



Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário
Centro de Formação Agrário – CFA



CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA

Autora:
Elisângela Karina Lopes Landim

Orientador:
Eng.º Alberto Monteiro Brito

São Jorge dos Órgãos, 2008

RELATÓRIO FINAL

ELISÂNGELA KARINA LOPES LANDIM

REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Membros do júri

SÃO JORGE DOS ÓRGÃOS

2008

RELATÓRIO FINAL

ELISÂNGELA KARINA LOPES LANDIM

REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Monografia apresentada ao Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário (INIDA) – Centro de Formação Agrária (CFA) como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia do Ambiente, sob a orientação do Eng.º Alberto Monteiro Brito Msc. em Eng. Sanitária.

DEDICATÓRIAS

É com muito amor e carinho que dedico este trabalho á minha família, principalmente aos meus pais, que apesar das dificuldades fizeram todo o esforço para que eu estudasse, pela grande amizade, incentivo e apoio que sempre deram, ao longo desses anos de estudos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela sabedoria e força que me deu durante a realização deste trabalho.

Agradeço a todos os que contribuíram de uma maneira ou de outra, para que este trabalho seja realizado, principalmente ao meu orientador Eng. Alberto M. Brito e Pastor Anacleto Fonseca pela força e incentivo durante o período da realização do trabalho.

Agradeço também toda a equipa da Electra pelo apoio e simpatia, e ao grupo de técnicos do laboratório que mostraram interesse em me apoiar durante o estudo feito.

Aos meus colegas de turma em geral, pelo companheirismo manifestado durante esses anos de caminhada, e a toda a equipa do INIDA – CFA.

RESUMO

A reutilização da água residual tratada usada de uma forma racional e produtiva gera benefícios socio-económicos, ambientais e contribui no combate à escassez dos recursos hídricos.

A água residual tratada pode ser reutilizada na rega agrícola (das culturas), na rega paisagística (consiste na rega de espaços verdes ornamentais, como: parques e jardins, separadores de auto-estradas, relvados de campos desportivos, nomeadamente de campos de golfe.), na indústria (caldeiras de aquecimentos, indústria da pasta, papel e cartão, na indústria têxtil), na recarga de aquíferos (constitui uma forma de aumentar a disponibilidade de água subterrânea, nos usos ambientais e recreativos (Alimentação de lagos e lagoas naturais ou artificiais, destinados à pesca e desportos náuticos; conservação ou reabilitação de zonas húmidas naturais ou artificiais; reforço do caudal de cursos de água; produção artificial de neve), e para usos urbanos não potável (descarga de autoclismos, lavagem de ruas, lavagem de contentores de resíduos urbanos, lavagem de veículos, varrimento de colectores, embelezamento paisagístico de empreendimentos urbanísticos por meio de lagos, fontes, freicha de água, combate a incêndios, ar condicionado).

Essa reutilização implica, contudo, que se cumpra os objectivos mínimos de qualidades para os usos tipificados e previstos nas normas nacionais e internacionais.

Foi efectuado um estudo na Estação de Tratamento da Água Residual (ETAR) do Palmarejo, avaliando a qualidade do efluente final e a sua possibilidade de reutilização. Após o terceiro nível de tratamento avaliou-se a qualidade final do efluente por análise comparativa dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos estabelecidos em normas literaturas relevantes com os valores de exploração obtidos.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUÇÃO -----	1
II. OBJECTIVOS -----	3
III. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA -----	4
1. Um breve historial das águas residuais -----	4
2. Principais tipos de reutilização de águas residuais -----	5
2.1 Reutilização de água tratada para a rega agrícola -----	6
2.1.1 Água de rega – Objectivos agronómicos e impactos sanitários e ambientais -----	9
2.1.2 Aspectos agronómicos de qualidade da água residual tratada utilizada para rega agrícola -----	9
2.1.3 Aspectos da saúde pública da qualidade de água residual tratada utilizada para rega agrícola -----	11
2.1.4 Principais, métodos, processos e tipos de rega -----	12
2.1.5 Característica de área a regar com água residual tratada -----	14
2.1.6 Os problemas associadas ao uso de água residual na rega agrícola -----	17
2.1.7 Vantagens e desvantagens da reutilização de água residual tratada na rega agrícola-----	18
2.2 Reutilização de água residual tratada na rega paisagísticos -----	20
2.3 Reutilização de água residual tratada para a industria -----	23
2.3.1 Reutilização de água em caldeira de aquecimento -----	24
2.3.2 Reutilização de água na indústria da pasta, papel e cartão -----	25
2.3.3 Reutilização de água na indústria têxtil -----	26
2.4 Reutilização de água residual tratada para a recarga de aquífero -----	27
2.5 Reutilização de água residual tratada para usos ambientais e recreativos -----	32
2.5.1 Tipos de reutilização da água para usos recreativos -----	33
2.6 Reutilização de água residual tratada para usos urbanos não potáveis -----	35

IV. CARACTERIZAÇÃO DA ETAR DO PALMAREJO -----	37
1. Área de influência da ETAR do Palmarejo -----	37
2. Esquema de ETAR do Palmarejo -----	39
3. Operações unitárias -----	40
4. Parâmetros indicadores da qualidade de água residual -----	42
V. PARAMÊTROS E MÉTODO ANÁLITICO UTILIZADOS NA MONITORIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL -----	47
VI. RESULTADOS DA EXPLORAÇÃO -----	49
1. Caudais afluentes á ETAR -----	49
2. Análise médias efectuadas durante 3 meses da exploração da ETAR -----	51
3. Resultados obtidos -----	52
VII. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS -----	53
VIII. CONCLUSÃO -----	55
IX. BIBLIOGRAFIA -----	56

ÍNDICE DE QUADROS

	Pág.
Quadro 1 – Exemplo no mundo de reutilização de água residual tratada para rega na agricultura (US EPA, 2004; Asano et al, 2007; EUWI, 2007) -----	8
Quadro 2 – Parâmetros da natureza físico-químicos e microbiológica da qualidade de água tratada para rega. -----	10
Quadro 3 – Método, processo e tipos de rega. -----	13
Quadro 4 – Condições de utilização dos diferentes métodos de recarga (adaptado de Metcalf e Eddy, 2003; Asano et al 2007). -----	31
Quadro 5 – Características da água residual afluenta e bases de dimensionamento. -----	38
Quadro 6 – Quadro do pessoal afecto á ETAR do Palmarejo. -----	39
Quadro 7 – Parâmetros monitorizados e métodos utilizados na ETAR do Palmarejo.-----	47
Quadro 8 – Análises médias efectuadas durante três meses da exploração da ETAR -----	51
Quadro 9 – Resultado das análises do efluente final -----	52

I. INTRODUÇÃO

A gestão das águas residuais resultantes das nossas actividades tem colocado, ao longo dos tempos, dificuldades as entidades responsáveis, devido ao seu potencial de contaminação ao meio ambiente e consequentemente da perigosidade que representa pela saúde pública. Dependendo das actividades que resultam, assim são classificadas de água residual doméstica, industrial ou lixiviante, se provirem de actividades domésticas (provenientes de banhos, cozinhas, lavagem de pavimentos domésticos, etc.), industriais ou de lixiviação, respectivamente. Uma água residual doméstica diferencia-se das restantes por ter menor teor de poluentes, (ex. como metais pesados) e caracteriza-se essencialmente pelo seu teor em matéria orgânica e microrganismos patogénicos.

O tratamento de uma água residual doméstica visa em primeiro instância, reduzir o teor de microrganismos patogénicos e matéria orgânica presente para que a sua descarga ou reutilização não ponha em causa a saúde pública e a salubridade do meio ambiente.

Elas desempenham um importante papel na gestão dos recursos hídricos, quando utilizadas na irrigação ou aquacultura em substituição de águas naturais. Com efeito a reutilização das águas residuais contribui para a conservação da água, libertando as águas do meio naturais para utilizações mais nobres, como a produção de águas para o consumo humano, e apresenta certas vantagens económicas, principalmente para países de clima árido como Cabo Verde.

Actualmente, as tecnologias empregues no seu tratamento tem permitido uma qualidade final passível de reutilização sem por em causa a saúde pública e do meio ambiente em geral. No entanto, constrangimentos de índole sociocultural, políticos e também económicos têm condicionado a disseminação desta prática.

As experiências de reutilização, de águas residuais em Cabo Verde, são escassas e quando existiram foram em condições higiene - sanitária duvidosas. No entanto, a não geração da estação de tratamento, onde são empregues tecnologias de ponta, pode potenciar estas experiencias, num quadro sanitário melhorado. De acordo com D'Azevedo (2000) uma Estação de Tratamento das Águas Residuais (ETAR) tem por objectivo o tratamento das águas residuais permitindo uma possível reutilização desta.

Em qualquer processo de tratamento de uma água residual há necessidade de proceder a remoção dos sólidos dissolvidos e suspensos, metais pesados, nutrientes e microrganismos patogénicos, através de tratamentos primário, secundário e terciário. A água residual tratada pode ser descarregada no meio



receptor ou reutilizada para diversos fins (rega na agricultura, campo de golfe, parque, espaços verde, aquicultura, na construção civil, na regar de aquífero, etc.) em observância as normas vigentes.

O presente trabalho visa avaliar a possível reutilização do efluente final da Estação do Tratamento da Água Residual do Palmarejo, comparando os resultados obtidos com as Normas Legislativas do Decreto-Lei e valores do projecto, e agregar conhecimentos essenciais ao entendimento e aplicação da reutilização da água tratada.

