nos anos anteriores mostra um ligeiro aumento. Tem um valor máximo maior em 2012 (figura 5.16).

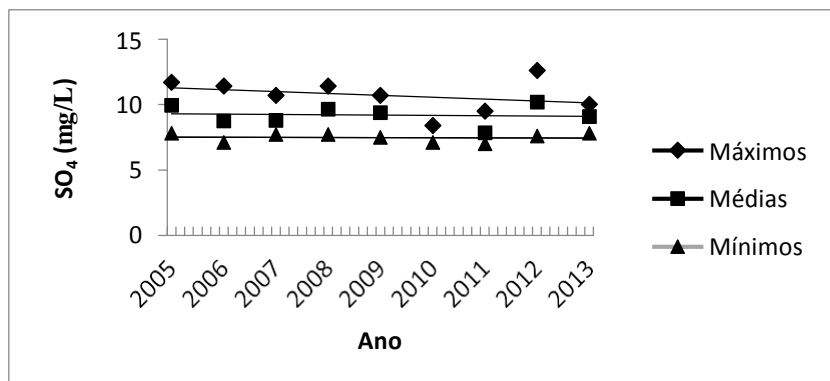


Figura 5.16 – Gráfico SO₄ – furo Pdh2.

5.6. Comparação entre ambos os furos

5.6.1 Condutividade

Relativamente ao furo Pdh1 a condutividade apresenta valor de média maior no ano 2005 (109 $\mu\text{S}/\text{cm}$), e menor valor em 2010 (94,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Já no furo Pdh2, a condutividade tem valor de média mais alta no ano 2005 (112 $\mu\text{S}/\text{cm}$), e mais baixa em 2010 (99,93 $\mu\text{S}/\text{cm}$). No furo Pdh1 o desvio padrão é maior no ano 2008, com um valor de 11,79. No furo Pdh2, o desvio padrão tem maior valor em 2008 (12,25).

O máximo e o mínimo estão presentes nos resultados de 2008 (129 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 85 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respetivamente), para o furo Pdh1. No furo 2 o valor máximo também se encontra em 2008 (136 $\mu\text{S}/\text{cm}$), já o valor mínimo em 2010 (89 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

5.6.2. pH

Nos resultados do furo Pdh1 o pH tem valores mais elevados nos anos 2005 e 2008 (6,94 Esc. Sorensen). E menor valor em 2013 (6,77 Esc. Sorensen). No furo Pdh2, encontra-se o maior valor também em 2005 (7 Esc. Sorensen) e menor valor também em em 2013 (6,75 Esc. Sorensen).

Para o furo Pdh1 o desvio padrão é maior em 2009 (0,11). Enquanto que para o furo Pdh2 é em 2006 (0,12). Tem o valor máximo em 2009 (7,6 Esc. Sorensen) e o valor mínimo em 2005 (6,6 Esc. Sorensen), para Pdh1. No furo 2, o valor máximo maior encontra-se nos anos 2006 e 2008 (7,5 Esc. Sorensen), e o valor mais baixo, dos mínimos em 2006 e 2013 (6,6 Esc. Sorensen).

5.6.3. Oxigénio dissolvido

Tanto no furo Pdh1 como em Pdh2 o oxigénio tem maior percentagem de saturação em 2007 (72,30 %sat e 82,01 %sat, respetivamente). Para o furo Pdh1 o valor menor nota-se em 2013 (55,5 %sat), enquanto no furo 2 encontra-se em 2012 (63,58 %sat). Mostra um desvio padrão maior em 2005 (18,53), no furo Pdh1.

Já o furo Pdh2, tem valor maior em 2013 (18,25). O valor máximo que apresenta, para Pdh1 e para Pdh2, é no ano 2007 (95,5 %sat e 100 %sat, respetivamente) e o valor mínimo em 2013 (33 %sat e 37 %sat).

5.6.4. Cloretos

No furo Pdh1 os cloretos apresentam maior média em 2005 (12,04 mg/L) e menor em 2010 (9,87 mg/L). Para o furo 2, os cloretos também apresentam o valor maior da média em 2005 (12,65 mg/L), e o valor menor em 2011 (10,88 mg/L). O desvio padrão tem o valor maior nos anos 2008 e 2013, em Pdh1, com igual desvio (1,03). E em Pdh2, nos anos 2006 e 2008, com valor 1,16.

No furo 1, o valor máximo encontra-se no ano 2012 (14,10 mg/L) e o valor mínimo mais baixo em 2006 (8,80 mg/L). Enquanto que para o furo 2, o valor de máximo maior encontra-se em 2008 (14,1 mg/L) e valor mais baixo dos mínimos em 2006 (9,8 mg/L).

5.6.5. Fosfatos

Relativamente ao furo Pdh1, o valor da média mais alta é no ano 2008 (0,065 mg/L) e o valor mais baixo em 2005 (0,035 mg/L). Também para o furo Pdh2, o valor mais alto é em 2008 (0,060 mg/L), enquanto que o valor mais baixo é em 2007 (0,042 mg/L). Para ambos os furos, apresenta um desvio padrão maior no ano 2010: 0,028 em Pdh1; e 0,024 em Pdh2.

Para o primeiro furo o máximo encontra-se no ano 2008 (0,097 mg/L) e o mínimo no ano 2010 (0,02 mg/L). No segundo furo, o valor maior de máximo nota-se em 2009 (0,8 mg/L), valor anormal, muito superior relativamente aos restantes máximos. E valores mais baixos de mínimos nos anos 2005, 2006, 2007 e 2010 com igual valor de 0,03 mg/L.

5.6.6. Nitratos

No furo Pdh1 a média mais elevada é em 2007 (4,00 mg/L) e a média mais baixa em 2012 (2,72 mg/L). Para Pdh2, o valor maior é em 2010 (4,09 mg/L) e o valor mais baixo também em 2012 (2,61 mg/L). O desvio padrão é maior para o ano 2007 (1,24), em Pdh1, e no ano 2010 (1,36 mg/L) em Pdh2.

O furo 1 tem o máximo mais elevado em 2007 (5,80 mg/L) e o valor mínimo mais baixo em 2005 (1,60 mg/L). No segundo furo, o máximo com valor mais elevado é em 2010 (6,3 mg/L) e o valor mínimo mais baixo também em 2005 (1,7 mg/L).

5.6.7. Ferro

Para o furo Pdh1 o ferro tem valor de média mais alta é em 2008 (0,067 mg/L), e a média mais baixa em 2012 (0,025 mg/L). No reduzido número de valor disponível para o ferro no furo 2, o valor maior da média encontra-se em 2006 (0,030 mg/L) e o valor mais baixo em 2012 (0,012 mg/L). O desvio padrão é mais elevado em 2008 (0,021) em Pdh1, e em 2006 (0,022) em Pdh2.

No primeiro furo tem o máximo mais elevado em 2008 (0,090 mg/L) e o mínimo mais baixo em 2012 (0,012 mg/L). Para o segundo furo tem o valor maior em 2006 (0,080 mg/L), e o valor menor em 2011 e 2012, com igual valor (0,010 mg/L).

5.6.8. Manganês

No furo 1 o manganês tem média maior no ano 2006 (0,025 mg/L) e mais baixa em 2011 e 2012, com o mesmo valor (0,012 mg/L). No furo Pdh2, o valor maior da média encontra-se em 2013, com um valor muito superior dos restantes (0,023 mg/L), e o valor mais baixo em 2007 e 2009 (0,008 mg/L). Apresenta um maior desvio padrão em 2006 (0,025) para Pdh1, e em 2013 (0,044) para Pdh2, mostra novamente um aumento de valor para este ano.

No furo 1, tem o máximo maior em 2008 (0,039 mg/L) e o mínimo mais baixo em 2009 (0,006 mg/L). No furo 2, o valor superior de máximo encontra-se em 2013 (0,180 mg/L) e valor mais baixo em 2005, 2006 e 2007 (0,005 mg/L).

5.6.9. Sulfatos

O maior valor de média, para o furo Pdh1, é no ano 2005 (9,10 mg/L), e o menor valor em 2010 (6,95 mg/L). Enquanto que para Pdh2, o maior valor é no ano 2012 (10,18 mg/L) e o menor valor em 2011 (7,84 mg/L). Tanto para o furo Pdh1 como para Pdh2, o desvio padrão é mais significativo em 2012 (1,72 e 1,86, respetivamente).

No furo 1 tem máximo mais elevado em 2007 (10,8 mg/L) e mínimo mais baixo em 2011 (6,0 mg/L). Já no segundo furo, tem máximo mais elevado em 2012 (12,6 mg/L) e mínimo mais baixo em 2006 (7,1 mg/L).

5.1.10 Cobre

Os valores para o cobre só se encontram no furo Pdh2, daí só se conseguir tirar médias e resultados para este furo. O cobre tem um valor de média mais elevado em 2007 de 0,008 mg/L, e um valor mais baixo em 2009, 0,002 mg/L. O desvio padrão mais significativo encontra-se no ano 2007 (0,012).

Tem um valor mais elevado de máximo em 2007 (0,047 mg/L) e um valor mais baixo de mínimo nos anos 2006, 2008 e 2009, com igual valor de 0,002 mg/L.

5.1.11 Zinco

Também para o zinco só se obtiveram valor no furo Pdh2 e somente nos anos 2011, 2012 e 2013. Tem valor de média mais elevada em 2011 (0,034 mg/L) e mais baixa em 2013 (0,016 mg/L). O desvio padrão com maior valor encontra-se em 2011 (0,026), também o valor maior de máximo se encontra neste ano (0,075 mg/L). Nos anos 2011 e 2013 o valor de mínimo são iguais (0,010 mg/L), sendo o valor mais baixo relativamente a 2012.

6. Conclusões

A condutividade elétrica tem tendência para diminuir ao longo dos anos, em ambos os furos. Nos anos 2008 e 2009 mostra valores um pouco superiores (variam entre 129 a 136 $\mu\text{S}/\text{cm}$), isso pode dever-se a alterações nas condições atmosféricas nesses anos.

O pH tem tendência para diminuir com o passar dos anos. No furo Pdh1 mostra um valor superior (7,6 esc. Sorensen), fora do intervalo dos valores, pode dever-se a um erro de leitura. No furo Pdh2, apesar de ter alguma tendência a diminuir também mostra nos anos 2005 e 2009 uma certa variabilidade nos valores (de 6,6 a 7,4 esc. Sorensen).

Oxigénio dissolvido mostra variabilidade ao longo dos anos, para os dois furos. Com aumento e diminuição dos valores com o passar dos anos, não apresentando uma constante nos valores.

Os cloretos têm variabilidade ao longo dos anos, nos dois furos. Há um constante aumento e diminuição de valores de dois em dois anos. Já os fosfatos, no furo Pdh2, mostra tendência para aumentar com o passar dos anos.

Quanto aos nitratos, existe variabilidade nos 2 furos, de 2005 a 2007 tem um aumento significativo, que cai em 2008. Volta a aumentar em 2010 e diminui novamente até 2012, em 2013 tem um pequeno aumento. Os valores variam de 1,6 a 6,3 mg/L.

Por último, temos os sulfatos que mostram variabilidade de 2005 a 2013, valores variam de 6,0 a 12,6 mg/L.

Segundo a legislação em vigor para as águas brutas e anteriormente referida (DL 236/98), estas águas encontram-se em conformidade e dentro dos parâmetros, para a água doce superficial determinada à produção de água para consumo humano. Somente o oxigénio dissolvido apresenta valores um pouco mais altos que no decreto-lei 236/98, para águas brutas (valor máximo recomendado 70% saturação de oxigénio).

O ferro aponta um valor fora do intervalo aceitável (0,1 a 0,3 mg/L Fe), em 2011, como já tinha sido referido, isto deve-se possivelmente a um erro de leitura ou de conversão.

Os elementos cádmio, crómio e nitritos nunca foram detetados nas análises de ambos os furos. No furo Pdh1 o chumbo foi detetado em 2006, não ultrapassou 0,001 (mg/L) e o mercúrio foi detetado em 2007 e não ultrapassou o valor de 0,20 (µg/L). Enquanto no furo Pdh2 o zinco foi detetado nos anos 2011 a 2013, e também o arsénio foi detetado, com um valor 0,001 (mg/L) em 2013.

7. Bibliografia

Administração da região hidrográfica do centro (2012). Caracterização geral diagnóstico. Caracterização do uso do Solo e ordenamento. Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis, integrados na Região Hidrográfica 4. Ministério da agricultura, do mar, do ambiente e do ordenamento do território.

Administração da Região Hidrográfica do Centro. Site: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=x115>. Acedido a março de 2014.

Almeida, C., Mendonça, J.J.L., Silva, M.A.M. e Serra, A. (1999). “Síntese da Hidrogeologia das Bacias do Mondego, Vouga e Lis”. IV Simpósio de hidráulica e recursos hídricos de língua oficial Portuguesa, Coimbra.

Atlas do ambiente (2007). Lisboa.

Aqualis. Águas do Mondego, S.A. “Captação na Boavista Pdh3, estudo hidrológico”. Obra nº042, relatório final (2008).

Barbosa, B.; Soares, A. F.; Rocha, Rocha, R.B.; Manuppella, G. (1988) – “Carta Geológica de Portugal, escala 1:50000. Notícia explicativa da folha nº19 A – Cantanhede”. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 46 p.

Carvalho, C. I. R (2002). “Utilização de sistema de informação Geográfica na Gestão de Recursos Hídricos. Caso de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Mondego”. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciência e Tecnologia de Coimbra.

CCDRC (2009) - Caracterização do distrito de Coimbra, pp 1-14

Centro de Informação Geoespacial do Exército. Site: <https://www.igeoe.pt/index.php?id=186&p=1&distrito=6&escala=1&extracto=241>. Acedido a maio de 2015.

Choffat, P. (1880) – “Étude stratigraphie et paléontologique ds terrains jurassiques du Portugal. 1ère livraison: Le Lias et le Dogger au Nord du Tage”. Mém. Sect.Trav. Géol. Portugal, 12, 72p., 6fig., Lisbonne.

Comissão Nacional do Ambiente (1985). Notícia explicativa de Atlas do Ambiente. I.N.M.G, Lisboa.

Cunha L., Soares F.A., Tavares a. e Marques J.F. (1996). “O julgamento geomorfológico da região de Coimbra. O testemunho dos depósitos quaternários”. Cadernos da Geografia pp15-26

DGRN, 1992. “Ensaio de Aplicação de Índices de Qualidade da Água”. Direção – Geral dos Recursos Naturais, Lisboa.

Diário da República (1998).Decreto – lei nº236/98 de 26 de agosto

Diário da República (1999). Decreto – lei nº 382/99 de 22 de setembro

Diário da República (2001). Decreto – lei nº 243/2001 de 5 de setembro

Diário da República (2007). Decreto – lei nº 306/2007 de 27 de agosto

Diretiva - Quadro da Água (DQA), Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000

DRAOT-C, 2001. Volume “Relatório Final”, “Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Mondego”. Direção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território – centro, Coimbra.

Ganho, N (1992). “O Clima urbano de Coimbra – aspetos térmicos estivais”. Dissertação de Mestrado em Geografia. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

“Guidelines for drinking – Water Quality” (2011). Fourth edition. World Health Organization.

INAG, 2001. “Plano Nacional de Água”. Instituto da Água, Lisboa.

Instituto de Meteorologia, I.P. Caracterização climática. Ano 2005.

Instituto Nacional de Estatística. Dados censos 2007. Site: <http://censos.ine.pt/> consultado em novembro 2014

Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P. Boletim Climatológico Anual – 2013. Portugal continental.

Instituto português do mar e da atmosfera, acedido a dezembro de 2014.

<https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/006/>

Lencastre, A., Franco, F.M. (1984). “Lições de Hidrologia”. Lisboa.

Lourenço, A.M. (2012). “Caraterização de solos entre Coimbra e Montemor – o – Velho, Portugal centro. Um estudo de magnetismo ambiental”. Dissertação em doutoramento em Geologia. Departamento Ciências da Terra, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Marques, D., Ganho, N., Rochete, A.M (2007-2008). “O contributo de estudos climáticos à escala local para o ordenamento urbano. O exemplo de Coimbra”. Caderno de geografia, nº26/27 Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra – pp.313 -323

Mendonça, J. L. (1985). “Prospecção, pesquisa e captação de água em aquíferos aluvionares”. Lisboa.

Mendonça, J.L. “Estudos de incidência Ambiental do Parque Verde do Mondego nas aluviões e captações da Boavista” (2000). Coimbra.

“Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Mondego”. 1ª Fase, síntese da análise e diagnóstico da situação atual. Volume IV- Diagnóstico.

“Plano diretivo Municipal de Coimbra – Revisão” (julho 2008). Coimbra

Rebelo, F.M. (1985). “Nota sobre o conhecimento geomorfológico da área de Coimbra (Portugal)”. Memórias e Notícias, Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, 100, 193-202.

Ribeiro, O. (1987).” Coimbra e a Região”. Lisboa: Editorial Presença.

Rocha, P. (2011). “Coimbra e o Rio Mondego”. Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.

Rocha, R.; Manupella, G.; Mouterde, R.; Ruget, C.; Zbyszewski, G (1981). "Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000. Notícia explicativa da folha 19-C. Figueira da Foz". Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 126 p.

Saraiva, A.I (2004). "Hidrogeoquímica e caracterização da contaminação hídrica nos corpos aluvionares do Mondego entre Coimbra e Montemor – o – Novo". Departamento Ciências da Terra, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Silva, N. (1998). "O clima urbano de Coimbra: estudo da climatologia local aplicada ao ordenamento urbano". Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 551 p.

Soares, A.F., Marques, J.F. & Rocha, R.B. (1985). "Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra". Memórias e Notícias, Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, 100, 54-60.

Soares, A. F., Ferreira, A. B., Marques, J. F. (1986) -"Evolução geomorfológica e sedimentológica das plataformas litorais entre o Mondego e o Vouga. A margem direita do Baixo Mondego". Comunicação apresentada ao II Congresso Nacional de Geologia, Lisboa.

Soares, A.F., Marques, J.F., Sequeira A.J. (2007). Carta Geológica de Portugal, escala 1/50000, 19-D, Coimbra-Lousã. Notícia Explicativa. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa.

Sousa, E.R. (2001). "Saneamento Ambiental I, Captação de água". Departamento de engenharia civil e arquitetura. Lisboa.

Tavares, A.S. (1999). "Condicionantes físicas ao Planeamento Análise de suscetibilidade no espaço do concelho de Coimbra". Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

ANEXOS

ANEXO I

Dados do furo Pdh1

A condutividade elétrica encontra-se em $\mu\text{S}/\text{cm}$, o pH em Escala Sorensen e os restantes elemento em mg/L .

2005	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄	Ca	Mg
Média	108,77	6,94	57,55	< 0,050	12,04	0,03	3,05		44,20	0,02	9,10	5,10	2,90
Desv.p	6,88	0,10	18,53		0,36	0,01	0,88		13,88	0,01	1,23	5,10	2,90
Máximo	119,00	7,20	92,20		12,70	0,04	4,00	0,01	68,00	0,03	10,60	5,10	2,90
Mínimo	95,00	6,60	39,90		11,50	0,03	1,60		30,00	0,01	7,10	5,10	2,90

Zn, As, Cd, Pb, CR e Hg não foram detetados. NO₂ não foram doseados

2006	C.E.	pH	OD.	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄	As	Pb
Média	105,92	6,89	63,85	< 0,050	10,58	0,04	3,93	0,00	0,04	0,03	7,74	0,002	0,001
Desv.p	7,43	0,09	13,35		0,99	0,01	0,81	0,00	0,01	0,01	0,91	0,002	0,001
Máximo	117,00	7,10	85,40		11,80	0,05	5,00	0,00	0,05	0,04	8,60	0,002	0,001
Mínimo	94,00	6,70	42,80		8,80	0,03	2,60	0,00	0,03	0,02	6,20	0,002	0,001

Zn, Cd, CR e Hg não foram detetados. Ca, Mg e NO₂ não foram doseados.

