



Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico da Guarda

Projecto Ambiental

Licenciatura em Engenharia do Ambiente

Cláudia Raquel Branco Polido

Fabiana Filipa Carvalho Lopes

Julho 2011



Instituto Politécnico da Guarda
Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Avaliação do impacto da descarga de águas residuais na qualidade da linha de água

Cláudia Raquel Branco Polido

Fabiana Filipa Carvalho Lopes

Relatório para a obtenção do grau de
licenciatura em Engenharia do Ambiente

“Um rio vivo, com a biodiversidade, assegura um ciclo natural de auto-depuração e regeneração activo e eficiente. Nesta perspectiva, o princípio poluidor – pagador resulta insuficiente. É preciso desenvolver novas abordagens de prevenção da contaminação na fonte: resulta muito mais barato evitar a contaminação do que descontaminar.”

(João Bau, 2007)

Ficha de identificação

Nome: Cláudia Raquel Branco Polido

Morada: Bairro Canada da Barca nº 15

5150 -502 Pocinho,

Vila Nova de Foz Côa

Telf: 935666300

Email: Raket_Polido@hotmail.com

Nome: Fabiana Filipa Carvalho Lopes

Morada: Rua Depósito da Água

6430 -321 Paipenela, Mêda

Telf: 966683490

Email: F.lopes9 @hotmail.com

Instituto Politécnico da Guarda

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Morada: Av. Dr. Francisco Sá Carneiro

50

6300 – 559 – Guarda

Telf: 271220100

Fax: 271220150

Email: estg-geral@ipg.pt

Dados do projecto

Início: 15 Março de 2011

Fim: 13 Julho de 2011

Objectivo

Determinar o impacto de diferentes efluentes na qualidade da linha de água e da capacidade desta em recuperar (autodepuração).

Agradecimentos

Ao Prof. Doutor Pedro Rodrigues, por todo o apoio logístico, acompanhamento, atenção e disponibilidade que demonstrou desde o primeiro momento da sua definição enquanto orientador e que, com as suas sugestões e críticas sinceras, contribuiu de forma determinante para o sucesso do estudo desenvolvido. Disponibilizou também o laboratório para a realização das análises físico-químicas que de outra forma não seriam possíveis realizar.

Ao Eng. Ricardo Rodrigues pelo acompanhamento, atenção e disponibilidade na realização das análises laboratoriais, sem ele tudo seria mais difícil.

Fabiana

Aos meus pais, cujo apoio, carinho, dedicação e compreensão com que sempre me brindaram, nunca me deixaram desanimar e ajudaram-me a ultrapassar as situações mais complicadas.

É a eles que dedico este trabalho.

Aos meus irmãos pela paciência, compreensão, apoio e força que me deram.

Ao meu namorado, pelo apoio, amor e paciência intermináveis, que motivaram a conclusão do curso e deste trabalho.

A todos os amigos, que contribuíram para o desenvolvimento do presente trabalho e que tornaram o percurso académico mais animado.

Um especial muito obrigada à Raquel Polido, Helena Rodrigues e Maria Ribeiro, pela verdadeira amizade que construímos ao longo destes quatro anos, pelo apoio nos momentos mais críticos e pelos bons momentos que me proporcionaram. Sem vocês esta trajectória teria sido mais difícil.

Raquel

Agradeço a minha família, em particular aos meus pais e irmã, que sempre me acompanharam e apoiaram, nos melhores e piores momentos, ao longo destes quatro anos.

Ao meu namorado, pelo apoio, compreensão e paciência incondicional que me deu ao longo do meu percurso académico.

Às minhas amigas, Fabiana Lopes, Helena Rodrigues e Armanda Ribeiro, com quem partilhei grande parte dos meus dias ao longo deste percurso e que tiveram um papel determinante no iniciar desta nova etapa. A todos os colegas e amigos o meu muito obrigado pela amizade e incentivo nas alturas mais difíceis deste percurso.

Resumo

A realização deste projecto teve como objectivo a aquisição de uma primeira experiência a nível laboratorial. Um aumento da capacidade de trabalho em grupo e a aplicação dos conhecimentos ao longo do curso.

As actividades desenvolvidas, através da medição e cálculo de parâmetros físico-químicos, foram realizadas no laboratório de águas do Instituto Politécnico da Guarda.

Ao longo do semestre (de Março a Maio de 2011) foram realizados os procedimentos de recolha de amostras de águas residuais, com finalidade de realizar ensaios de CQO (Carência Química de Oxigénio), CBO₅ (carência Bioquímica de oxigénio ao quinto dia), de Sólidos Suspensos, Azoto, Fósforo, pH, entre outros. Através destes ensaios foi possível avaliar a evolução da qualidade de uma linha de água e o cumprimento, ou não, da legislação em vigor no que se refere ao lançamento de águas residuais na linha de água. Por fim, foi ainda feita a avaliação da capacidade de autodepuração da mesma linha de água.

Palavras-chave: Águas residuais industriais, Autodepuração, Características físico-químicas.

Abstract

The aimed of this Project is to acquire a first experience at the laboratory, increase your ability to work in group and apply the knowledge learned along the course. The activities carried out in this work consisted in measuring and calculate physicochemical parameters at Guarda Polytechnic Institute water laboratory.

Throughout the semester (March to May 2011) we collected several samples of water and wastewater with the purpose of determining COD (Chemical Oxygen Demand), BOD (Biochemical Oxygen demand), suspended solids, nitrogen, phosphorus, pH, among others.

With these tests it was possible to assess progress on the quality on a river water and verify the compliance, or not, of the national legislation regarding the release of sewage in the water line.

Finally, it was also possible evaluate the self-purification capacity of the river water.

Key words: Industrial waste water, depuration, physical and chemical characteristics.

Nomenclatura

OMS- Organização Mundial de Saúde

CQO - Carência Química de Oxigénio

CBO - Carência Bioquímica de Oxigénio

SST - Sólidos Suspensos Totais

ST – Sólidos Totais

OD – Oxigénio dissolvido

EPTAR – Estação de Pré-tratamento de Águas Residuais

VLE – Valores Limites de Emissão

ANOVA – Análise de Variância

CAES - Curso de Actualização em Engenharia Sanitária

ISO - International Organization for Standardization

Índice

1. Introdução	1
1.1. Poluição hídrica	1
1.2. Águas Residuais industriais	2
1.3. Parâmetros analisados	5
1.3.1. Parâmetros físicos	5
1.3.2. Parâmetros químicos	7
1.4. Autodepuração	13
1.5. Análise Estatística	16
1.5.1. Análise de variância	16
1.5.2. Análise factorial de componentes principais	16
1.6. Organização do Projecto	18
2. Metodologia	19
2.1. Identificação dos locais de recolha	19
2.2.1. Amostragem	23
2.2.2. Periodicidade e recolha	24
2.3. Análises físicas e químicas	25
2.3.1. Procedimentos analíticos	26
3. Análise e discussão dos resultados	34
4. Conclusão	54
5. Bibliografia	56
6. ANEXOS	58

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama da composição dos sólidos suspensos e sólidos dissolvidos, voláteis e fixos, numa água residual (CAES, 1978).	6
Figura 2: Variação do Azoto orgânico, Amónia, Nitritos e Nitratos em função do tempo.	8
Figura 3: Perfil esquemático das consequências do lançamento de uma carga orgânica em curso de água, adaptado de Poluição das águas cap.5,2008.	14
Figura 4: Imagem de satélite da área em estudo, adaptado de Google earth com alterações feitas pelos autores do presente projecto.	19
Figura 5: Ponto de descarga para a ribeira.	20
Figura 6: A montante do ponto de descarga.	21
Figura 7: Ponto de recolha a jusante do ponto de descarga.	21
Figura 8: Ponto de recolha na aldeia B.	22
Figura 9: Vasilhame utilizado na amostragem.	24
Figura 10: Base com um rotor que permite o movimento giratório do magnete.	27
Figura 11: Incubadora.	27
Figura 12: Sonda de CBO.	28
Figura 13: Termóstato.	28
Figura 14: Kit's Dr. Lange.	28
Figura 15: Espectrofotómetro.	29
Figura 16: Medidor de pH.	29
Figura 17: Kit Dr. Lange para determinar o Fósforo.	30
Figura 18: Kit Dr. Lange para determinar o Azoto.	30
Figura 19: Filtros e cadinhos.	30
Figura 20: Bomba de vácuo e Kitazato com funil.	30
Figura 21: Excicador.	31
Figura 22: Balança.	31
Figura 23: Mufla.	31
Figura 24: Estufa.	32
Figura 25: Sonda de condutividade.	32
Figura 26: Cromatógrafo iónico.	33
Figura 27: Picos correspondentes aos diferentes aniões.	33

Figura 28: Variação dos valores médios do pH nos locais de recolha.	36
Figura 29: Evolução da temperatura média da água em relação aos pontos de amostragem.	38
Figura 30: Variação dos valores médios da condutividade nos pontos de recolha.	39
Figura 31: Variação dos valores médios de SST nos locais de recolha.	42
Figura 32: Variação dos valores médios de ST nos locais de recolha.	42
Figura 33: Valores médios obtidos a partir da análise estatística dos resultados da determinação dos SST e ST.	43
Figura 34: Concentração média de CBO em relação aos pontos de amostragem.	44
Figura 35: Evolução dos valores médios de CQO em relação aos pontos de amostragem.	46
Figura 36: Concentração média de Fósforo em relação aos pontos de amostragem.	48
Figura 37: Concentração média de Azoto total em relação aos pontos de amostragem.	49
Figura 38: Correlação entre a componente 1 e a componente 2.	53

Índice de Tabelas

Tabela 1: Volume de águas residuais produzidos em diferentes factores de actividades, adaptado do instituto nacional de estatísticas (INE), 2009.	1
Tabela 2: Parâmetros seleccionados e métodos analíticos utilizados.....	25
Tabela 3: Grau de concentração e respectivo volume de amostra, adicionado de acordo com o manual de utilização da Velp Scientifica.	27
Tabela 4: Valores de pH nos locais de recolha.....	35
Tabela 5: Valores de temperatura relativamente a cada ponto de recolha, valores médios, mínimos e máximos.....	37
Tabela 6: Valores de temperatura relativamente a cada ponto de recolha, valores médios, mínimos e máximos.....	39
Tabela 7: Resultados da determinação dos ST e SST nos locais de recolha.	41
Tabela 8: Concentrações de CBO ₅ relativamente a cada ponto de recolha, valores médios, mínimos e máximos.....	44
Tabela 9: Concentração de CQO relativamente aos pontos de recolha e respectiva média.....	46
Tabela 10: Concentrações de Fósforo relativamente a cada ponto de recolha, valores médios, mínimos e máximos.....	47
Tabela 11: Concentrações de Azoto relativamente a cada ponto de recolha, valores médios, mínimos e máximos.....	49
Tabela 12: Matriz de correlação entre os parâmetros analisados.	52

1. Introdução

1.1. Poluição hídrica

O desenvolvimento industrial, o crescimento demográfico e tecnológico e a intensificação da actividade agrícola tem provocado uma crescente degradação da qualidade da água. As consequências mais graves deste crescimento não sustentado manifestam-se na degradação dos ecossistemas naturais. Passou-se de um período em que se distinguia a quantidade da qualidade da água, para um novo período, em que se aborda ambas as vertentes numa mesma perspectiva integrada (Rodrigues, 2007).

Sob o efeito de diversos fenómenos físicos e químicos, a água pode transportar certas substâncias sejam elas provenientes da decomposição de restos animais e vegetais, ou sais minerais provenientes do escoamento superficial e da erosão. Para além dos fenómenos naturais, a poluição da água é essencialmente uma consequência das actividades humanas. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), define-se como “água poluída toda a água cuja composição tenha sido directa ou indirectamente alterada e invalide parcial ou totalmente os fins a que esta inicialmente se destinava”.

As sociedades modernas, através das práticas agrícolas e industriais, associadas ao crescimento urbano localizado, têm levado à produção de uma grande variedade de substâncias nas proximidades de massas de água, acabando por ter grande influência sobre a qualidade dos ecossistemas aquáticos. Actualmente, a produção de águas residuais apresentam um valor bastante elevado (Tabela 1), assim como as cargas orgânicas associadas, fruto do actual padrão de vida de grande parte da população que reside nos grandes aglomerados.

Tabela 1: Volume de águas residuais produzidos em diferentes factores de actividades, adaptado do instituto nacional de estatísticas (INE), 2009.

Sector	Volume de água residual produzida (m ³)
Doméstico	462 041 000
Industrial	8 487 000
Pecuário	1 378 000
Comercio/serviços	0
Outros	22 393 000

De acordo com a Lei de Bases do Ambiente, Lei n.º 11/87, de 7 de Abril, “É proibido lançar, depositar, ou por qualquer outra forma, introduzir nas águas, efluentes, produtos que contenham substâncias ou microrganismos que possam alterar as características ou tornar impróprios para as suas aplicações, aquele componente ambiental”. Quando as águas residuais são lançadas no rio, ou outro meio aquático, as matérias em suspensão de maiores dimensões depositam-se progressivamente no leito do rio e irão sofrer uma degradação anaeróbia e a matéria dissolvida mais ou menos diluída com a água natural vão sofrer uma degradação biológica aeróbia. Se o processo de descarga de efluentes for contínuo e não só uma inserção esporádica pontual vai ocorrer um assoreamento do leito do rio na zona inicial, por deposição contínua de matéria sedimentada que sofrendo decomposição anaeróbia pode levar à libertação de odores desagradáveis.

As águas dos rios e ribeiros, designadas por águas correntes ou lóaticas, são vistas como sistemas abertos. Nestes sistemas a água é constantemente misturada no fluxo turbulento, de forma que o oxigénio atmosférico possa ser dissolvido. No entanto, quando o caudal destes cursos de água é escasso apresentam uma menor taxa de renovação e capacidade de diluição, tornando-os mais susceptíveis à poluição.

Outro aspecto importante a referir são as graves alterações que sais e nutrientes, como os fosfatos, nitratos, resultantes da degradação aeróbia da matéria orgânica podem originar no equilíbrio biológico dos cursos naturais, principalmente em águas paradas.

1.2. Águas Residuais industriais

A água no seu estado natural reúne um certo número de características de qualidade, que lhe são conferidas através de processos naturais, não influenciados pela contaminação por resíduos gerados nas actividades humanas.

A principal fonte de poluição das linhas de águas é as descargas de águas residuais (urbanas, industriais e pluviais). As águas residuais são as águas que, após a utilização humana, apresentam as suas características naturais alteradas. De acordo com o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, conforme o seu uso predominante podemos classificá-las como domésticas, industriais e urbanas. As águas residuais domésticas são “águas residuais de serviços e de instalação residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de actividades domésticas”. As águas residuais industriais são “águas provenientes de qualquer tipo de actividade que não possam ser classificadas

como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais”. “As águas residuais urbanas são águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e/ou com águas pluviais”.

A composição das águas residuais é de cerca de 99,9% de água e os restantes 0,1% de sólidos. Estes sólidos são compostos por uma parte orgânica constituída por gorduras, proteínas e hidratos de carbono e por uma parte inorgânica onde estão contidos os sais, os metais e as areias. As águas residuais contam também com microrganismos como as bactérias e os fungos (Amado, 2009).

O sector da actividade industrial é um utilizador de recursos hídricos com grande impacte, não só pelos consumos de água que lhe estão associados, como também pelas descargas poluentes. Os efluentes produzidos pelas unidades industriais apresentam características poluentes capazes de provocarem graves impactes ambientais quando descarregados directamente nos meios naturais. Assim, as indústrias confrontam-se com a obrigatoriedade de gerirem adequadamente as descargas dos seus efluentes. Os seus efluentes são, na maioria das vezes, lançados nas redes de esgotos urbanos, pois a construção de uma rede de esgotos individual para cada industria acarreta um custo demasiado elevado. Infelizmente existem casos onde os efluentes são lançados directamente num curso de água sem previamente ter havido qualquer tratamento. A sua rejeição pode ser permanente, intermitente ou sazonal.

Quando são descarregadas em colectores municipais, as indústrias devem reger-se pelas normas em vigor no município onde se encontram implantadas. Para além de limitarem a descarga de substâncias tóxicas ou perigosas (metais pesados, óleos minerais, cloro residual etc.) incluem limites máximos para o pH, CQO (Carência Química de Oxigénio), CBO₅ (Carência Bioquímica de Oxigénio) e SST (Sólidos Suspensos Totais). Caso os parâmetros do efluente ultrapassem os valores máximos presentes no regulamento, municipal ou da empresa gestora, a actividade industrial deverá proceder aos tratamentos preliminares necessários para corrigir as suas características físico-químicas e microbiológicas. O tratamento a efectuar às águas residuais resultantes de indústrias, deve garantir que o efluente final não causa degradação nos meios naturais. As normas legais têm em conta a capacidade de auto depuração dos meios receptores, pelo que dependem do local de descarga.

A nocividade dos efluentes industriais é devida essencialmente, aos seguintes factores:

- Temperaturas elevadas;
- Ácidos livres;

- Substâncias de reacção fortemente alcalina;
- Metais pesados e outras substâncias tóxicas;
- Certos sais em concentração elevada;
- Gases e substâncias que podem formar com o ar dos colectores;
- Misturas explosivas;
- Substâncias que desenvolvem maus cheiros;
- Desequilíbrio de nutrientes em relação á carga orgânica;
- Gases patogénicos perigosos.

1.3. Parâmetros analisados

Os prejuízos e inconvenientes que resultam do lançamento das águas residuais obrigam a conhecer as suas características mais importantes com vista a determinar o tipo e grau de tratamento necessário antes de serem lançadas nas linhas de água, sem por em causa o equilíbrio dos ecossistemas.

Estudar um ambiente aquático implica conhecer a interacção estabelecida entre os organismos aquáticos e factores tais como a velocidade da corrente, a temperatura, a oxigenação da água, o clima, a geomorfologia (Lévêque, 1996).

Para a determinação das características físicas, químicas e biológicas das águas residuais industriais utilizam-se vários ensaios. No entanto vamos apenas fazer referência aos parâmetros que foram utilizados na caracterização da qualidade do curso de água em estudo.

1.3.1. Parâmetros físicos

- **Temperatura**

A temperatura é um parâmetro de grande importância dado que tem influência, por exemplo, na velocidade das reacções químicas e bioquímicas, na solubilidade dos gases, pH, condutividade eléctrica, nas taxas de crescimento dos microrganismos, etc.