II. OBJECTIVO

Os objectivos deste estudo visam:

- 1.2 Caracterizar a estação de tratamento de água residual tratada do Palmarejo;
- 1.2 Avaliar a qualidade de água tratada;
- 1.2 A avaliar a possibilidade de reutilização de água residual tratada.

III. REVISÃO DA LITERATURA

1. Breve historial das águas residuais

A utilização de águas residuais em agricultura e aquacultura é uma prática utilizada em todo mundo. Desenvolveu-se com a introdução das redes de esgotos em áreas urbanas e encontra cada vez mais, aplicadas nas últimas décadas, particularmente em regiões áridas e semi-áridas. As principais razões subjacentes à reutilização das águas residuais foram a necessidade de expandir a produção agrícola, a escassez da água e o desejo de economizar na compra de fertilizantes minerais. Existem milhares de esquemas para a utilização de águas residuais, desde os que se aplicam as pequenas parcelas de terreno até aos que abrangem milhares de hectares. Por exemplo, na Índia foram identificados centenas de instalações que servem uma área aproximadamente de 73000ha. Nos Estados Unidos da América tem sido implementado um número crescente de instalações, depois de existirem em projecto cerca de 3400ha no início dos anos 80. Contudo, apenas um número relativamente pequeno destas instalações foi concebido e dimensionado de forma a proteger adequadamente a saúde dos trabalhadores e consumidores. Na maior parte deles é utilizada água residual bruta ou submetida apenas a um tratamento mínimo.

Em Cabo Verde, alguns anos atrás o consumo de água potável por habitante era muito reduzido não havia praticamente problema com o saneamento das águas residuais. Além disso, vivia a maior parte da população em zonas rurais e as cidades existentes eram muito pequenas. A população utilizava os campos junto às casas como latrina ao ar livre.

Segundo Leitão Mendes Ferreira (2000), na cidade da Praia em 1847, as águas residuais eram rejeitadas na via pública, nomeadamente nos amontoados de pedras, nas encostas de Ponta Belém e do hospital. A situação era tão crítica que em 1871 a junta de saúde endereçou um ofício ao Secretário Geral do Governo, solicitando adopção de medidas de modo a evitar a falta de asseio na cidade, devido aos seus reflexos na saúde pública e na salubridade do meio. No mesmo ano a Câmara Municipal da Praia instituiu punições aos que lançassem águas residuais na via pública e estabeleceu inspecções sanitárias domiciliárias. Assim as águas residuais eram conservadas durante o dia nos quintais e removidos à noite e muito despejos eram realizados após 3 ou 4 dias e muitas das vezes faziam-no em locais que lhes fosse mais acessíveis, ao abrigo da vigilância.

Após o início da ligação de casas e edifícios à rede pública de abastecimento de água tornou-se respectivamente necessário o saneamento das águas residuais. A primeira rede de saneamento de águas

Após o início da ligação de casas e edifícios á rede pública de abastecimento de água tornou-se respectivamente necessário o saneamento das águas residuais. A primeira rede de saneamento de águas residuais foi construída nos anos 50 entre 1983 e 1998 no Plateau, na cidade da Praia para estação de tratamento experimental da Praia Negra. Esta funcionava segundo o sistema de lagunagem, o mau cheiro desta estação de tratamento causava moléstia aos habitantes, (FORTES, 2002).

Em 1997 foi inaugurado uma estação de tratamento em Palmarejo mas, até a sua reabilitação que data de 2007, o seu grau de eficiência tinha sido praticamente nulo. Talvez por isso, a reutilização de águas residuais tratada não têm tido, até a data, grande relevância.

Segundo, FORTES, 2002 em Cabo Verde as reutilizações das águas residuais são aplicadas nas irrigação dos espaços verdes, recarga dos caudais de água, lavagem dos colectores públicos de esgotos, na construção civil.

2. Principais tipos de reutilização de águas

A utilização de águas residuais tratadas é praticada preferencialmente para usos que requerem maior procura deste recurso e que sejam compatíveis com a qualidade mais corrente dos efluentes de ETAR. A rega agrícola é o grande domínio de aplicação da reutilização de águas residuais, pois a agricultura consome cerca de 65% dos recursos hídricos utilizados [Asano et al., 2007], percentagem que diminui nos países de agricultura mais desenvolvida e aumenta nos restantes. Mas a água é reutilizada para diversas outras finalidade, nomeadamente as seguintes, citadas por ordem decrescente de volume utilizado: a rega paisagística (aplicação na qual se destaca a rega de campos de golfe), a reutilização industrial (principalmente como reciclagem de água de arrefecimento), a recarga de aquíferos, determinados usos recreativos e ambientais, usos urbanos que não obrigam à utilização de água potável e até como reforço de origem de água bruta para produção de água para consumo humano¹.

¹ A essa reutilização de águas pode ser feita de forma directa ou indirecta, decorrentes de acções planeadas ou não e do destino final a que se pretende efectuar.

2.1 Reutilização de águas residuais tratadas para rega agrícola

A reutilização de águas residuais para a rega na agricultura é uma prática muito antiga (Angelakis et al., 1999). Na actualidade, é a aplicação que utiliza maior volume de águas residuais tratadas, tanto nos países de agricultura mais desenvolvida como nos países em desenvolvimento.

Durante muitos séculos, as águas residuais foram reutilizadas sem tratamento, com desconhecimento das consequências sobre a saúde pública e o ambiente. No século XX, principalmente na segunda metade do século, a reutilização para rega foi sendo praticada cada vez mais com águas residuais tratadas, sendo o tratamento secundário geralmente reconhecido como o nível mínimo de tratamento prévio à reutilização para rega.

A qualidade de águas residuais tratadas para rega deve satisfazer os requisitos agronómicos e os requisitos de protecção da saúde pública. Do ponto de vista agronómico, a água de rega destina-se a satisfazer as necessidades hídricas das plantas, não devendo ser o veículo de aplicação de substâncias prejudiciais ao seu desenvolvimento (como o excesso de sais dissolvidos, de sódio, de metais pesados, de cloro residual) e podendo transportar substâncias benéficas ao desenvolvimento da planta (como os chamados nutrientes – compostos de azoto e de fósforo –, o potássio, o zinco, o enxofre e boro, por exemplo). A protecção da saúde pública exige que o teor de microrganismos indicadores de contaminação fecal seja compatível com o tipo de exposição humana e animal à rega e aos produtos regados.

O método de rega pode proporcionar o contacto directo com as culturas, como acontece com a rega por aspersão, e, nesse caso, o tratamento das águas residuais a utilizar na rega deve incluir a desinfecção, tratamento que será indispensável em certas aplicações, como, por exemplo, se as culturas forem destinadas a serem consumidas cruas. Compreende-se assim que o nível de tratamento das águas residuais, o método de rega e o tipo de cultura a regar constituam três variáveis dependentes entre si, com as quais é possível controlar os riscos de saúde pública. Eventuais riscos ambientais decorrentes da reutilização de águas residuais na rega agrícola devem ser controlados, tendo em consideração a caracterização do solo da área a regar, sua topografia e nível freático.

Uma breve descrição da situação mundial na reutilização de águas residuais tratada na rega agrícola

Compreende-se, assim, que o recurso as águas residuais tratadas (e até menos tratadas) para a rega agrícola constitua uma prática adoptada em regiões de fracos recursos hídricos, como as zonas áridas e semi-áridas do globo. Deve salientar-se, porém, que nas décadas mais recentes a reutilização para rega agrícola também tem sido praticada em regiões menos pobres em recursos hídricos, constituindo a protecção ambiental das massas hídricas o objectivo primordial de tal reutilização para rega, pela redução parcial ou total da descarga de águas residuais. O estado da Florida (EUA) é um exemplo deste tipo de motivação, pois muitos dos sistemas de reutilização de água implementados neste estado foram desenvolvidos com objectivos de protecção ambiental.

A reutilização de águas residuais para rega na agricultura é largamente praticada nos EUA, principalmente nos estados da Califórnia e da Florida, mas também no Arizona, no Texas e em mais de uma trintena de estados da união norte-americana (US EPA, 2004). No Continente Americano, a Argentina e o México dispõem de importantes projectos de reutilização para rega (Asano et al., 2007).

Na Europa são os países da orla mediterrânica – Espanha, França, Itália, Malta, Grécia e Chipre e Portugal que maior interesse apresentam na implementação de projectos de reutilização para a agricultura (Marecos do Monte, 2007). Fora da Europa, mas ainda na bacia mediterrânica, merecem destaque a Tunísia e Israel².

A China e a Austrália são dois países que promovem a reutilização para rega na agricultura em larga escala. Muitos países, incluindo os mencionados no Quadro 1 elaboraram normas e recomendações para aplicação de águas residuais tratadas na rega agrícola. Apesar disso, existem ainda países sem qualquer regulamentação, onde o aproveitamento de águas residuais para rega é praticado, frequentemente de forma incorrecta, com riscos para a saúde pública e para o ambiente. A Organização Mundial de Saúde (OMS) tem criado recomendações que podem orientar estes países.

² Os países árabes do Médio Oriente, como a Jordânia e os estados do Golfo Pérsico, designadamente o Kuwait e os Emirados, são exemplos de países que implementam intensivamente a reutilização de águas residuais para rega.