2007	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄	Hg
Média	98,75	6,85	72,30	< 0,050	9,94	0,04	4,00		0,05	0,02	7,78	0,20
Desv.p	6,88	0,07	15,69		0,52	0,01	1,24		0,01	0,00	1,04	0,20
Máximo	120,00	7,10	95,50		11,40	0,05	5,80	0,00	0,06	0,03	10,80	0,20
Mínimo	90,00	6,70	43,10		9,30	0,03	2,00	0,00	0,03	0,01	6,80	0,20

Zn, As, Cd, Pb e Cr não foram detetados. Ca, Mg e NO₂ não foram doseados

2008	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄
Média	103,48	6,94	66,43	< 0,050	11,28	0,06	3,35		0,07	0,02	8,30
Desv.p	11,79	0,07	10,08		1,03	0,02	0,77		0,02	0,01	1,25
Máximo	129,00	7,10	88,00		12,80	0,10	4,30	0,01	0,09	0,04	9,90
Mínimo	85,00	6,80	51,30		10,00	0,05	2,00		0,05	0,01	6,70

Zn, As, Cd, Pb, Cr e Hg não foram detetados. Ca, Mg e NO₂ não foram doseados

2009	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄
Média	103,63	6,92	64,17	< 0,050	11,33	0,06	3,78	0,00	< 0,10	0,02	8,37
Desv.p	7,26	0,11	13,47		0,69	0,01	0,84	0,00		0,01	0,96
Máximo	120,00	7,60	91,00		12,60	0,07	5,00	0,00		0,03	9,50
Mínimo	92,00	6,80	46,00		10,60	0,04	2,30	0,00		0,01	7,10

Zn, As, Cd, Pb, Cr e Hg não foram detetados. Ca, Mg e NO₂ não foram doseados

2010	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄
Média	94,50	6,87	66,83	< 0,050	9,87	0,05	3,68	< 0,002	< 0,10	0,02	6,95
Desv.p	4,00	0,08	15,51		0,78	0,03	1,04			0,01	0,78
Máximo	103,00	7,10	94,00		10,90	0,09	5,30			0,02	7,50
Mínimo	86,00	6,80	52,00		9,00	0,02	2,20			0,01	6,40

Zn, As, Cd, Pb, Cr e Hg não foram detectados. Ca, Ma e NO₂ não foram doseados

2011	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄	Zn	Ca	Mg
Média	94,76	6,90	68,25	< 0,15	10,46	< 0,08	3,69	< 0,010	0,05	0,012	7,26			
Desv.p	6,69	0,07	12,85		0,63		0,89		0,04	0,00216	1,22			
Máximo	111,00	7,00	92,00		11,10		4,80		0,14	0,015	9,30	0,01	6,30	2,60
Mínimo	87,00	6,80	47,00		9,00		2,10		0,02	0,01	6,00	0,01	5,10	2,40

As, Cd, Pb, Cr e Hg não foram detetados. NO₂ não foram doseados

2012	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄	Zn	Ca
Média	104,25	6,93	56,00	< 0,15	11,87	< 0,08	2,72	< 0,010	0,03	0,01	9,02	0,01	
Desv.p	8,09	0,08	11,63		0,86		0,33		0,01	0,00	1,72	0,00	
Máximo	116,00	7,00	80,00		14,10		3,20		0,04	0,02	10,60	0,02	8,00
Mínimo	92,00	6,80	45,00		10,90		2,10		0,01	0,01	6,50	0,01	5,10

As, Cd, Pb, Cr, Hg, Mg e NO₂ não foram detetados

2013	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄	Zn	As	Ca	Mg
Média	97,41	6,77	55,50	< 0,15	10,41	3,42	< 0,010	0,05	0,02	8,00	0,02	0,00		
Desv.p	4,89	0,06	16,19		1,03	1,02		0,01	0,01	1,59	0,01			
Máximo	108,00	6,90	77,00		12,40	5,00		0,07	0,04	10,00	0,02		6,00	5,40
Mínimo	86,00	6,70	33,00		9,30	2,10		0,05	0,01	6,20	0,01		5,00	

Cd, Pb, Cr e Hg não foram detetados. NO₂ não foram doseados

Dados do furo Pdh2

A condutividade elétrica encontra-se em $\mu\text{S}/\text{cm}$, o pH em Escala Sorensen e os restantes elemento em mg/L.

2005	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄	Ca	Mg
Média	111,77	7,00	69,90	< 0,050	12,65	0,04	2,95	0,00	0,02	0,01	9,93	5,40	2,50
Desv.p	8,96	0,09	15,11		0,52	0,02	0,77	0,00	0,01	0,01	1,45	5,40	2,50
Máximo	126,00	7,20	89,70		13,30	0,09	3,80	0,01	0,04	0,03	11,70	5,40	2,50
Mínimo	97,00	6,70	40,80		11,50	0,03	1,70	0,00	0,02	0,01	7,80	5,40	2,50

Zn, As, Cd, Pb, CR e Hg não foram detetados. NO₂ não foram doseados

2006	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄
Média	102,00	6,94	73,26	< 0,050	11,23	0,04	3,95	0,00	0,03	0,01	8,74
Desv.p	7,90	0,12	16,39		1,16	0,02	0,91	0,00	0,02	0,00	1,45
Máximo	118,00	7,40	99,80		12,90	0,08	5,10	0,00	0,08	0,02	11,40
Mínimo	92,00	6,60	44,70		9,80	0,03	2,50	0,00	0,02	0,01	7,10

Zn, As, Cd, Pb, CR e Hg não foram detetados. Ca, Mg e NO₂ não foram doseados

2007	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Mn	SO ₄
Média	105,21	6,92	82,01	< 0,050	11,47	0,04	3,86	0,01	0,01	8,79
Desv.p	7,95	0,05	14,14		0,54	0,01	1,22	0,01	0,00	0,79
Máximo	120,00	7,00	100,00		12,90	0,05	5,70	0,05	0,01	10,70
Mínimo	94,00	6,80	56,10		10,80	0,03	2,00	0,00	0,01	7,70

Fe, Zn, As, Cd, Pb, CR e Hg não foram detetados. Ca, Mg e NO₂ não foram doseados

2008	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄
Média	109,25	6,96	67,07	< 0,050	12,38	0,06	3,21	0,00	< 0,03		9,65
Desv.p	12,25	0,11	10,10		1,16	0,02	0,75	0,00			1,54
Máximo	136,00	7,40	89,00		14,10	0,10	4,10	0,01		0,01	11,40
Mínimo	93,00	6,80	53,00		10,90	0,04	1,90	0,00		0,01	7,70

Zn, As, Cd, Pb, CR e Hg não foram detetados. Ca, Mg e NO₂ não foram doseados

2009	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Cu	Fe	Mn	SO ₄
Média	108,88	6,95	75,25	< 0,050	12,41	0,05	3,77	0,00	< 0,10	0,01	9,37
Desv.p	7,17	0,06	9,75		0,58	0,01	0,83	0,00		0,00	1,09
Máximo	123,00	7,10	99,00		13,60	0,08	5,20	0,00		0,01	10,70
Mínimo	96,00	6,90	64,00		11,70	0,04	2,40	0,00		0,01	7,50

Zn, As, Cd, Pb, CR e Hg não foram detetados. Ca, Mg e NO₂ não foram doseados

2010	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	PO ₄	NO ₃	Mn	SO ₄
Média	99,93	6,88	74,67	< 0,050	11,24	0,05	4,09	0,01	
Desv.p	3,73	0,09	12,11		0,91	0,02	1,36	0,01	
Máximo	107,00	7,10	91,00		12,40	0,09	6,30	0,01	8,40
Mínimo	89,00	6,70	61,00		10,10	0,03	2,10	0,01	7,10

Cu, Fe, Zn, As, Cd, Pb, CR e Hg não foram detetados. Ca, Mg e NO₂ não foram doseados

2011	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	NO ₃	Fe	Mn	SO ₄	Zn	Ca	Mg
Média	100,33	6,90	74,08	< 0,15	10,88	3,65	0,03	0,03	7,84	0,03		2,50
Desv.p	5,69	0,07	11,55		0,69	0,95	0,02	0,03	0,98	0,03		2,50
Máximo	112,00	7,00	94,00		12,00	4,90	0,06	0,03	9,50	0,08	6,20	2,50
Mínimo	93,00	6,80	53,00		10,00	2,10	0,01	0,03	7,00	0,01	5,70	2,50

PO₄, Cu, As, Cd, Pb, CR e Hg não foram detetados. NO₂ não foram doseados

2012	C.E.	pH	OD	NH ₄	Cl	NO ₃	Fe	SO ₄	Zn	Ca
Média	109,33	6,88	63,58	< 0,15	12,16	2,61	0,01	10,18	0,02	
Desv.p	5,90	0,07	11,01		0,63	0,33	0,00	1,86	0,00	
Máximo	116,00	7,00	83,00		14,00	3,10	0,02	12,60	0,02	7,80
Mínimo	99,00	6,80	49,00		11,70	2,00	0,01	7,60	0,01	5,50

PO₄, Cu, Mn, As, Cd, Pb, Cr, Hg, Mg e NO₂ não foram detetados

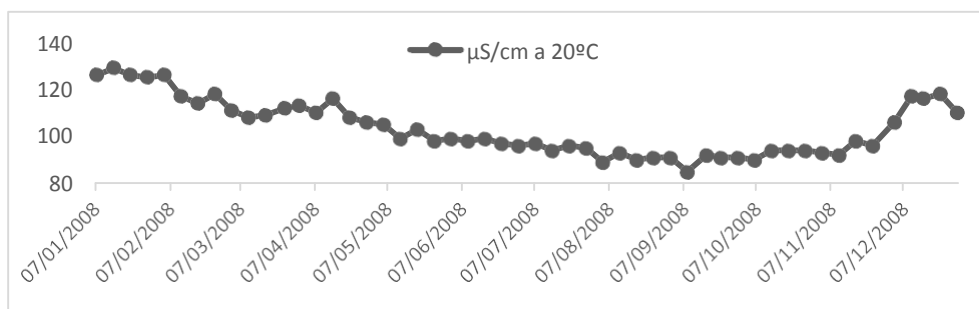
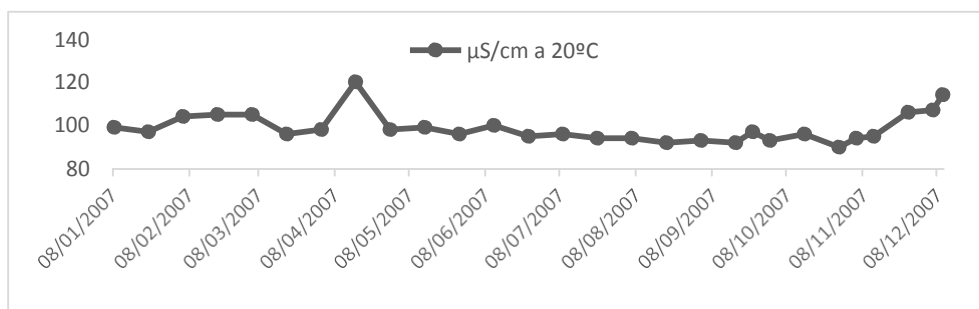
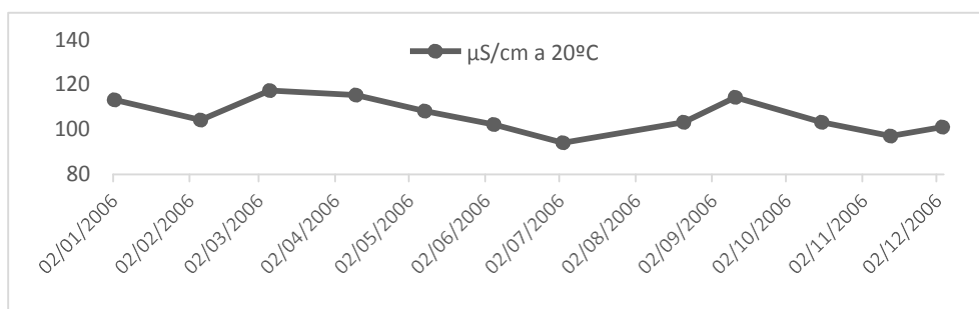
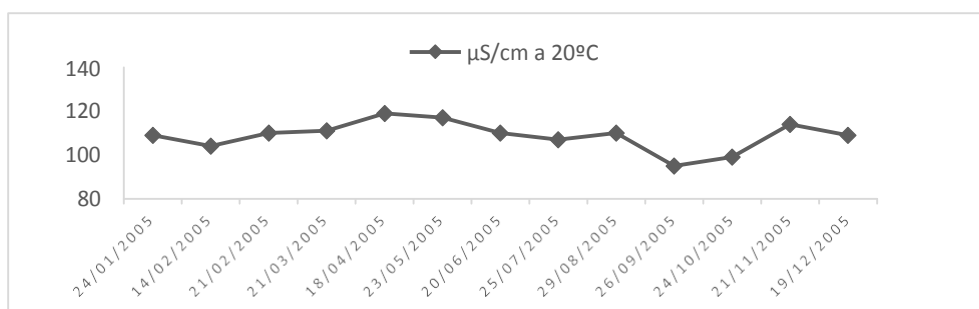
2013	C.E..	pH	OD	NH ₄	Cl	NO ₃	Mn	SO ₄	Zn	As	Ca
Média	105,80	6,75	64,40	< 0,15	11,12	3,28	0,02	9,08	0,02	0,00	
Desv.p	4,69	0,06	18,25		1,00	0,90	0,04	0,94	0,01	0,00	
Máximo	115,00	6,90	89,00		13,10	4,60	0,18	10,00	0,02	0,00	7,00
Mínimo	95,00	6,60	37,00		9,90	2,10	0,01	7,80	0,01	0,00	6,00

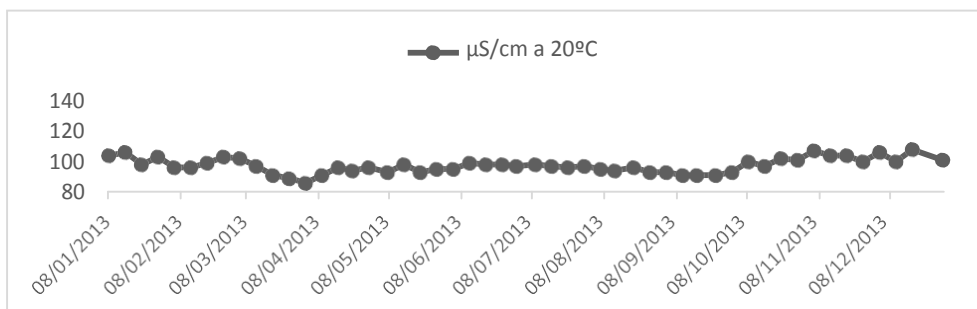
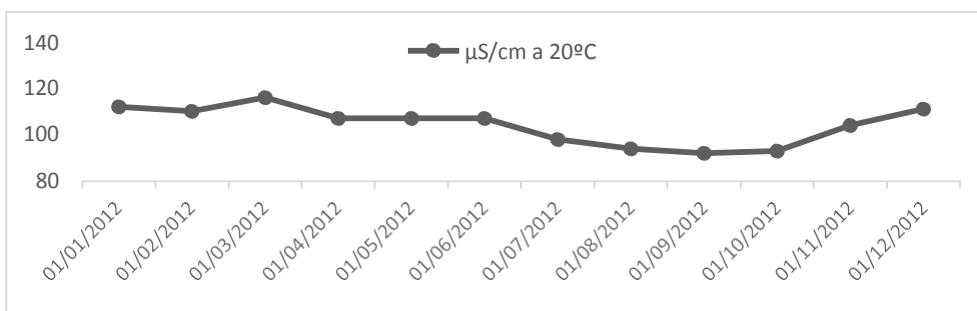
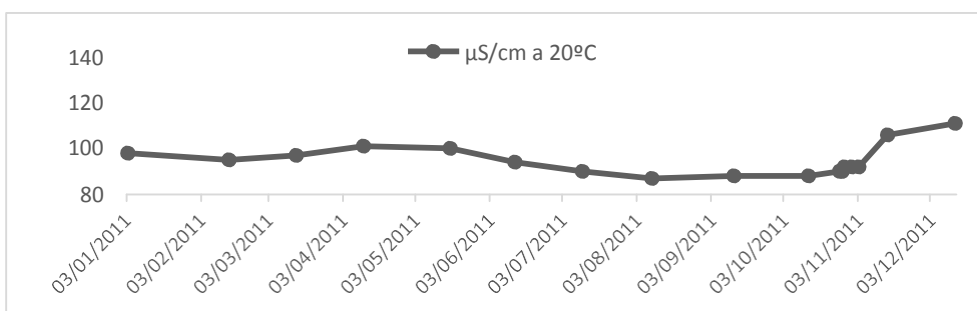
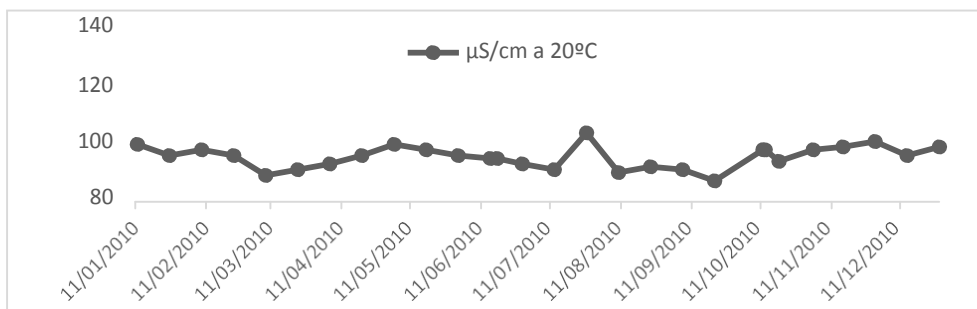
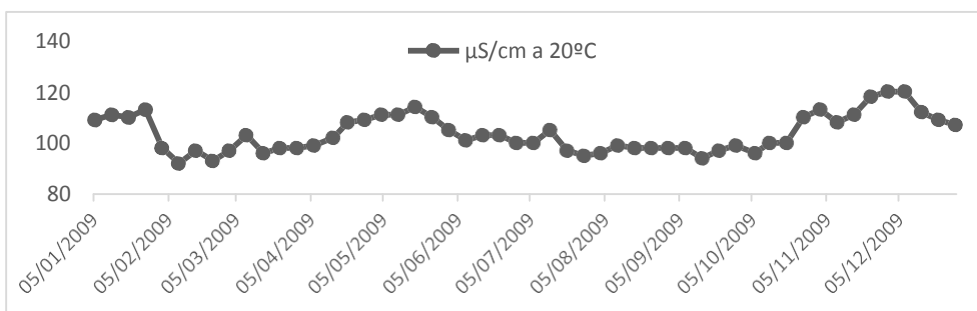
PO₄, Cu, Fe, Cd, Pb, Cr, Hg, Mg e NO₂ não foram detetados

ANEXO II

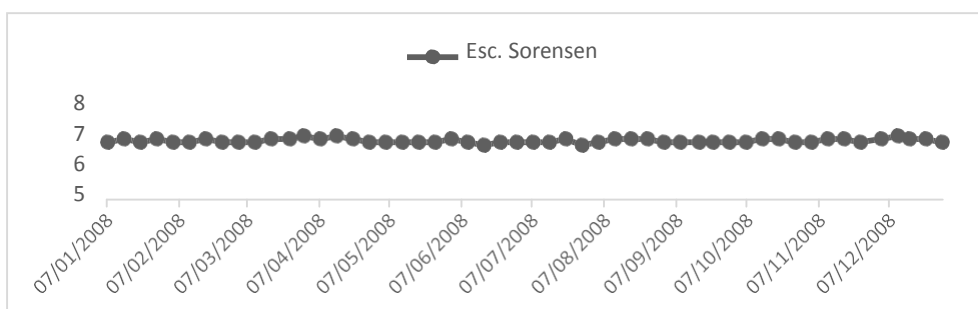
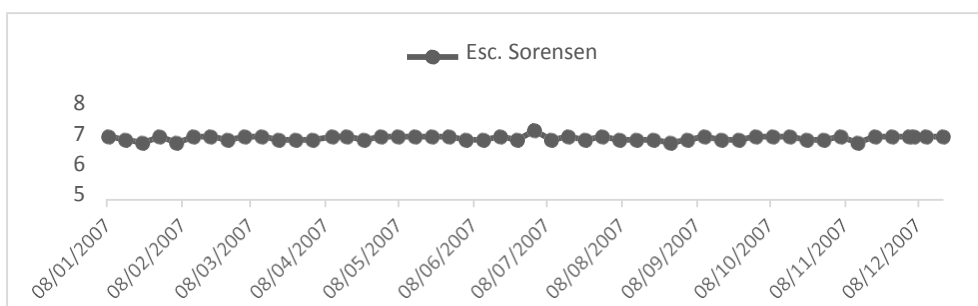
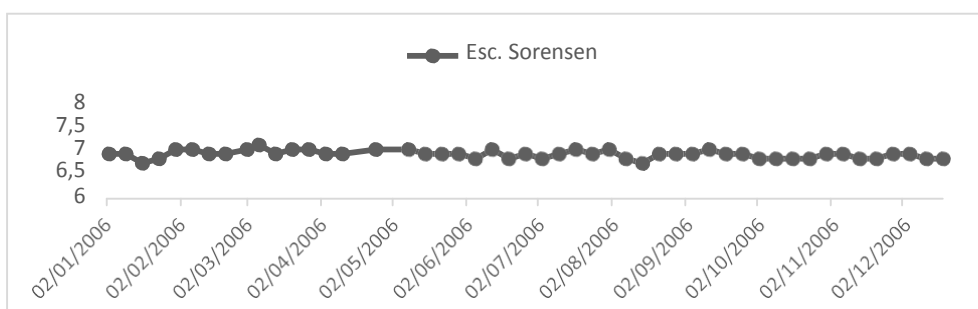
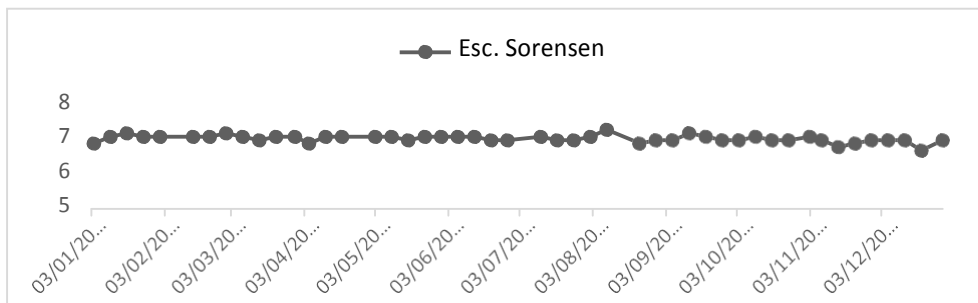
Gráficos Furo Pdh1