As oscilações diárias ou sazonais verificadas têm normalmente como origem as variações térmicas ambientais. No entanto, existem circunstâncias que podem conduzir a alterações na temperatura dos meios aquáticos. A água residual apresenta geralmente uma temperatura superior à da água de abastecimento de que deriva (cerca de 1 a 2 °C). A descarga de águas residuais muito quentes poderá alterar de forma muito significativa o meio receptor devido à forte diminuição do teor de oxigénio dissolvido. Assim, um aumento da temperatura implica um aumento da velocidade das reacções bioquímicas, que aliado à diminuição da quantidade de oxigénio presente na superfície da água causa diminuições consideráveis na concentração, sendo os meses de Verão os mais críticos, como é natural.

▪ **Matéria sólida**

A matéria sólida que se encontra na água corresponde aos sólidos totais dissolvidos e aos sólidos totais suspensos.

A determinação deste parâmetro, que compreende as matérias sólidas suspensas e dissolvidas numa água ou efluente, é de elevada importância por afectar consideravelmente a sua qualidade. Um alto teor em sólidos diminui a potabilidade da água e torna-a imprópria para grande parte das utilizações industriais. No meio aquático, um alto teor de matéria sólida diminui a transparência da água, impedindo a penetração da luz, levando a uma diminuição da concentração de oxigénio dissolvido e limitando o desenvolvimento da vida aquática.

Os sólidos totais, expressos em mg/l, são matéria sólida obtida por evaporação e secagem de um dado volume de água residual. A fracção da matéria sólida que existe em suspensão, sólidos suspensos (mg/l), pode ser determinada através do processo de filtragem. A diferença entre os sólidos totais e os sólidos em suspensão indica-nos a quantidade de sólidos dissolvidos na água residual.

Na figura a seguir observa-se a mais provável composição dos sólidos nos esgotos sanitários. Para efluentes industriais esta composição varia conforme cada indústria, devendo ser obtida em cada caso.

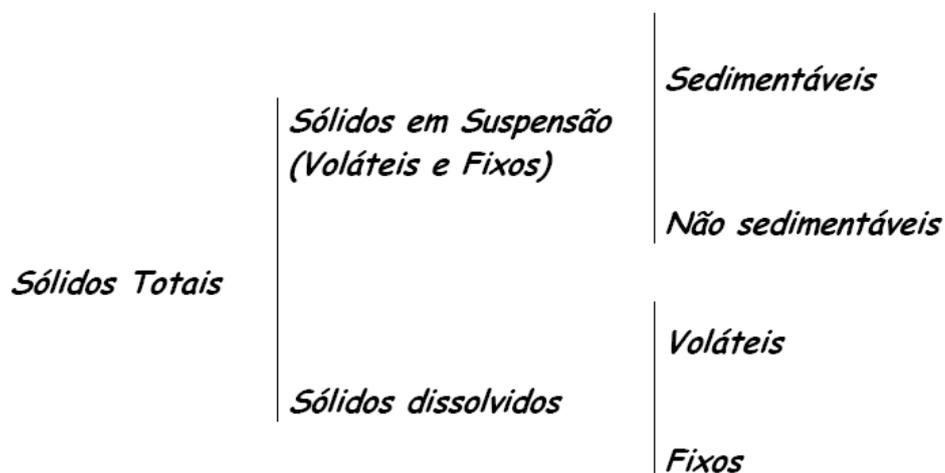


Figura 1: Diagrama da composição dos sólidos suspensos e sólidos dissolvidos, voláteis e fixos, numa água residual (CAES, 1978).

1.3.2. Parâmetros químicos

- **pH**

O pH é um parâmetro de qualidade muito importante para as águas naturais e residuais, representando a acidez ou alcalinidade de uma água. O seu valor depende fortemente da natureza dos terrenos atravessados pela água e da existência ou não de lançamentos de efluentes urbanos e/ou industriais.

A escala de pH varia desde zero (muito acida) até catorze (muito alcalina). O seu controlo é importante uma vez que os processos biológicos desenvolvem-se preferencialmente num intervalo entre 6 e 8. Normalmente o pH das águas residuais pode apresentar valores ligeiramente ácidos, o qual pode levar à criação de condições sépticas ou ligeiramente alcalinos devido à acção de detergentes e outros produtos de lavagem.

- **Condutividade**

A condutividade eléctrica é um parâmetro de avaliação da qualidade da água que permite conhecer o seu grau de mineralização. Existe uma relação entre a quantidade de sais minerais dissolvidos e a resistência que a mesma oferece à passagem de corrente eléctrica (Mendes e Oliveira, 2004). Quanto maior o número de iões dissolvidos numa água, maior a sua condutividade.

Para medir a condutividade usa-se um sensor que determina a corrente eléctrica e é conduzida através de um centímetro de água. A condutividade específica vem expressa em Siemens por centímetro (S/cm).

A condutividade eléctrica, não determina, especificamente, quais os iões que estão presentes na água, mas quantifica o total de iões dissolvidos capazes de conduzir a corrente eléctrica. Quando são lançadas grandes quantidades de água poluída num curso de água, normalmente, ocorre um aumento significativo da condutividade dessa água.

Os factores que afectam a condutividade são a natureza das substâncias presentes e a sua concentração, bem como a respectiva força iónica.

▪ Azoto

Este elemento é essencial para os sistemas biológicos, de tal forma que o tratamento biológico de águas residuais não pode ter êxito se não existir azoto suficiente para o desenvolvimento dos microrganismos.

As formas de Azoto de maior interesse nas águas residuais, são por ordem decrescente de abundância, o Azoto amoniacal (NH_3 e NH_4^+), 60%, o Azoto orgânico (40%), e os Nitratos (NO_3^-) e os Nitritos (NO_2^-), <1 % (CAES, 1978).

Durante a estabilização da matéria orgânica, o azoto orgânico é decomposto e a amónia libertada é posteriormente oxidada a nitritos e nitratos. A proporção das várias formas de azoto na água indica o grau de estabilização da matéria orgânica e da eficiência dos processos de oxidação.

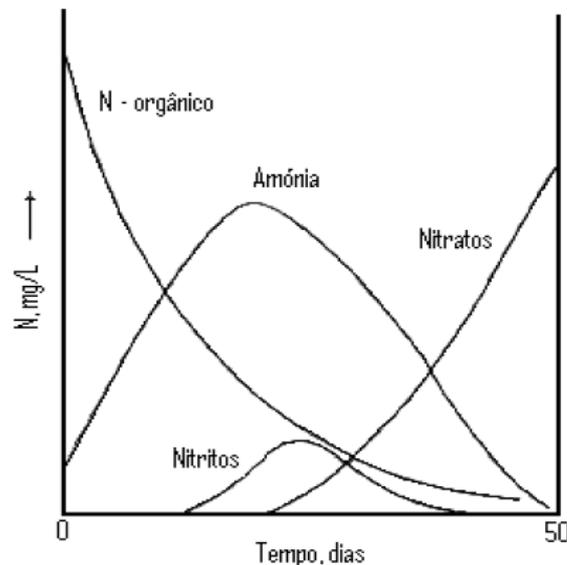


Figura 2: Variação do Azoto orgânico, Amónia, Nitritos e Nitratos em função do tempo.

▪ Fósforo

O fósforo é um elemento essencial ao crescimento nas massas de água de algas e cianobactérias como tal este elemento funciona como factor limitante ao crescimento destes organismos. Uma das fontes de armazenamento de fósforo no ambiente são algumas rochas ou depósitos de terras acumuladas ao longo dos anos que com a erosão e o tempo vão libertar o fósforo que é solúvel na água. Após a sua dissolução vai ser integrado nos cursos de água.

O fósforo está presente nas águas residuais, sob a forma orgânica. São compostos de grande importância para os processos metabólicos dos organismos vivos.

O fósforo pode apresentar-se no meio aquático sob três formas diferentes:

- Fosfatos (forma orgânica do fósforo);
- Ortofosfatos (radicais livres);
- Polifosfatos ou fosfatos condensados (polímeros dos ortofosfatos).

O fosfato provém da interacção, entre os sedimentos e a água, através de reacções redox, dado que estas dependem da estabilidade dos minerais e da actividade metabólica das bactérias.

- **CBO₅**

A carência química de oxigénio ou mais usualmente chamado de CBO₅, representa o oxigénio consumido pelos microrganismos na oxidação da matéria orgânica duma determinada água residual em condições aeróbias, isto é o contacto biodegradável da água residual (CAES, 1978). O CBO₅ é um ensaio, onde se pretende medir o consumo de oxigénio pelos organismos vivos, em particular bactérias, e de acordo com o seu consumo vamos possuir uma maior ou menor quantidade de matéria orgânica presente na água.

Teoricamente é necessário um tempo infinito para a completa oxidação biológica da matéria orgânica, mas para aplicações práticas, a reacção pode ser considerada completa ao fim de vinte dias. Contudo, este tempo é um período demasiado grande para se esperar por um resultado. Como ao fim de cinco dias a percentagem de oxidação da matéria orgânica encontra-se entre 65-70% (nas águas residuais domésticas) tomou-se como referencia os 5 dias.

Este teste depende da temperatura, pH e presença de matéria tóxica inibidora de degradação biológica. Além disso ainda apresenta algumas limitações como por exemplo:

- Apenas a matéria orgânica biodegradável é medida;
- É necessário um tempo longo para se obterem resultados;
- Como o teste é realizado a temperatura de 20°C a solubilidade do oxigénio na água é limitada, cerca de 9 mg/l, assim sendo a água residual mais forte deve ser

diluída a níveis de carência tais que assegurem a existência de oxigénio disponível durante todo o teste.

- **CQO**

A carência química de oxigénio (CQO) corresponde à quantidade de oxigénio necessária para oxidar por via química a quantidade de matéria orgânica presente. Uma limitação deste teste, que completa a informação obtida através do CBO₅, é a sua inaptidão para distinguir matéria biodegradável e não biodegradável. A sua maior vantagem reside no facto de serem apenas necessárias 2 horas para conhecermos o resultado final.

Devemos salientar que o teste do CBO e CQO são complementares, podendo em conjunto fornecer dados importantes da caracterização da água residual, e qual o tratamento mais adequado.

O teste do CQO só é aplicado a efluentes que tenham carência em oxigénio superior a 50mg/l

- **Cloretos**

Os cloretos ocorrem em águas naturais numa gama alargada de concentrações, que tende a aumentar à medida que o conteúdo mineral aumenta. Os sais de cloretos acedem às águas através de várias formas. O bom poder solvente da água conduz à dissolução dos cloretos presentes no solo e formações rochosas. Os cloretos existentes nas águas residuais provêm essencialmente da urina e das fezes. Os cloretos, em concentrações razoáveis, não são prejudiciais do ponto de vista da saúde pública. Para concentrações na ordem dos 250mg/L a água apresenta, para a maioria das pessoas, um sabor salgado. Por esta razão as normas apresentam como valor limite precisamente os 250 mg/L.

- **Fluoretos**

O flúor é o mais electronegativo de todos os elementos químicos, tão reactivo que nunca é encontrado em sua forma elementar na natureza, sendo normalmente

encontrado na sua forma combinada como fluoreto. O flúor representa 0,06 a 0,9 % na crosta terrestre e ocorre principalmente na forma de fluorite (CaF_2), fluoroapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) e criolita (Na_3AlF_6). Porém, para que haja disponibilidade de fluoreto livre, ou seja, disponível biologicamente, são necessárias condições ideais de solo, presença de outros minerais ou outros componentes químicos e água.

▪ Sulfatos

O ião sulfato é um dos aniões principais presentes nas águas. O sulfato é o responsável indirecto por dois problemas no tratamento e manipulação das águas residuais. Um dos problemas é o odor e o outro é um problema de corrosão e que resultam da redução dos sulfatos a sulfuretos de hidrogénio. Os enxofres presentes nas águas residuais surge essencialmente na forma de sulfatos, provenientes da urina, dos detergentes e de moléculas orgânicas presentes nas fezes.

Na ausência de oxigénio dissolvido e nitratos, os sulfatos podem ser utilizados na degradação de matéria orgânica como receptores de electrões por acção de bactérias anaeróbias ($\text{SO}_4^{2-} + \text{matéria orgânica} \rightarrow \text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$).

▪ Nitratos

Nitrato é a forma mais completamente oxidada do nitrogénio. Ele é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de tratamento de água como em mananciais de água natural. A presença de nitrato não é estranha, principalmente em águas armazenadas em cisternas em comunidades rurais. Nitratos inorgânicos, assim como o nitrato de amónia, são largamente utilizados como fertilizantes. Baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em águas naturais, no entanto, um máximo de 50mg/l NO_3 é admissível em água potável.

▪ Nitritos

O Nitrito, um estado intermediário do ciclo do azoto, é formado durante a decomposição da matéria orgânica e prontamente oxidada a nitrato. Esses processos ocorrem em instalações de tratamento de água, sistemas de distribuição de água e águas naturais. Em águas superficiais a presença de nitritos pode indicar a decomposição

parcial de matéria orgânica, descarga excessiva oriunda de estação de tratamento de água ou poluição industrial. Em águas poluídas a presença de nitrito pode indicar a presença de bactérias redutoras de nitrato quando as condições presentes são anaeróbias. Concentrações até 0,1 mg/l são inofensivas, já em concentrações entre 0,1 e 0,5 podem provocar danos a certas espécies de peixes. Existe perigo elevado em caso de concentrações superiores a 1mg/l, se combinado com teores baixos de cloretos e de oxigênio dissolvido, podendo causar metemoglobinas (é a forma da hemoglobina incapaz de oxigenação reversível), também conhecida como doença do sangue castanho.

1.4. Autodepuração

No passado a natureza resolvia por si os problemas das descargas poluentes, como se houvesse uma capacidade infinita de autodepuração dos meios hídricos, actualmente isso verifica-se cada vez menos (Rodrigues, 2007).

As águas naturais são geralmente bem oxigenadas e contêm uma grande diversidade de formas de vida, que mantém o meio aquático vivo. Os microrganismos têm a capacidade de degradar a matéria orgânica (vegetal e animal) transformando-a em matéria inorgânica, consumindo neste processo oxigénio dissolvido na água e produzindo dióxido de carbono. No processo de fotossíntese, as plantas utilizam o dióxido de carbono (CO_2) e os sais minerais, produzindo oxigénio (O_2) que se dissolve na água e na atmosfera. Então a capacidade de auto depuração é a recuperação do equilíbrio no meio aquático por processos naturais após as alterações pelo lançamento de efluentes. O meio receptor de águas residuais necessita de um teor mínimo de 5 a 7 mg/L de oxigénio livre de modo a manter todas as características e garantir a sobrevivência do meio. Se os valores de oxigénio forem inferiores aos valores anteriormente referidos, os equilíbrios biológicos e químicos ficarão alterados levando à morte ou afastamento de microrganismos participantes na biodegradação.

A autodepuração é um processo que se desenvolve ao longo do tempo e considera-se a dimensão do curso de água como predominantemente longitudinal. Desta forma, os estágios da sucessão ecológica podem ser associados a zonas fisicamente identificáveis no rio.

Existem quatro zonas distintas de auto depuração, como se pode averiguar na figura 2.



Figura 3: Perfil esquemático das consequências do lançamento de uma carga orgânica em curso de água, adaptado de Poluição das águas cap.5,2008.

Zona de degradação: esta zona é caracterizada por apresentar elevada concentração de sólidos em suspensão, redução dos seres aeróbios sensíveis às novas condições, aumento da população de bactérias devido às condições favoráveis do meio (forte depleção de oxigênio e matéria orgânica), déficit inicial da concentração de oxigênio dissolvido (OD) e formação de bancos de lama através da sedimentação dos sólidos em suspensão. Inicia-se com a descarga de efluentes no curso de água;

Zona de decomposição activa: é caracterizada pela redução total, ou quase total, da população de peixes e outros seres aeróbios. A água apresenta menor concentração de oxigênio dando origem ao processo de decomposição anaeróbia;

Zona de recuperação: após intenso consumo de matéria orgânica e degradação do ambiente, dá-se início ao processo de regeneração do meio, de modo a que o curso de água recupere as suas condições naturais. O consumo de oxigênio é menor que o fluxo de entrada do mesmo e, deste modo, ocorre a recuperação da concentração do oxigênio;

Zona de águas limpas: nesta zona as características iniciais voltam a ser atingidas, no que diz respeito ao oxigénio dissolvido, matéria orgânica e bactérias.

A capacidade de autodepuração de um meio aquático depende de vários factores, tais como:

- **Diluição** - Quanto maior é a relação entre o caudal de águas residuais e o volume do meio receptor menor vai ser o impacto para a qualidade deste;
- **Temperatura** – A baixas temperaturas, a actividade microbiana tem tendência a ser mais lenta, uma vez que a degradação da matéria orgânica é mais rápida a temperaturas elevadas. A temperaturas mais altas o oxigénio é menos solúvel. Assim no verão a decomposição ocorre mais rapidamente do que no inverno;
- **Correntes** – Favorecem a mistura da água residual com a água natural contendo oxigénio e evitando a criação de zonas de decomposição. As correntes rápidas têm como maior desvantagem o aumento do troço de curso de água afectado pela água residual, no entanto provoca um arejamento mais rápido na superfície da água. Por outro lado as correntes lentas não permitem uma maior recuperação dos teores de oxigénio mas permite que os sólidos se depositem, confinando os efeitos indesejáveis a um troço menor de rio;
- **Luz solar** – É um factor com forte influência no desenvolvimento dos processos fotossintéticos e conseqüentemente na produção de oxigénio dissolvido na água o qual é essencial nos processos de oxidação da matéria orgânica;
- **Sedimentação** – Os sólidos sedimentam, formando bancos de lama que sofreram uma decomposição anaeróbia com conseqüente formação de gases nefastos para a saúde pública e meio ambiente, tal como odores desagradáveis.

1.5. Análise Estatística

1.5.1. Análise de variância

A comparação de médias de duas ou mais populações de onde foram extraídas amostras aleatórias e independentes pode fazer-se através de uma metodologia designada por Análise de Variância (abreviadamente ANOVA do inglês Analysis of Variance) se a distribuição da variável em estudo for normal e se as variâncias populacionais forem homogéneas. Tal designação deve-se ao facto de a ANOVA comparar a variância dentro das amostras ou grupos com a variância entre as amostras ou grupos.

Se existir apenas um factor em estudo a análise de variância designa-se por ANOVA one-way. Se existir mais do que um factor a análise de variância designa-se por ANOVA factorial.

Na ANOVA one-way o comportamento da variável de medida é, supostamente, influenciado apenas por um factor (uma variável independente) cujos X níveis foram aplicados em X amostras ou grupos.

Na ANOVA estamos interessados em testar se $X \geq 2$ médias populacionais (estimadas a partir de $X \geq 2$ amostras aleatórias) são iguais ou não (ou de igual modo se as X amostras provêm ou não de uma mesma população), isto é: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_X$ (onde μ é a média global de cada população).