Quadro 1: Exemplos no mundo de reutilização de ART para rega na agricultura

Exemplo de caso	Aplicação
Monterey, Califórnia	1.500 m ³ /d aplicados na rega de hortícolas, num projecto de Investigação e Desenvolvimento(I&D) de 10 anos.
Cidade do México	45 a 300 m ³ /s de águas residuais são reutilizados na rega de 35000 há de culturas agrícolas
Clermont-Ferrand, França	500.000 m ³ /d de efluente secundário afinados em lagoas de maturação e por desinfecção são reutilizados na rega de 750 há de milho.
Emília Romagna, Itália	1.250 m ³ /d de efluente do tratamento das águas residuais de Castiglione, Cesena, Casenativo, Cervia e Gatteo são reutilizadas na rega de 400 ha de área agrícola.
Vitoria, País Basco, Espanha	35.000 m ³ /d de águas residuais tratadas são reutilizadas para rega agrícola
Drarga, Marrocos	As águas residuais de uma população de 10.000 habitantes são tratadas em lagoas de estabilização e reutilizadas para rega agrícola.
Região Dan e projecto Kishon, Israel	O volume de águas residuais reutilizadas representa 20% da água utilizada na rega agrícola.
Kuwait	10% das águas residuais tratadas (tratamento terciário) são reutilizadas na rega agrícola e paisagística. 25% da área agrícola é regada com água reutilizada.
Taiyuan, China	500.000 m ³ /d de efluente secundário proveniente de 7 ETAR são reutilizados após recarga dos aquíferos nas lagoas do Rio Fen.
Virgínia, Austrália	120.000 m ³ /d do efluente armazenado no solo distribuindo a 250 agricultores para a rega agrícola.

Fonte: (US EPA, 2004; ASANO *et al.*, 2007; EUWI, 2007)

Critérios de qualidade de água residual tratada utilizadas para a rega agrícola

O uso de águas residuais tratada na rega implica uma monitorização da qualidade das águas a utilizar, do solo sujeito á rega, das águas superficiais e subterrâneas potencialmente afectadas por esse uso. Só pode ser considerada uma prática segura, do ponto de vista de saúde pública e ambiental se devidamente enquadrada por normas que assegurem a sua qualidade para esse fim.

2.1.1 Água de rega – objectivos agronómicos e impactos sanitários e ambientais

A rega com águas residuais tratadas deve ser efectuada para que os poluentes contidos na água não sejam aplicados ao solo, em condições susceptíveis de pôr em causa a qualidade desse solo, das águas superficiais ou subterrâneas e da própria atmosfera.

Quando a água de rega é constituída por águas residuais tratadas, esta água deve satisfazer os requisitos agronómicos e as exigências de protecção da saúde pública. Algumas características químicas das águas residuais tratadas, como a salinidade, a sodicidade, os elementos tóxicos, cuja concentração é variável podem, em certas condições, induzir impactos negativos no biosistema solo-plantas. Por outro lado, as águas residuais também contêm substâncias benéficas para o desenvolvimento das plantas, designadas como macronutrientes e micronutrientes.

A rega com efluentes de ETAR pode, assim, constituir um risco de contaminação das culturas irrigadas, do solo e até das águas subterrâneas, configurando um risco de saúde pública.

O conhecimento das características das águas susceptíveis de provocar impactos adversos no biosistema solo-plantas e nos consumidores dos produtos agrícolas permite estudar medidas de minimização ou mesmo de eliminação dos efeitos negativos.

2.1.2 Aspectos agronómicos de qualidade de água residual tratada utilizada para rega agrícola

A qualidade de água a utilizar deve satisfazer às exigências imposta pela legislação em vigor, por forma a minimizar os riscos de degradação da qualidade do ambiente envolvente (solo, água e atmosfera), relativamente às características físico-químicas e microbiológicas das águas de rega. Estes devem ser adequada á cultura regada e ao processo e equipamento de rega utilizados.

As características físico-químicas e microbiológicas das águas residuais tem as concentrações dos diferentes elementos que constituem um risco potencial em termos ambientais que não devem ser superior

aos correspondentes Valores Máximos Recomendados (VMR) referido no Decreto-Lei nº236/98, de 1 de Agosto, segundo Normas Portuguesa (NP) 4434, (2005), posto em vigor.

Quadro 2: Parâmetros de natureza físico-química e microbiológica da qualidade de água tratada para rega

Parâmetros	Modo de expressão dos valores	VMR
Salinidade	25°C mg/l	640
Sódio	Parâmetros adimensional	8
Sólidos suspensos totais	mg/l	40
pH	Escala de sorensan	6,5 – 8,4
Alumínio	mg/l Al	5,0
Arsénio	mg/l As	0,10
Bário	mg/l Ba	1,0
Berílio	mg/l Be	0,5
Boro	mg/l B	0,3
Cádmio	mg/l Cd	0,01
Chumbo	mg/l Pb	5,0
Cloretos	mg/l Cl	70
Cobalto	mg/l Co	0,05
Cobre	mg/l Cu	0,20
Crómio	mg/l Cr	0,10
Estranho	mg/l Sn	2,0
Ferro	mg/l Fe	5,0
Flúor	mg/l F	1,0
Lítio	mg/l Li	2,5
Manganês	mg/l Mn	0,20
Molibdénio	mg/l Mo	0,005
Níquel	mg/l Ni	0,5
Nitrato	mg/l NO ₃	50
Selénio	mg/l Se	0,02
Sulfato	mg/l SO ₄	575
Vanádio	mg/l V	0,10
Zinco	mg/l Zn	2,0
Coliforme fecal	Unidade por 100 ml	100
Ovos de parasitas intestinais	Unidade por litro	1

Fonte: Decreto-Lei nº236/98, de 1 de Agosto

SDT – sólidos dissolvidos totais, *SAR*- razão de adsorção de sódio traduzida pela seguinte equação $(Na/[(Ca+Mg)/2])^{1/2}$, sendo as concentrações expressas em mg/l.

2.1.3 Aspectos de saúde pública da qualidade de água residual tratada para rega agrícola

A qualidade de água a utilizar deve satisfazer às exigências imposta pela legislação em vigor, por forma a minimizar os riscos de propagação de doenças às pessoas (operadores dos sistemas de rega, habitantes das zonas envolventes da área regada e consumidores dos produtos vegetais obtidos ou animais (alimentos regadas) relativamente às características físico-químicas e microbiológicas das águas da rega, referidas no Quadro 1.

Transmissão de microrganismos patogénicos

As águas residuais tratadas podem ou não conter microrganismos patogénicos em quantidade suficiente para provocar doenças, dependendo do nível de tratamento a que foram submetidas. A presença de microrganismos patogénicos em águas residuais utilizadas para rega agrícola nem sempre corresponde a um risco de saúde pública. Diz-se que a reutilização de águas residuais constitui um risco real para a saúde pública se forem verificadas todas as seguintes condições [OMS, 1989]:

- ❖ O agente patogénico deve estar presente nas águas residuais;
- ❖ Este deve sobreviver a todas as operações e processos de tratamento aplicados às águas residuais;
- ❖ O campo regado recebe uma dose infectante de um patogénico transportado na água de rega ou o patogénico multiplica-se já no campo, atingindo a dose infectante;
- ❖ Um hospedeiro humano, por contacto directo ou indirecto, é atingido por uma dose infectante de um patogénico;
- ❖ O hospedeiro fica infectado;
- ❖ A infecção causa doença no hospedeiro ou este passa a transmiti-la.

A transmissão de microrganismos patogénicos transportados nas águas residuais utilizadas em rega pode processar-se através das seguintes vias:

- ❖ Contacto directo com as águas residuais, com o solo, culturas irrigadas e/ou objectos contaminados;
- ❖ Ingestão directa de culturas irrigadas ou indirecta de produtos de consumidores de culturas irrigadas (carne e leite);

- ❖ Inalação de agentes infecciosos presentes em aerossóis formados durante a irrigação por aspersão com águas residuais;
- ❖ Ingestão de água contaminada por ocorrência superficial ou por infiltração das águas residuais no solo.

Constata-se assim que, mesmo que as águas residuais aplicadas na rega não tenham sido submetidas a um processo de tratamento que elimine todos os microrganismos patogénicos, será possível evitar a ocorrência de doença se forem evitadas as vias de transmissão indicadas. A selecção das culturas regadas e do método de rega são pois dois factores muito importantes na minimização do risco.

2.1.4 Principais métodos, processos e tipos de rega

O método de aplicação das águas residuais no solo pode minimizar e mesmo controlar efeitos negativos, tais como a acumulação de sais na zona radicular, ou provocar outros, como, por exemplo, a contaminação de tudo o que estiver exposto a rega por aspersão.

Existem diversos métodos de rega, que devem ser aplicados de acordo com as circunstâncias locais relativas às culturas a beneficiar, topografia e características do terreno, etc. Seguidamente, são sucintamente definidos os métodos de rega mais correntes representado no Quadro 3

Quadro 3: Método, processos e tipos de rega

	Tipos de rega		
	Escorrimento	Aspersão	Infiltração
Método de rega	Regadeiras de nível	Aspersão convencional	Caldeiras
	Regadeiras inclinadas	Com equipamento estacionário	Sulcos
	Planos inclinados	Com equipamento semovente	Rega subterrâneas
	Faixas	Mini-aspersão	Rega gota-a-gota
		Estática ou micro – aspersão	Superficial
		Dinâmica	Subterrânea

Deve dar-se preferência aos processos de rega que limitem o contacto com a parte aérea das plantas em especial com as partes comestíveis destas, que reduzem os riscos de escoamento superficial, são vantajosos todos os processos de rega por gravidade incluindo nos métodos ditos por escoamento e em particular, os processos de rega em pressão englobados nos métodos de rega por infiltração (nomeadamente a rega subterrânea e a rega gota-a-gota).