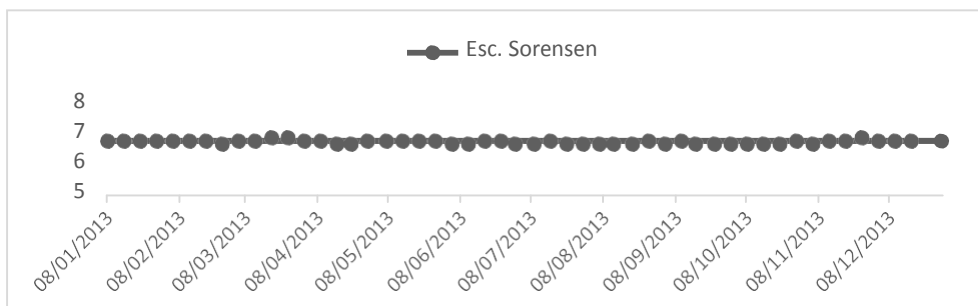
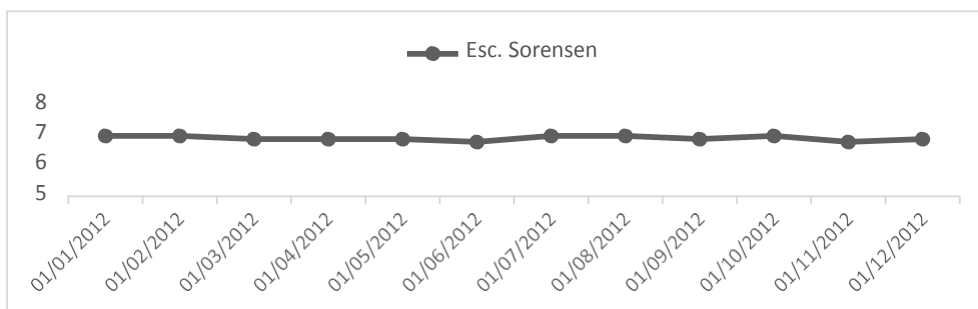
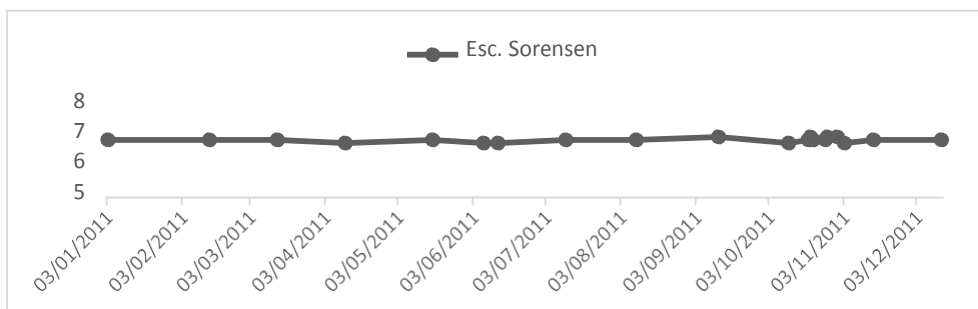
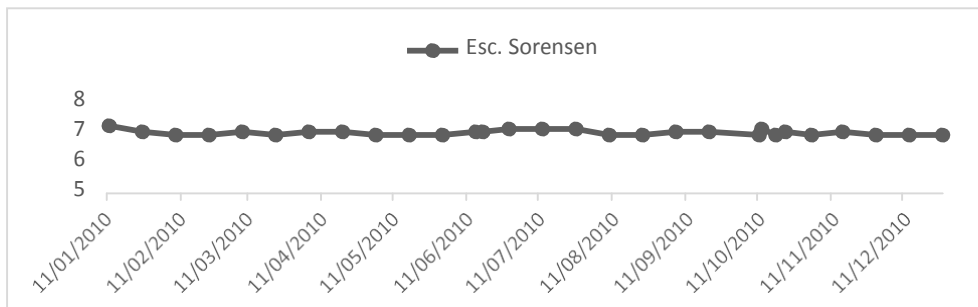
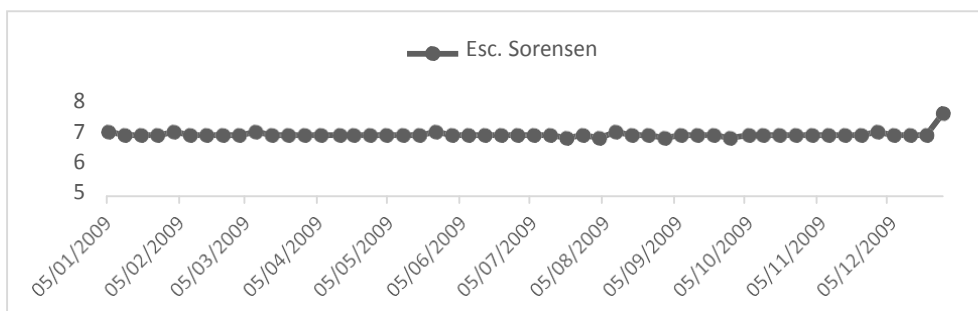
Gráficos da condutividade do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)



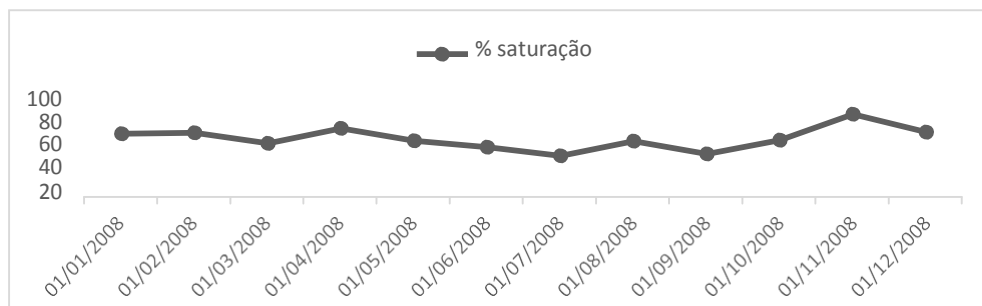
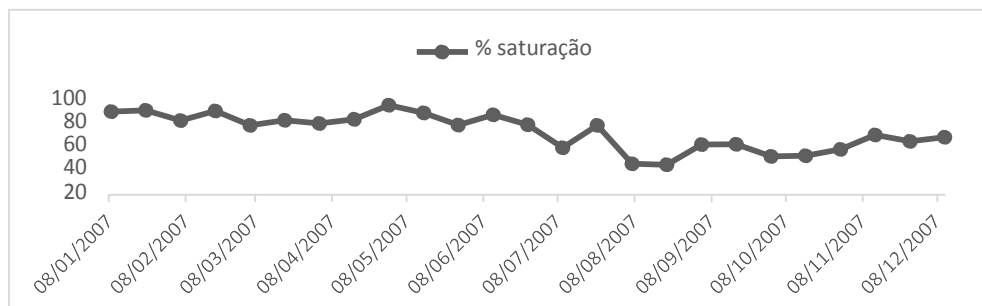
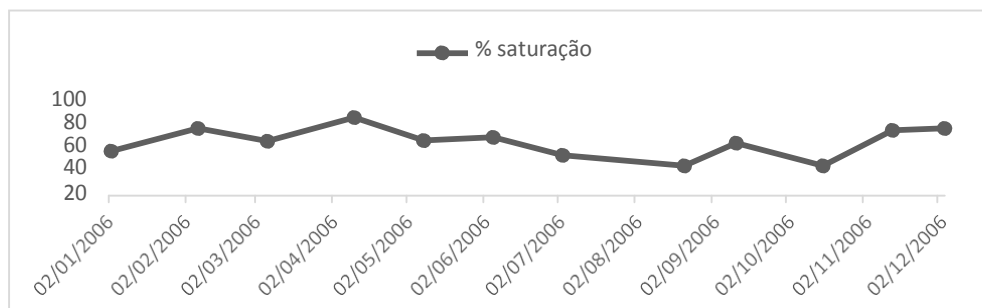
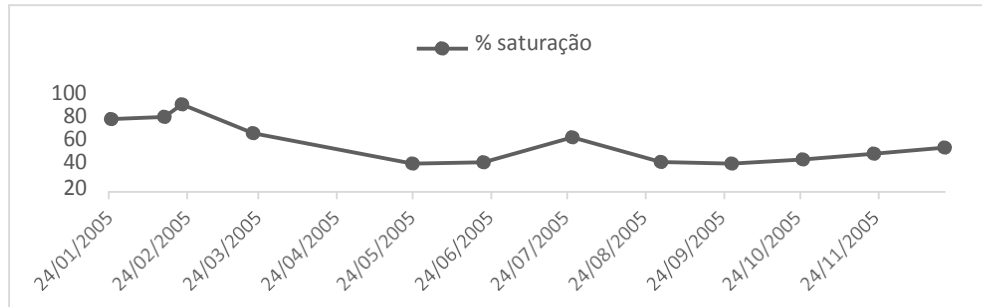


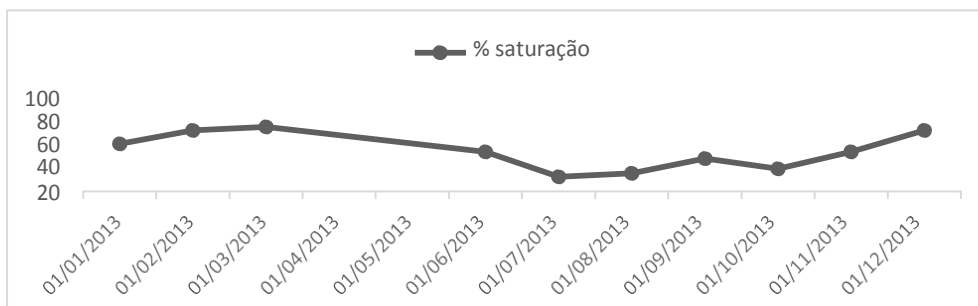
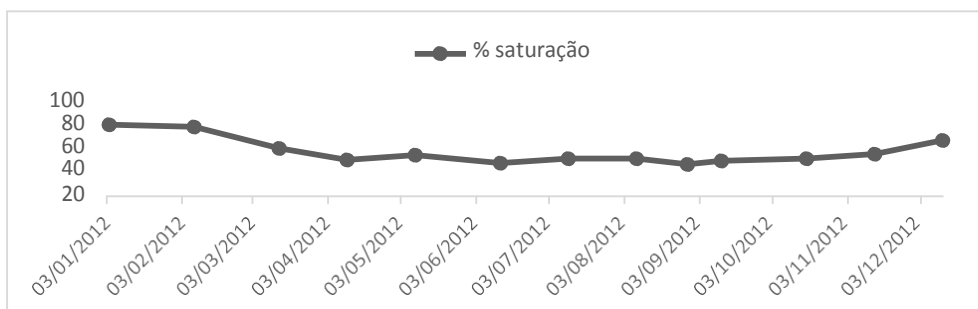
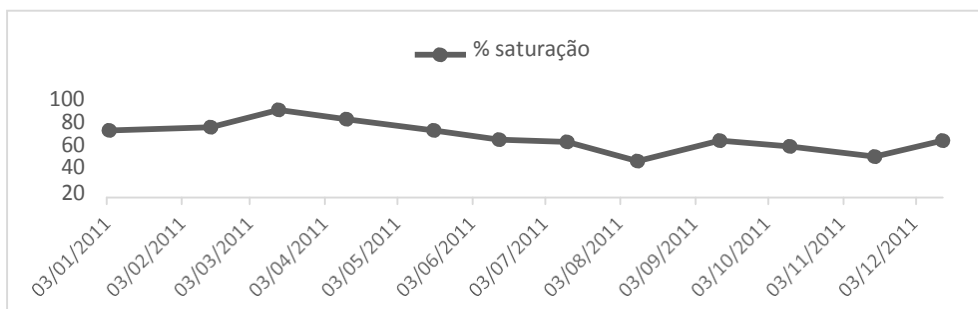
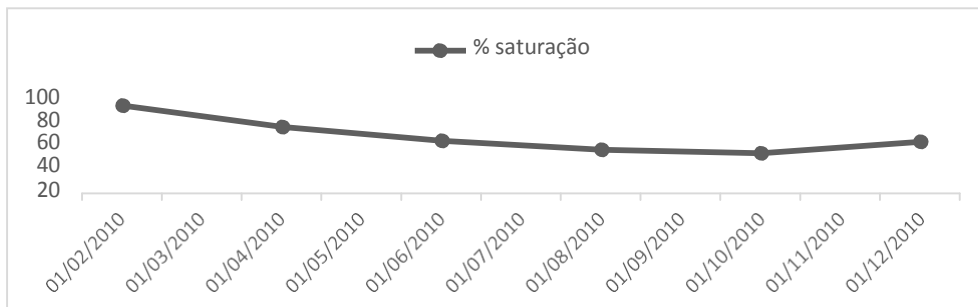
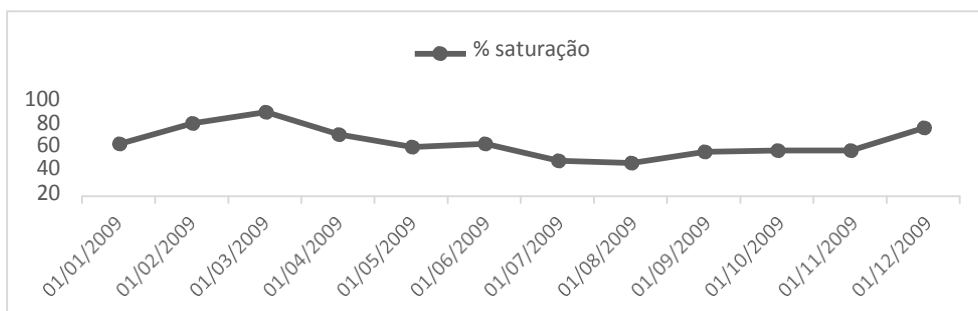
Gráficos do pH do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)



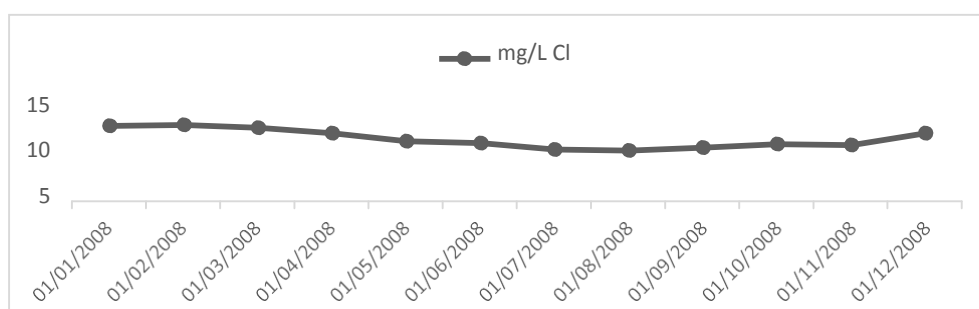
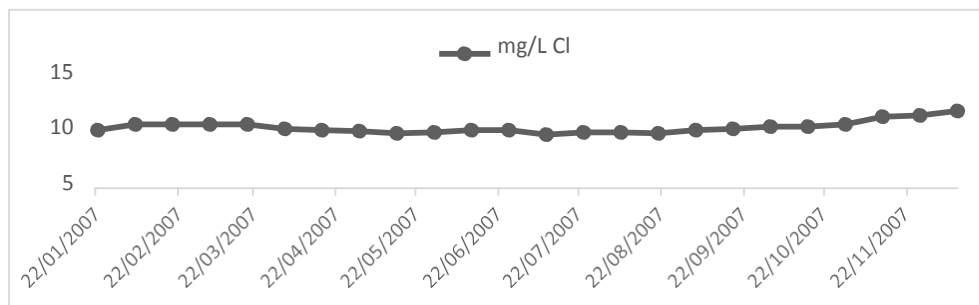
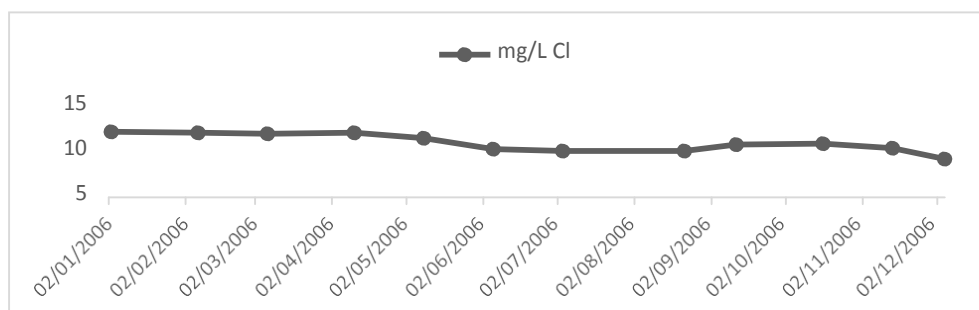
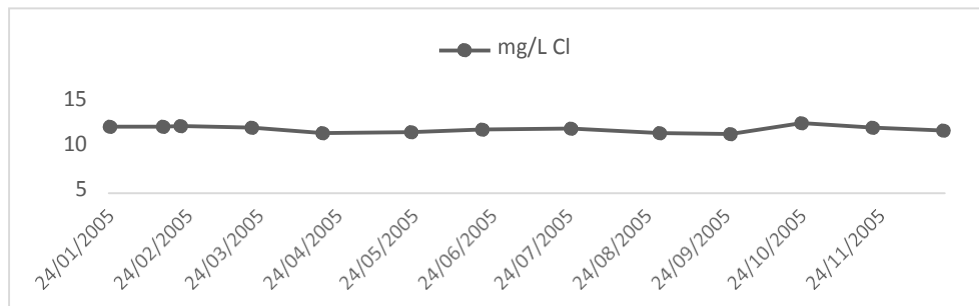