De modo equivalente podemos pretender saber se o tratamento teve ou não um efeito significativo sobre a variável dependente, isto é, precisamos de testar: $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_X$ (α – efeito do tratamento), ou seja que os efeitos do tratamento são iguais entre todas as amostras, ou que existem pelo menos dois efeitos que são diferentes. É claro que se os efeitos dos tratamentos são iguais então as médias populacionais também serão iguais.

1.5.2. Análise factorial de componentes principais

A Análise Factorial é uma técnica de análise exploratória de dados que tem por objectivo descobrir e analisar a estrutura de um conjunto de variáveis inter-relacionadas de modo a construir uma escala de medida para factores (intrínsecos) que de alguma forma (mais ou menos explícita) controlam as variáveis originais. Em princípio, se duas

variáveis estão correlacionadas, esta associação resulta da partilha de uma característica comum não directamente observável.

A Análise Factorial usa as correlações observadas entre as variáveis originais para estimar os factores comuns e as relações estruturais que ligam os factores (latentes) às variáveis. No tratamento estatístico dos resultados foi utilizado o SPSS.

1.6. Organização do Projecto

Este trabalho está estruturado em quatro capítulos. No primeiro capítulo, introdução, apresenta-se o enquadramento teórico do projecto, o qual está estruturado em 5 subcapítulos. O primeiro onde fazemos uma breve introdução á poluição hídrica, o segundo onde se faz uma breve caracterização das águas residuais, especificando as águas residuais industriais. No terceiro subcapítulo apresentamos uma caracterização dos parâmetros que analisamos nas amostras recolhidas (parâmetros químicos e físicos). No quarto subcapítulo, será feita abordagem ao tema auto depuração. Por último no 5 subcapítulo faz-se referência aos métodos, análise de variância e análise factorial utilizados na análise estatística.

No segundo capítulo, metodologia, começamos por fazer a identificação dos locais de recolha das amostras analisadas. O segundo subcapítulo faz referência à metodologia de recolha de amostras, onde são abordados os temas periodicidade e tipo de recolha. No seguinte subcapítulo, métodos utilizados, começa pela exposição dos parâmetros e métodos analíticos utilizados, seguindo-se os procedimentos usados nas análises dos parâmetros.

No capítulo três, análise e discussão dos resultados, encontra-se exposto os resultados obtidos nas análises efectuadas, através de tabela e gráficos, bem como a discussão desses resultados.

Por último no quarto capítulo, são referidas as conclusões resultantes do trabalho prático desenvolvido e dos resultados obtidos.

2. Metodologia

2.1. Identificação dos locais de recolha

Para a caracterização do comportamento da linha de água em estudo, num determinado tempo e espaço, seleccionaram-se cinco locais para recolha de amostras pontuais.

As colheitas realizadas ao longo da ribeira foram executadas durante dois meses e integraram os seguintes locais:

- Saída na EPTAR da Indústria (ponto 1);
- Ponto de descarga para a ribeira (ponto 2);
- A montante do ponto de descarga (ponto 3);
- A jusante do ponto de descarga (ponto 4);
- Na aldeia B (ponto 5).

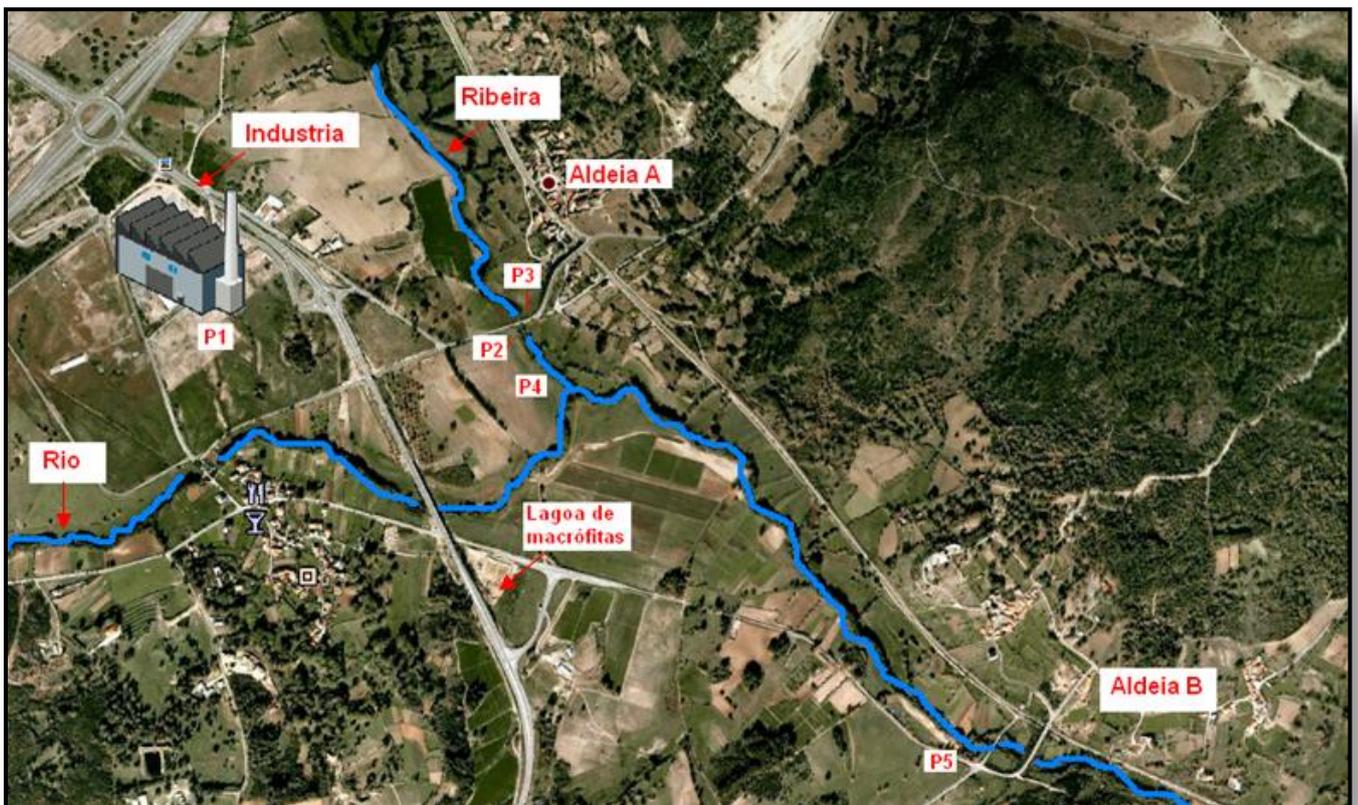


Figura 4: Imagem de satélite da área em estudo, adaptado de Google earth com alterações feitas pelos autores do presente projecto.

- **Saída na EPTAR da Fábrica (ponto 1)**

O primeiro ponto de amostragem corresponde á água que sai da EPTAR (estação de pré-tratamento de águas residuais), depois de um processo de tratamento que passa por: tanque de desengorduramento, tanque de arejamento e decantador. Os efluentes da EPTAR são descarregados num colector municipal.

- **Ponto de descarga para a ribeira (ponto 2)**

Localiza-se junto à povoação A e corresponde ao ponto onde a água oriunda do colector municipal, onde são descarregados os efluentes do ponto 1 (Figura 5). A água da ribeira neste local apresenta características muito marcantes ao nível físico-químico e microbiológico devido a descarga da água residual.



Figura 5: Ponto de descarga para a ribeira.

- **A montante do ponto de descarga (ponto 3)**

O terceiro ponto de amostragem localiza-se a montante do ponto de descarga. Neste local as suas características ainda não foram afectadas pelas águas provenientes da EPTAR e encontra-se a 2 metros a montante do ponto 2.



Figura 6: A montante do ponto de descarga.

- **A jusante do ponto de descarga (ponto 4)**

O quarto ponto de amostragem (Figura 7), foi efectuado a jusante do ponto 2 a aproximadamente 50 metros deste e localiza-se próximo do ponto de confluência da ribeira com o rio. Neste ponto de amostragem a água que provém de montante e do ponto de descarga já se encontram bem misturadas.

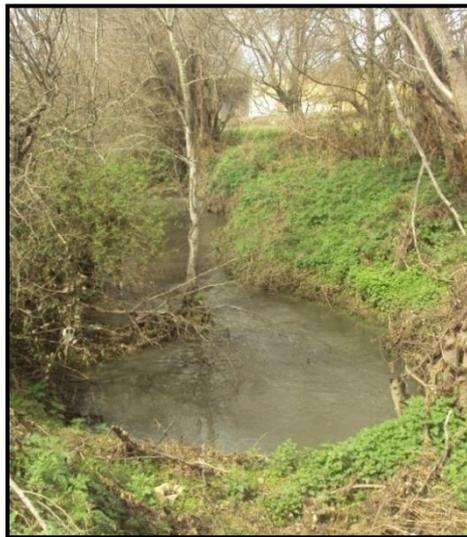


Figura 7: Ponto de recolha a jusante do ponto de descarga.

- **Na aldeia B (ponto 5)**

O quinto ponto de recolha situa-se no rio que passa junto à localidade B (Figura 8), após a afluência da ribeira. Neste rio ocorre ainda uma descarga de água, proveniente de uma lagoa de macrófitas. Este tratamento consiste, genericamente, na passagem do efluente por um sistema complexo constituído por vegetação, resíduos orgânicos e microrganismos, podendo ou não apresentar um meio de enchimento onde ocorrem fenómenos que resultam na remoção dos poluentes.



Figura 8: Ponto de recolha na aldeia B.

2.2. Metodologia de recolha de amostra

2.2.1. Amostragem

Uma boa amostragem é crucial para a produção de resultados fidedignos e deve ter-se em atenção cinco passos diferentes: objectivos, escolha dos locais de recolha, periodicidade, registo de factores abióticos e finalmente a recolha. Deste modo, pode definir-se amostragem como sendo um processo de seleccionar uma porção de material suficientemente pequeno em volume, para ser transportado e manuseado convenientemente no laboratório mas, suficientemente grande de modo a que seja representativo do todo que se pretende estudar. Neste trabalho, foram utilizados sistemas manuais de colheita de amostras, recorrendo-se à imersão do recipiente de colheita na água residual a analisar, recolhendo um volume suficiente, de modo a garantir, pelo menos, uma repetição de cada uma das determinações analíticas.

Inicialmente foi efectuado um reconhecimento prévio do curso de água, em que se teve em atenção o acesso às possíveis locais de amostragem, estradas, pontes, observação da profundidade dos pontos de recolha e as suas características.

Quando se estabelece o programa de amostragem é necessário decidir qual o tipo de amostra a realizar, visto existirem dois tipos de amostras, as amostras pontuais e as compostas. Uma amostra pontual é aquela onde o material a analisar é recolhido todo no mesmo instante, reflectindo, portanto as condições da água residual no instante considerado. As amostras compostas são obtidas a partir da composição de um determinado número de recolhas de amostras simples ao longo de um determinado período de tempo.

Para a realização das análises físico-químicas neste trabalho, foram efectuadas recolhas de amostras pontuais devido à necessidade de certos parâmetros (pH, CBO, CQO, temperatura) terem de ser analisados o mais rapidamente possível.

2.2.2. Periodicidade e recolha

Os resultados obtidos neste trabalho tiveram origem em colheitas efectuadas duas vezes por semana, no período de 16 de Março a 19 de Maio de 2011 (tabela 3 do Anexo). No início do projecto foram recolhidas amostras apenas nos pontos mais críticos (ponto 1 e 2), de modo a se obter uma caracterização inicial da área em estudo. Após a realização das análises da primeira e segunda recolha, foi possível identificar os restantes pontos de recolha. No entanto os dias agendados para as colheitas não foram respeitados devido a forte pluviosidade que ocorreu ao longo destes meses, não sendo possível aceder ao local de amostragem.

Quanto á recolha das amostras para as análises físico e químicas, foi cumprido o recomendado no ANEXO XXII do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. Tendo-se utilizado frascos em plásticos ou em vidro, devidamente identificados, e com volume de 1000ml. Todos os recipientes foram prévia e adequadamente lavados, de forma a evitar a contaminação da amostra. Após a colheita e no decorrer do transporte estas foram sempre armazenadas num local refrigerado (Figura 9) para que a temperatura se mantivesse sempre baixa, de modo a que as características do local de recolha sejam conservadas até ao laboratório. Durante e após a colheita das amostras, assim como no decorrer do transporte, podem ocorrer diversas alterações químicas, físicas e biológicas (por exemplo o pH e a temperatura). As temperaturas elevadas levam a uma aceleração da actividade biológica e química tendo como consequência a degradação do material orgânico e inorgânico existente na amostra. O pH é outro elemento marcante no desenvolvimento da actividade biológica e química, o qual pode ser alterado no decorrer do processo fotossintéticos.



Figura 9: Vasilhame utilizado na amostragem.

2.3. Análises físicas e químicas

Os parâmetros analisados na campanha realizada foram seleccionados em função da caracterização físico-química que se pretendia efectuar, tendo em conta o tipo de amostra a analisar (rios e ribeiras). Foram utilizados testes rápidos da marca Dr. Lange, de modo a obter-se resultados num curto espaço de tempo e sem necessidade de utilização extensiva de materiais e equipamento. Os parâmetros assim determinados foram o CQO, fósforo e azoto. Para a determinação do CBO seguimos o procedimento apresentado na Norma da International Organization for Standardization (ISO) 5815-2. Na determinação dos iões, por cromatografia iónica, seguiu-se a ISO 10304-1. Nos restantes parâmetros, sólidos totais e sólidos suspensos totais, optou-se pela utilização de métodos padronizados como os descritos no Standard Methods (Clesceriet el, 1998) e a ISO 11923.

O quadro seguinte (Tabela 2) lista os parâmetros analisados e os métodos analíticos utilizados na análise das amostras recolhidas.

Tabela 2: Parâmetros seleccionados e métodos analíticos utilizados.

Parâmetro	Método analítico	Equipamento/instrumentos utilizados
pH	Potenciometria	Medidor de pH Marca: TitraLab Modelo: Tim 900
Condutividade	Electrômetria	Marca: Orion Modelo: HI933000 Gama de Medição: 0,0 µS/cm – 199,9 mS/cm
Azoto Total (N)	Espectroscopia UV-vis	Kit's Dr. Lange: LCK 138 (1-16 mg/ITNb)
Fósforo Total (P)	Espectroscopia UV – vis e cromatografia iónica	Kit's Dr. Lange: LCK 350 (2-20mg/l PO ₄ -P); Cromatógrafo iónico Dionex DX-120
Fluoretos, cloretos, nitritos, nitratos e sulfatos	Cromatografia iónica	Cromatógrafo iónico Dionex DX-120
Sólidos totais	Gravimetria	Cadinhos ; Estufa – binder; Excicador ;

		Mufla modelo Lenton furnaces; Balança- Precisa 205A superbal- series;
Sólidos totais em suspensão	Gravimetria	Filtros –Pall Corporation 90mm; Bomba de vácuo da Paal modelo n°DOA-P181-BN; Excicador; Kitazato com funil; Balança- Precisa 205A superbal-séries;
Temperatura da água	Potenciômetro	Medidor de pH Marca: TitraLab Modelo: Tim 900
Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO)	Electrometria	Sonda de oxigênio dissolvido Orion model 150
Carência Química de Oxigênio (CQO)	Espectroscopia UV-vis	Kit's Dr. Lange: LCK 014 (1000- 10000mg/l O ₂); LCK 114 (150 -1000mg/l O ₂); LCK 614 (50-300mg/l O ₂); LCK 414 (5-60mg/l O ₂).

2.3.1. Procedimentos analíticos

- **CBO₅**

O CBO₅ foi determinado por dois métodos diferentes. No primeiro método utilizaram-se 5 frascos de vidro com volume de 500ml, para cada colheita efectuada, onde foram introduzidos magnetes. O volume de amostra utilizado foi escolhido de acordo com os valores obtidos na determinação do CQO. Na borracha de vedação do sensor de CBO utilizado (Velp Scientific) colocou-se três pastilhas de NaOH, de forma a neutralizar o CO₂. Por último fechou-se as garrafas com os sensores, ajustando-se à gama de concentrações utilizadas (tabela).

Tabela 3: Grau de concentração e respectivo volume de amostra, adicionado de acordo com o manual de utilização da Velp Scientifica.

Escala	Volume
A: 0/ 1000mgO₂/l	100ml
B: 0/ 600mgO₂/l	150ml
C: 0/ 250mgO₂/l	250ml
D: 0/ 90 mgO₂/l	400ml

A preparação final foi colocada numa base com um rotor que permite o movimento giratório do magnete (Figura 10) dentro da incubadora (FOC 2225E, Figura 11) a 20°C durante um período de 5 dias.



Figura 10: Base com um rotor que permite o movimento giratório do magnete.



Figura 11: Incubadora.

No segundo método também foram necessários frascos de vidro escuro com a mesma capacidade onde se colocou um magnete. Introduziu-se 500ml de amostra nos fracos e mediu-se o oxigénio dissolvido inicial. Esta medição foi realizada através de uma sonda de oxigénio (Orion modelo 150, Figura 12). Depois de devidamente calibrada, mergulhou-se a sonda em cada uma das amostras e esperamos a sua estabilização. Após a medição vedou-se devidamente os frascos e colocaram-se numa incubadora a 20°C durante cinco dias (Figura 11). Uma vez que a amostra é incubada no escuro não há possibilidade de se realizar a fotossíntese com a produção de O₂. Após os cinco dias efectuou-se novamente a medição do oxigénio dissolvido, e determinou-se a concentração de CBO.



Figura 12: Sonda de CBO.

▪ CQO

Na determinação do CQO foi utilizado um método de preparação rápido, o qual não requer qualquer pré-tratamento. Nas amostras mais concentradas (ponto 1 e ponto 2) foi efectuada uma diluição de dez vezes (Tabela 4 do anexo). Na realização das análises das amostras obtidas na saída da fábrica e ribeira foi usado o Kit LCK 014 (1000-10000 mg/l O₂), no ponto 3 foram utilizados os kit's LCK 114 (150-1000 mg/l O₂), LCK 614 (50-300 mg/l O₂) e o LCK 414 (15-150mg/l). Enquanto no ponto 4 e 5 utilizou-se o kit LCK 114 (150-1000mg/1O₂) e LCK 314 (15-150 mg/l O₂) respectivamente.

Adicionou-se um dado volume de amostra à cuvete do respectivo Kit, a qual é composta por uma solução ácida de dicromato de potássio. A cuvete foi inserida num termóstato Dr. Lange modelo LT1W (Figura 13), durante duas horas a uma temperatura de 148°C. Para a leitura dos valores de CQO recorreu-se a um espectrofotómetro Dr. Lange CADAS 100 (Figura 15), que converte directamente a absorvência em concentração de oxigénio (mg/l).



Figura 13: Termóstato.



Figura 14: Kit's Dr. Lange.



Figura 15: Espectrofotómetro.