Pelo contrário., os processos de rega por aspersão do tipo convencional, em particular no caso da utilização de aspersores com elevado grau de pulverização, implicam riscos acrescidos para a saúde pública (Norma Portuguesa – NP 4434, 2005).

É importante salientar que nos sistemas de rega, o período de intervalos a várias aplicações e o intervalo de tempo entre a última aplicação e a colheita influenciam o nível de contaminação do solo e da planta (ORON e BELTRÃO, 1993). Quando se utiliza sistema de rega sob pressão nomeadamente por aspersão com águas residuais, poderá ocorrer contaminação do ambiente que rodeia essa zona regada, devido a disseminação de aerossóis, que pode atingir mais de 200 metros de distâncias em regiões ventosas e quando o grau de pulverização do jacto for elevado (BELTRÃO e tal., 1996).

Verificam se que as culturas regadas por aspersão apresenta valores de coliformes fecais superiores em comparação com sistema de rega gota-a-gota. No entanto é possível que em rega gota-a-gota subterrânea se atinjam valores elevados de coliformes fecais, devido a influência da humanidade na sobrevivência de microrganismos. O sistema de rega por gravidade, como o do sulco, tem o inconveniente de mais facilmente a água atingir horizontes mais profundo, tornando os aquíferos mais susceptíveis á contaminação microbiana.

2.1.5 Características da área a regar com águas residuais

As características da área a regar refere-se da quantidade do solo utilizado para rega com águas residuais tratada, da topografia, da cultura susceptível de utilização no solo a ser regada, do afastamento em relação a zonas habitacionais e origens de água.

Características físicas e químicas do solo

O solo a regar deve ter características físicas compatíveis com a sua utilização em regadio. Nelas se incluem: textura, estrutura, profundidade, permeabilidade, capacidade de retenção da água e condutividade hidráulica e devem ter características químicas (pH, salinidade, capacidade de troca catiónica, teor de nutrientes e elementos poluentes, teor de matéria orgânica, percentagem do sódio de troca) compatíveis com a sua utilização em regadio, (NP 4434, 2005).

Topografia do solo

O declive do terreno a regar não deve exceder os 20%, de forma a reduzir o risco da formação de escorrências superficiais e de erosão e conseqüentemente, a possibilidade de contaminação dos meios hídricos superficiais e dos terrenos envolventes (NP 4434, 2005). No entanto, alguns dos processos de rega utilizáveis requerem declives mais reduzidos, devendo nesses casos, respeitar-se os valores máximos a seguir indicados:

Rega por escorrimento

- ❖ Regadeira de nível 3%

- ❖ Regadeira inclinadas 8%
- ❖ Faixas 7%

Rega por infiltração

- ❖ Sulcos rectos 3%
- ❖ Sulcos de nível 8%

Rega por aspersão

- ❖ Com equipamento semovente 15%.

Os terrenos a regar não devem localizar-se em zonas sujeitas a inundações frequentes.

Em condições de ocorrência frequente de escoamentos superficiais não controlados (dependentes do tipo de cultura e mais graves no caso das culturas que não cobrem totalmente o terreno ou instaladas em linhas não orientadas segundo as curvas de nível), os valores referidos nesta secção devem ser reduzidos.

Vulnerabilidade hidrogeológica

Não devem ser criadas instalação de rega com águas residuais tratadas em zonas consideradas vulneráveis em termos hidrogeológicos (com alto risco de infiltração e percolação das águas superficiais) (NP4 4434, 2005).

Incluem-se nestas situações, entres outras, a localização dos solos a regar em solos subjacentes a aquíferos existentes em subsolo de natureza aluvionar (com elevada condutividade hidráulica) ou em rochas carbonatadas com elevado grau de fissuração (solos cársicos).

A profundidade do nível freático durante o período de rega deve ser no mínimo de:

- ❖ 1,0m para rega gota-a-gota superficial;
- ❖ 1,5m para rega gota-a-gota subterrânea e para mini-aspersão;
- ❖ 3,0m para rega por aspersão;
- ❖ 4,0m para rega por escorrimento e infiltração (sulcos ou subterrâneo).

Afastamento em relação a zonas habitacionais e origens de águas

Os terrenos regados com águas residuais tratadas devem estar suficientemente afastados das zonas habitadas, para garantir a minimização do risco de ocorrência de doenças potencialmente transmitidas pelas águas residuais e para evitar eventuais maus cheiros associados ao armazenamento ou à aplicação ao solo das águas residuais (NP 4434, 2005).

A distância entre os limites das zonas regadas ou o local de armazenamento das águas residuais tratadas e as zonas habitadas depende do nível de tratamento das águas residuais tratadas e o método da rega. No caso da rega gota-a-gota não é necessário garantir qualquer afastamento.

No caso da existência de captações de água para abastecimento público nas proximidades das zonas regadas (drenos, galerias, poços ou furos), deve igualmente, assegurar-se um afastamento mínimo de 100m, devendo em qualquer caso, respeitar-se a legislação em vigor.

Cultura susceptível de utilização

De acordo com o grau de risco de contaminação microbiológica associada a rega com águas residuais tratadas, os diferentes tipos de cultura podem ser agrupados nas seguintes classes:

Classe A – culturas hortícolas para consumo em cru;

Classe B – relvados, parques e jardins públicos e relvados para a prática de desportos, zonas florestadas com fácil acesso público;

Classe C – culturas hortícolas para consumir cozinhadas, culturas forrageiras e pratenses, vinhas e pomares;

Classe D – culturas cerealíferas (com exclusão de arroz, por ser regado por alagamento), cultura hortícolas para laboração industrial, culturas destinadas a produção de matérias primas para as indústrias têxtil, de extracção de óleo e essências vegetais e similares, culturas florestais e relvados situados em zonas de difícil acesso ao público ou com acesso controlado.

A possibilidade de regar com águas residuais tratadas os diferentes tipos de culturas incluídos nas classes atrás referidas depende do tipo de tratamento aplicados as águas residuais, em conformidade com definido no Quadro 1 (em anexo).

No caso de culturas hortícolas para consumo em cru, só deve utiliza-se a rega subterrânea ou gota-a gota (superficial ou subterrânea). Considera-se não incluída em qualquer das classes referidas, e portanto, não susceptíveis de serem regadas com águas residuais tratadas, as culturas hortícolas para consumir em cru que pela sua própria natureza ou pelo modo de condução da cultura, se apresenta com as partes comestíveis em contacto ou rente ao solo (NP 4434, 2005).

2.1.6 Os problemas associados ao uso de águas residuais na rega agrícola

Vírus, bactérias, protozoários e helmintas patogénicos escapam-se do corpo de pessoas infectadas através das suas excreções e podem passar para outras pessoas através da boca (ingestão de vegetais contaminados), ou da pele, (MARECOS DO MONTE, 1994). Os excrementos e águas residuais geralmente contêm concentrações elevadas de patogénicos excretados, especialmente em países onde doenças diarreicas e parasitas intestinais têm especial incidência. Na reutilização de água residual adquirem especial importância os riscos sanitários devido à possível presença de microrganismos patogénicos nesses efluentes a reutilizar, que conseguem sobreviver aos modernos processos de tratamento da água residual. Os patogénicos entéricos podem sobreviver durante longos períodos de tempo, sob condições favoráveis, tanto no solo como nas culturas.

O tempo de sobrevivência de alguns microrganismos no solo pode ultrapassar o tempo de crescimento da cultura o que provoca um aumento da probabilidade de contaminação (BELTRÃO et al., 1995). As características dos agentes causais também variam e são de grande importância na determinação das circunstâncias em que cada infecção pode ser favorecida ou controlada pela prática de reutilização das águas residuais. De um modo geral, os problemas associadas à reutilizações de águas residuais na rega agrícola poderão ser agrupados em:

Problemas de natureza ambiental e saúde pública

- Contaminação das plantas com agentes patogénicos;
- Redução da fertilidade dos solos por salinização ou acumulação de elementos ou compostos fitotóxicos;
- Poluição das águas superficiais e subterrâneas, designadamente por acção dos nitratos;
- Degradação da qualidade do ar, por contaminação microbiológica e libertação dos compostos azotados.

Problema de índole económica

- Localização de ETAR relativamente as zonas a regar
- Necessidade de construção de reservas de água;
- Frequente exigência de infra-estrutura de rega de elevado custo.

Problema de ordem prática

- Grau de segurança ambiental altamente de estudos pluridisciplinares relativamente complexos
- Exigência de um elevado nível técnico por parte de utilizadores;
- Dependência em termos da concretização dos empreendimentos, de entidades com interesses por vezes supostamente considerados antagónicos.

Problemas de natureza social

- Frequente exigência de uma atitude negativa por parte do cidadão comum relativamente ao uso de efluentes na rega.

2.1.7 Vantagens e desvantagens da reutilização de águas residuais tratada na rega agrícola

A reutilização das águas residuais permite usar a água de forma mais racional, liberando as águas naturais para utilizações mais nobres como seja consumo humano, mas por outro lado pode comportar riscos para a saúde pública. De forma resumida pode-se identificar um conjunto de vantagens e desvantagens relacionado com esta prática:

Vantagens da reutilização da água residual

Benefícios ambientais

- Poupanças de valiosos recursos de águas – diminuído a utilização de água de rede de abastecimento público e da captação de água subterrânea, aumentando-se a disponibilidade destes recursos para usos prioritários.
- Redução do avanço da salinidade nas águas subterrâneas – ao diminuir a captação de água dos poços ligados aos aquíferos aumentando-se o período de recarga natural e diminui-se o avanço da intrusão salina nos aquíferos.
- Diminuições dos fertilizantes utilizados na manutenção das culturas – a água residual doméstica tratada contém concentrações de azoto, fósforo, potássio (N, P, K), micronutrientes e matéria

orgânica, do que as águas das outras fontes, logo a rega com águas permite uma redução efectiva da quantidade de fertilizante necessário para a, manutenção das culturas em bom estado.