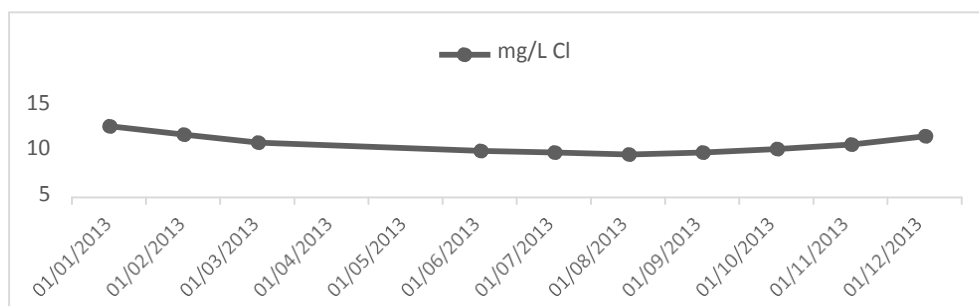
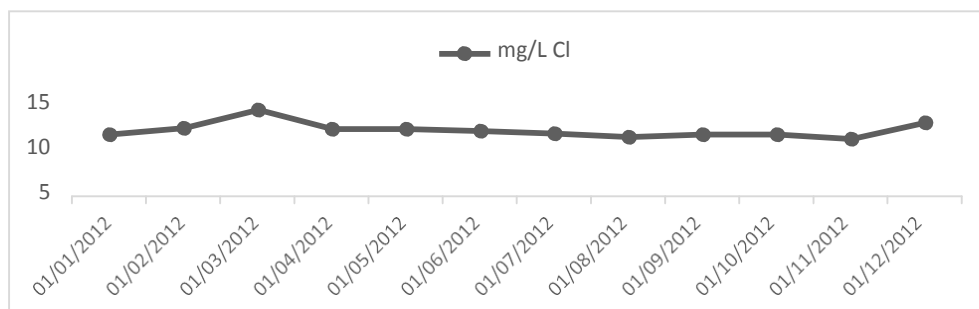
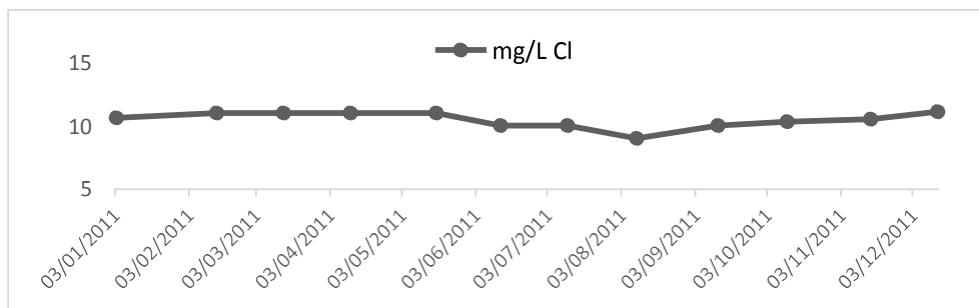
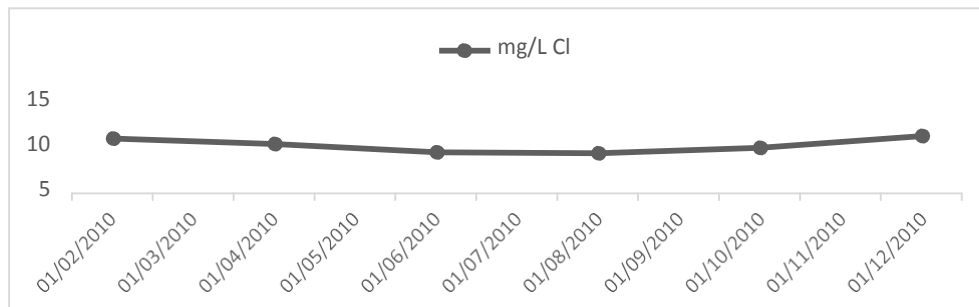
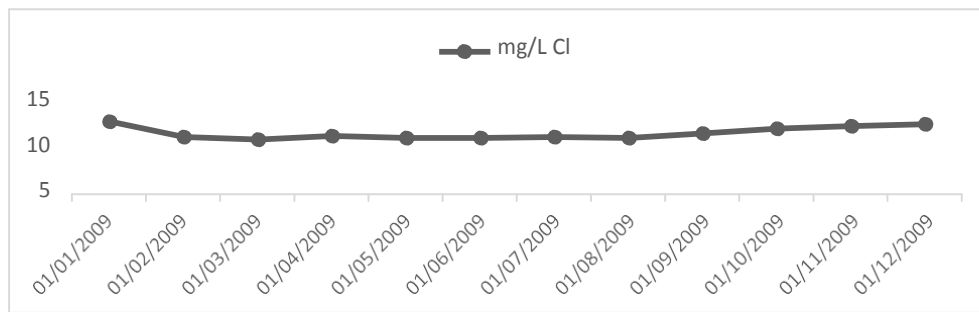
Gráficos do Oxigênio dissolvido do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)



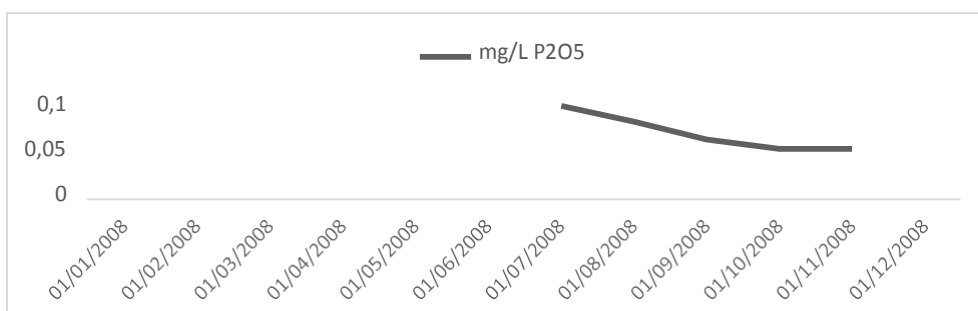
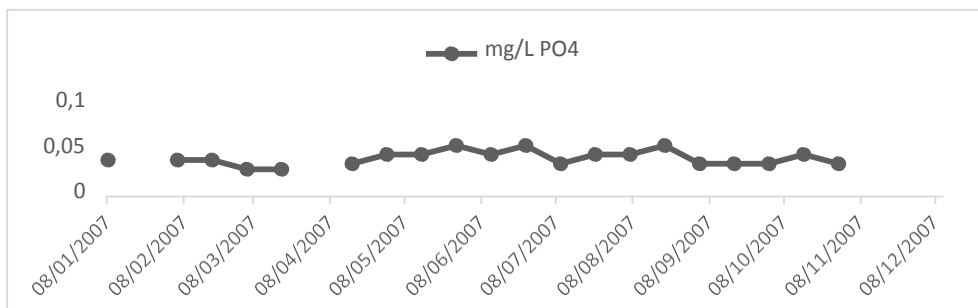
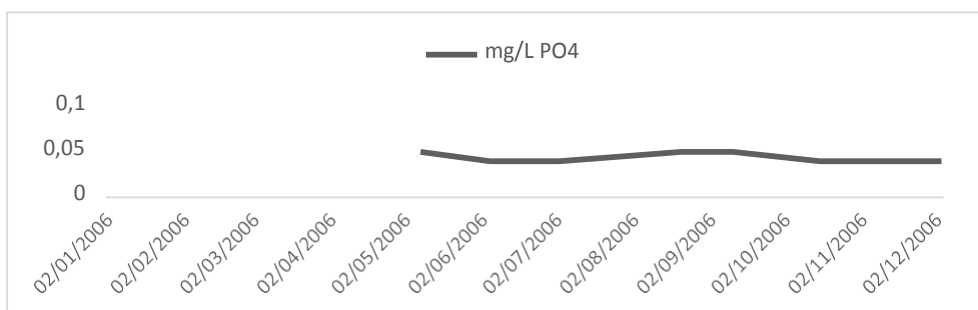
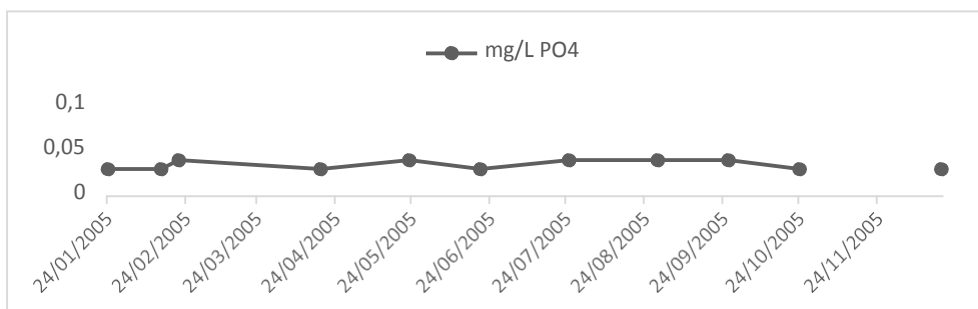


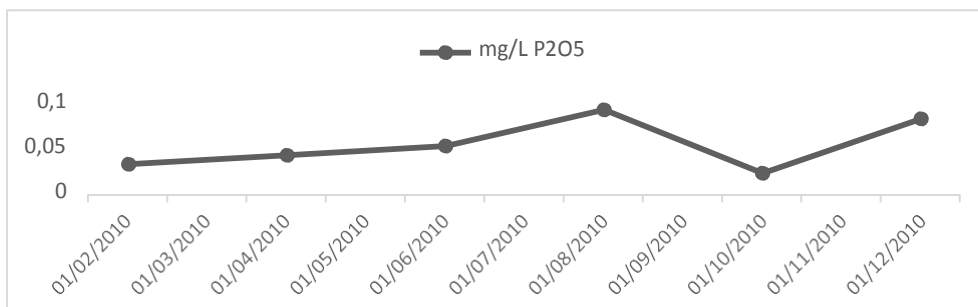
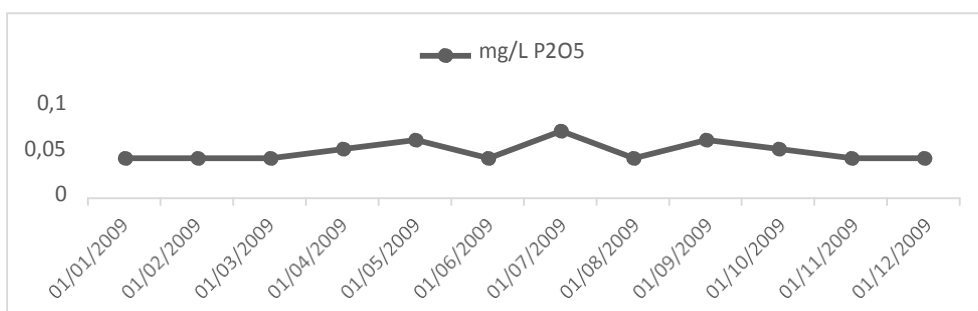
Gráficos dos Cloretos do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)



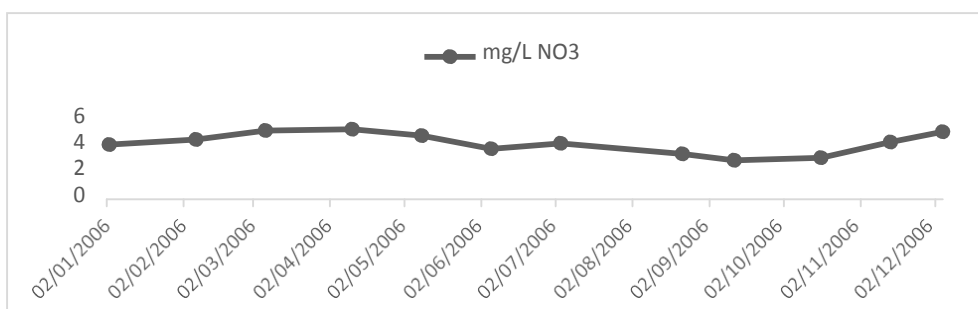
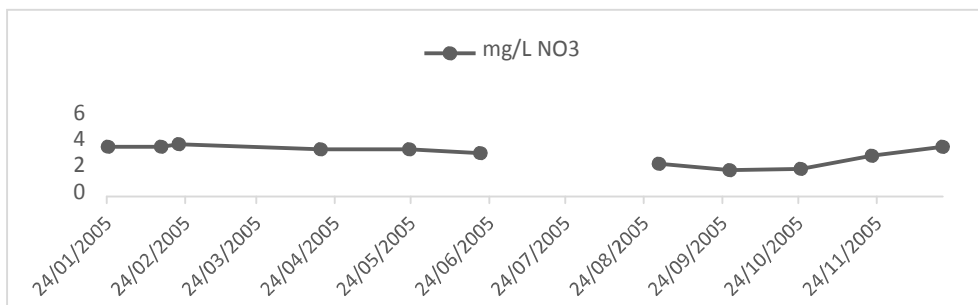


Gráficos dos Fosfatos do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)



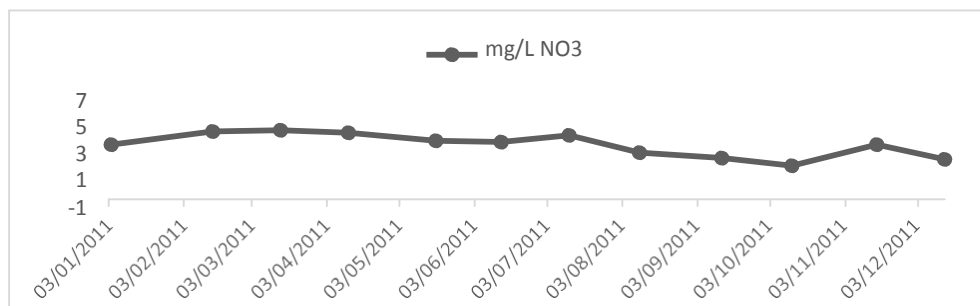
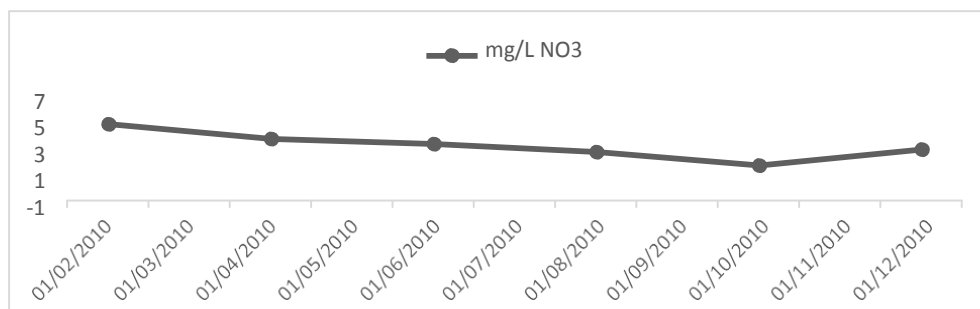
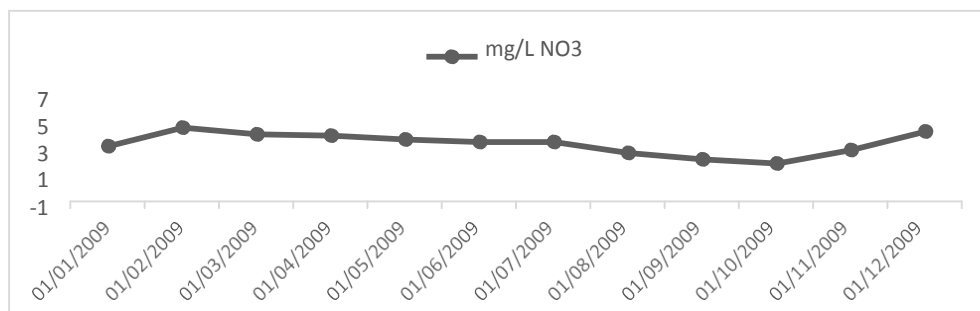
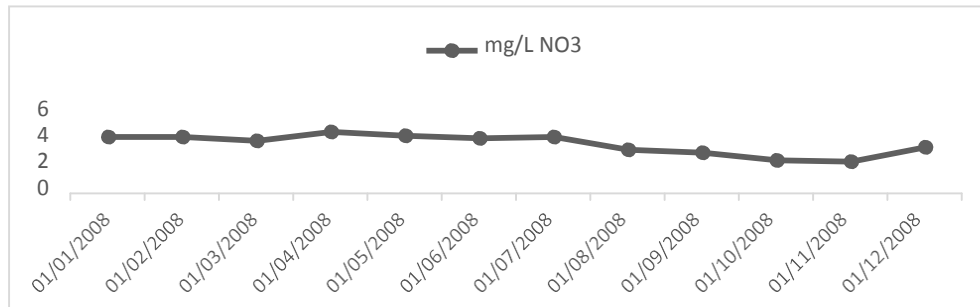
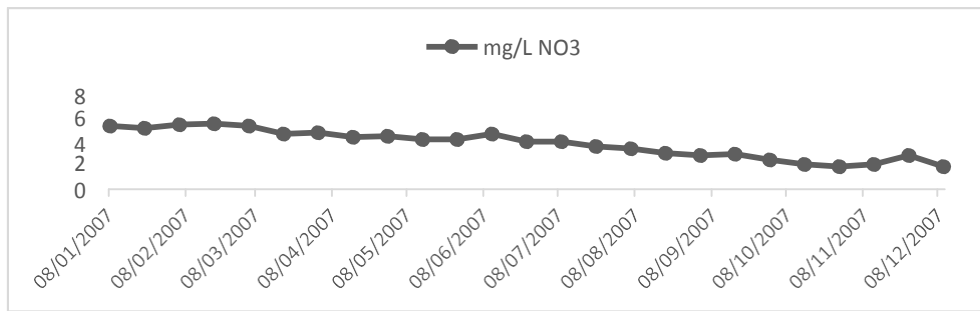


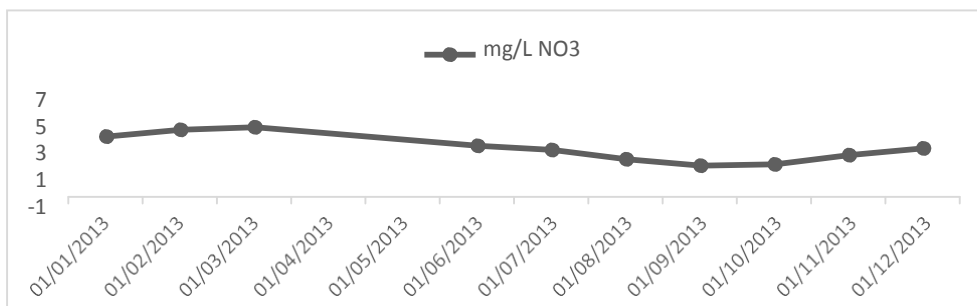
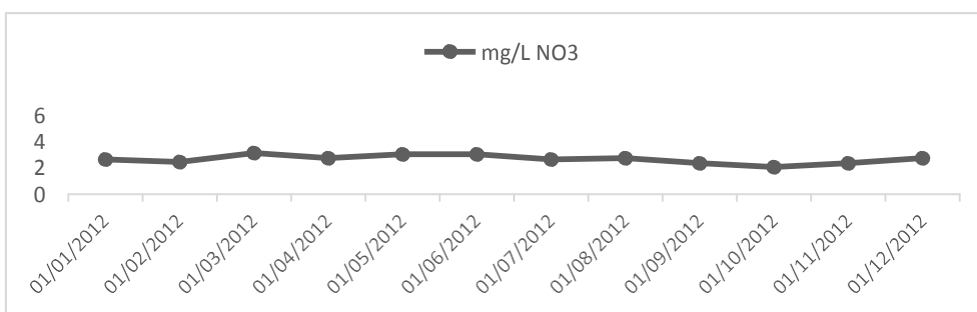
Gráficos dos Nitratos do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)



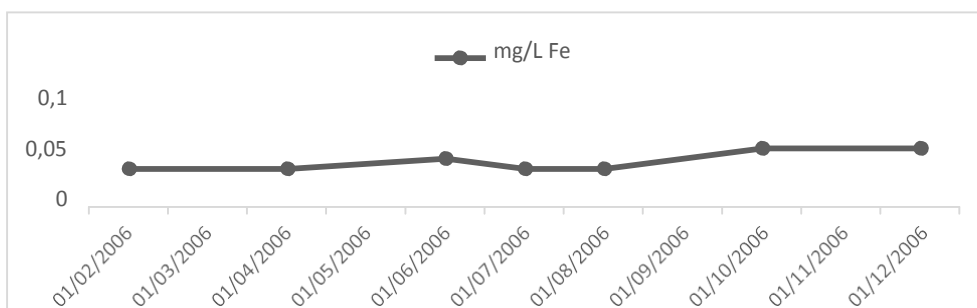
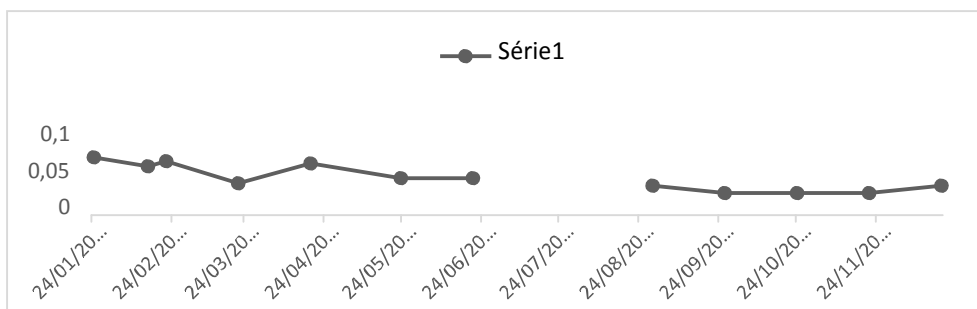
VARIABILIDADE HIDROGEOLÓGICA-HIDROGEOQUÍMICA PLURIANUAL E SAZONAL NO AQUÍFERO ALUVIONAR DO MONDEGO NA REGIÃO DE COIMBRA