▪ pH e Temperatura

Para determinação do pH e da Temperatura, utilizou-se um medidor de pH (Radiometer, modelo TIM 900, Titralab). Na calibração do eléctrodo usaram-se duas soluções de pH conhecido (7 e 4). Após a calibração procedeu-se à determinação do pH da massa de água por imersão da sonda e anotação do valor após a sua estabilização.



Figura 16: Medidor de pH.

▪ Fósforo e Azoto

Para a determinação destes nutrientes foi utilizado, assim como para a determinação do CQO, um kit da Dr. Lange. O fósforo determinou-se por dois métodos (espectroscopia UV-vis e cromatografia iónica), neste primeiro método utilizou-se o kit LCK 350. Para a determinação do azoto usou-se o kit LCK 138 (1-16mg/l). Inicialmente foi feita uma diluição de dez vezes (Tabela 4 do anexo), nas amostras recolhidas nos pontos 1 e 2, e seguiu-se as instruções de uso que cada kit apresenta no

seu interior. E ao fim de uma hora no termóstato (Figura 13) a 100°C, procedeu-se à leitura dos resultados por espectrofotometria de absorção molecular (Figura 15).



Figura 17: Kit Dr. Lange para determinar o Fósforo.



Figura 18: Kit Dr. Lange para determinar o Azoto.

▪ Sólidos Suspensos Totais

Para a determinação dos sólidos suspensos totais, realizou-se a lavagem de filtros, da marca Pall Corporation (90mm) um para cada ponto de recolha, através da bomba de vácuo marca Pall (modelo nº DOA-P181-BN, Figura 20). Seguidamente secaram-se os filtros na estufa (Binder) (Figura 24), a uma temperatura de 105°C durante 24h. Após terem arrefecido no excicador (Figura 21), durante uma hora, procedeu-se a sua pesagem numa balança (Precisa- 205A Superbol-Series, Figura 23). Por passagem de um volume de água residual por um filtro previamente tratado, como referido anteriormente, foi possível a determinação dos sólidos suspensos totais. Os passos realizados após a filtração são os mesmos que referimos anteriormente. A diferença do peso do filtro antes e após o processo de filtração da água residual permite-nos determinar a concentração dos sólidos suspensos totais.



Figura 19: Filtros e cadinhos.



Figura 20: Bomba de vácuo e Kitazato com funil.



Figura 21: Excicador.

▪ Sólidos Totais

Para a determinação dos sólidos totais, efectuou-se a lavagem de cadinhos de porcelana (Figura 19), um para cada ponto de recolha. Seguidamente secou-se os cadinhos na mufla (Lenton, Fornaces, Figura 22), a uma temperatura de 105°C, durante pelo menos 24h. Após terem arrefecido no excicador, durante uma hora, realizou-se a sua pesagem numa balança precisa (205A Superbol-Series). Através da colocação de um volume de 50ml num cadinho previamente tratado, como referido anteriormente, foi possível a determinação dos sólidos totais. Posteriormente estes cadinhos são secos na estufa (Binder), a uma temperatura de 105°C durante 24h. Após terem arrefecido no excicador, durante uma hora, efectuou-se a sua pesagem. A diferença dos cadinhos antes e após a colocação da água residual permite-nos determinar a concentração dos sólidos totais.



Figura 23: Balança.



Figura 22: Mufla.



Figura 24: Estufa.

▪ **Condutividade**

Para a medição da condutividade utilizou-se um condutivímetro e uma sonda Orion, modelo 850 (Figura 25). Para a sua calibração mergulhou-se a sonda numa solução com 12,85mS/cm, após isso procedeu-se a medição da condutividade nas amostras, mergulhando a sonda em cada uma delas e aguardou-se a sua estabilização.



Figura 25: Sonda de condutividade.

▪ **Fluoretos, Cloretos, Nitritos, Nitratos, Fosfatos e Sulfatos**

A medição destes iões foi efectuada através da cromatografia iónica, para tal utilizou-se um Cromatógrafo iónico (Cromatógrafo iónico Dionex DX-120, Figura 26). Depois de devidamente calibrada, pela injeção de seis padrões (com 0,1mg/l, 0,2mg/l, 1mg/l, 2mg/l, 5mg/l e 10mg/l de uma solução padrão para cada um dos iões analisados), passou-se à injeção da amostra (1 ml). Através dos dados obtidos fez-se uma recta de

calibração para cada ião. Através da área do pico sabemos assim a concentração de cada ião presente na água residual.



Figura 26: Cromatógrafo iônico.

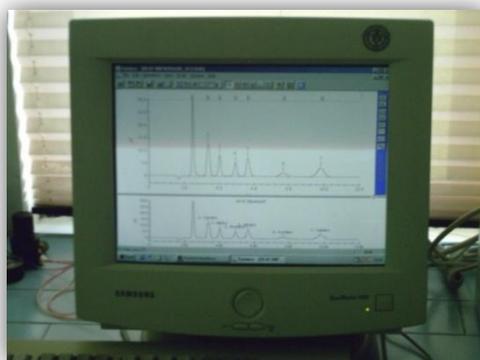


Figura 27: Picos correspondentes aos diferentes aniões.

3. Análise e discussão dos resultados

O lançamento das águas residuais no meio receptor não deverá provocar alteração da sua qualidade de forma a por em risco o troço do curso de água a jusante do ponto de descarga.

Antes da sua descarga em sistemas de drenagem pública, as águas residuais industriais, devem obedecer aos parâmetros de qualidade constantes no regulamento de abastecimento de água e drenagem de águas residuais do Concelho da Guarda (Anexo). A descarga do colector municipal para a linha de água em estudo está condicionada apenas ao cumprimento dos limites fixados, de acordo com as condições de descarga, em termos de valores limites de emissão (VLE) dispostos no Decreto-Lei nº236/98, de 1 de Agosto em anexo.

Nas tabelas apresentadas a seguir, encontram-se compilados os resultados individuais por estação e campanha e os resultados globais agregados em termos de valores médios, máximos e mínimos, demonstrados graficamente com recurso aos valores médios, para cada parâmetro. Depois de avaliados criticamente os resultados individuais, apresenta-se uma análise mais complexa que envolve o cruzamento de dados tendo em conta as relações que se estabelecem entre parâmetros, pelo método análise de variância (ANOVA), e análise factorial, para facilitar a apreciação dos resultados.

▪ pH

O pH medido a partir das amostras recolhidas nos locais de monitorização, como se pode comprovar na análise da tabela 4 e do Figura 28, não apresenta uma variação significativa comparando o P1 com o P2, o mesmo não acontece comparando estes com os pontos 3,4 e 5. Nos pontos 1 e 2 a água residual apresenta um pH próximo de 8,3, o que faz com que a água seja alcalina. Este facto deve-se à aplicação de detergentes no tratamento da água residual na EPTAR. Contudo, nos restantes pontos esta apresenta um pH na ordem 6,75, o que torna a água ligeiramente ácida.

Tabela 4: Valores de pH nos locais de recolha.

pH					
Data	P1	P2	P3	P4	P5
21-03-2011	8,78	8,75	7,00	8,17	
23-03-2011	8,19	8,11	6,93	6,83	6,05
29-03-2011	7,88	7,94	6,81	6,79	6,17
30-03-2011	7,87	7,85	6,57	6,58	6,59
06-04-2011	7,70	8,00	6,70	6,80	6,30
11-04-2011	8,06	8,02	6,73	6,99	6,72
12-04-2011	8,22	8,33	6,69	6,90	6,58
26-04-2011	8,51	8,51	6,62	6,01	6,72
27-04-2011	8,50	8,58	6,61	6,99	6,71
11-05-2011	8,49	8,50	6,83	7,03	6,78
16-05-2011	8,98	8,14	6,78	6,97	6,57
19-05-2011	8,40	8,49	6,68	6,98	6,74
Média	8,30	8,27	6,75	6,92	6,54
Mínimo	7,70	7,85	6,57	6,01	6,05
Máximo	8,98	8,75	7,00	8,17	6,78

(a) Ponto de recolha não analisado

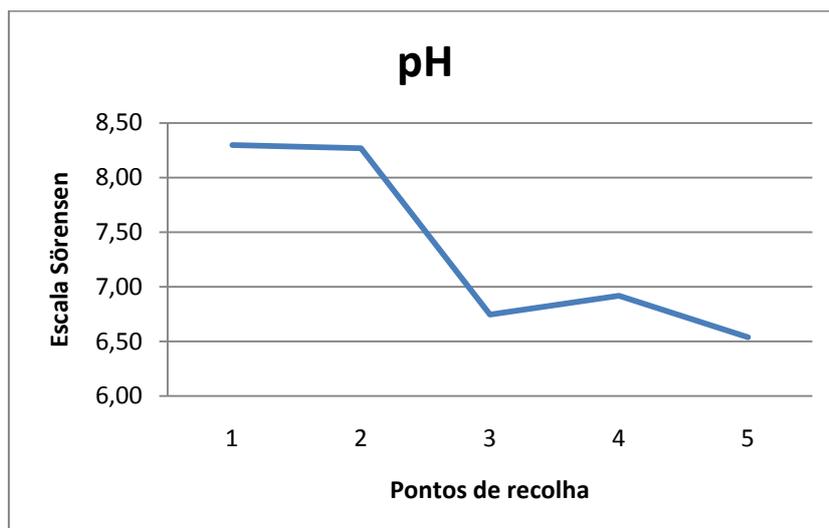


Figura 28: Variação dos valores médios do pH nos locais de recolha.

Esta variável, por si só, não evidencia sinais de perturbações pontuais externas na linha de água. Porém, após a descarga da água proveniente da EPTAR verifica-se, apenas, uma ligeira diminuição do pH, o que nos leva a concluir que o impacto da descarga não é significativo.

Comparativamente com o Decreto-lei n.º 236/98 os valores de pH encontram-se dentro dos valores limites de emissão (VLE) (6,0 – 9,0).

▪ Temperatura

Na tabela 5 pode-se observar os resultados de temperatura, obtidos nas várias recolhas. Pode-se ainda observar as médias de cada ponto de recolha, bem como o valor máximo e mínimo obtido.

Tabela 5: Valores de temperatura relativamente a cada ponto de recolha, valores médios, mínimos e máximos.

Temperatura					
Data	P1	P2	P3	P4	P5
16-03-2011	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
21-03-2011	21,20	20,30	19,80	20,20	(b)
23-03-2011	17,80	18,40	17,90	18,50	16,60
29-03-2011	21,40	21,30	21,50	21,40	21,40
30-03-2011	9,20	12,90	14,40	12,80	13,00
06-04-2011	22,90	22,40	20,00	19,70	18,00
11-04-2011	19,40	19,30	17,40	17,60	16,40
12-04-2011	19,20	19,10	18,30	18,30	17,90
26-04-2011	16,90	16,60	16,20	15,30	15,80
27-04-2011	20,70	20,50	17,90	18,00	17,20
11-05-2011	11,30	9,60	13,80	18,40	13,10
16-05-2011	20,20	20,20	20,30	20,10	20,30
19-05-2011	20,40	19,90	18,50	19,00	17,90
Média	18,38	18,38	18,01	18,28	17,05
Valor mínimo	9,20	9,60	14,40	12,80	13,00
Valor máximo	22,90	22,40	21,50	21,40	21,40

(a) Parâmetro não quantificado nesta data.

(b) Ponto de recolha não analisado.

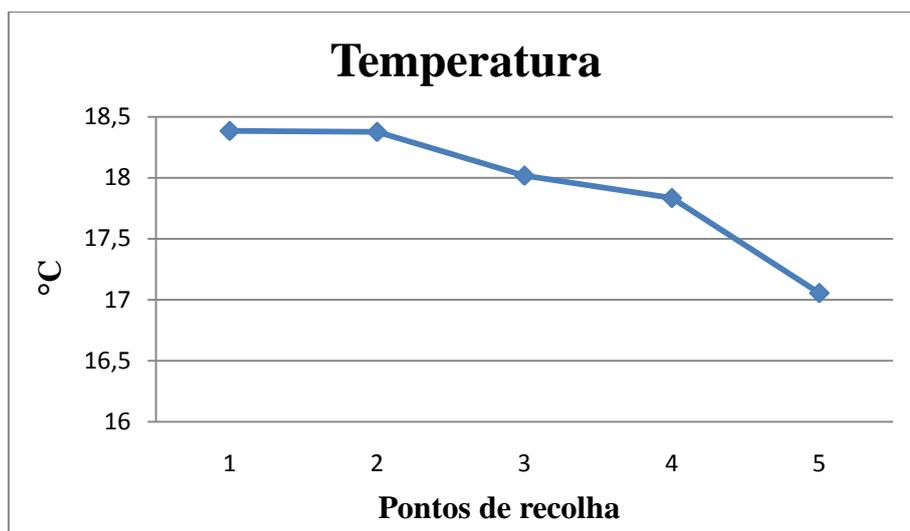


Figura 29: Evolução da temperatura média da água em relação aos pontos de amostragem.

Por observação da Figura 29 pode-se constatar que os valores médios de temperatura registados encontram-se muito próximos ao longo da linha de água. Contudo os valores de temperatura obtidos podem não corresponder aos valores reais, uma vez que este parâmetro não foi analisado no local. Apesar de as amostras recolhidas terem sido devidamente transportadas, como já foi referido, pode ter havido alterações nos valores de temperatura.

Podem também verificar-se que temperatura da água vai diminuindo ligeiramente desde que ocorre a descarga para a ribeira (P2) até ao ponto de recolha na aldeia B.

A inexistência de grandes massas de água estagnada, associada à agitação provocada pelo movimento da água e ao reduzido caudal, conduz a uma aproximação da temperatura da água à temperatura do ar (gráficos em anexo, ter em conta que a maioria das recolha foi feita entre as 11 e 12 horas), excepto nos dias 21, 23 e 29 de Março e 11 de Maio.

Segundo o regulamento municipal, o valor da temperatura da água residual industrial deve ser inferior a 30°C. Ao analisarmos os valores que constam na tabela 5 pode verificar-se que são todos inferiores a 30°C, ou seja o ponto 1 encontra-se conforme.

Visto isto pode-se concluir que este parâmetro não provoca anormalidades na qualidade da água.

▪ Condutividade

A condutividade é outro dos parâmetros medidos a partir das amostras recolhidas.

Tabela 6: Valores de temperatura relativamente a cada ponto de recolha, valores médios, mínimos e máximos.

Condutividade (mS/cm)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5
21-03-2011	7,97	6,86	0,254	1,533	(a)
23-03-2011	6,10	5,13	0,196	0,195	0,172
29-03-2011	7,94	7,62	0,205	0,264	0,163
30-03-2011	7,69	7,65	0,205	0,290	0,187
06-04-2011	9,94	9,64	0,225	0,289	0,182
11-04-2011	3,72	5,69	0,253	0,335	0,183
12-04-2011	9,72	4,89	0,198	0,283	0,187
26-04-2011	5,41	4,32	0,193	0,239	0,162
27-04-2011	9,63	9,59	0,260	0,364	0,227
11-05-2011	7,53	6,89	0,276	0,412	0,229
16-05-2011	2,95	5,20	0,310	0,386	2,500
19-05-2011	6,752	5,81	0,193	0,261	0,189
Média	7,11	6,61	0,230	0,404	0,398
Mínimo	2,95	4,32	0,193	0,195	0,162
Máximo	9,94	9,64	0,310	1,533	2,500

(a) Ponto de recolha não analisado.

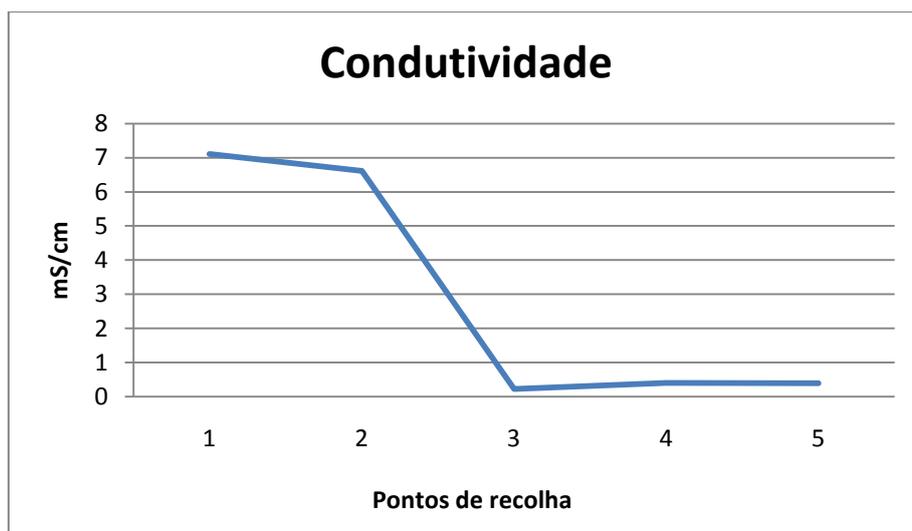


Figura 30: Variação dos valores médios da condutividade nos pontos de recolha.

Os valores medidos apresentam-se na tabela 6 e na Figura 30, onde estão representados os valores médios.

Como foi referido anteriormente, a condutividade pode ser relacionada com eventuais fontes de poluição que conduzem ao seu aumento.

Dos parâmetros básicos determinados, a condutividade fornece boas indicações da qualidade da linha de água.

Com base no anteriormente referido e analisando atentamente os valores da tabela 6, é possível constatar que o ponto P1 é aquele que apresenta os valores mais elevados de condutividade, apresentando como valor máximo 9,9 mS/cm. Os valores são globalmente elevados, sendo sempre superiores a 3 mS/cm.

Quando confrontados os valores de P1 e de P2 com os restantes pontos é possível concluir que estes não provocam um aumento da condutividade na linha de água, devido ao facto de ocorrer diluição na ribeira. Relativamente aos valores da condutividade nos pontos P3, P4 e P5, a partir do dia 27-04-2011 até ao dia 16-05-2011 em que se registaram temperaturas mais elevadas, sofrem um aumento, talvez pela diminuição do caudal e em consequência o aumento da concentração de substâncias dissolvidas.

▪ Sólidos Suspensos Totais

Os resultados da determinação dos SST e ST apresentam-se na tabela 7 e podem ser visualizados, em termos de valores médios, na Figura 33.

Tabela 7: Resultados da determinação dos ST e SST nos locais de recolha.