- Redução da poluição hídrica – a grande eficiência das culturas na degradação e absorção da maioria dos nutrientes, matéria orgânica, contaminantes e metais pesados residuais contidos na água tratada constitui um aumento do nível da tratamento de água, reduzindo a concentração destes elementos. Por outro lado, regando com água, reduzem-se as descargas no meio receptor habitual.

Benefícios económicos

- Redução dos custos da rega – a água da rede é paga a preços elevados enquanto a água tratada pode ser fornecida gratuitamente ou a baixo custo.
- Reservas permanente de água – a água da ETAR esta sempre disponível o mesmo não acontecendo com as outras fontes.
- Redução dos custos de fertilização na manutenção das culturas – para além da água tratada conter muitos dos elementos que constituem os fertilizantes permitindo a redução da sua utilização, a assimilação destes é mais eficiente quando diluídos na própria água de rega.

Desvantagens de reutilização de água residual

- Possibilidade de colmatação dos espaços vazios do solo devido aos sólidos suspensos;
- Introdução no solo de elementos como fertilizantes não compatíveis com as necessidades das culturas;
- Possibilidade de riscos para a saúde publica em virtude da presença de agentes patogénicos;
- Possibilidade de contaminação dos aquíferos;
- Possibilidade de interferência ou inibição de crescimento das plantas devido á presença de iões potencialmente prejudiciais (Na^+ , B^{3+} , Cl^-)

2.2 Reutilização de águas residuais tratadas na rega paisagística

A chamada rega paisagística consiste na rega de espaços verdes ornamentais, como: parques e jardins, separadores de auto-estradas, relvados de campos desportivos, nomeadamente de campos de golfe.

Em termos de volume de água, a rega paisagística constitui a segunda maior aplicação de reutilização de águas residuais tratadas em países desenvolvidos. Os EUA são o grande exemplo de reutilização para rega paisagística, a qual tende a aumentar significativamente noutras regiões, como a Europa e o Extremo Oriente. Em Portugal assiste-se a um interesse crescente pela reutilização de águas residuais tratadas na rega de campos de golfe, principalmente nas regiões do Algarve e do Oeste.

Os factores que condicionam a reutilização para rega paisagística são os mesmos referidos para a rega agrícola, isto é, características químicas favoráveis ao desenvolvimento das plantas regadas e características microbiológicas compatíveis com a adequada protecção da saúde pública, embora geralmente este último aspecto seja considerado primordial, dada a elevada probabilidade de contacto humano com os relvados, nomeadamente no caso dos campos de golfe e também pelo facto de não estar em causa o valor da produção agrícola.

CrITÉRIOS de qualidade de águas residuais tratadas utilizadas para rega paisagística

Nota preliminar

Um sistema de reutilização de águas residuais para rega paisagística é análogo a um sistema de reutilização para rega agrícola, com a diferença de as plantas serem, neste caso, de interesse ornamental. A água de rega deve satisfazer as necessidades hídricas das plantas, proporcionar o seu bom desenvolvimento vegetativo (qualidade agrónómica) e, quando forem utilizadas na rega as águas residuais tratadas, a qualidade dessas águas deve cumprir os requisitos de protecção da saúde pública.

Aspectos agrónómicos da qualidade de águas residuais tratadas utilizadas para rega paisagística

Do ponto de vista agrónómico, os requisitos de qualidade das águas residuais a utilizar na rega paisagística são semelhantes aos da rega agrícola.

A salinidade é a característica mais relevante, sendo importante que as plantas seleccionadas para um projecto paisagístico, cuja água de rega resulte de uma ETAR, sejam pelo menos medianamente tolerantes à salinidade.

No Quadro 2 (em anexo) apresenta-se uma lista de plantas ornamentais e da sua tolerância a esta propriedade (Asano et al., 2007).

A manutenção de boa aparência é importante nos espaços paisagísticos, pelo que devem ser evitados problemas de fitotoxicidade. O boro é o elemento mais susceptível de provocar efeitos a curto prazo. Outros elementos tóxicos, como certos metais pesados (cádmio, cobre, níquel), encontram-se presentes apenas em teores vegetais, pelo que só a longo prazo poderão originar impactes.

Merecem ainda consideração as características químicas relacionadas com a possível geração de odores ofensivos, que pode ocorrer durante a imobilidade da água em condutas e reservatórios, mais provavelmente quando a concentração de sulfatos for superior a 50 mg/L $SO_4 =$ e a CQO exceder 20 mg/L (Asano et al., 2007).

O baixo teor de matéria orgânica e de nutrientes é importante para prevenir o desenvolvimento de algas nos reservatórios abertos (campos de golfe, por exemplo) e de biofilmes nas condutas.

O controlo da qualidade da água para a rega tem que seguir os parâmetros da natureza físico-químico e microbiológico de acordo com os valores máximos recomendados (Quadro 2)

Aspectos de saúde pública na qualidade de águas residuais tratadas utilizadas para rega paisagística

Os riscos de saúde pública associados à rega paisagística com águas residuais tratadas podem ser originados por:

- Exposição humana à água de rega e contacto com plantas e superfícies molhadas pela mesma;
- Ligações cruzadas entre os sistemas de abastecimento de água de rega e de água para consumo humano.

De um modo geral, as águas residuais utilizadas em rega paisagística são tratadas ao nível de tratamento terciário, menos frequentemente a tratamento secundário, e quase sempre submetidas a um processo de desinfecção. Consequentemente, neste tipo de reutilização e com águas residuais tratadas a este nível, são muito reduzidos os riscos de saúde pública por ingestão acidental da água de rega ou por contacto com plantas e superfícies regadas.

Não obstante, é possível distinguir dois níveis de risco, aos quais se pode atribuir requisitos de qualidade microbiológica diferentes, consoante os espaços regados são de acesso sem restrições ou de acesso limitado.

Entre os espaços paisagísticos de acesso sem restrições encontram-se os seguintes:

- Parques públicos;
- Relvados de campos desportivos;
- Espaços verdes de ornamentação paisagística em instalações públicas e comerciais;
- Jardins de residências individuais e multifamiliares;
- Campos de golfe.

Os espaços paisagísticos de acesso limitado incluem:

- Faixas laterais e separadoras de auto-estradas;
- Espaços verdes de ornamentação paisagística em instalações industriais;
- Cemitérios.

A protecção da saúde pública assegura-se por meio das seguintes iniciativas:

- Utilização de água de rega com qualidade microbiológica adequada, o que pressupõe tratamento apropriado e operação fiável;
- Minimização da exposição humana aos factores de risco.

Este último factor é conseguido pelos seguintes meios:

- Gestão do processo de rega – desde a selecção do próprio método de rega, procurando os que minimizam contacto da água de rega com os operadores de rega e com o público em geral e evitando os métodos que originam a formação de aerossóis, até à execução das regas durante a noite;
- Estabelecimento de restrições de acesso, como a vedação de canteiros regados com águas residuais tratadas.

2.3 Reutilização de águas residuais tratada para a indústria

Em termos quantitativos, a reutilização industrial representa a terceira principal aplicação de reutilização de águas. Na indústria, a água é frequentemente reutilizada para a mesma utilização, sem necessidade de ser submetida a qualquer tipo de tratamento, quando muito uma adição de um certo volume da mesma água, para repor perdas por evaporação.

Isto é o que se designa como reciclagem da água, cujo exemplo prático mais importante é o caso da água de arrefecimento.

As indústrias grandes consumidoras de água, como centrais de produção de energia térmica ou nuclear, refinarias de petróleo, siderurgias e outras indústrias transformadoras, são as que mais esforços têm realizado no sentido de reciclar e reutilizar água, principalmente como água de arrefecimento. Como outros exemplos de reutilização de água na indústria citam-se: actividades de limpeza, sistemas de extracção de inertes, água de processo, construção pesada.

Os padrões de qualidade da água para reutilização industrial são muito específicos do tipo de indústria. Algumas aplicações requerem água de elevada qualidade, como a produção de vapor, outras são compatíveis com águas menos tratadas, como a construção pesada. Na água de arrefecimento são importantes as características que podem dar origem a fenómenos de corrosão ou de incrustação (nomeadamente o teor de sólidos dissolvidos totais, os cloretos, o oxigénio dissolvido), ou à formação de filmes biológicos nas condutas (como os resíduos de matéria orgânica).

Os factores relevantes na reutilização da água na indústria são, além da qualidade da água, o balanço entre as necessidades da indústria e a disponibilidade.

Critérios de qualidade de águas residuais tratadas reutilizadas na indústria

Cada tipo de indústria tem requisitos específicos de qualidade para a água que utiliza. Porém, algumas exigências de qualidade da água são praticamente comuns, como sejam a necessidade de prevenir fenómenos de corrosão e de incrustação, bem como o desenvolvimento de biofilmes nas condutas e equipamentos acessórios.

As exigências inerentes à protecção da saúde pública também podem constituir um objectivo de qualidade, nomeadamente nos casos em que poderá ocorrer exposição humana às águas residuais ou a aerossóis das mesmas.