Cátia A. S. Nogueira



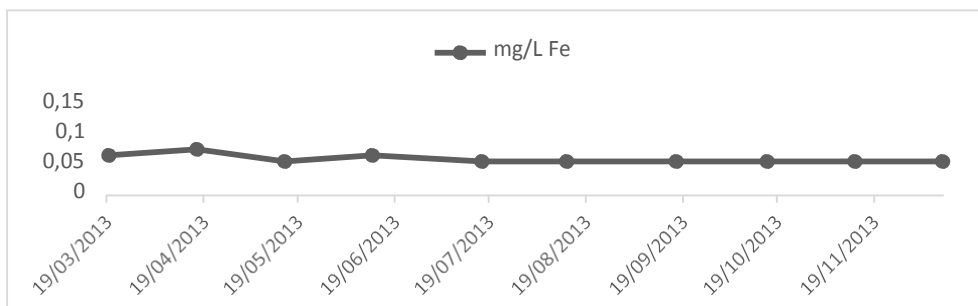
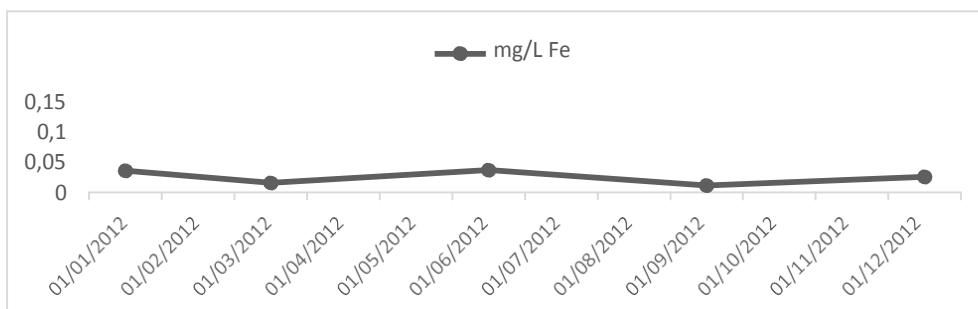
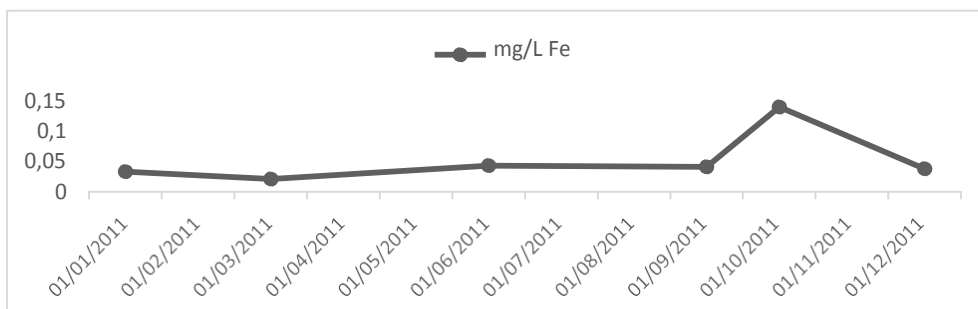
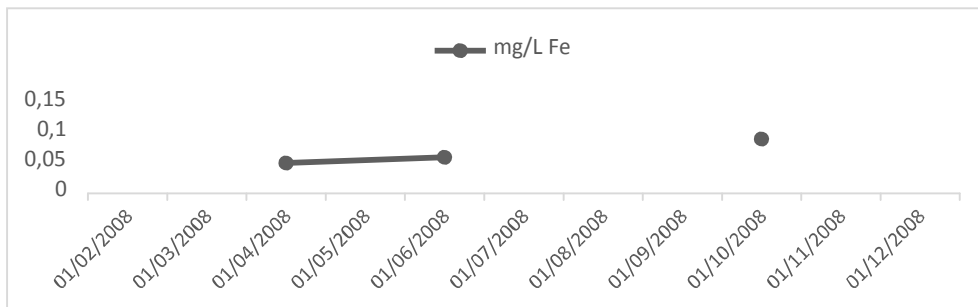
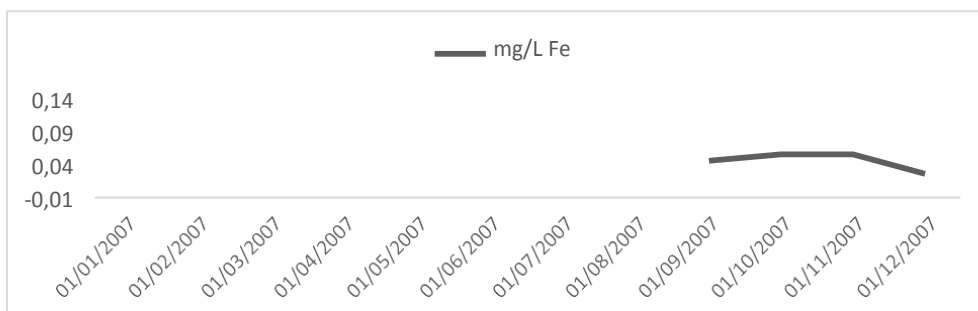


Gráficos do Ferro do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)

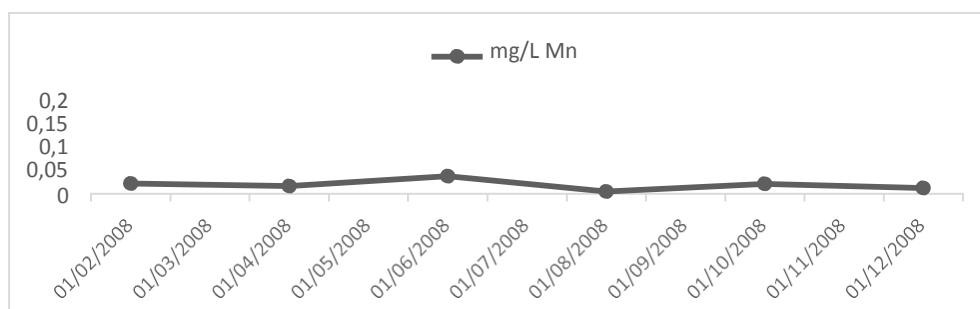
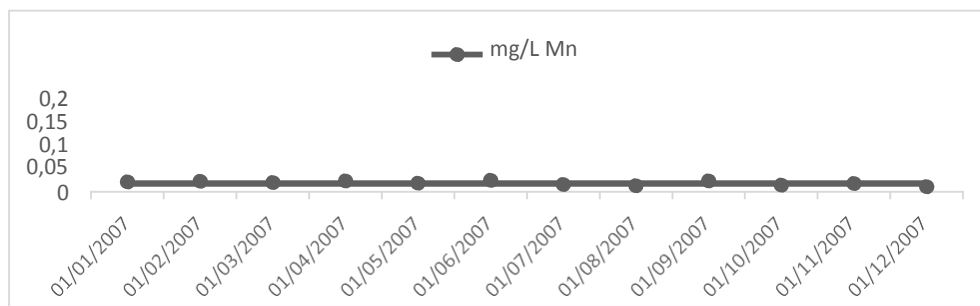
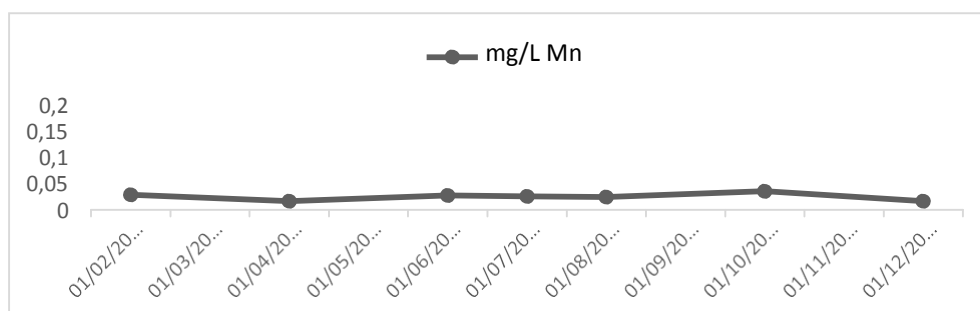
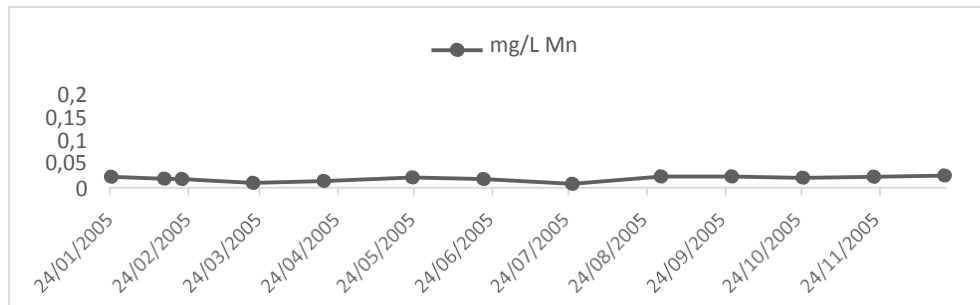


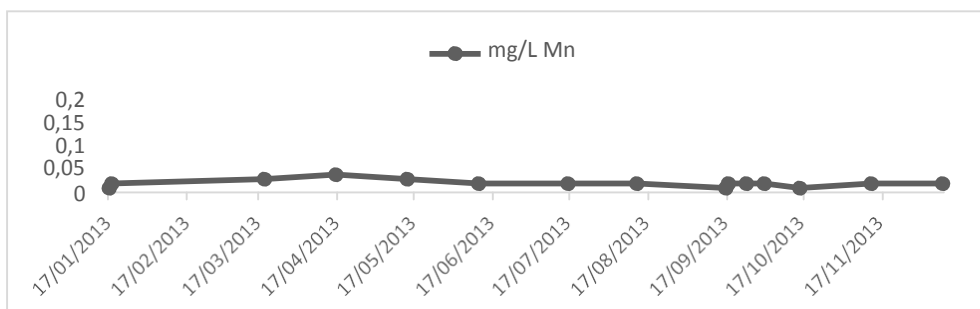
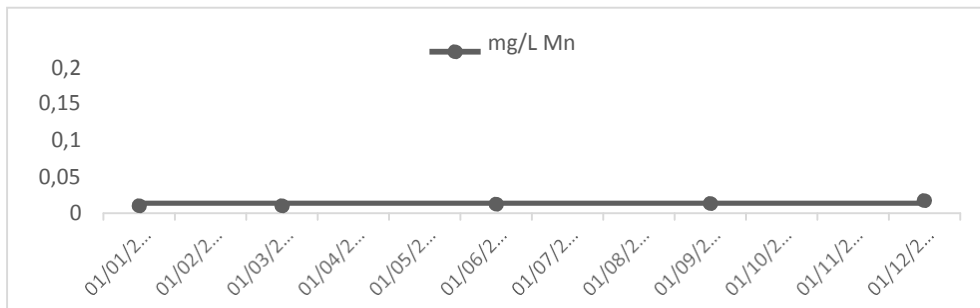
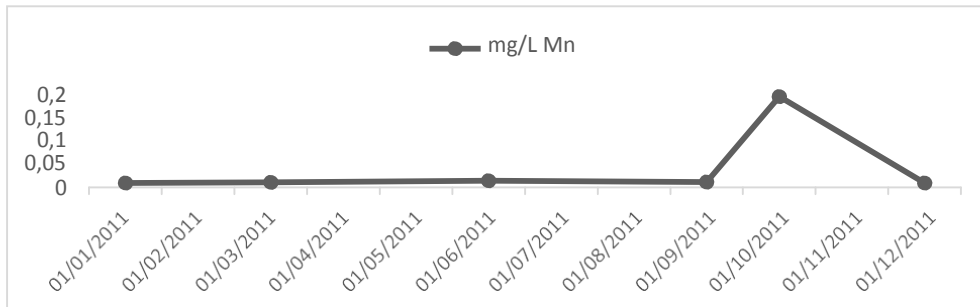
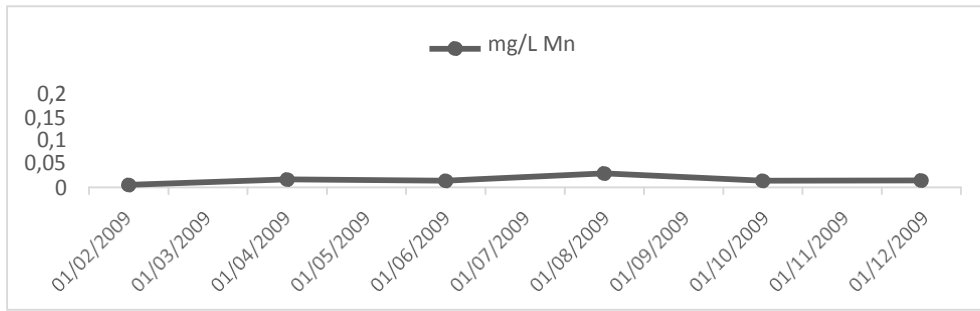
VARIABILIDADE HIDROGEOLÓGICA-HIDROGEOQUÍMICA PLURIANUAL E SAZONAL NO AQUÍFERO ALUVIONAR DO MONDEGO NA REGIÃO DE COIMBRA

Cátia A. S. Nogueira

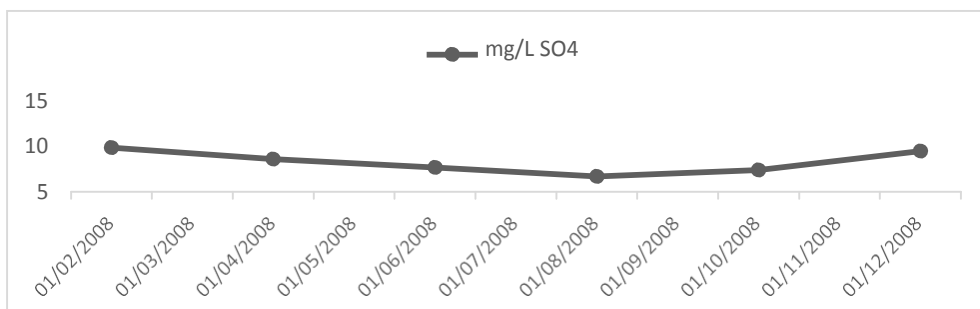
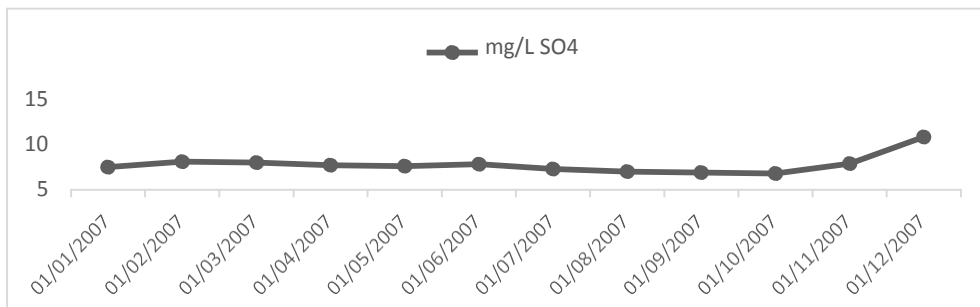
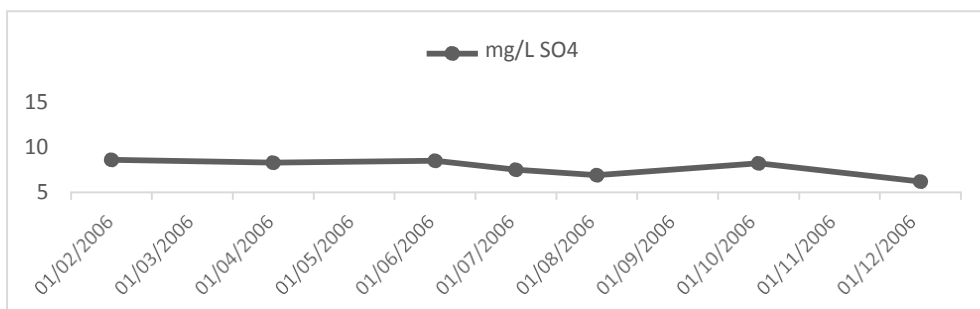
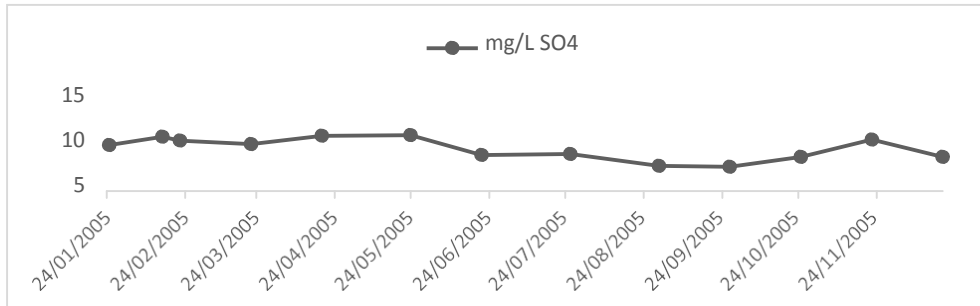


Gráficos do Manganês do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)



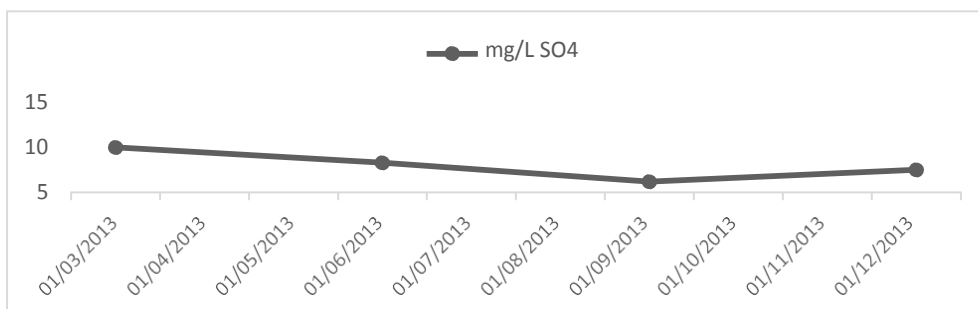
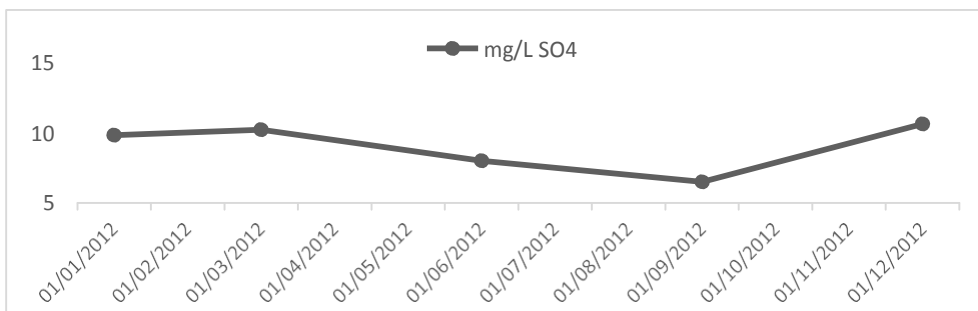
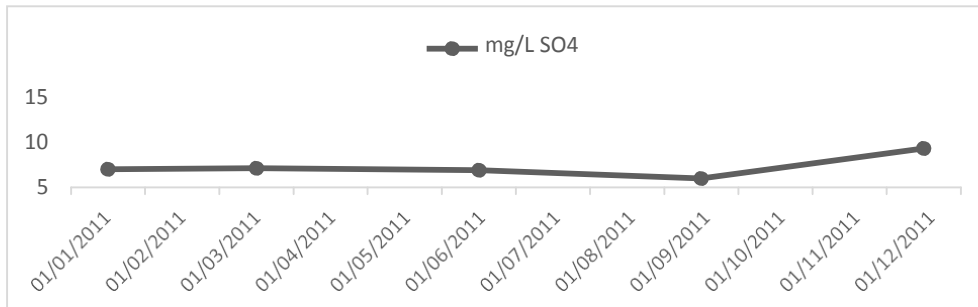
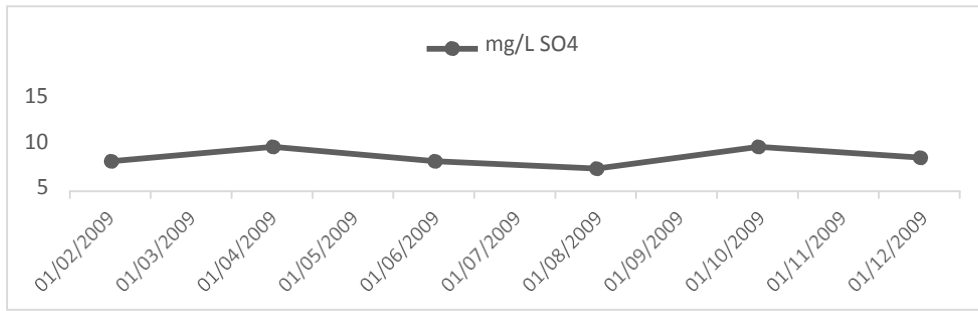