Sólidos (mg/l)						
Data	Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5
21-03-2011	ST	524,0	413,1	8,6	93,6	(a)
	SST	56,6	48,8	0,5	11	(a)
23-03-2011	ST	386,4	327,7	8	7,9	9,1
	SST	40,1	38,3	2,1	1,4	1,5
29-03-2011	ST	624,0	595	11,4	14,4	10,5
	SST	83,7	53,8	1,8	3,1	3
30-03-2011	ST	678,0	693,4	5,3	10,4	7,2
	SST	63,0	65,1	1,7	3,6	1,7
06-04-2011	ST	741,0	758	33,9	12,4	8,3
	SST	55,0	54	3,9	2,2	5,4
11-04-2011	ST	240,0	387	5,1	12,9	6,8
	SST	38,0	66	1,7	7	1,6
12-04-2011	ST	659,0	327	7,2	13	7,2
	SST	94,0	48	1,2	4,8	0,9
26-04-2011	ST	261,0	237	5,8	6,6	1,8
	SST	32,0	30	0,6	1,1	0,1
27-04-2011	ST	535,0	551	6,9	12,3	9,3
	SST	45,0	36	1,7	3,7	2,2
11-05-2011	ST	513,4	552,3	6,4	22	83,1
	SST	48,7	44,4	3,2	12	2,3
16-05-2011	ST	192,4	367,2	7,9	11,9	10,6
	SST	20,9	41,4	0,3	4	0,6
19-05-2011	ST	441,3	379,1	5,3	8,5	6,3
	SST	32,9	17,1	0,6	3,2	0,4
Média		482,958	465,650	9,317	18,825	14,564
Mínimo	ST	192,4	237,4	5,1	6,6	1,8
Máximo		740,5	757,7	33,9	93,6	83,1
Média	SST	50,825	45,242	1,608	4,758	1,791
Mínimo		20,9	17,1	0,3	1,1	0,1
Máximo		94	66	3,9	12	5,4

(a) Ponto de recolha não analisado.

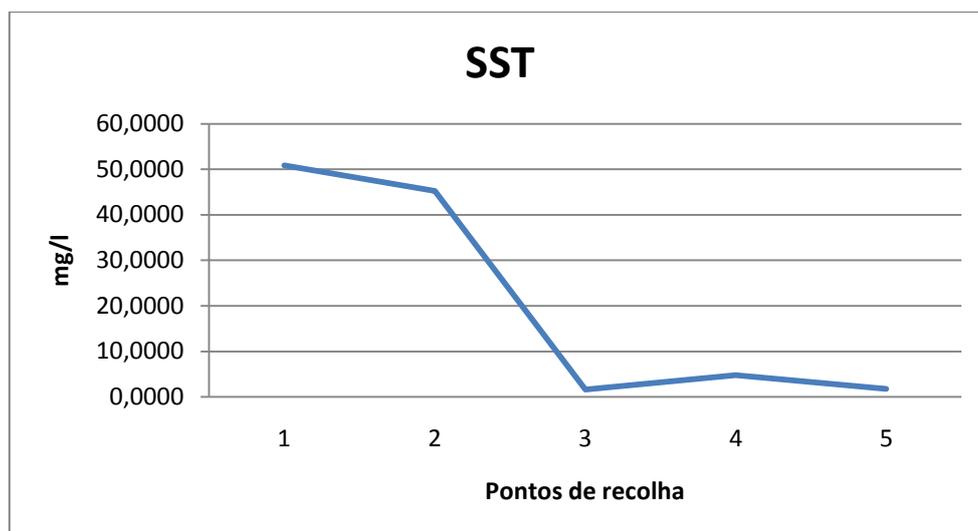


Figura 31: Variação dos valores médios de SST nos locais de recolha.



Figura 32: Variação dos valores médios de ST nos locais de recolha.

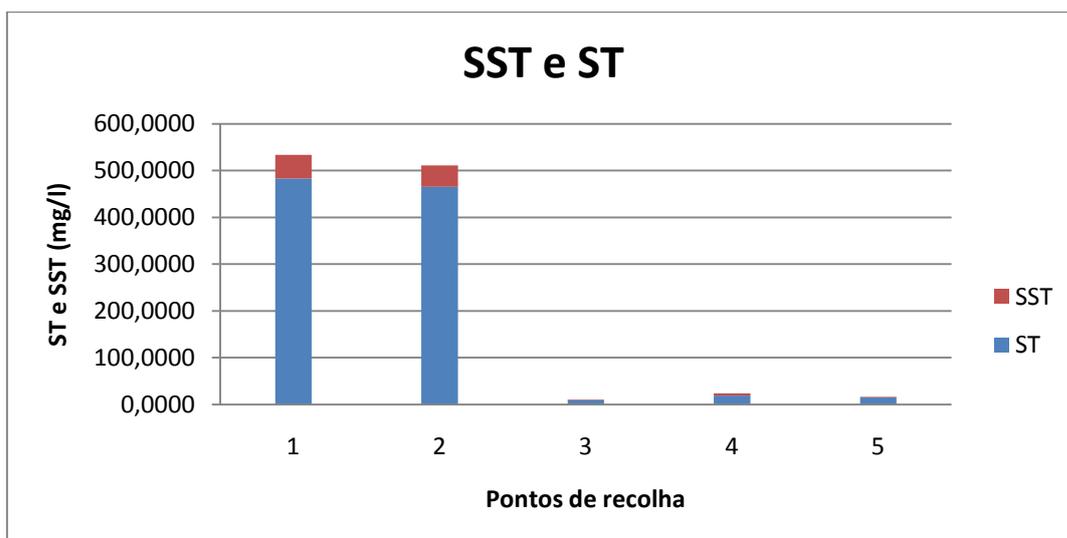


Figura 33: Valores médios obtidos a partir da análise estatística dos resultados da determinação dos SST e ST.

A determinação dos sólidos, enquanto parâmetro básico, permite-nos avaliar a importância das diferentes fracções de matéria na qualidade geral da água dos vários locais de monitorização e relacioná-la com outros parâmetros.

De um modo geral, a matéria presente na água analisada nos vários locais de recolha encontra-se dissolvida.

Da análise da Figura 33 podemos concluir que quando comparamos os valores médios obtidos para as amostras colhidas no ponto 1 (Saída da EPTAR) e ponto 2 (ponto de descarga para a ribeira) não verificamos grandes diferenças a nível de SST e ST. O mesmo acontece para as amostras colhidas no ponto 3 (montante do local de descarga), ponto 4 (jusante do ponto de descarga) e ponto 5 (ponto mais distante do ponto de descarga). Apenas se regista um decréscimo acentuado dos sólidos quando comparamos os valores médios para as amostras do ponto 2 e 3.

Estes resultados demonstram que, após a descarga da água residual, a capacidade de resposta da linha de água é boa. Depois de uma distância relativamente curta os valores dos sólidos serão retomados, tendo em conta que os sólidos de maior dimensão se acumulam no leito do rio.

Relativamente aos valores limites de emissão (VLE) o ponto 1 cumpre os limites que constam no regulamento de abastecimento da água e de drenagem de águas residuais do concelho da Guarda. Nos restantes pontos apenas no dia 30-03-2011 e no dia 11-04-

2011 os valores limites de emissão não são cumpridos, segundo o Decreto-lei n.º 236/98.

▪ Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO₅)

Tabela 8: Concentrações de CBO₅ relativamente a cada ponto de recolha, valores médios, mínimos e máximos.

CBO ₅					
Data	P1	P2	P3	P4	P5
16-03-2011	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
21-03-2011	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
23-03-2011	54,50	54	3,1	(b)	2,94
29-03-2011	64,50	46,70	1,19	3,35	4,17
30-03-2011	50	59	3,60	0,94	1,40
06-04-2011	144	144	6,90	(b)	4,50
11-04-2011	49	78	6,90	2,50	6,90
12-04-2011	120	71	7,40	(b)	2,80
26-04-2011	274,50	239,50	5,83	4,95	5,86
27-04-2011	221,50	175	6,64	1,26	3,6
11-05-2011	204	265	3,65	0,4	1,25
16-05-2011	181,50	180,50	3,20	(b)	(b)
19-05-2011	260	274	4,12	3,53	2,15
Média	147,60	144,25	4,77	2,43	3,56
Valor mínimo	49	46,70	1,19	0,40	1,25
Valor máximo	274,50	274	7,40	4,95	6,90

(a) Parâmetro não quantificado nesta data.

(b) Ponto de recolha não analisado.

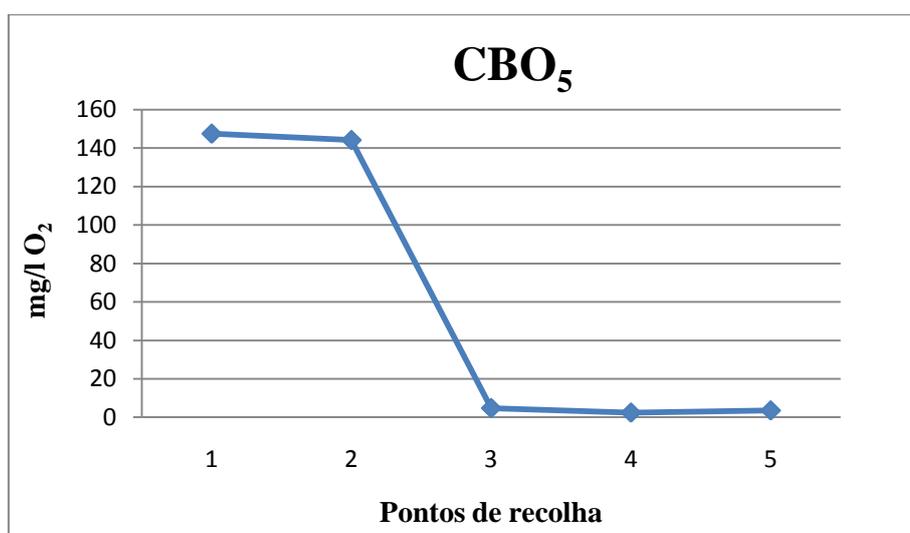


Figura 34: Concentração média de CBO em relação aos pontos de amostragem.

No estudo deste parâmetro foram sentidas algumas dificuldades. Uma delas foi em saber a diluição a aplicar nas amostras para a determinação do CBO_5 , uma vez que, para tal é necessário saber as concentrações de CQO. O que não se verificou a partir do dia 27/04/11, podendo alterar os resultados do CBO_5 a partir desta data.

Por observação da Figura 34, pode-se verificar que os valores médios de CBO_5 no ponto 3 (a montante do ponto de descarga) são baixo, 4,77 mg/l O_2 , quando ocorre a descarga de efluentes residuais os valores aumentam significativamente, para 144,25mg/l O_2 . Contudo no ponto 4 a concentração de CBO volta a diminuir e regista-se uma concentração de 2,43mg/l O_2 . A descarga introduzida na ribeira, pelo efluente tratado na EPTAR da indústria, é atenuada de forma natural ao longo da linha de água, constatando-se uma diminuição gradual das concentrações entre os pontos de monitorização P2 e P5.

Segundo o decreto-lei 236/98 de 1 de Agosto, o valor limite de emissão (VLE) de CBO_5 (20°C) na descarga de águas residuais é 40mg/l O_2 , enquanto o estabelecido pelo regulamento municipal para a descarga no colector municipal não deve exceder os 1000 mg/l O_2 . Visto isto pode-se concluir que a indústria cumpre os limites estabelecidos no regulamento municipal, uma vez que o valor máximo de CBO_5 registado foi 274mg/l O_2 , o que não se verifica para o P2 (descarga na ribeira) onde todos os valores obtidos ultrapassam o valor limite de emissão.

▪ Carência química de oxigênio (CQO)

Tabela 9: Concentração de CQO relativamente aos pontos de recolha e respectiva média.

CQO					
Data	P1	P2	P3	P4	P5
16-03-2011	16270 (c)	16150 (c)	(a)	(a)	(a)
21-03-2011	7600	8460	64,1	2170	(a)
23-03-2011	10340	7400	19,9	15,6	66,1
29-03-2011	16760	17670	24,1	194	60,6
30-03-2011	14500	18160	90,6	1587	30,1
06-04-2011	15170	13580	23,3	114	49,4
11-04-2011	4850	7910	24,8	143	46,9
12-04-2011	15540	7600	24,5	163	65,4
26-04-2011	3820	5220	17	91,8	28
27-04-2011(b)	9740	9310	23,4	151	65,6
Média	10924,44	10590,00	34,63	514,38	51,51
Valor mínimo	3820	5220	17	15,6	28
Valor máximo	16760	18160	90,6	2170	66,1

- (a) Ponto de recolha não analisado.
 (b) Parâmetro não quantificado a partir desta data.
 (c) Valores que não entram no cálculo da média.

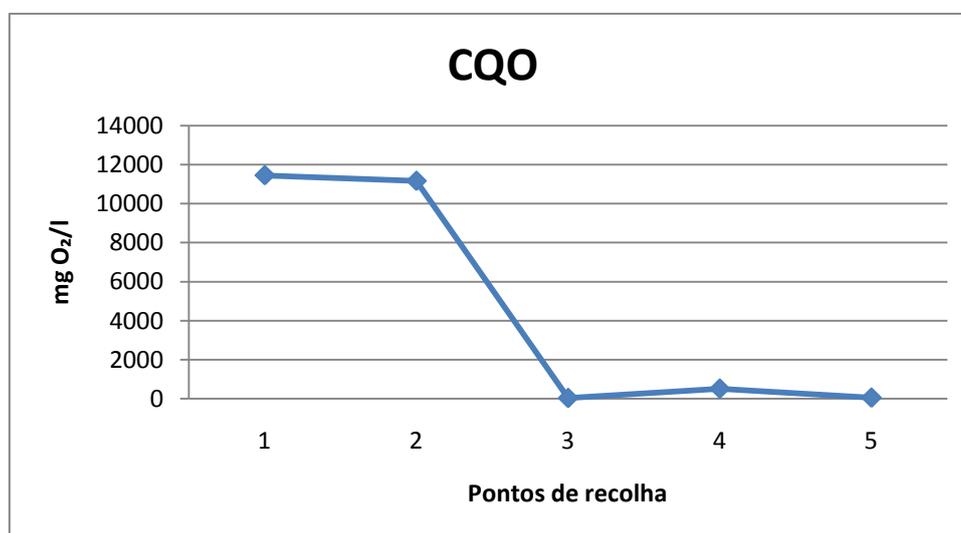


Figura 35: Evolução dos valores médios de CQO em relação aos pontos de amostragem.

Com base nos resultados obtidos compilados na tabela 10 verifica-se que em relação ao Ponto1 o valor limites estabelecido no regulamento municipal (1500 mg/l O₂) não são cumpridos nos dias 16/29 de Março e a 6/12 de Maio. Quanto ao ponto 2 o

valore limite de emissão estipulado no Decreto-Lei referido anteriormente, 150 mg/l O₂, nunca foi cumprido ao longo do período de amostragem.

Através da análise da Figura 35, pode verificar-se que as características naturais da água em P4 são afectadas pela fonte de contaminação (P2), uma vez neste ponto a concentração média de CQO é muito superiores à obtida em P3. No entanto este comportamento era esperado, uma vez que é o ponto que se encontra imediatamente a seguir ao ponto de descarga na ribeira. Os efeitos da atenuação natural verificada ao longo do percurso do rio são evidentes quando analisada a progressão dos valores médios entre a estação P2 e a estação P5 com um decréscimo constante e relativamente linear.

▪ Fósforo Total

Os resultados obtidos encontram-se compilados na tabela 9 e na Figura 36, onde se pode observar evolução das concentrações médias.

Tabela 10: Concentrações de Fósforo relativamente a cada ponto de recolha, valores médios, mínimos e máximos.

Fósforo					
Data	P1	P2	P3	P4	P5
16-03-2011	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
21-03-2011	91,60	76,70	7,43	(b)	(b)
23-03-2011	78	63,70	3,96	4,60	3,1
29-03-2011	112	92,80	1,86	4,96	1,06
30-03-2011	105	113	5,82	9,66	2,79
06-04-2011	51,40	51,40	1,80	2,98	5,26
11-04-2011	13,70	56,30	2,17	6,81	2,60
12-04-2011	108	64,40	1,20	1,60	0,40
26-04-2011 (c)	65,10	47,20	0,60	0,60	0,20
27-04-2011	84	98,30	0,80	0,50	14,30
11-05-2011	54,70	(b)	3,40	0,90	0,50
16-05-2011	15,50	50,80	0,90	1,10	0,40
19-05-2011	63,90	56,90	0,80	0,70	0,50
Média	70,24	70,14	2,56	3,10	2,83
Valor mínimo	13,70	47,20	0,60	0,50	0,20
Valor máximo	112	113	7,43	9,66	14,3

- (a) Parâmetro não quantificado nesta data.
 (b) Ponto de recolha não analisado.
 (c) Alteração do método de análise, a partir desta data.

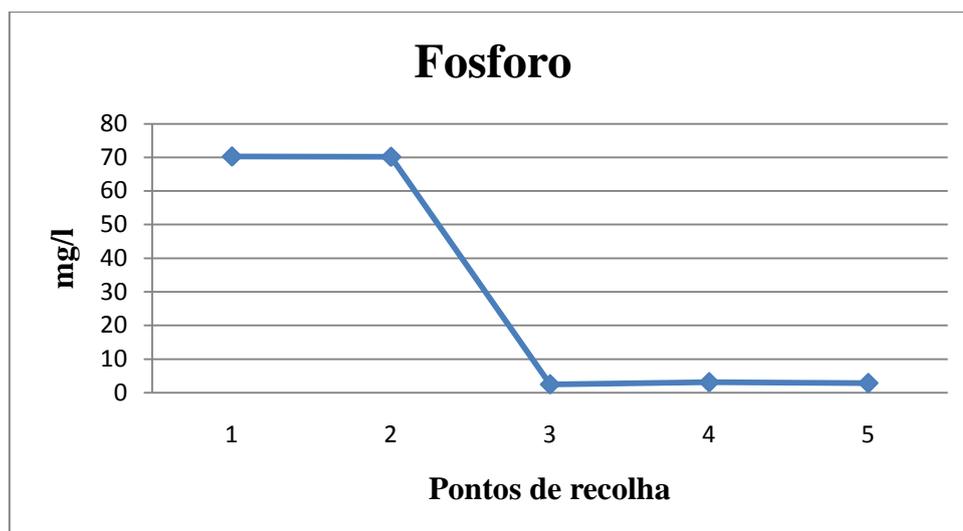


Figura 36: Concentração média de Fósforo em relação aos pontos de amostragem.

Avaliando os resultados obtidos na tabela 10, constata-se que no ponto de recolha 2 as concentrações de fósforo são conformes apenas nos dias 13-04-2011 e 16-05-201, sendo nos restantes dias superiores a superiores 40mg/l (VLE do fósforo estabelecidos no decreto-lei referido). A presença de elevadas concentrações de fósforo na água residual efluente do colector municipal, resulta dos detergentes utilizados ao longo do tratamento na EPAR da indústria.

No regulamento municipal do concelho da Guarda não constam valores limites para o fósforo. Devido a este facto não é possível tirar conclusões à cerca conformidade em P1, relativamente a este parâmetro.