A corrosão é um fenómeno complexo, que consiste num ataque aos metais provocado por reacções físico-químicas entre o metal e o ambiente em que está mergulhado. Consoante a natureza das reacções que a provocam é possível distinguir dois tipos de corrosão: a corrosão originada por reacções electroquímicas e a corrosão induzida por águas com elevados teores de sais dissolvidos, caracterizadas por elevados valores de condutividade eléctrica.

2.3.1 Reutilização da água em caldeiras de aquecimento

Muitas fábricas utilizam água quente e vapor, produzidos em caldeiras de aquecimento para accionar turbinas e para aquecer outros materiais. As águas residuais tratadas podem constituir uma origem de água atraente para utilização em caldeiras de aquecimento, visto que:

- Constituem uma origem de água segura em termos quantitativos (a produção é razoavelmente constante);
- A água alimentada às caldeiras de aquecimento é sempre submetida a uma extensa linha de tratamento, mesmo quando a água bruta é de origem natural – superficial ou subterrânea –, pois as impurezas presentes na água podem reduzir significativamente a eficiência do processo, por fenómenos de incrustação e/ou de corrosão dos materiais;
- As unidades industriais situam-se na periferia dos aglomerados urbanos, onde também se localizam as ETAR.

As características de qualidade especificamente relevantes na reutilização de água para caldeiras de aquecimento são as seguintes:

- Gases dissolvidos: em particular o oxigénio dissolvido (O_2), dióxido de carbono (CO_2) e sulfureto de hidrogénio (H_2S), que poderão provocar corrosão e potenciar o desenvolvimento de biofilme;
- Sólidos dissolvidos: normalmente compostos químicos que são responsáveis por incrustações, como o sulfato de cálcio, sulfato de bário, fosfato de cálcio, hidróxido de magnésio, fosfato de zinco, hidróxido de ferro, sílica e carbonato de cálcio, sendo este último a fonte mais comum;
- Sólidos suspensos: normalmente associados a matéria orgânica ou precipitados químicos, que podem provocar entupimento e potenciar o desenvolvimento de biofilme e de odores;

- pH e temperatura: quando o pH é baixo (valores inferiores a 7,3) e a temperatura é elevada (superior a 25°C), criam-se condições para o desenvolvimento de corrosão, que será mais importante para condições extremas e na presença de gases dissolvidos.

2.3.2 Reutilização da água na indústria da pasta, papel e cartão

A indústria da pasta, papel e cartão envolve a produção de pastas (processos de desfibrção, refinação e depuração) e a fabricação e transformação de diferentes tipos de papéis e cartões (formação da folha, prensagem, secagem, bobinagem e canelagem), estendendo-se a sua actividade desde a produção de matérias-primas (produção florestal) até ao tratamento dos produtos no fim de vida (reciclagem ou valorização energética de papéis recuperados).

A reutilização de água na indústria de produção de pasta, papel e cartão pode ser uma opção vantajosa, quer para actividades de lavagem de equipamentos e espaços e de refrigeração, quer no próprio processo de produção, sendo fortemente incentivada no Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais – PNPRI [INETI, 2001a & 2001b]. A maior parte da água reutilizada provém do próprio processo, o que permite um melhor controlo da qualidade e quantidade daquele recurso a utilizar nos vários níveis de produção.

A qualidade dos efluentes gerados nos vários níveis de produção é variável, podendo os de lavagem da matéria-prima (produção de pasta) e do produto final (produção de vários tipos de papel e cartão) ou da secagem do papel e cartão (vapores) serem reutilizados com menor grau de tratamento, uma vez que a carga poluente é relativamente baixa. A água de elevada qualidade é, normalmente, utilizada nos processos de branqueamento e produção de papel, representado cerca de 40% e 25% do consumo total, respectivamente; a água de menor qualidade pode ser utilizada para lavagens, que representam cerca de 9% do consumo total. Como as exigências de qualidade para utilização também são diferentes, o conjunto produção – tratamento - utilização de água carece de uma gestão integrada.

Os efluentes do processamento e branqueamento da pasta são objecto de tratamento local, normalmente a um nível secundário e terciário. O custo acrescido de investimento e O&M para a afinação do efluente final para reutilização na própria indústria é compensado pela diminuição do custo associado à utilização de volumes de água tratada de outras fontes [Metclaf & Eddy, 2003; US EPA, 2004].

Nos EUA estima-se que a reutilização de água neste sector tenha contribuído para uma diminuição do consumo de água do abastecimento público ou de captações próprias em cerca de 88% (de 600 m³/ton para

70 m³/ton de pasta de papel produzida) [Asano et al., 2007]. Em Portugal, a definição de estratégias de reutilização da água deve também ter em atenção a previsível variação de volumes de efluentes produzidos no sector que, de acordo com o PNPRI [INETI, 2001^a], será de menos 28% para as indústrias gráficas e de transformação do papel (de 9090 ton/ano, em 2000, para 6555 ton/ano, em 2015), mantendo-se a evolução constante nos volumes de efluente produzidos nas indústrias de produção de pasta, papel e cartão (cerca de 19 ton/ano). De acordo com Baptista et al. (2001), a viabilidade económica da reutilização da água neste sector é variável, em função do caudal de águas residuais dos processos, passíveis de reutilização para outro fim e dada a multiplicidade de aplicações em que pode ser implementada.

2.3.3 Reutilização da água na indústria têxtil

A indústria têxtil é um dos principais sectores industriais do País, representando 20% da produção industrial nacional [INETI, 2001^a], sendo fortemente caracterizada pela utilização excessiva de água. O processo de fabrico pode englobar os seguintes níveis de produção: preparação da matéria-prima, fiação, tecelagem ou tricotagem, preparação para tingimento, estamparia, acabamentos químicos e mecânicos e confecção.

A reutilização de água na indústria têxtil já é reconhecida como uma opção vantajosa, quer para actividades de lavagem de equipamentos e espaços, quer no próprio processo de produção (preparação da matéria-prima, tingimento, estamparia e acabamento), sendo fortemente incentivada no PNPRI [INETI, 2001a & 2001b]. A recuperação dos efluentes de lavagem da lã (entre 35 e 65 m³/ton), de acordo com aquele Plano, poderá atingir os 90%, apresentando, contudo, um custo acrescido em energia eléctrica. A maior parte da água reutilizada provém do próprio processo, o que permite um melhor controlo da qualidade e quantidade daquele recurso a utilizar nos vários níveis de produção

A qualidade dos efluentes gerados nos vários níveis de produção é variável, sendo possível a reutilização dos efluentes da preparação da matéria-prima e refrigeração com menor grau de tratamento, uma vez que a carga poluente está praticamente associada à presença de sólidos suspensos totais. Os efluentes do tingimento, estamparia e acabamento necessitam de um tratamento mais exigente, normalmente a um nível secundário e terciário, dada a presença de teores elevados de matéria sólida em suspensão e dissolvida e matéria orgânica, sendo os corantes os compostos de mais difícil remoção. A afinação final de efluentes para reutilização incorre num custo acrescido em termos de investimento e O&M, que pode ser significativo em função das adaptações necessárias, mas que será recuperável a médio prazo [Metclaf & Eddy, 2003; EPA, 2004].

A reutilização da água na indústria têxtil apresenta uma viabilidade económica variável, dependendo do caudal de águas remanescentes ou residuais dos processos passível de reutilização para outra finalidade e da multiplicidade dessas finalidades [Baptista et al., 2001].

2.4 Reutilização de águas residuais tratada para a recarga de aquíferos

A recarga de aquíferos é utilizada com um ou mais dos seguintes objectivos:

- Impedir ou atenuar o rebaixamento do nível freático em zonas de escassez de águas subterrâneas ou sujeitas a elevada pressão de extracção;
- Protecção de aquíferos nas zonas costeiras contra a intrusão salina;
- Armazenamento de água no solo – água da precipitação atmosférica e/ou águas residuais tratadas – para utilização futura.

Deste modo, a recarga de aquíferos constitui uma forma de aumentar a disponibilidade de água subterrânea, acabando por configurar, em muitos casos, uma forma indirecta de reutilização para produção de água potável.

Os poluentes mais importantes na recarga de aquíferos com águas residuais tratadas são: os microrganismos patogénicos, nomeadamente os vírus entéricos, certos compostos orgânicos, como produtos farmacêuticos e de higiene pessoal e compostos persistentes, que podem actuar como microrganismos, os metais pesados e os sais [Marecos do Monte, 2005].

Na reutilização de águas residuais tratadas para recarga de aquíferos é importante ter presente que as águas subterrâneas constituem uma parcela importante das captações para abastecimento público e industrial e para actividades agrícolas. Por consequência, a prática desta recarga deverá ser rigorosamente controlada e monitorizada. Assim, a concepção de projectos de recarga de aquíferos deve avaliar criteriosamente diversos aspectos técnicos, nomeadamente os associados à variação do nível freático e disponibilidade de água no solo, às solicitações para consumo e requisitos de qualidade.

Breve descrição da situação a nível mundial

A recarga de aquíferos de forma planeada constitui a quarta maior aplicação da reutilização da água, que tem sido praticada principalmente nos EUA e nos países Áridos do Médio Oriente, mas que nos anos mais recentes tem sido objecto de crescente interesse na Europa (Asano, 2001).