Gráficos dos Sulfatos do furo Pdh1 (desde 2005 até 2013)



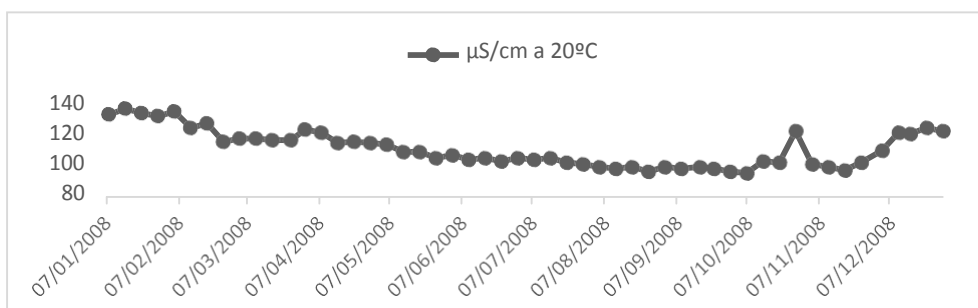
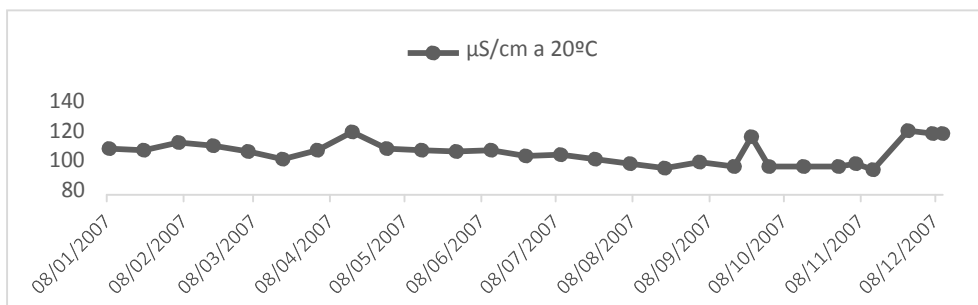
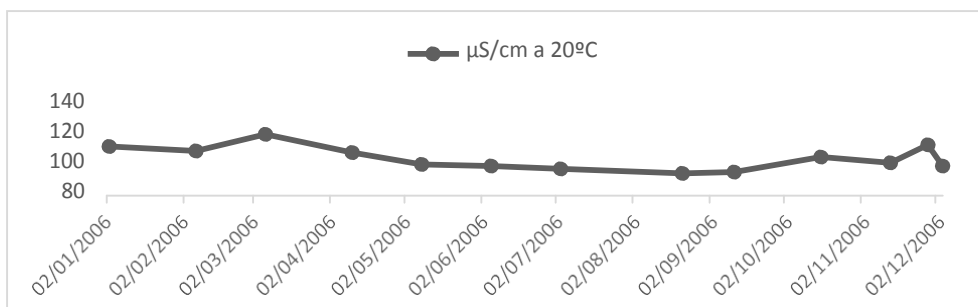
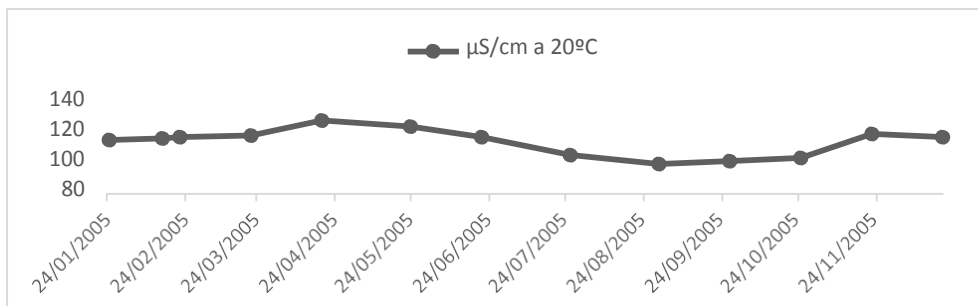
VARIABILIDADE HIDROGEOLÓGICA-HIDROGEOQUÍMICA PLURIANUAL E SAZONAL NO AQUÍFERO ALUVIONAR DO MONDEGO NA REGIÃO DE COIMBRA

Cátia A. S. Nogueira



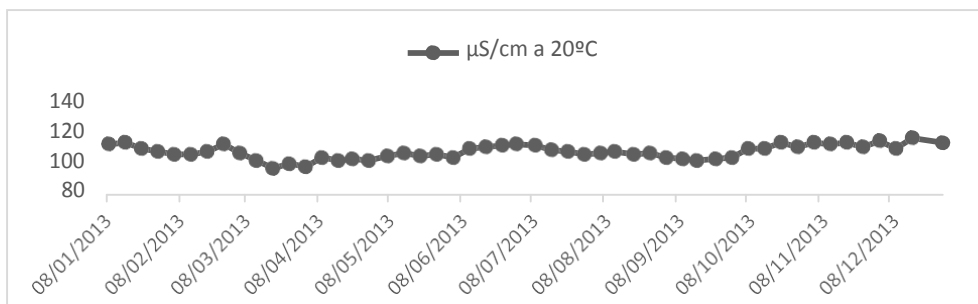
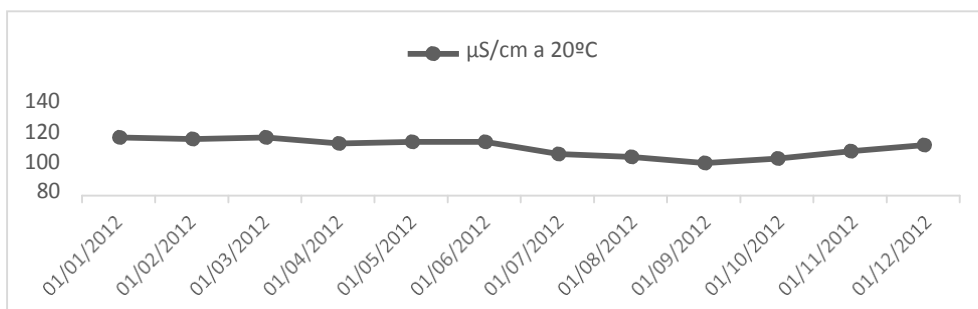
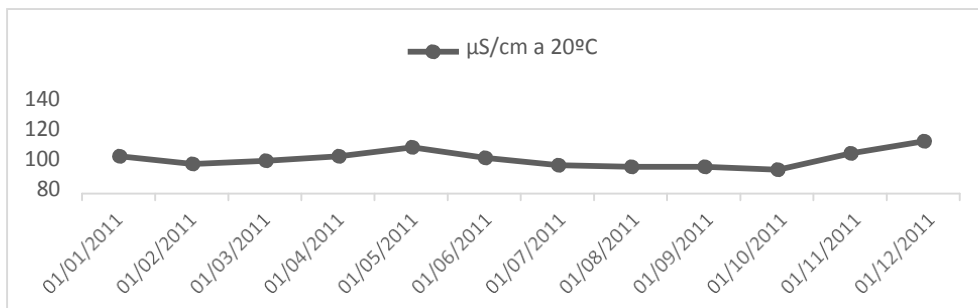
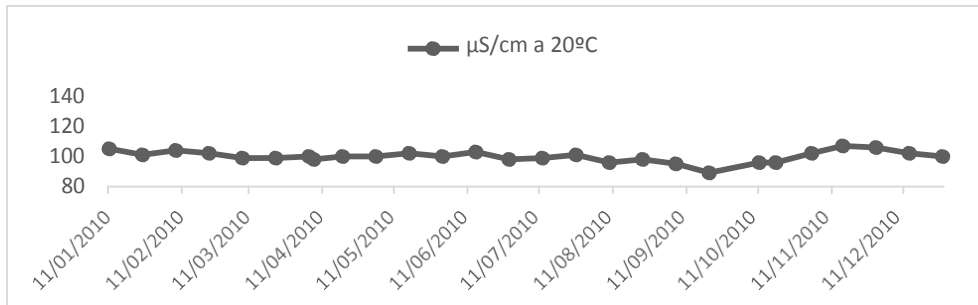
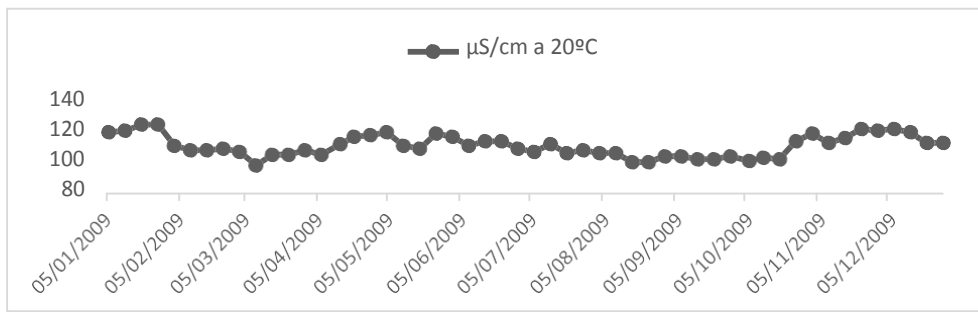
Gráficos Furo Pdh2

Gráficos da condutividade do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)

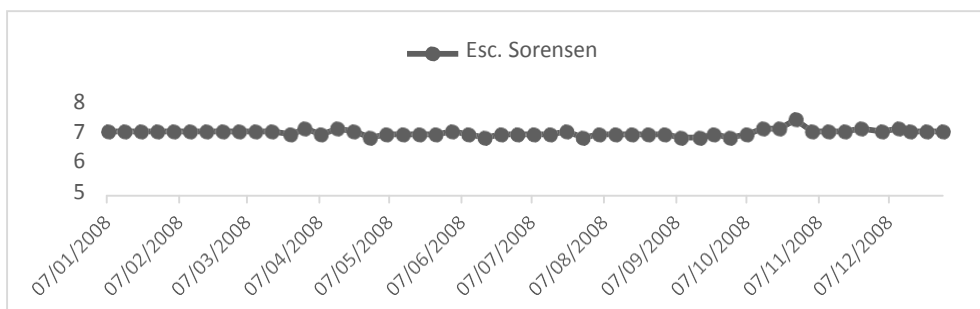
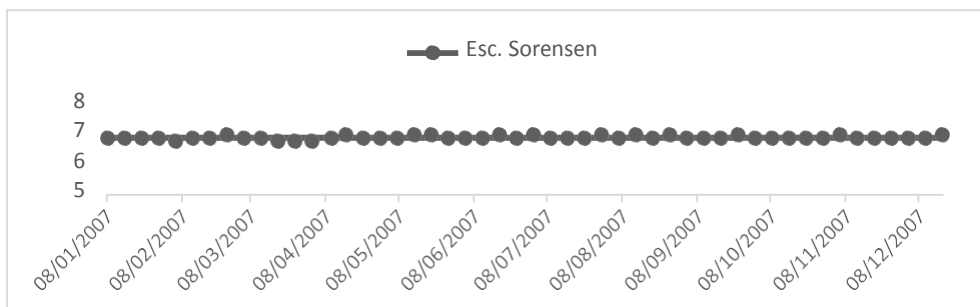
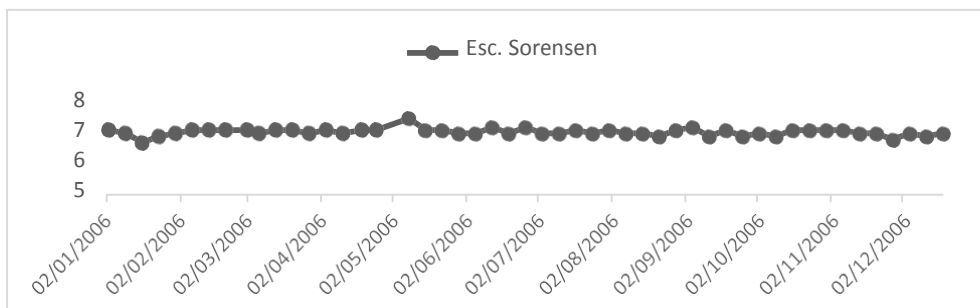
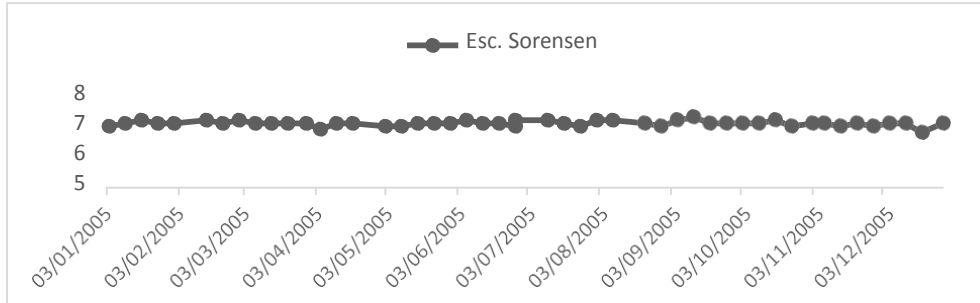


VARIABILIDADE HIDROGEOLÓGICA-HIDROGEOQUÍMICA PLURIANUAL E SAZONAL NO AQUÍFERO ALUVIONAR DO MONDEGO NA REGIÃO DE COIMBRA

Cátia A. S. Nogueira

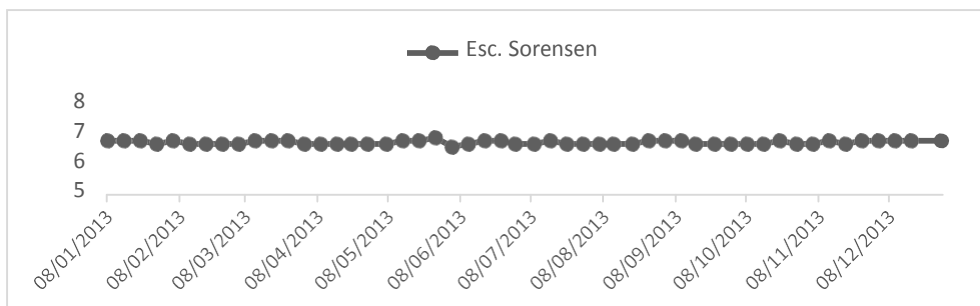
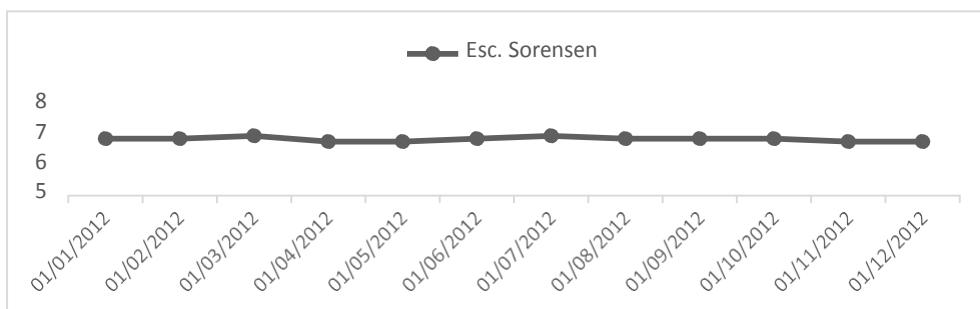
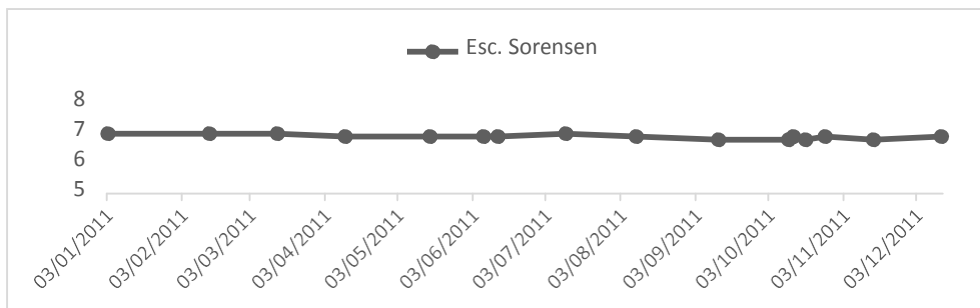
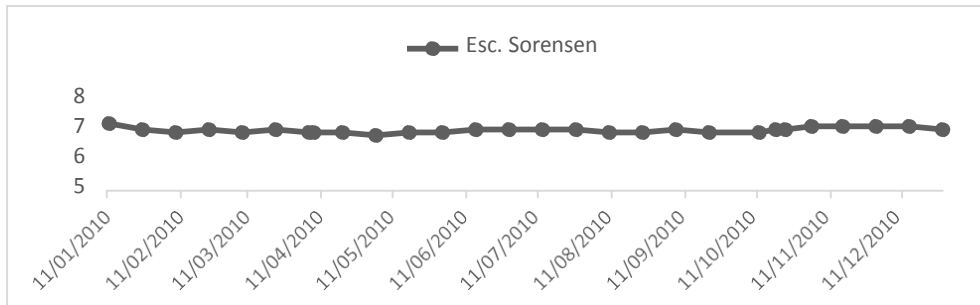
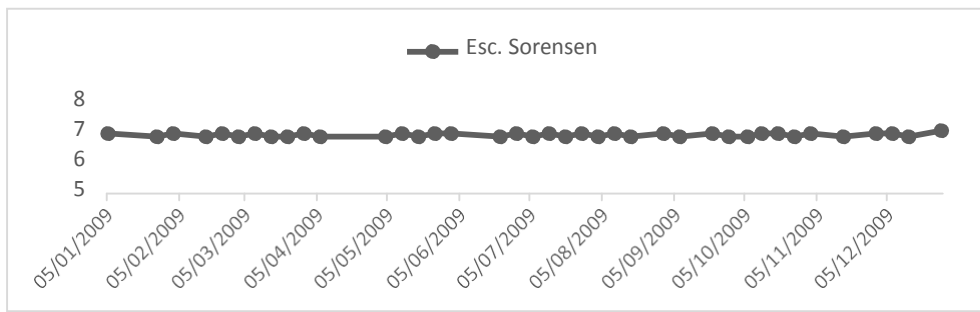


Gráficos do pH do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)

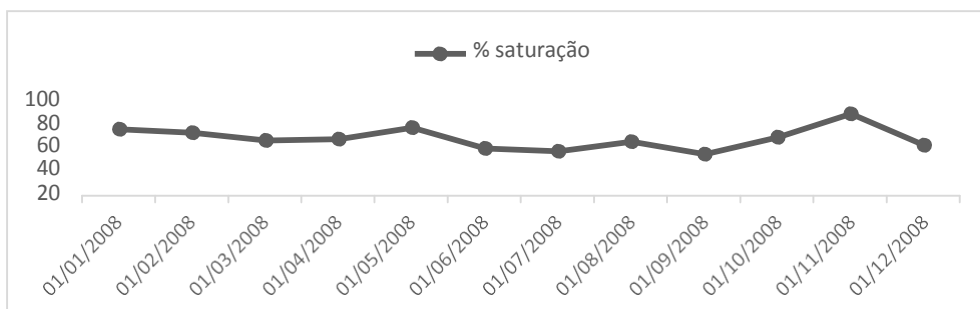
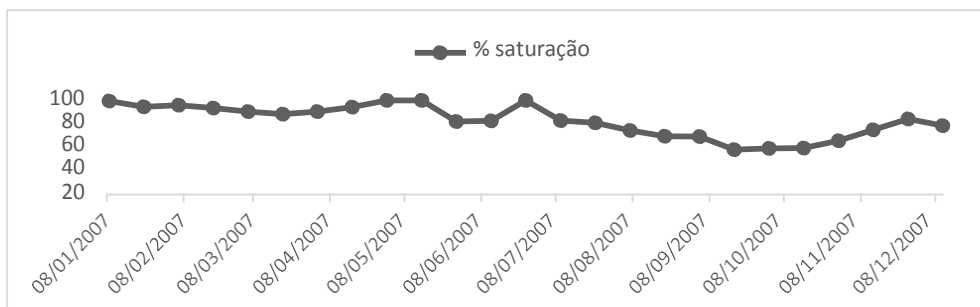
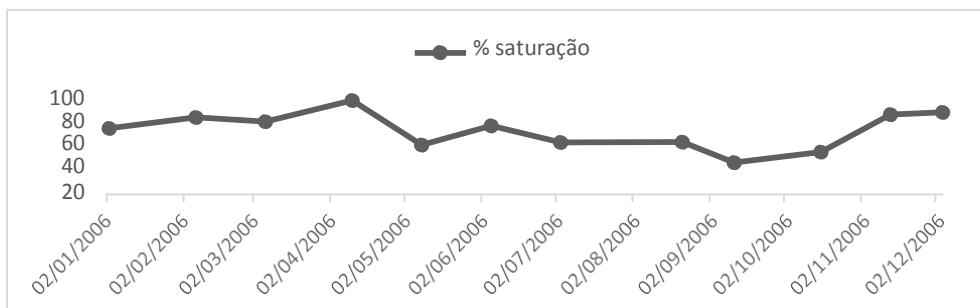
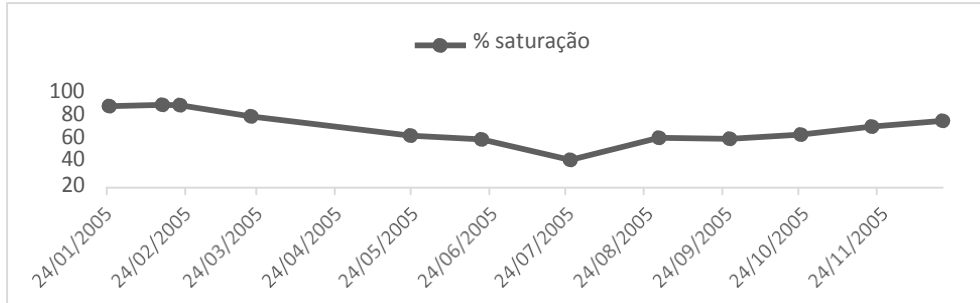