Na análise da tabela 10 e Figura 36 pode-se verificar que o valor médio registado no ponto 3 é baixo (2,56 mg/l), aumentando gradualmente quando ocorre a descarga na ribeira no ponto 2 (70,14 mg/l), contudo no ponto 4 a linha de água recupera as suas características naturais apresentando um valor próximo do ponto 3 (3,10 mg/l). Na análise das amostras recolhidas na aldeia B verifica-se o mesmo comportamento. No entanto no dia 27-04-2011, a concentração de fósforo registada (14,30 mg/l) é superior à obtida em P3 e P4. Uma explicação para este sucedido é o facto de este ponto estar localizado após a confluência da ribeira com o rio, o qual recebe as águas residuais tratadas da lagoa de macrófitas e os adubos lixiviados dos terrenos agrícolas envolventes.

▪ Azoto total

Tabela 11: Concentrações de Azoto relativamente a cada ponto de recolha, valores médios, mínimos e máximos.

Azoto Total					
Data	P1	P2	P3	P4	P5
16-03-2011	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
21-03-2011	129	180	12,9	87	(b)
23-03-2011	199	199	6,73	5	5,36
29-03-2011	402	386	7,55	9	5,73
30-03-2011	340	341	8,49	24,6	5,85
06-04-2011	391	380	8,58	9,9	5,59
11-04-2011	29,7	20,9	7,26	10,7	6,32
12-04-2011	220	135	6,26	8,79	4,79
26-04-2011	138	128	6,26	6,41	4,03
27-04-2011	22,7	41,54	5,94	6,03	2,24
11-05-2011	(c)	(c)	(c)	(c)	(c)
Média	207,93	201,271	7,774	18,603	4,989
Valor mínimo	22,7	20,9	5,94	5	2,24
Valor máximo	402	386	12,9	87	6,32

(a) Parâmetro não quantificado nesta data.

(b) Ponto de recolha não analisado.

(c) A partir desta data não se realizou mais análises se Azoto, devido à falta de material e equipamentos.

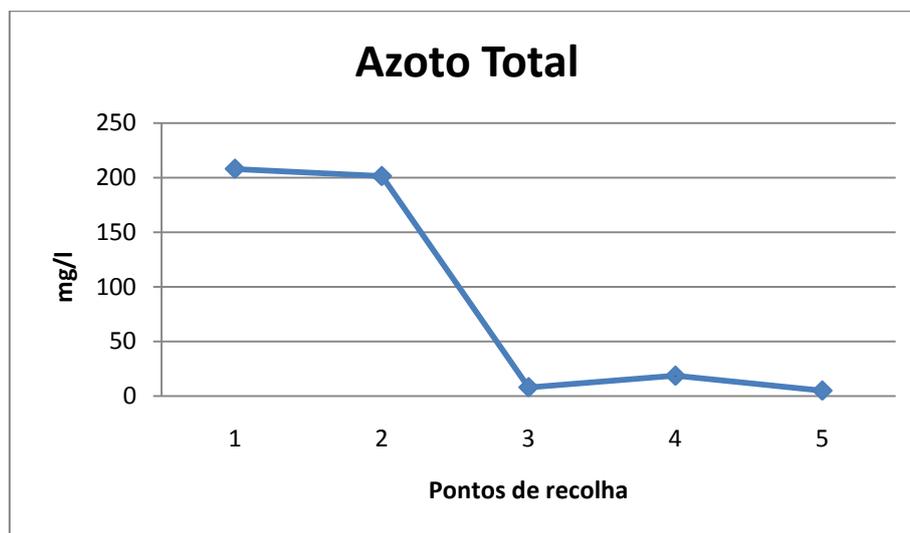


Figura 37: Concentração média de Azoto total em relação aos pontos de amostragem.

Neste estudo, os resultados apresentados comprovam algumas constatações já expostas, nomeadamente no que respeita às situações de contaminação pontual produzidas pela descarga das águas residuais tratadas na EPTAR da indústria, com efeitos na qualidade da água do ponto de monitorização P2. Analisando a tabela 11 pode verificar-se que as concentrações de Azoto total obtidas ao longo do período de recolha, não cumprem os valores limites de emissão estabelecidos no decreto-lei (15 mg/l N).

No que diz respeito ao P1, não se pode concluir se as concentrações de Azoto total cumprem os limites de descarga no colector, pelos motivos apresentados na análise do parâmetro anterior.

Na análise da Figura 37 pode-se averiguar que o P4 é fortemente afectado pela descarga que ocorre em P2, uma vez que a linha de água não consegue recupera imediatamente as suas características naturais (P3). No entanto em P5 as concentrações médias registadas (4,989 mg/l N) são próximas das obtidas em P3 (7,78 mg/l N), o que mais uma vez comprova a capacidade autodepuradora da linha de água.

▪ **Análise de variância (ANOVA)**

Considerou-se adequado proceder a uma análise estatística mais detalhada através do método ANOVA associado a testes Post-Hoc de comparações múltiplas, de forma a analisar estatisticamente o grau de semelhança entre os dados analíticos obtidos em cada um dos pontos de recolha. Na tabela 4 do anexo pode ainda ser observado a diferença entre as médias dos pontos de recolha, bem como o erro associado.

A análise da significância é utilizada para analisar a relação entre os pontos de recolha. Quando o valor da significância for igual ou próximo de 1, significa que as características físico-químicas dos pontos analisados são estatisticamente iguais para um grau de confiança de 95%.

Por análise da tabela 4 do anexo, pode se verificar que os valores de pH são iguais nos pontos 1 e 2, pelas razões explicadas anteriormente. Ou seja, desde a descarga efectuada na EPTAR da indústria até a descarga efectuada na ribeira não ocorrem alterações do pH na água residual. Os pontos 3 (montante do ponto de descarga) e 4 (jusante do ponto de descarga) também apresentam comportamentos semelhantes. O que nos leva a concluir que para o pH a linha de água recupera imediatamente a sua qualidade natural após a descarga de efluentes residuais.

Quanto ao ponto 5, os resultados obtidos não se identificam com os dos outros pontos. Isto pode dever-se à distância deste ponto relativamente aos outros, devido a capacidade de autodepuração da linha de água desde o ponto de descarga (ponto2) até ao ponto 5. Pode também depender do aumento do caudal, pelo facto de o ponto 5 de situar depois da afluência da ribeira no rio e onde é efectuada uma descarga de uma lagoa de macrófitas.

Relativamente à temperatura, pode concluir-se que os resultados obtidos na monitorização de cada ponto são estatisticamente iguais. Ou seja, os valores de temperatura não se alteraram ao longo dos pontos de recolha, independentemente da descarga de águas residuais na ribeira.

Os parâmetros CBO₅, PO₄, SST, ST, Azoto Total e Condutividade apresentam as mesmas características físico-químicas, isto é, os valores em P1 são estatisticamente iguais aos de P2 e os pontos P3, P4 e P5 também apresentam o mesmo comportamento entre si. Por último analisando os dados do CQO, pode verificar-se que apenas os pontos 1 e 2 apresentam concentrações iguais, uma vez que a sua significância é igual a

1. Os outros pontos (P3, P4 e P5) não se relacionam com nenhum ponto de recolha, ou seja as concentrações obtidas são todas diferentes.

▪ Análise factorial

Procedeu-se ainda a uma análise factorial que nos permitiu analisar a correlação existente entre os dados analíticos de cada parâmetro.

Por análise da tabela 12 e da figura 38, pode-se verificar que as variáveis estão altamente correlacionadas.

Analisando individualmente a tabela 12, podemos concluir que a temperatura e o CQO são os que menos se correlacionam com os restantes parâmetros.

Relativamente a figura 38, na componente 1 todas as variáveis apresentam uma forma muito significativa, enquanto na componente 2 apenas se destaca a temperatura.

Podemos então concluir que, a partir dos dados obtidos na ANOVA, a temperatura é a variável que apresenta o valor de significância mais elevado.

Tabela 12: Matriz de correlação entre os parâmetros analisados.

Correlation Matrix ^a										
		pH	Temp	Cond	SST	ST	CBO	PO4	CQO	Azoto
Correlation	pH	1,000	0,230	0,863	0,807	0,793	0,805	0,833	0,749	0,590
	Temp	0,230	1,000	0,278	0,197	0,220	0,237	0,075	0,175	0,134
	Cond	0,863	0,278	1,000	0,915	0,978	0,734	0,916	0,932	0,788
	SST	0,807	0,197	0,915	1,000	0,931	0,567	0,916	0,939	0,802
	ST	0,793	0,220	0,978	0,931	1,000	0,622	0,911	0,974	0,872
	CBO	0,805	0,237	0,734	0,567	0,622	1,000	0,618	0,515	0,404
	PO4	0,833	0,075	0,916	0,916	0,911	0,618	1,000	0,926	0,777
	CQO	0,749	0,175	0,932	0,939	0,974	0,515	0,926	1,000	0,911
	Azoto	0,590	0,134	0,788	0,802	0,872	0,404	0,777	0,911	1,000
Sig. (1-tailed)	pH		0,085	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Temp	0,085		0,048	0,121	0,095	0,079	0,330	0,150	0,215
	Cond	0,000	0,048		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SST	0,000	0,121	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	ST	0,000	0,095	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
	CBO	0,000	0,079	0,000	0,000	0,000		0,000	0,001	0,007
	PO4	0,000	0,330	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
	CQO	0,000	0,150	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000		0,000
	Azoto	0,000	0,215	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	

a. Determinant = 2,48E-008

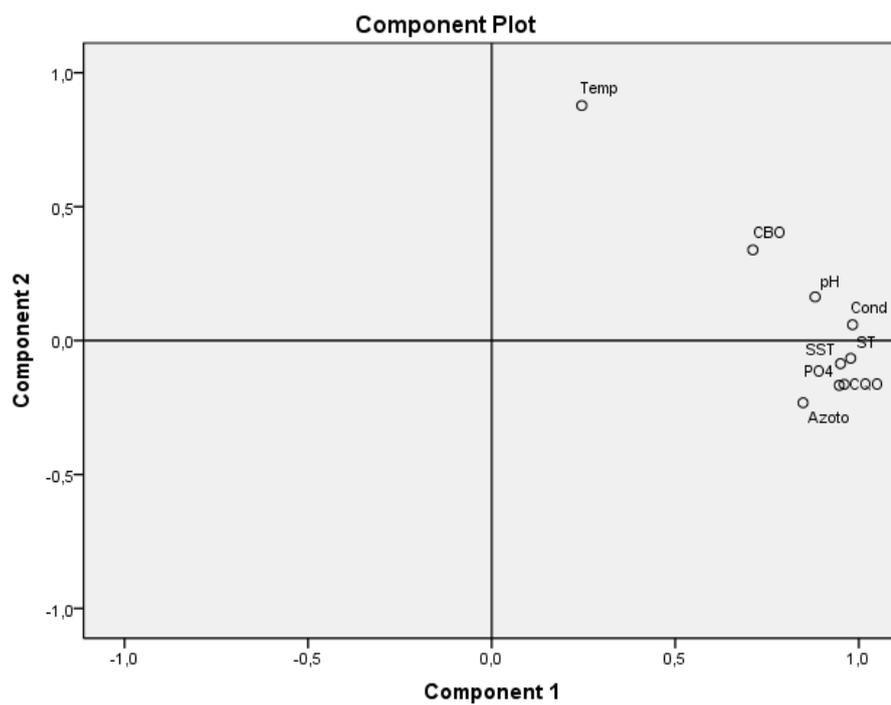


Figura 38: Correlação entre a componente 1 e a componente 2.

4. Conclusão

O presente projecto apresentou como objectivo fundamental o estudo da avaliação do impacto da descarga de águas residuais na qualidade de uma linha de água. Os efluentes produzidos pelas actividades industriais apresentam características poluentes capazes de provocarem graves impactes na qualidade de uma linha de água. Neste sentido, a realização de trabalhos como o que se apresenta assume um carácter de extrema relevância, para que tais impactes sejam reduzidos.

Na interpretação e análise dos resultados foi feito um tratamento estatístico e individualizado dos parâmetros físico-químicos, de forma a analisar a qualidade da água nos diferentes pontos de monitorização, bem como a capacidade de autodepuração do meio.

Face aos resultados obtidos na campanha de amostragem pontual realizada, ao longo dos meses de Março, Abril e Maio de 2011, em cinco locais representativos da linha de água, foram retiradas as conclusões que seguidamente se apresentam.

No ponto de descarga de efluentes residuais industriais para o colector municipal (P1), pode concluir-se que as concentrações de CQO são superiores aos limites estipulados no regulamento municipal do concelho da Guarda. No entanto este regulamento não apresenta valores limites para todos os parâmetros analisados.

Quanto ao ponto 2, descarga do colector municipal na ribeira, pode concluir-se que grande parte dos parâmetros não se encontram conformes, isto é, não cumprem os valores limites de emissão estipulados no Decreto-Lei 236/98, de 1 de Agosto. Estas conclusões são sustentadas pelos teores de CBO, PO₄, CQO, Azoto total e SST. Este ponto de amostragem, apresenta características de qualidade da água muito semelhantes às do ponto de monitorização P1, em todos os parâmetros.

O ponto 3 que se situa a montante do ponto de descarga, reflecte as características naturais da linha de água, não se evidenciando fenómenos de contaminação neste ponto. Da monitorização realizada no ponto 4 conclui-se que ponto é o mais afectado pela fonte de poluição, devido á proximidade entre os pontos de recolha. De um modo geral, a qualidade da água neste ponto apresenta características semelhantes às do ponto 3, que pode ser comprovado a partir da análise do pH, CBO₅, temperatura, condutividade, SST e ST. No entanto para os restantes parâmetros não se verifica a recuperação imediata das qualidades naturais do meio hídrico.

O Ponto 5, ponto de recolha na aldeia B, 500 metros a jusante da confluência da ribeira com o rio, foi seleccionado para avaliar o impacto da descarga a uma distância mais longa. Apesar deste ponto se situar no rio, o qual recebe as águas residuais tratadas da lagoa de macrófitas e os adubos lançados dos terrenos agrícolas envolventes, pode concluir-se que a qualidade da água neste ponto é semelhante às características físico-químicas em P3. Estas conclusões são sustentadas pelos teores de todos os parâmetros monitorizados.

De um modo geral pode concluir-se os efluentes descarregados na linha de água não provocam impactes na sua qualidade e apresenta uma rápida capacidade de autodepuração. A existência de longos períodos de precipitação durante o tempo de recolha, pode ter ajudado na diluição da carga poluente das águas residuais. Quando o caudal diminuir no período estival as conclusões a retirar podem ser diferentes. O que poderá ser a próxima etapa deste trabalho.

Ao longo deste projecto foram sentidas algumas dificuldades. Uma das maiores entraves foi a ocorrência de precipitação e trovoadas, que dificultou o acesso ao local, não sendo possível deste modo recolher amostras de água. A escassez de resultados devido ao curto período de amostragem também dificultou a discussão dos resultados e conclusões a retirar.

5. Bibliografia

Amado, L., Sebenta de drenagem e tratamento de águas residuais, IPG, Guarda, 2009

Andrade, M. I.; Brito, M. F. e Sousa, M.E.; Estudo da qualidade da água da albufeira do Castelo de Bode; Centro de investigação do Ambiente; Lisboa, Outubro 1988

Carapeto, Cristina; Poluição das águas; Universidade Aberta; 1999

Clesceri, Lenore S.; Greenbery, Arnold E. e Eaton, Andrew D.; Standard Methods for Examination of water and wastewater; 20th Edition; 1998

Maroco, João; Análise estatística – com utilização do SPSS; Sibalo, 3^a Edição; Lisboa, 2007

MENDES, B; OLIVEIRA, J. F. S. — Qualidade da água para consumo humano. 1.a ed. Lisboa: Lidel. 2004. (Edições técnicas)

Guerreiro, Noémia e Pereira, Paula Brito; Poluição e Qualidade da água; Instituto da água; Lisboa, 2002

Rodrigues, António Carmona; reflexos da água; Associação Portuguesa dos R. H., 1^a Edição; Dezembro 2007

Rodrigues, Pedro; Poluição Hídrica; Outubro 2007

Rodrigues, Pedro; Sebenta de Técnicas laboratoriais em Ambiente, Abril 2008

http://www.seta.org.pt/ficha_rios_36.pdf

<http://pt.scribd.com/doc/19969432/Aula-Agua-Engenharia-e-Meio-Ambiente>

<http://pt.scribd.com/doc/19969432/Aula-Agua-Engenharia-e-Meio-Ambiente>

http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_040370140.pdf

http://www.ufmt.br/esa/Modulo_II_Efluentes_Industriais/Apost_EI_2004_1ABES_Mat_o_Grosso_UFMT2.pdf

<http://www.poluicao.net/poluicao-hidrica/>

<http://www.who.int/en/>

<http://www.cefetrn.br/coted/uab/images/stories/arquivos/saneamentoambiental/Autodepuracao-2008.ppt>

http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_main

<http://www.meteo.pt>

Decreto – Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto

Regulamento de abastecimento de águas e de drenagem de águas residuais do Concelho da Guarda

International Organization for Standardization 11923

International Organization for Standardization 10304-1

International Organization for Standardization 5815-1

International Organization for Standardization 5815-2

6. ANEXOS

Tabela 1: Valores médios, máximos e mínimos segundo o método ANOVA oneway.