A reutilização da água para recarga de aquíferos tem como principal aplicação o reforço do volume de água subterrâneo, especialmente em zonas de escassez daquele recurso ou sujeitas a elevada pressão de extracção, podendo ainda satisfazer diversos outros objectivos, designadamente:

- A criação de uma barreira hidráulica contra a intrusão salina em zonas costeiras;
- O tratamento complementar das águas residuais por meio do solo – através do chamado soil aquifer treatment (SAT);
- O armazenamento de água no solo, que funciona como um reservatório subterrâneo.

Durante o seu percurso de infiltração através do solo as características qualitativas da água sofrem um tratamento de afinação natural proporcionado por mecanismos de filtração, adsorção e biodegradação, resultando na redução de partículas em suspensão, de teores residuais de compostos orgânicos e de microrganismos, nomeadamente vírus.

Deve salientar-se que a recarga de aquíferos não planeada ocorre nos sistemas de infiltração a jusante das fossas sépticas, nas instalações de tratamento no solo e nos sistemas de rega.

O sistema de recarga normalmente é composto por um sistema de tratamento e as infra-estruturas de armazenamento ou injeção, antes da recarga, e uma componente subterrânea, que inclui o sistema de introdução da água residual no solo (directo ou indirecto).

O método de recarga depende do tipo de aquífero (confinado ou livre). A afinação da qualidade do efluente infiltrado depende do tempo de armazenamento e da forma de escoamento no solo. O nível de tratamento pré-recarga é definido em função da qualidade exigida para a sua utilização.

A recarga de aquíferos com águas residuais tratadas pode processar-se de três modos:

- Recarga directa no aquífero, cujos primeiros projectos foram executados no Arizona, nos EUA, na última década do século XX;
- Recarga indirecta pressupondo a utilização de um sistema de infiltração no solo, como bacias de infiltração;
- Recarga indirecta: por furos de injeção no solo, na zona não saturada acima do nível freático, praticada desde os anos 60.

No método de recarga directa, o efluente é introduzido directamente abaixo do nível freático, em aquíferos confinados ou livres. Os furos de recarga directa podem ser utilizados não só para a recarga, mas também para a extracção da água armazenada no aquífero.

A recarga directa de aquíferos pode ser uma prática vantajosa em zonas de elevada inclinação do terreno onde a disponibilidade de área e o seu custo inviabilizam economicamente a utilização de um sistema de infiltração no solo. Trata-se de um método mais adequado quando se pretende uma regularização rápida do nível freático ou uma acção rápida para a protecção de aquíferos contra a intrusão salina. Entre as principais desvantagens destacam-se os custos associados a gastos de energia, processos para afinação do efluente (destinados a prevenir o risco de alteração da qualidade da água do meio receptor), estruturas para armazenamento ou compensação, especialmente úteis em situações de escassez ou de extracção excessiva.

Na recarga indirecta por infiltração, o efluente, após passar por uma camada de material poroso, é introduzido no solo, normalmente, na zona não saturada. As estruturas mais utilizadas são as bacias de infiltração naturais ou construídas, com ou sem vegetação, de fluxo vertical, horizontal ou sub superficial (neste caso, o nível do líquido ocupa cerca de 50% da altura da camada de meio poroso. As camadas filtrantes podem ser constituídas por material natural, do próprio solo ou de empréstimo (areia ou areão), ou produzido industrialmente (argila calcinada expandida), compactadas de acordo com as velocidades de infiltração desejadas.

A recarga indirecta por infiltração é um método interessante para a gestão de volumes extraídos em zonas de sobre exploração do recurso, além de funcionar como processo de tratamento. As principais desvantagens deste método residem na necessidade de remoção de lamas ou de substituição da camada filtrante e o controlo do desenvolvimento excessivo de vegetação.

A recarga indirecta por furos de injeção exige a existência de uma zona não saturada acima do nível freático e é uma solução vantajosa em áreas urbanas onde a pouca disponibilidade de terreno, associado ao

seu elevado custo, são factores limitantes para a implantação de zonas de infiltração ou tratamento. Apresenta as vantagens acrescidas da afinação do efluente na zona não saturada e de poderem ser utilizados vários pontos de injeção, o que, comparativamente com a solução centralizada de infiltração no solo, pode resultar na minimização de custos.

Nos projectos de recarga de aquíferos têm que ser avaliados criteriosamente diversos aspectos técnicos, nomeadamente os associados à hidrologia das águas subterrâneas, a procura para utilização e respectivos requisitos de qualidade, entre os quais assumem primordial importância os aspectos relacionados com a protecção da saúde pública. Sob este aspecto, as questões a considerar são equivalentes ao que se passa com a reutilização da água não planeada para uso potável, problema de crescente acuidade, na medida em que tem aumentado enormemente o volume de águas residuais tratadas descarregadas em águas superficiais a montante de captações de água para abastecimento público, que deve satisfazer os critérios de qualidade sanitária mais exigentes.

Em termos de saúde pública, os poluentes mais importantes na recarga de aquíferos com águas residuais tratadas são os microrganismos patogénicos, nomeadamente os vírus entéricos, certos compostos orgânicos, como produtos farmacêuticos e de higiene pessoal e compostos persistentes, que podem actuar como disruptores endócrinos, os metais pesados e os sais. A qualidade exigida ao efluente deve ser máxima no caso de recarga directa, uma vez que o risco de contaminação da água subterrânea é elevado. No caso de recarga indirecta é necessário avaliar o grau de remoção de poluentes que deve ser aplicado ao efluente, tendo em atenção que existem compostos que são removidos com dificuldade em meio poroso (e.g. nitratos, alguns metais pesados e algumas espécies de vírus e bactérias). A constituição do meio poroso (solo natural ou leito filtrante), o nível freático em tempo seco e em tempo húmido e a profundidade das camadas acima do nível freático, são factores relevantes para a avaliação da redução de poluentes proporcionada pela infiltração. Em qualquer caso, é importante ter presente que as águas subterrâneas constituem uma parcela importante das captações para consumo público e industrial e para actividades agrícolas – portanto, a prática de recarga deverá ser rigorosamente controlada e monitorizada.

Independentemente do método utilizado para a recarga, a sua localização deve estar afastada dos pontos de extracção de água, não só para garantir uma adequada mistura do efluente tratado no aquífero e uma regularização da qualidade da água, como para minimizar a eventual rejeição da utilização da água pelo público.

Os factores que com maior peso na utilização desta tipologia de reutilização ou a selecção de um dos três métodos de recarga são as características hidrogeológicas do aquífero e a disponibilidade de terreno, como se pode observar no Quadro 4.

Quadro 4: Condições de utilização dos diferentes métodos de recarga

Parâmetro	Recarga directa	Recarga indirecta com infiltração	Recarga indirecta por furos de injeção
Tipo de aquífero	Confinado e livre	Livre	Livre
Ponto de injeção	Zona saturada	Zona não saturada	Zona não saturada
Tratamento a montante	Secundário, terciário e de afinação	Secundário	Secundário
Taxa de aplicação	2.000 – 6.000 m ³ / furo.d	1.000 – 20.000 m ³ /ha.d	1.000 – 3.000 m ³ /furo.d
Disponibilidade de terreno	Baixa	Elevada	Baixa
Tempo de vida médio (anos)	25 – 50	> 100	5 – 20
Manutenção	Desinfecção e rebaixamento de nível	Remoção de lamas e de vegetação morta	Limpeza e desinfecção

Fonte: (adaptado de [Metcalf e Eddy, 2003; Asano et al., 2007]).

2.5 Reutilização de águas residuais tratada para usos ambientais e recreativos

A reutilização da água para uso recreativo e ambiental consiste na reutilização de águas residuais em massas de águas naturais e artificiais, com vista à prática de actividades recreativas e/ou à preservação ou desenvolvimento de habitats. Entre estas aplicações contam-se os seguintes usos:

- Alimentação de lagos e lagoas naturais ou artificiais, destinados à pesca e desportos náuticos;
- Conservação ou reabilitação de zonas húmidas naturais ou artificiais;
- Reforço do caudal de cursos de água;
- Produção artificial de neve.

A qualidade das águas a reutilizar para usos recreativos e ambientais depende essencialmente da massa de água onde são lançadas e do tipo de contacto humano com essas águas. A turvação, o teor de SST e coliformes fecais são parâmetros de qualidade relevantes neste tipo de reutilização.

Breve descrição da situação a nível mundial

A descarga de efluentes de ETAR no meio receptor é autorizada segundo licenças de descarga mais exigentes, que exigem cada vez mais que o tratamento das águas residuais seja mais eficiente e fiável. Tem sido observado que, uma consequência da descarga nos meios receptores aquáticos de efluentes de melhor qualidade consiste na recuperação dos ecossistemas aquáticos nas proximidades da descarga.

A sociedade actual valoriza a localização de espaços naturais nas proximidades dos aglomerados, como factor de qualidade de vida. Tal valoração estimula os projectos de reutilização de águas residuais tratadas para usos ambientais.

Entre as aplicações ambientais da reutilização de águas residuais tratadas, citam-se: o embelezamento paisagístico de empreendimentos urbanísticos, a conservação ou reabilitação de zonas húmidas (naturais ou artificiais), o reforço do caudal de cursos de água; e a preservação ou desenvolvimento de habitats naturais.

Assim se compreende que a reutilização da água para usos ambientais e recreativos seja o 5.º domínio de aplicação de reutilização de água nos países desenvolvidos, como os EUA, o Japão e a região autónoma da Catalunha, em Espanha. Um bom exemplo ilustrativo deste interesse é o estado da Califórnia, onde 10% das águas residuais reutilizadas são para usos recreativos [US EPA, 2004].