VARIABILIDADE HIDROGEOLÓGICA-HIDROGEOQUÍMICA PLURIANUAL E SAZONAL NO AQUÍFERO ALUVIONAR DO MONDEGO NA REGIÃO DE COIMBRA

Cátia A. S. Nogueira

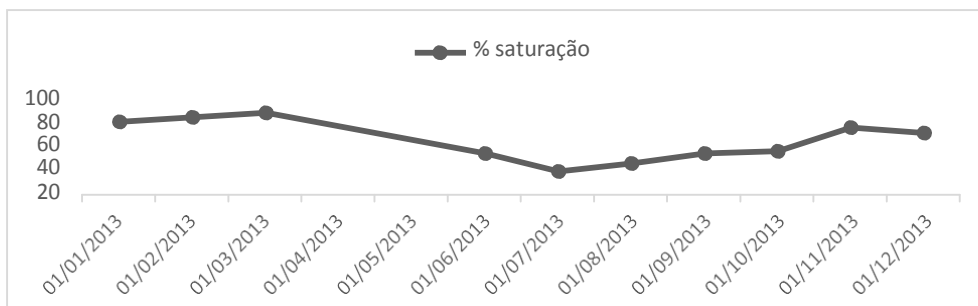
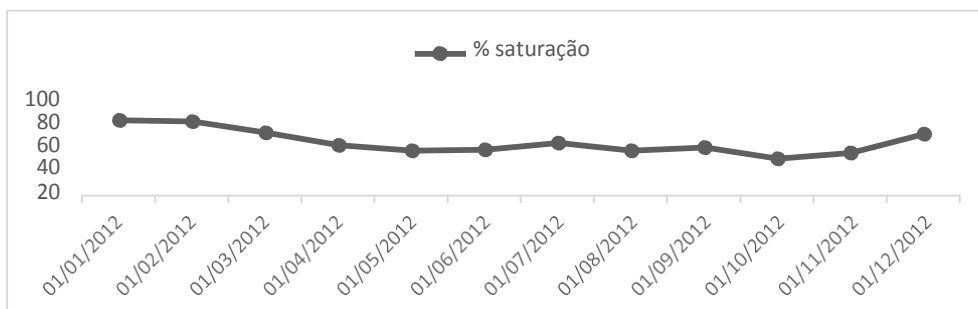
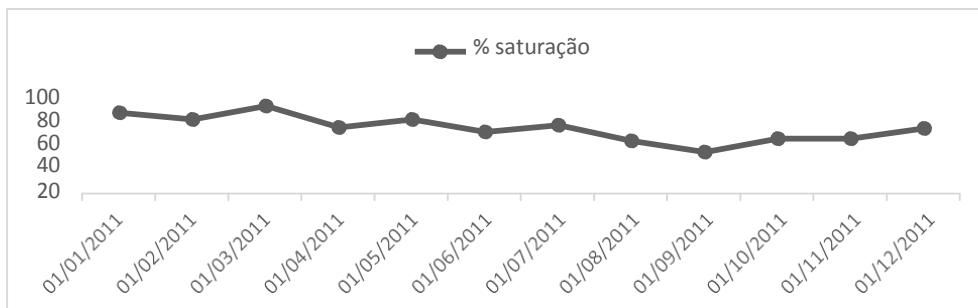
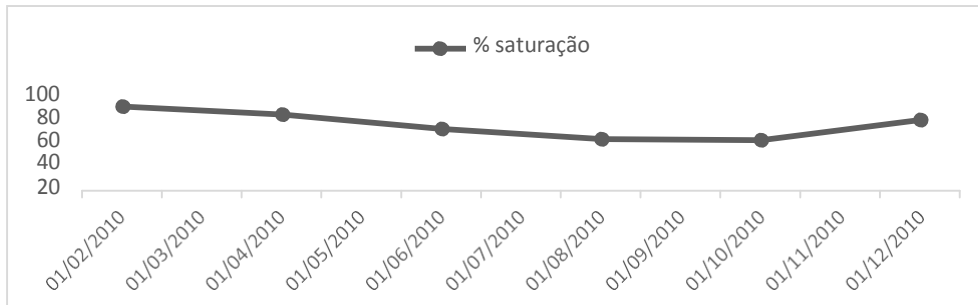
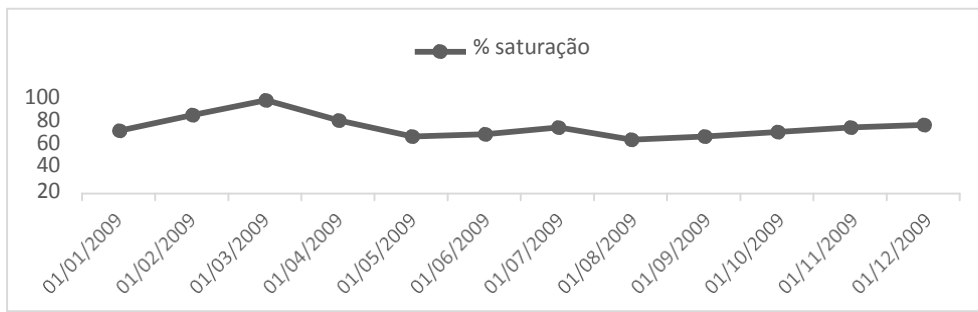


Gráficos do Oxigênio dissolvido do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)

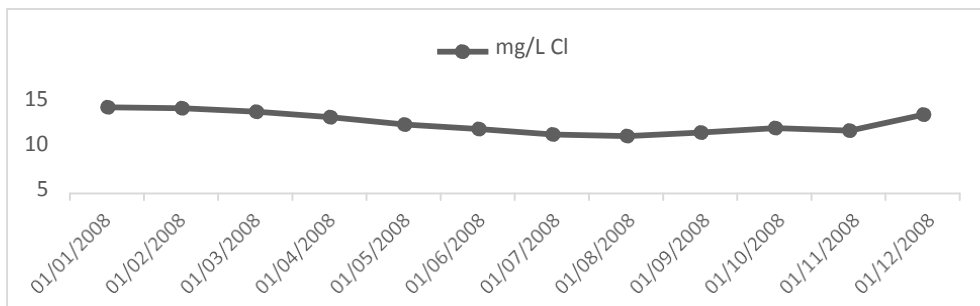
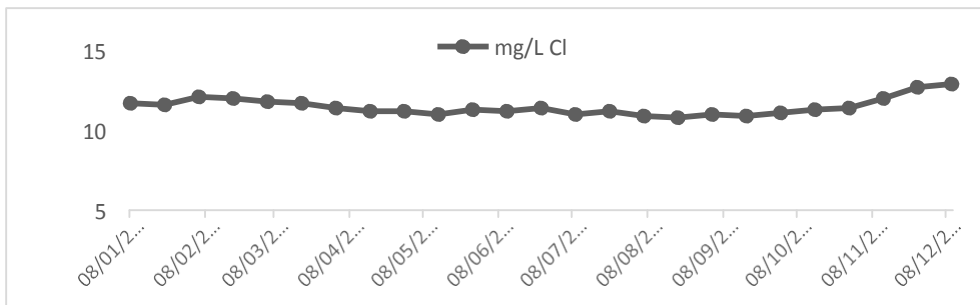
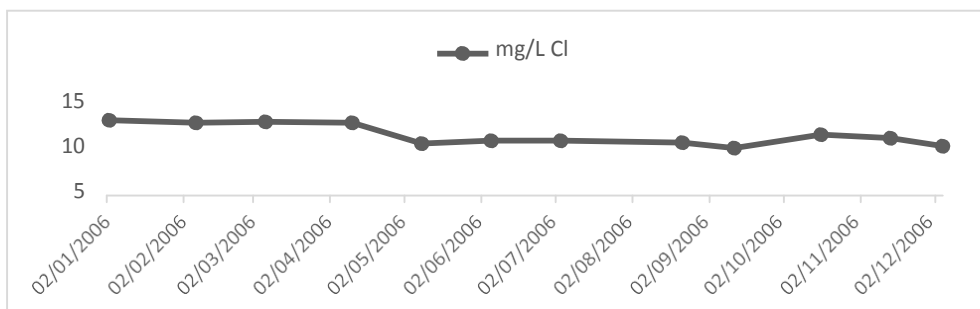
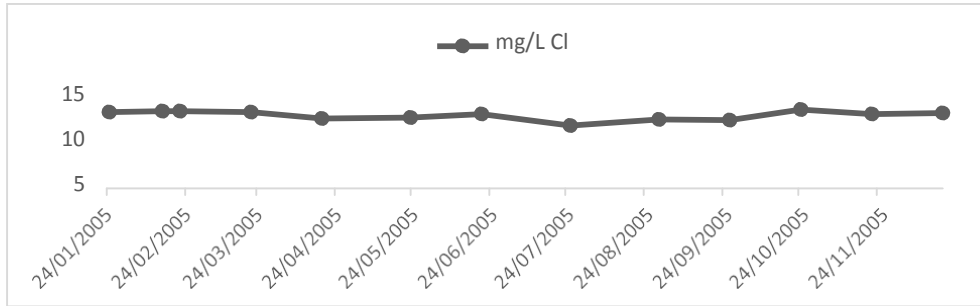


VARIABILIDADE HIDROGEOLÓGICA-HIDROGEOQUÍMICA PLURIANUAL E SAZONAL NO AQUÍFERO ALUVIONAR DO MONDEGO NA REGIÃO DE COIMBRA

Cátia A. S. Nogueira

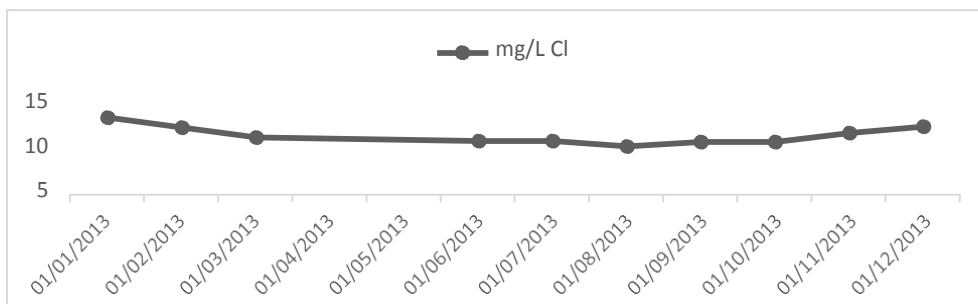
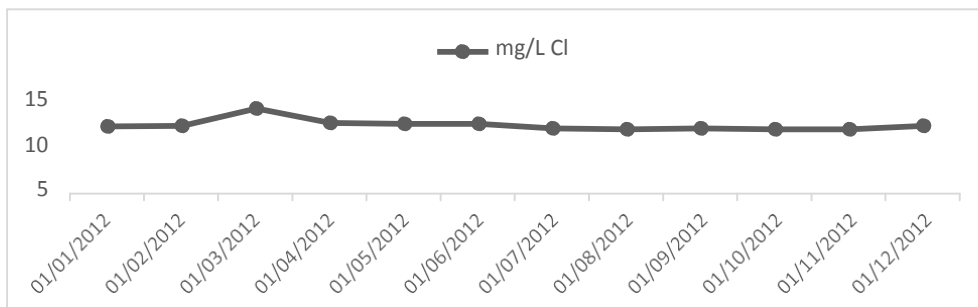
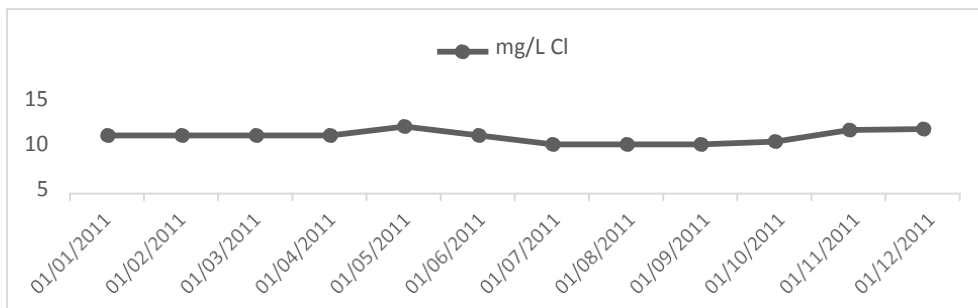
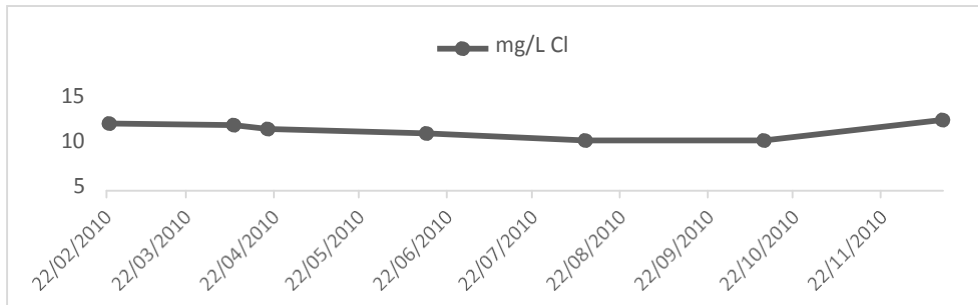
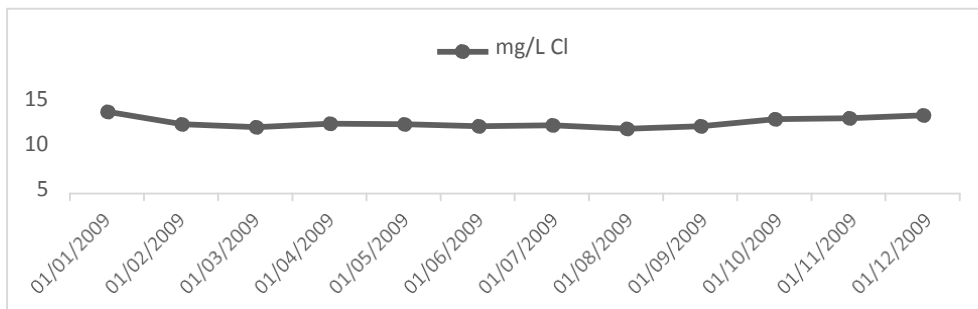


Gráficos dos Cloretos do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)

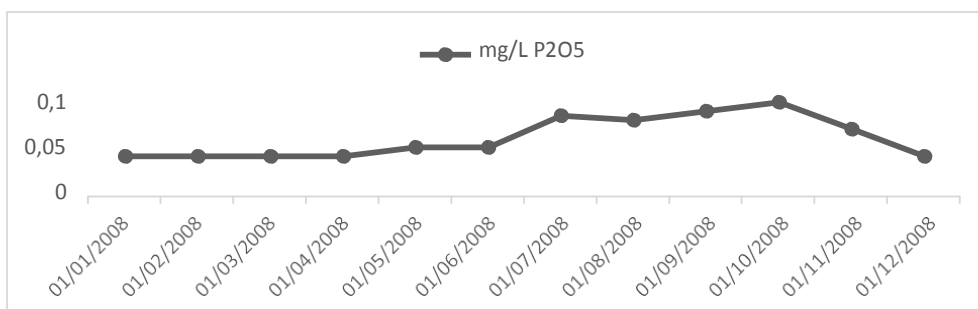
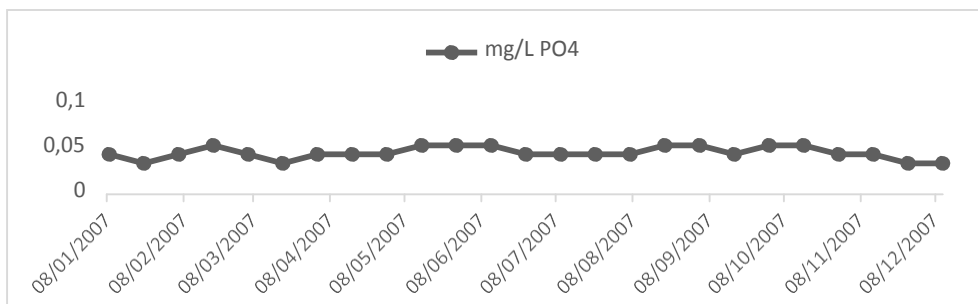
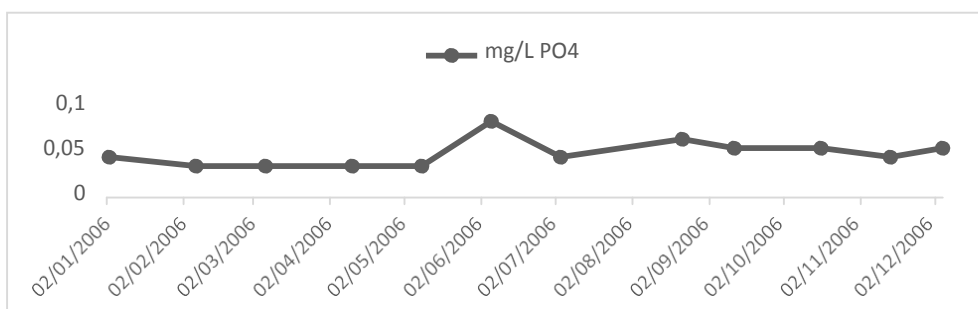
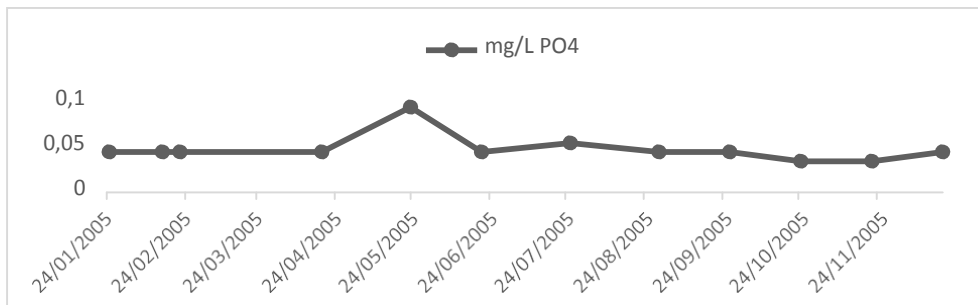