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
pH	1	12	8,2983	0,38380	0,11079	8,0545	8,5422	7,70	8,98
	2	12	8,2683	0,29421	0,08493	8,0814	8,4553	7,85	8,75
	3	12	6,7458	0,13000	0,03753	6,6632	6,8284	6,57	7,00
	4	12	6,9200	0,48374	0,13964	6,6126	7,2274	6,01	8,17
	5	11	6,5391	0,25118	0,07573	6,3703	6,7078	6,05	6,78
	Total	59	7,3681	0,83757	0,10904	7,1499	7,5864	6,01	8,98
Temp	1	12	18,3833	4,14418	1,19632	15,7502	21,0164	9,20	22,90
	2	12	18,3750	3,69450	1,06651	16,0276	20,7224	9,60	22,40
	3	12	18,0000	2,32262	0,67048	16,5243	19,4757	13,80	21,50
	4	12	18,2750	2,31168	0,66732	16,8062	19,7438	12,80	21,40
	5	11	17,0545	2,56997	0,77487	15,3280	18,7811	13,00	21,40
	Total	59	18,0339	3,04380	0,39627	17,2407	18,8271	9,20	22,90
Cond	1	12	7,1125	2,25530	0,65105	5,6796	8,5454	2,95	9,94
	2	12	6,6075	1,76252	0,50880	5,4876	7,7274	4,32	9,64
	3	12	0,2303	0,03845	0,01110	0,2059	0,2548	0,19	0,31
	4	12	0,4043	0,36094	0,10419	0,1749	0,6336	0,20	1,53
	5	11	0,3973	0,69778	0,21039	-0,0715	0,8660	0,16	2,50
	Total	59	2,9936	3,48143	0,45324	2,0864	3,9009	0,16	9,94
SST	1	12	50,825	21,3903	6,1749	37,234	64,416	20,9	94,0
	2	12	45,242	14,0415	4,0534	36,320	54,163	17,1	66,0
	3	12	1,608	1,0967	0,3166	0,912	2,305	0,3	3,9
	4	12	4,758	3,5142	1,0145	2,525	6,991	1,1	12,0
	5	11	1,791	1,4849	0,4477	0,793	2,788	0,1	5,4
	Total	59	21,168	25,2007	3,2809	14,600	27,735	0,1	94,0
ST	1	12	482,958	182,0607	52,5564	367,283	598,634	192,4	741,0
	2	12	465,650	161,1121	46,5091	363,284	568,016	237,0	758,0
	3	12	9,317	7,9440	2,2932	4,269	14,364	5,1	33,9
	4	12	18,825	23,8713	6,8910	3,658	33,992	6,6	93,6
	5	11	14,564	22,8608	6,8928	-0,794	29,922	1,8	83,1
	Total	59	201,376	251,8313	32,7856	135,749	267,004	1,8	758,0
CBO	1	11	147,591	86,0955	25,9588	89,751	205,431	49,0	274,5
	2	11	144,245	87,9950	26,5315	85,130	203,361	46,7	274,0
	3	11	4,773	2,0338	0,6132	3,406	6,139	1,2	7,4
	4	7	2,429	1,6550	0,6255	0,898	3,959	0,4	5,0
	5	10	3,560	1,8289	0,5784	2,252	4,868	1,3	6,9
	Total	50	66,306	90,4327	12,7891	40,605	92,007	0,4	274,5
PO4	1	12	70,242	32,9463	9,5108	49,309	91,175	13,7	112,0
	2	11	70,136	22,0889	6,6601	55,297	84,976	47,2	113,0
	3	12	2,562	2,1924	0,6329	1,169	3,955	0,6	7,4
	4	11	3,128	3,0393	0,9164	1,086	5,170	0,5	9,7
	5	11	2,828	4,1269	1,2443	0,056	5,601	0,2	14,3
	Total	57	30,012	37,6512	4,9870	20,021	40,002	0,2	113,0
CQO	1	9	10924,444	4826,1634	1608,7211	7214,727	14634,162	3820,0	16760,0
	2	9	10590,000	4712,7778	1570,9259	6967,438	14212,562	5220,0	18160,0
	3	9	34,633	25,2327	8,4109	15,238	54,029	17,0	90,6
	4	9	514,378	788,6167	262,8722	-91,807	1120,562	15,6	2170,0
	5	8	51,513	15,6924	5,5481	38,393	64,632	28,0	66,1
	Total	44	4522,345	6013,4848	906,5669	2694,079	6350,612	15,6	18160,0
Azoto	1	9	207,933	144,0668	48,0223	97,194	318,673	22,7	402,0
	2	9	201,271	138,6808	46,2269	94,672	307,871	20,9	386,0
	3	9	7,774	2,1445	0,7148	6,126	9,423	5,9	12,9
	4	9	18,603	26,2979	8,7660	-1,611	38,818	5,0	87,0
	5	8	4,989	1,3135	0,4644	3,891	6,087	2,2	6,3

Post Hoc Tests

Tabela 2: Método ANOVA associado a testes Post-Hoc.

		Multiple Comparisons						
Dependent Variable	(I) local	(J) local	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
pH	Tamhane	1	2	0,03000	0,13960	1,000	-0,4072	0,4672
			3	1,55250*	0,11698	0,000	1,1622	1,9428
			4	1,37833*	0,17826	0,000	0,8210	1,9357
			5	1,75924*	0,13420	0,000	1,3350	2,1835
		2	1	-0,03000	0,13960	1,000	-0,4672	0,4072
			3	1,52250*	0,09285	0,000	1,2189	1,8261
			4	1,34833*	0,16344	0,000	0,8282	1,8685
			5	1,72924*	0,11379	0,000	1,3734	2,0851
		3	1	-1,55250*	0,11698	0,000	-1,9428	-1,1622
			2	-1,52250*	0,09285	0,000	-1,8261	-1,2189
			4	-0,17417	0,14460	0,944	-0,6633	0,3149
			5	0,20674	0,08452	0,244	-0,0710	0,4844
		4	1	-1,37833*	0,17826	0,000	-1,9357	-0,8210
			2	-1,34833*	0,16344	0,000	-1,8685	-0,8282
			3	0,17417	0,14460	0,944	-0,3149	0,6633
			5	0,38091	0,15886	0,250	-0,1301	0,8919
		5	1	-1,75924*	0,13420	0,000	-2,1835	-1,3350
			2	-1,72924*	0,11379	0,000	-2,0851	-1,3734
			3	-0,20674	0,08452	0,244	-0,4844	0,0710
			4	-0,38091	0,15886	0,250	-0,8919	0,1301
Temperatura	Tamhane	1	2	0,00833	1,60269	1,000	-4,9816	4,9983
			3	0,38333	1,37140	1,000	-4,0106	4,7773
			4	0,10833	1,36986	1,000	-4,2824	4,4991
			5	1,32879	1,42535	0,989	-3,1936	5,8512
		2	1	-0,00833	1,60269	1,000	-4,9983	4,9816
			3	0,37500	1,25976	1,000	-3,6235	4,3735
			4	0,10000	1,25808	1,000	-3,8946	4,0946
			5	1,32045	1,31828	0,981	-2,8322	5,4731
		3	1	-0,38333	1,37140	1,000	-4,7773	4,0106
			2	-0,37500	1,25976	1,000	-4,3735	3,6235
			4	-0,27500	0,94597	1,000	-3,2160	2,6660
			5	0,94545	1,02468	0,990	-2,2705	4,1614
		4	1	-0,10833	1,36986	1,000	-4,4991	4,2824
			2	-0,10000	1,25808	1,000	-4,0946	3,8946
			3	0,27500	0,94597	1,000	-2,6660	3,2160
			5	1,22045	1,02262	0,941	-1,9897	4,4306
		5	1	-1,32879	1,42535	0,989	-5,8512	3,1936
			2	-1,32045	1,31828	0,981	-5,4731	2,8322
			3	-0,94545	1,02468	0,990	-4,1614	2,2705
			4	-1,22045	1,02262	0,941	-4,4306	1,9897
Condutividade	Scheffe	1	2	0,50500	0,54558	0,929	-1,2350	2,2450
			3	6,88217*	0,54558	0,000	5,1422	8,6222
			4	6,70825*	0,54558	0,000	4,9682	8,4483
			5	6,71523*	0,55784	0,000	4,9361	8,4943
		2	1	-0,50500	0,54558	0,929	-2,2450	1,2350
			3	6,37717*	0,54558	0,000	4,6372	8,1172
			4	6,20325*	0,54558	0,000	4,4632	7,9433
			5	6,21023*	0,55784	0,000	4,4311	7,9893
		3	1	-6,88217*	0,54558	0,000	-8,6222	-5,1422

			2	-6,37717*	0,54558	0,000	-8,1172	-4,6372
			4	-0,17392	0,54558	0,999	-1,9139	1,5661
			5	-0,16694	0,55784	0,999	-1,9461	1,6122
		4	1	-6,70825*	0,54558	0,000	-8,4483	-4,9682
			2	-6,20325*	0,54558	0,000	-7,9433	-4,4632
			3	0,17392	0,54558	0,999	-1,5661	1,9139
			5	0,00698	0,55784	1,000	-1,7721	1,7861
		5	1	-6,71523*	0,55784	0,000	-8,4943	-4,9361
			2	-6,21023*	0,55784	0,000	-7,9893	-4,4311
			3	0,16694	0,55784	0,999	-1,6122	1,9461
			4	-0,00698	0,55784	1,000	-1,7861	1,7721
SST	Scheffe	1	2	5,5833	4,7703	0,848	-9,631	20,797
			3	49,2167*	4,7703	0,000	34,003	64,431
			4	46,0667*	4,7703	0,000	30,853	61,281
			5	49,0341*	4,8775	0,000	33,478	64,590
		2	1	-5,5833	4,7703	0,848	-20,797	9,631
			3	43,6333*	4,7703	0,000	28,419	58,847
			4	40,4833*	4,7703	0,000	25,269	55,697
			5	43,4508*	4,8775	0,000	27,895	59,007
		3	1	-49,2167*	4,7703	0,000	-64,431	-34,003
			2	-43,6333*	4,7703	0,000	-58,847	-28,419
			4	-3,1500	4,7703	0,979	-18,364	12,064
			5	-0,1826	4,8775	1,000	-15,739	15,373
		4	1	-46,0667*	4,7703	0,000	-61,281	-30,853
			2	-40,4833*	4,7703	0,000	-55,697	-25,269
			3	3,1500	4,7703	0,979	-12,064	18,364
			5	2,9674	4,8775	0,984	-12,589	18,523
		5	1	-49,0341*	4,8775	0,000	-64,590	-33,478
			2	-43,4508*	4,8775	0,000	-59,007	-27,895
			3	0,1826	4,8775	1,000	-15,373	15,739
			4	-2,9674	4,8775	0,984	-18,523	12,589
ST	Scheffe	1	2	17,3083	45,2129	0,997	-126,890	161,506
			3	473,6417*	45,2129	0,000	329,444	617,840
			4	464,1333*	45,2129	0,000	319,935	608,331
			5	468,3947*	46,2291	0,000	320,956	615,833
		2	1	-17,3083	45,2129	0,997	-161,506	126,890
			3	456,3333*	45,2129	0,000	312,135	600,531
			4	446,8250*	45,2129	0,000	302,627	591,023
			5	451,0864*	46,2291	0,000	303,648	598,525
		3	1	-473,6417*	45,2129	0,000	-617,840	-329,444
			2	-456,3333*	45,2129	0,000	-600,531	-312,135
			4	-9,5083	45,2129	1,000	-153,706	134,690
			5	-5,2470	46,2291	1,000	-152,686	142,192
		4	1	-464,1333*	45,2129	0,000	-608,331	-319,935
			2	-446,8250*	45,2129	0,000	-591,023	-302,627
			3	9,5083	45,2129	1,000	-134,690	153,706
			5	4,2614	46,2291	1,000	-143,177	151,700
		5	1	-468,3947*	46,2291	0,000	-615,833	-320,956
			2	-451,0864*	46,2291	0,000	-598,525	-303,648
			3	5,2470	46,2291	1,000	-142,192	152,686
			4	-4,2614	46,2291	1,000	-151,700	143,177
CBO	Scheffe	1	2	3,3455	24,7528	1,000	-76,153	82,844
			3	142,8182*	24,7528	0,000	63,320	222,316
			4	145,1623*	28,0670	0,000	55,020	235,305
			5	144,0309*	25,3641	0,000	62,569	225,492
		2	1	-3,3455	24,7528	1,000	-82,844	76,153
			3	139,4727*	24,7528	0,000	59,974	218,971
			4	141,8169*	28,0670	0,000	51,674	231,959

PO ₄		3	5	140,6855*	25,3641	0,000	59,224	222,147	
			1	-142,8182*	24,7528	0,000	-222,316	-63,320	
			2	-139,4727*	24,7528	0,000	-218,971	-59,974	
			4	2,3442	28,0670	1,000	-87,798	92,487	
			5	1,2127	25,3641	1,000	-80,249	82,674	
		4	1	-145,1623*	28,0670	0,000	-235,305	-55,020	
			2	-141,8169*	28,0670	0,000	-231,959	-51,674	
			3	-2,3442	28,0670	1,000	-92,487	87,798	
			5	-1,1314	28,6076	1,000	-93,010	90,747	
		5	1	-144,0309*	25,3641	0,000	-225,492	-62,569	
			2	-140,6855*	25,3641	0,000	-222,147	-59,224	
			3	-1,2127	25,3641	1,000	-82,674	80,249	
			4	1,1314	28,6076	1,000	-90,747	93,010	
		Tamhane	1	2	0,1053	11,6108	1,000	-36,547	36,757
				3	67,6800*	9,5318	0,000	34,544	100,816
				4	67,1135*	9,5548	0,000	33,972	100,255
				5	67,4135*	9,5918	0,000	34,259	100,568
				2	1	-0,1053	11,6108	1,000	-36,757
			2	3	67,5747*	6,6901	0,000	43,819	91,331
				4	67,0082*	6,7228	0,000	43,253	90,763
	5			67,3082*	6,7753	0,000	43,547	91,069	
	3			1	-67,6800*	9,5318	0,000	-100,816	-34,544
	3		2	-67,5747*	6,6901	0,000	-91,331	-43,819	
			4	-0,5665	1,1137	1,000	-4,113	2,980	
			5	-0,2665	1,3960	1,000	-4,842	4,308	
4			1	-67,1135*	9,5548	0,000	-100,255	-33,972	
4	2		-67,0082*	6,7228	0,000	-90,763	-43,253		
	3		0,5665	1,1137	1,000	-2,980	4,113		
	5		0,3000	1,5453	1,000	-4,610	5,210		
	5		1	-67,4135*	9,5918	0,000	-100,568	-34,259	
5	2		-67,3082*	6,7753	0,000	-91,069	-43,547		
	3		0,2665	1,3960	1,000	-4,308	4,842		
	4		-0,3000	1,5453	1,000	-5,210	4,610		
	CQO	Scheffe	1	2	334,4444	1450,0205	1,000	-4352,784	5021,673
3				10889,8111*	1450,0205	0,000	6202,583	15577,040	
4				10410,0667*	1450,0205	0,000	5722,838	15097,295	
5				10872,9319*	1494,6469	0,000	6041,447	15704,416	
2				1	-334,4444	1450,0205	1,000	-5021,673	4352,784
2			3	10555,3667*	1450,0205	0,000	5868,138	15242,595	
			4	10075,6222*	1450,0205	0,000	5388,394	14762,851	
			5	10538,4875*	1494,6469	0,000	5707,003	15369,972	
			3	1	-10889,8111*	1450,0205	0,000	-15577,040	-6202,583
3			2	-10555,3667*	1450,0205	0,000	-15242,595	-5868,138	
			4	-479,7444	1450,0205	0,998	-5166,973	4207,484	
			5	-16,8792	1494,6469	1,000	-4848,364	4814,605	
			4	1	-10410,0667*	1450,0205	0,000	-15097,295	-5722,838
4			2	-10075,6222*	1450,0205	0,000	-14762,851	-5388,394	
			3	479,7444	1450,0205	0,998	-4207,484	5166,973	
			5	462,8653	1494,6469	0,999	-4368,619	5294,350	
			5	1	-10872,9319*	1494,6469	0,000	-15704,416	-6041,447
5			2	-10538,4875*	1494,6469	0,000	-15369,972	-5707,003	
			3	16,8792	1494,6469	1,000	-4814,605	4848,364	
			4	-462,8653	1494,6469	0,999	-5294,350	4368,619	
		Azoto	Scheffe	1	2	6,6622	43,0651	1,000	-132,547
3					200,1589*	43,0651	0,001	60,950	339,368
4					189,3300*	43,0651	0,003	50,121	328,539
5					202,9446*	44,3905	0,002	59,451	346,438
2					1	-6,6622	43,0651	1,000	-145,871

			3	193,4967*	43,0651	0,002	54,288	332,706
			4	182,6678*	43,0651	0,004	43,459	321,877
			5	196,2824*	44,3905	0,003	52,789	339,776
		3	1	-200,1589*	43,0651	0,001	-339,368	-60,950
			2	-193,4967*	43,0651	0,002	-332,706	-54,288
			4	-10,8289	43,0651	0,999	-150,038	128,380
			5	2,7857	44,3905	1,000	-140,708	146,279
		4	1	-189,3300*	43,0651	0,003	-328,539	-50,121
			2	-182,6678*	43,0651	0,004	-321,877	-43,459
			3	10,8289	43,0651	0,999	-128,380	150,038
			5	13,6146	44,3905	0,999	-129,879	157,108
		5	1	-202,9446*	44,3905	0,002	-346,438	-59,451
			2	-196,2824*	44,3905	0,003	-339,776	-52,789
			3	-2,7857	44,3905	1,000	-146,279	140,708
			4	-13,6146	44,3905	0,999	-157,108	129,879

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Análise Factorial

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0,808
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	563,329
	df	36
	Sig.	0,000

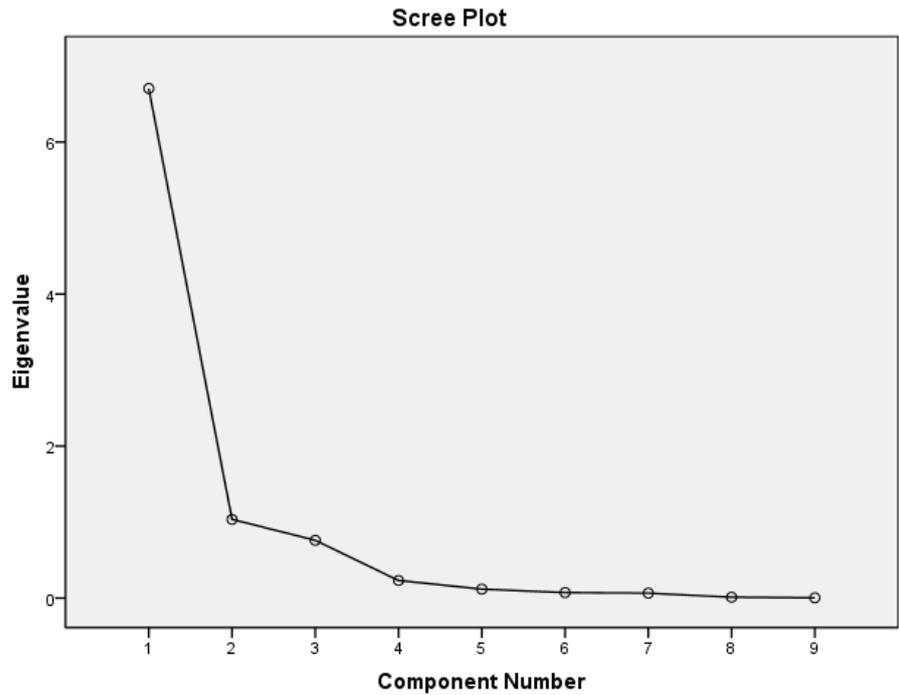
Communalities		
	Initial	Extraction
pH	1,000	0,803
Temp	1,000	0,830
Cond	1,000	0,970
SST	1,000	0,910
ST	1,000	0,961
CBO	1,000	0,621
PO4	1,000	0,924
CQO	1,000	0,949
Azoto	1,000	0,773

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Total Variance Explained				
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total
1	6,705	74,505	74,505	6,705
2	1,035	11,500	86,006	1,035
3	0,760	8,441	94,447	
4	0,231	2,564	97,011	
5	0,117	1,305	98,316	
6	0,072	0,803	99,119	
7	0,065	0,722	99,841	
8	0,011	0,121	99,962	
9	0,003	0,038	100,000	

Total Variance Explained		
Component	Extraction Sums of Squared Loadings	
	% of Variance	Cumulative %
1	74,505	74,505
2	11,500	86,006
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Component Matrix^a

	Component	
	1	2
Cond	0,983	
ST	0,978	
CQO	0,960	-0,163
SST	0,950	
PO4	0,947	-0,167
pH	0,881	0,163
Azoto	0,848	-0,232
CBO	0,711	0,339
Temp	0,245	0,878

Extraction Method: Principal Component Analysis.
a. 2 components extracted.

Component Score Coefficient Matrix

	Component	
	1	2
pH	0,131	0,157
Temp	0,037	0,848
Cond	0,147	0,057
SST	0,142	-0,083
ST	0,146	-0,064
CBO	0,106	0,327
PO4	0,141	-0,161
CQO	0,143	-0,158
Azoto	0,126	-0,224

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Component Score Covariance Matrix

Component	1	2
1	1,000	0,000
2	0,000	1,000

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Tabela 1: Frequência de amostragem ao longo de três meses.

	Março de 2011				Abril de 2011				Maio de 2011			
	2ªfeira	3ªfeira	4ªfeira	5ªfeira	2ªfeira	3ªfeira	4ªfeira	5ªfeira	2ªfeira	3ªfeira	4ªfeira	5ªfeira
Saída na ribeira	X (4ªsemana)	X (5ªsemana)	X (3ª, 4ª e 5ª semana)	X (4ªsemana)	X (2ªsemana)	X (2ª e 4ª semana)	X (1ª e 4ª semana)	----	X (3ªsemana)	----	X (2ªsemana)	X (3ªsemana)
Saída na ETAR	X (4ªsemana)	X (5ªsemana)	X (3ª, 4ª e 5ª semana)	X (4ªsemana)	X (2ªsemana)	X (2ª e 4ª semana)	X (1ª e 4ª semana)	----	X (3ªsemana)	----	X (2ªsemana)	X (3ªsemana)
Montante	X (4ªsemana)	X (5ªsemana)	X (4ª e 5ªsemana)	X (4ªsemana)	X (2ªsemana)	X (2ª e 4ª semana)	X (1ª e 4ª semana)	----	X (3ªsemana)	----	X (2ªsemana)	X (3ªsemana)
Jusante	X (4ªsemana)	X (5ªsemana)	X (4 e 5ªsemana)	X (4ªsemana)	X (2ªsemana)	X (2ª e 4ª semana)	X (1ª e 4ª semana)	----	X (3ªsemana)	----	X (2ªsemana)	X (3ªsemana)
Monte Barro	-----	X (5ªsemana)	X (4ªsemana)	X (4ªsemana)	X (2ªsemana)	X (2ª e 4ª semana)	X (1ª e 4ª semana)	----	X (3ªsemana)	----	X (2ªsemana)	X (3ªsemana)

Tabela 4: Diluições e volumes das amostras nos pontos de recolha para cada parâmetro.

Parâmetro		Período de amostragem														
		21 e 23 de Março 2011					29 e 30 de Março 2011					6-4-2011 e restantes dias de recolha				
		P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
pH	Diluição	Sem diluição														
	Volume (ml)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
CQO	Diluição	10x	10x	---	---	---	10x	10x	Sem diluição			10x	10x	Sem diluição		
	Volume (ml)	10	10	2,0	2,0	2,0	10	10	2,0	2,0	2,0	10	10	2,0	2,0	2,0
Temperatura	Diluição	Sem diluição														
	Volume (ml)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Condutividade	Diluição	Sem diluição														
	Volume (ml)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	10000	1000	1000	1000	1000	1000
Azoto	Diluição	10x	10x	Sem diluição	2x	2x	10x	10x	Sem diluição	2x	Sem diluição	10x	10x	Sem diluição		
	Volume (ml)	10	10	1,3	50	50	10	10	1,3	50	1,3	10	10	1,3	1,3	1,3
PO ₄	Diluição	10x	10x	Sem diluição	2x	2x	10x	10x	Sem diluição	2x	Sem diluição	10x	10x	Sem diluição (a)		
	Volume (ml)	0,4	0,4	0,4	50	50	10	10		50	0,4	10	10	0,4	0,4	0,4
Sólidos suspensos totais	Diluição	Sem diluição														
	Volume	25	25	50	50	50		10	10	50	50	50	25	25	50	
Sólidos totais	Diluição	Sem diluição														
	Volume	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50	50	50
CBO ₅	Diluição	20x	20x	Sem diluição			20x	20x	Sem diluição			20x e restantes 10x	20x e restantes 10x	Sem diluição (b)		
	Volume	20	20	500	500	500	20	20	500	500	500	20 e 10	20 e 10	500	500	500

(a) A partir do 12-04-2011 houve uma mudança do método analítico, onde não houve diluição.

(b) A partir do dia 26-04-2011 a diluição em P1 e P2 foi de 50x.

Regulamento de abastecimento de água
e de drenagem de águas residuais do
Concelho da Guarda
(Artigo 36º)

Decreto-Lei n.º 236/98
Anexo XVIII
e
Anexo XXII

Temperatura e precipitação referentes aos períodos de recolha, adaptado do instituto de meteorologia português

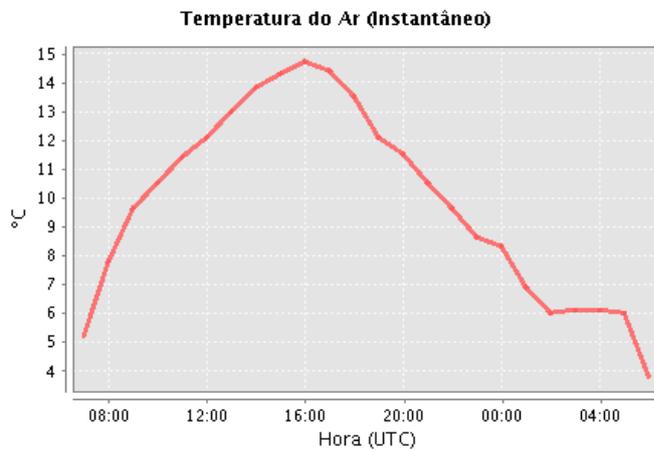


Figura 1: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 21-03-2011.



Figura 2: Gráfico da precipitação correspondente ao dia 23-03-2011.

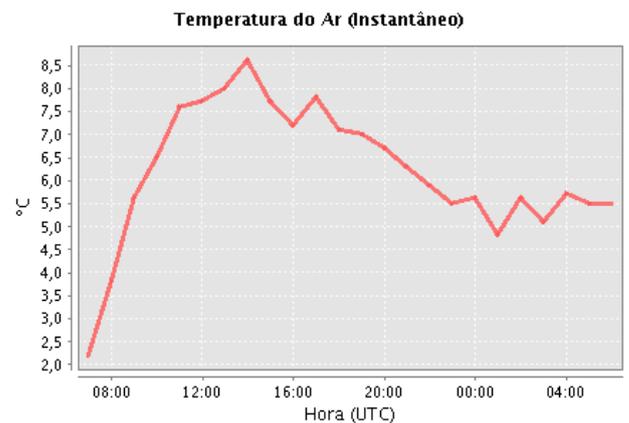


Figura 3: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 23-03-2011.

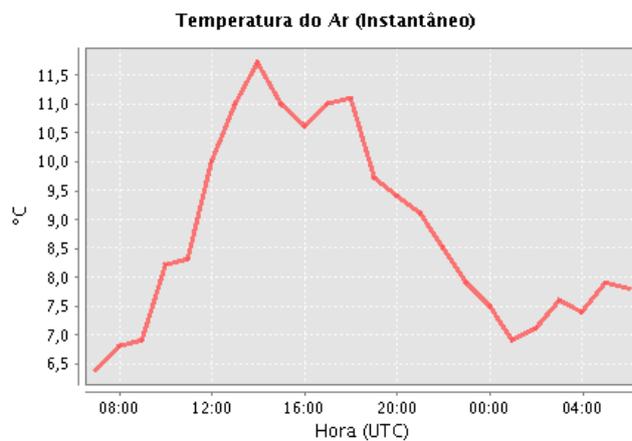


Figura 4: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 29-03-2011.

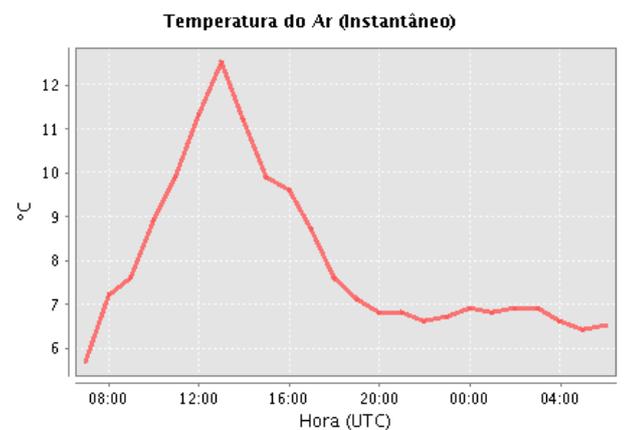


Figura 5: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 30-03-2011.

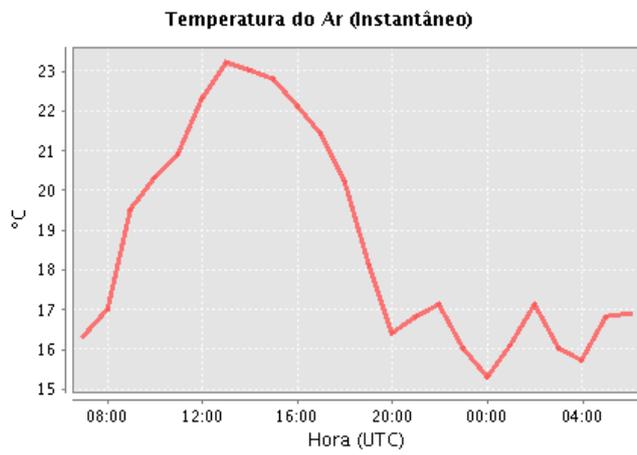


Figura 6: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 6-04-2011.

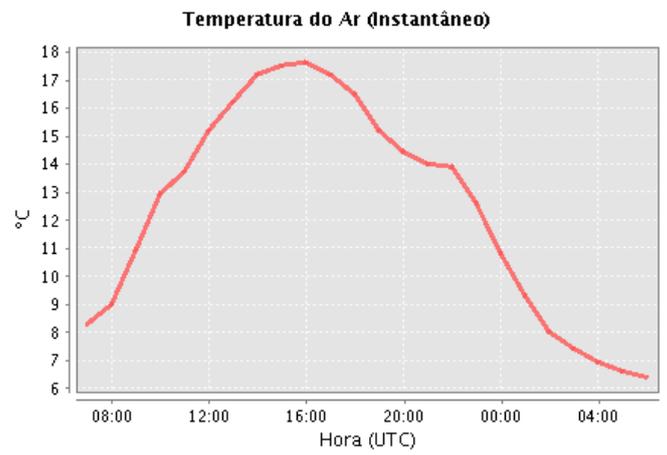


Figura 7: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 11-04-2011.

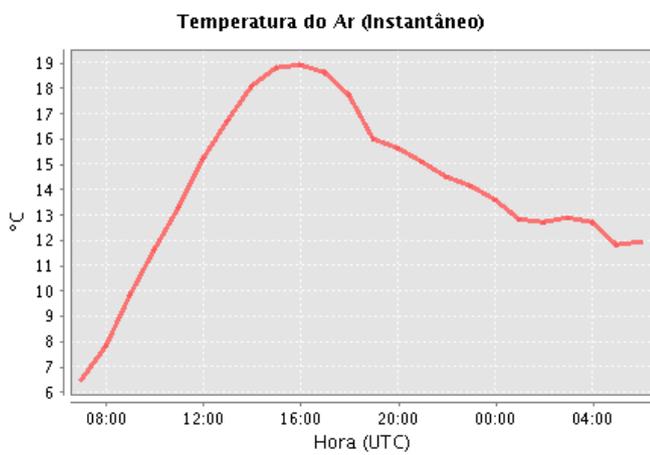


Figura 8: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 12-04-2011.

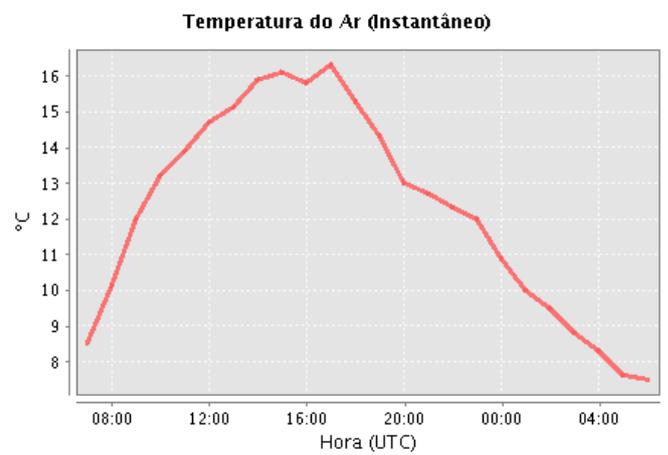


Figura 9: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 26-04-2011.

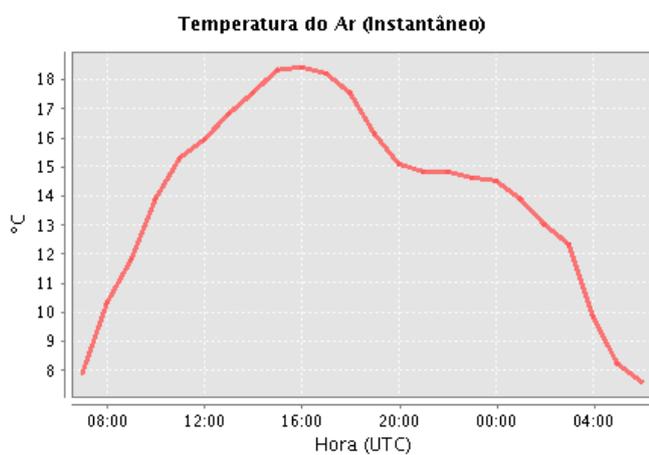


Figura 10: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 27-04-2011.

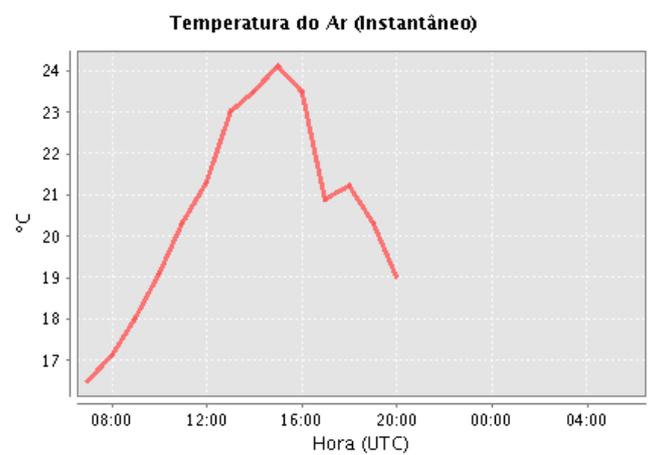


Figura 11: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 11-05-2011.

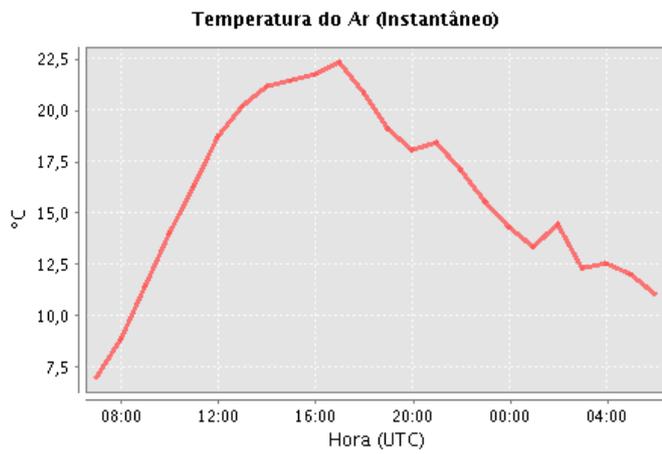


Figura 12: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 16-05-2011.

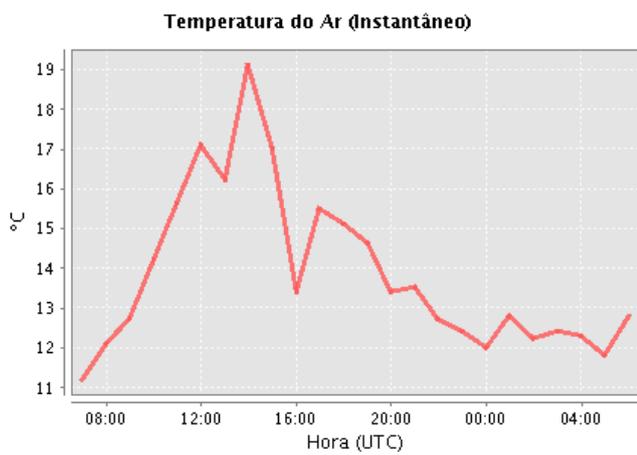


Figura 13: Gráfico da temperatura do ar correspondente ao dia 19-05-2011.

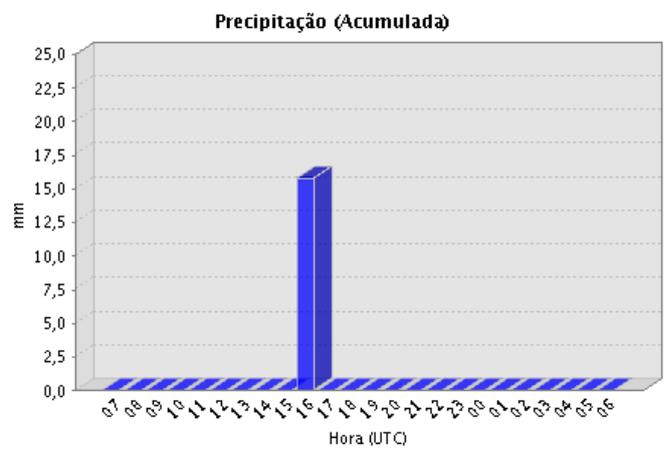


Figura 14: Gráfico da precipitação correspondente ao dia 19-05-2011.