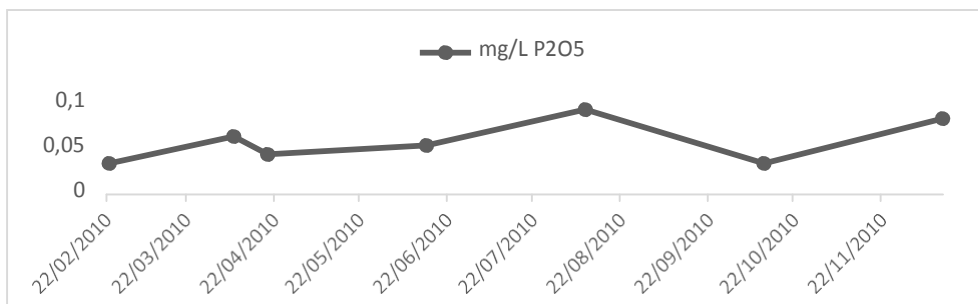
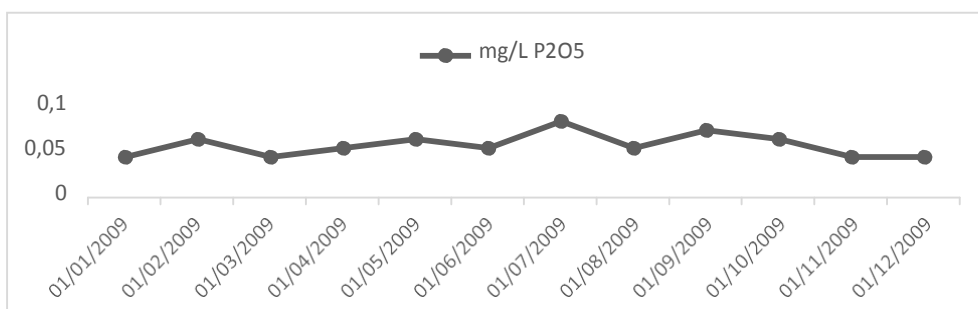
VARIABILIDADE HIDROGEOLÓGICA-HIDROGEOQUÍMICA PLURIANUAL E SAZONAL NO AQUÍFERO ALUVIONAR DO MONDEGO NA REGIÃO DE COIMBRA

Cátia A. S. Nogueira

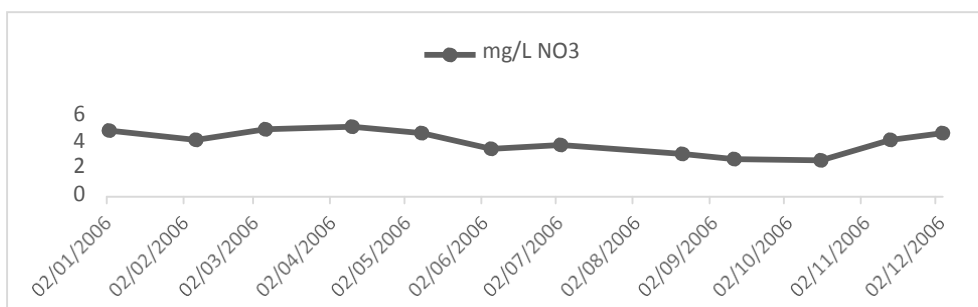
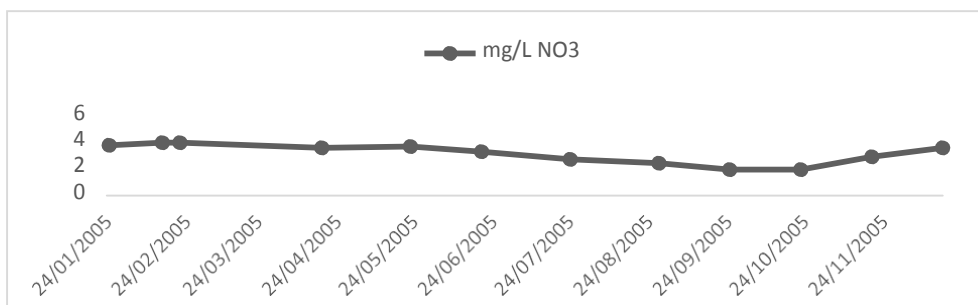


Gráficos dos Fosfatos do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)



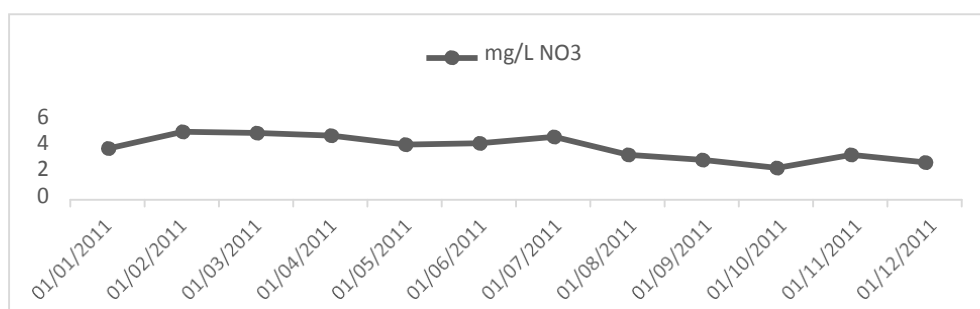
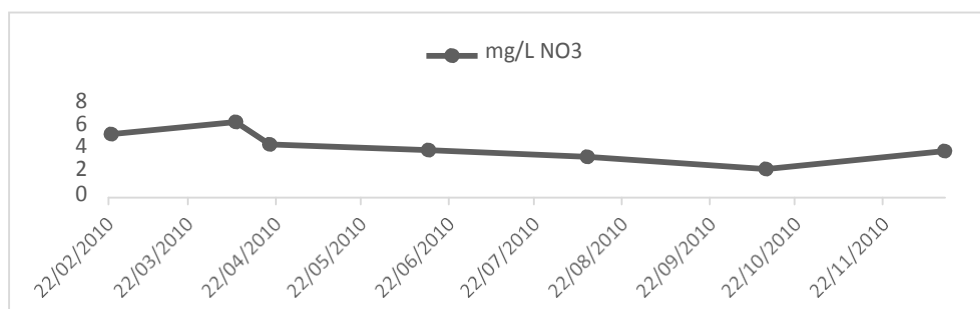
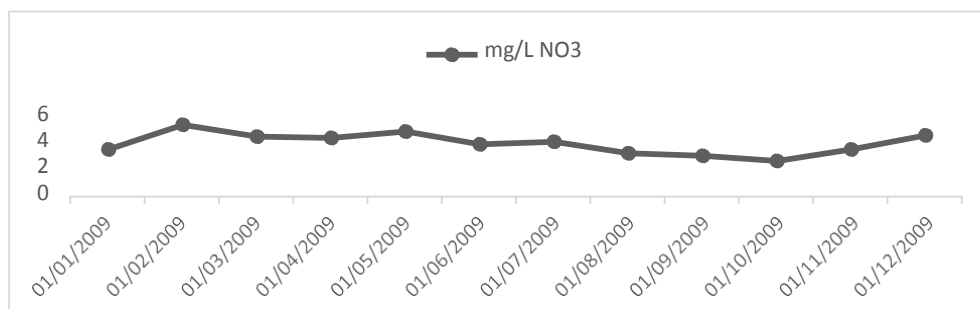
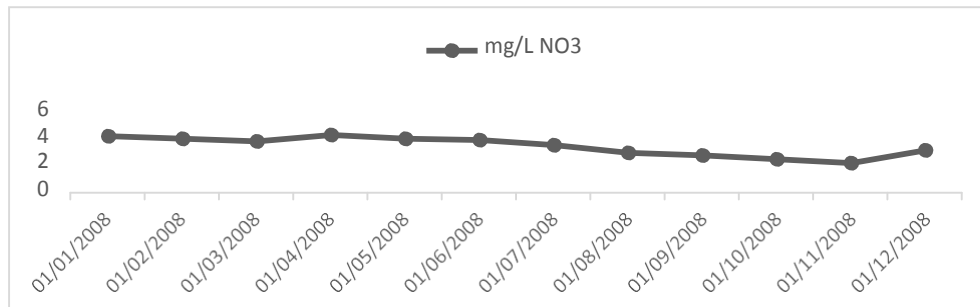
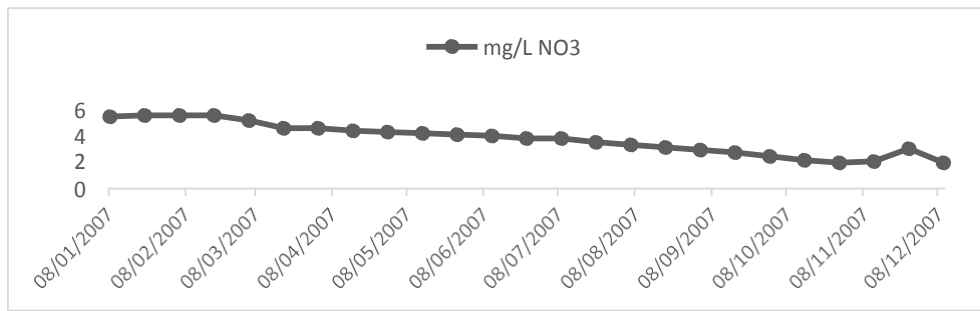


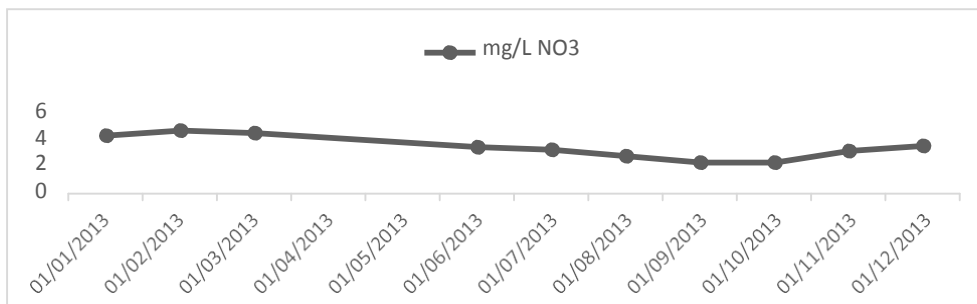
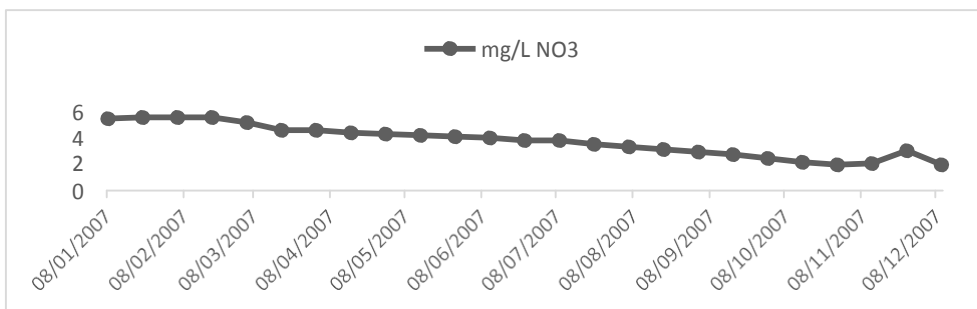
Gráficos dos Nitratos do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)



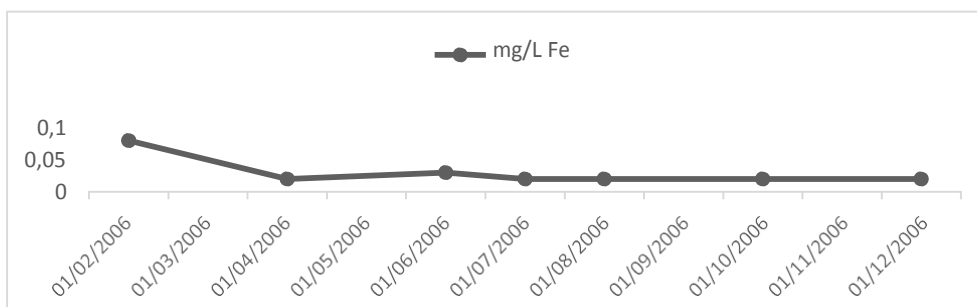
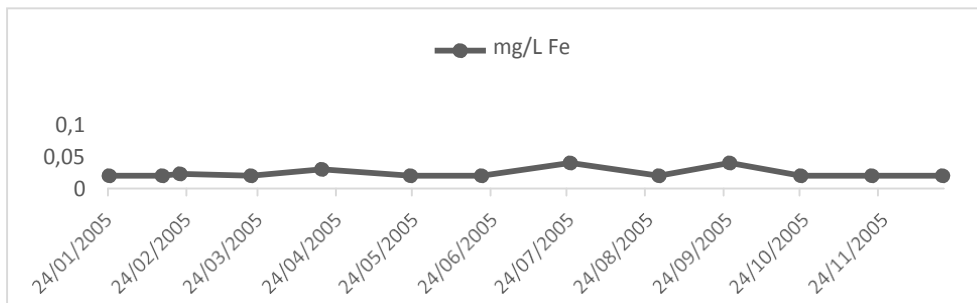
VARIABILIDADE HIDROGEOLÓGICA-HIDROGEOQUÍMICA PLURIANUAL E SAZONAL NO AQUÍFERO ALUVIONAR DO MONDEGO NA REGIÃO DE COIMBRA

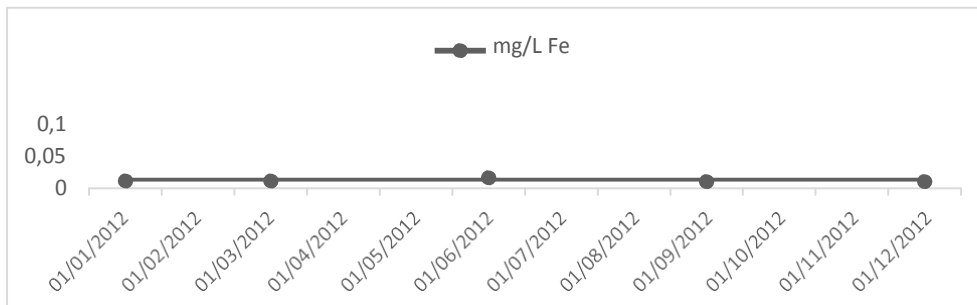
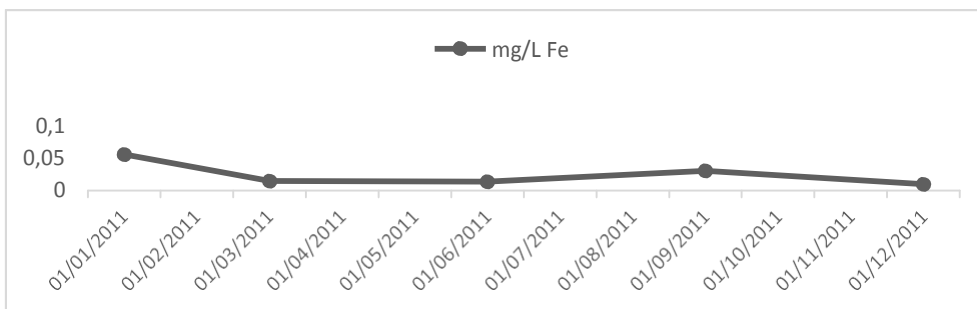
Cátia A. S. Nogueira



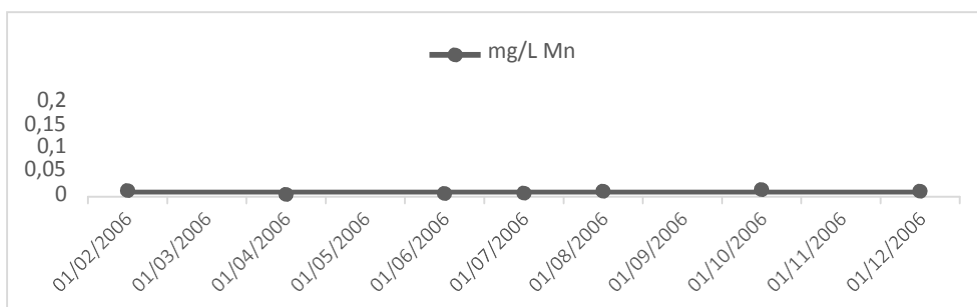
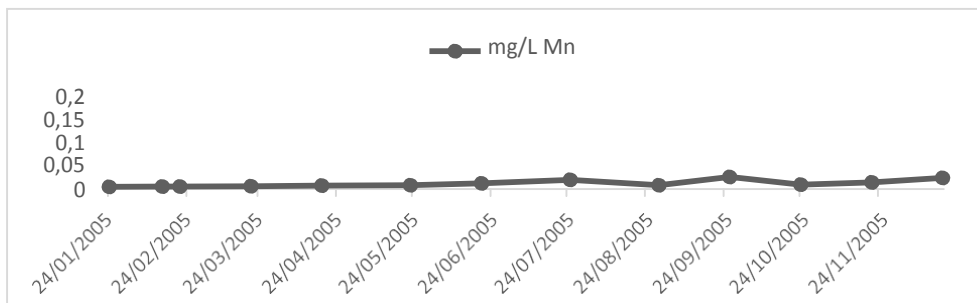


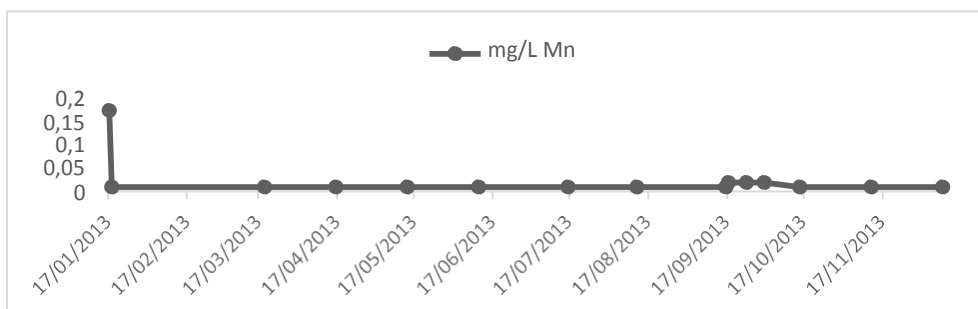
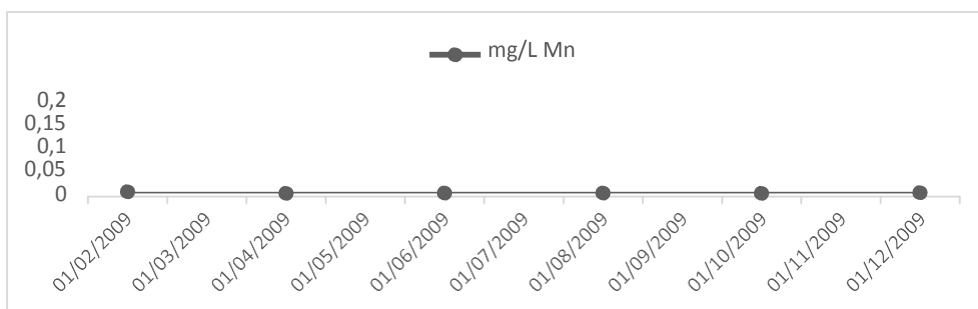
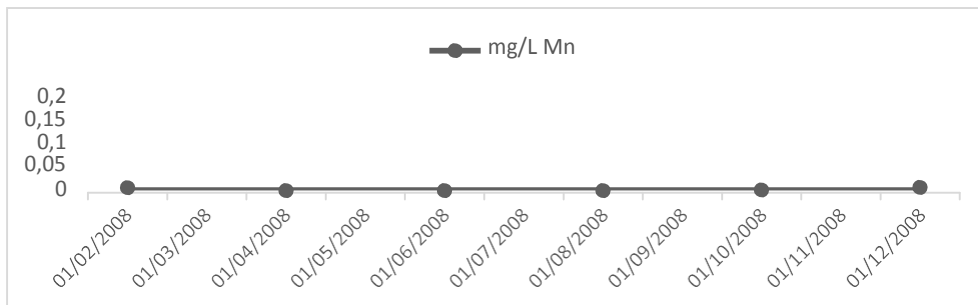
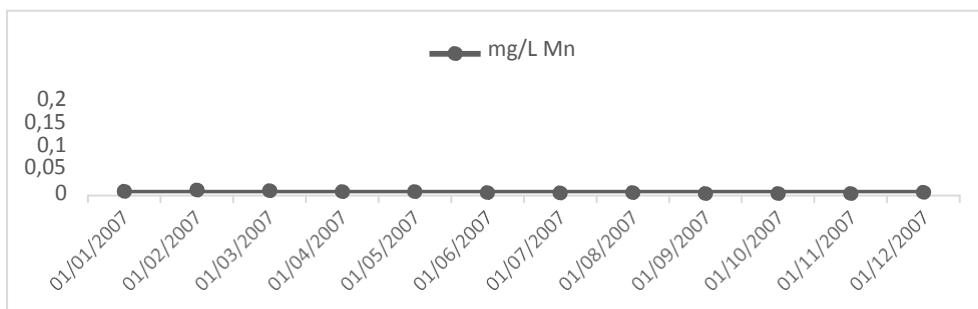
Gráficos do Ferro do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)





Gráficos do Manganês do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)





Gráficos dos Sulfatos do furo Pdh2 (desde 2005 até 2013)