A reutilização de águas residuais tratadas para alimentar zonas húmidas é bastante interessante, não só porque permite o desenvolvimento de habitats para a vida selvagem e a implementação de actividades de lazer e turísticas (ex. passeios de barco), como possibilita a depuração adicional das águas residuais antes do lançamento no meio receptor, podendo servir ainda como bacia de retenção em tempo de chuva.

Em certa medida, a reutilização da água para fins ambientais também encerra em si uma componente de uso recreativo, embora restrito, que consiste na observação da vida selvagem ou no uso da água para a pesca.

A reutilização da água para uso recreativo consiste na reutilização de águas residuais em massas de águas naturais e artificiais, com vista à prática de actividades recreativas. Entre estas aplicações podem contar-se os seguintes usos: a alimentação de lagos e lagoas (naturais ou artificiais) destinados à pesca e desportos náuticos (canoagem, banho e outros); a produção artificial de neve.

2.5.1 Tipos de reutilização da água para usos recreativos

A reutilização da água para usos recreativos pode ser classificada como podendo ser de uso restrito e uso sem restrições.

Uso recreativo sem restrições

Relativo à reutilização de águas residuais em domínios em que é provável e não controlado o seu contacto com o público, ainda que sejam observadas boas práticas de aplicação.

Dado o elevado risco para a saúde pública, o nível de qualidade a exigir ao efluente deve ser máximo. As aplicações de reutilização de águas residuais tratadas em usos recreativos não restritos podem incluir: a alimentação de lagos e lagoas artificiais, embelezamento paisagístico de empreendimentos urbanísticos, e alimentação de áreas para a prática de desportos náuticos e banhos.

Uso recreativo restrito

Pressupõe a reutilização de águas residuais em domínios em que, apesar de ser possível o seu contacto com o público, este é passível de ser controlado, desde que sejam observadas boas práticas de aplicação.

Entre as aplicações de uso recreativo restrito destacam-se as actividades piscícolas e aquícolas.

A qualidade das águas residuais tratadas a reutilizar para usos ambientais e recreativos depende essencialmente da massa de água onde são lançadas e do tipo de contacto humano com essas águas.

As utilizações ambientais associadas à conservação e recuperação de habitats e ecossistemas aquáticos podem traduzir-se de formas diversas, como por exemplo:

- Reforço de caudal de linhas de água praticamente seca no Verão, de modo a criar escoamento suficiente para conservar espécies aquáticas em vias de extinção;
- Criação de zonas húmidas artificiais ou reforço de zonas húmidas naturais para refúgio de aves aquáticas selvagens.

Nestas utilizações é importante que as águas residuais tratadas não transportem substâncias tóxicas para a vida aquática, como cloro residual ou azoto amoniacal. É importante o apoio técnico de biólogos especializados em espécies a proteger. Quando estas linhas de água e zonas húmidas são também utilizadas para fins de recreio e lazer, haverá ainda que considerar, prioritariamente, a possibilidade de contaminação dessas águas com microrganismos patogénicos.

Nas aplicações de reutilização da água para usos recreativos, mesmo restrito, o factor mais importante é a salvaguarda da saúde pública. Assim, os parâmetros de qualidade microbiológica são de fundamental importância.

A qualidade da água deve ser monitorizada durante um período longo, da ordem de 3 anos, antes de se concluir que essa qualidade é compatível com as normas de qualidade estabelecidas para tais usos (banho, desporto náuticos, actividades piscícolas, etc.).

Critérios de qualidade de águas residuais tratadas reutilizadas para usos ambientais e recreativos

A turvação, o teor de sólidos suspensos totais e de coliformes fecais são os parâmetros de qualidade mais relevantes no âmbito da reutilização de águas residuais tratadas para usos recreativos e ambientais. Para esta última utilização pode ainda ser interessante monitorizar a concentração de metais pesados, de compostos orgânicos residuais, pois tendem a acumular-se em níveis elevados nos tecidos de alguns

membros da cadeia alimentar, como os peixes e as aves. O pH, o oxigénio dissolvido e os nutrientes também podem ser parâmetros de interesse relevante.

A maior parte das aplicações focadas não tem grandes exigências em termos de sistemas de transporte, elevação e armazenamento, desde que estejam localizadas em locais próximos da estação de tratamento e que seja possível o transporte gravítico. Contudo, como as características de qualidade são diferentes, para algumas aplicações pode ser necessário um tratamento complementar, respeitando as normas legislativas postas em vigor.

2.6 Reutilização de águas residuais tratada para usos urbanos não potáveis

As águas residuais tratadas podem ser aplicadas em algumas utilizações urbanas que consomem água potável sem que exista a necessidade de usar água de tão elevada qualidade, designadamente: descarga de autoclismos, lavagem de ruas, lavagem de contentores de resíduos urbanos, lavagem de veículos, varrimento de colectores, embelezamento paisagístico de empreendimentos urbanísticos por meio de lagos, fontes, cascatas de água, combate a incêndios, ar condicionado.

Em cidades superpovoadas do Extremo-Oriente (Singapura, Japão, por exemplo), alguns edifícios já são equipados com rede predial dupla: para abastecimento de água potável e de águas residuais tratadas para a descarga de autoclismos.

Essencialmente, os factores condicionantes da reutilização da água para fins urbanos não potáveis estão relacionados com o custo e com a qualidade da água, e consequentemente, com o tratamento das águas residuais.

Por razões económicas, a reutilização para usos urbanos não potáveis pratica-se nas proximidades da ETAR.

Critérios de qualidade de águas residuais tratadas reutilizadas para usos urbanos não potáveis

A reutilização de água residuais tratadas para usos urbanos tem interesse quando justificada por um significativo volume de água pretendido para as diversas aplicações inventariadas e quando estas não se localizam a grande distância da ETAR.

O custo da instalação de rede dupla – para abastecimento de água para reutilização e de água potável – constitui a limitação mais séria à reutilização da água em aplicações urbanas não potáveis, pois só se viabiliza em novos empreendimentos.

Porém, o custo de outras infra-estruturas, como reservatórios de armazenamento e instalações de tratamento complementar, também podem pesar significativamente nos custos do projecto.

A fiabilidade do abastecimento da água a reutilizar em qualidade é sem dúvida um factor condicionante da sua reutilização. O mesmo se pode dizer da fiabilidade do fornecimento da água em volume, que é mesmo crucial no caso da reutilização para combate a incêndios.

A qualidade da água constitui, naturalmente, um factor condicionante, diferente de utilização para utilização. Se a construção pesada e a fusão de neve podem ser compatíveis com efluentes secundários, desde que utilizados de acordo com práticas correctas para protecção dos operadores, já a água reutilizada para descarga de autoclismos, condicionamento de ar e combate a incêndios deve apresentar características de qualidade que não favoreçam a ocorrência de crescimento de biofilmes nas paredes das tubagens, fenómenos de corrosão e incrustações.

A precipitação de sais é o factor condicionante mais importante na reutilização da água como fluido de arrefecimento, como nos equipamentos de ar condicionado.

A protecção da saúde pública e de quem opera com os sistemas de reutilização da água é um factor condicionante em todas as aplicações urbanas não potáveis, mas especialmente importante quando existe a possibilidade de as crianças contactarem com estas água, o que acontece na reutilização para descarga de autoclismos e nas utilizações ornamentais.

Alguns parâmetros organolépticos, como a cor e o odor, são importantes para a aceitação da utilização de águas residuais, nomeadamente na reutilização para descarga de autoclismos.

IV. Caracterização da estação de tratamento da água residual do Palmarejo

Estação do Tratamento de Água Residual (ETAR) é certamente o destino mais adequado á promoção da saúde publica e a preservação dos recursos hídricos, de modo a evitar a sua contaminação. Assim, as ETAR têm como objectivos o tratamento finais das águas residuais produzidas pelas populações, permitindo uma possível reutilização destas, através de um processo longo e faseado. A escolha de um sistema de tratamento é determinada por vários factores: características quantitativas e qualitativas das águas residuais, localização do sistema e objectivos de qualidade que se pretendem imposição do grau de tratamento. As tecnologias de tratamento de águas residuais numa ETAR deve consistir em quatro fases, designadas tratamento preliminar, primário, secundário e terciário.

1. Área de influência da ETAR do Palmarejo

A ETAR do Palmarejo foi reabilitada em 2007 para servir toda a cidade num horizonte de 20 anos. Actualmente, os bairros servidos são Palmarejo, Achada Santo António, Tira-Chapeu Industrial e Terra Branca cujo drenagem é por gravidade e são zonas baixas da cidade (Fazenda, Várzea, Lém Ferreira, Prainha) mais os bairros de Plateau, Achadinha, Bairro Craveiro Lopes e Eugénio Lima cuja drenagem é por bombagem. A zona Norte da Cidade não tem rede pública de esgoto, estando previsto o seu arranque para meados de 2009.

Bases de dimensionamento

A ETAR do Palmarejo fio dimensionada para um período de 20 anos, tendo um caudal mínimo de 800 m³/d e um máximo de 14000 m³/d. Por dificuldade operacionais a taxa de ligação domiciliária é baixa, rondando os 7% do total das casas. Por isso a ETAR opera com valores mínimos de caudais, criando constrangimento operacionais. Os dados de base, usados no redimensionamento da estação do Palmarejo, constam do Quadro-5.

Quadro 5: Características da água residual afluyente e bases de dimensionamento

Parâmetros	Unidade	Valores de Base
Caudal (diário)	m ³ /d	8120
Caudal (horário)	m ³ /h	338
Caudal de ponta	m ³ /h	576
Temperatura	°C	27
pH	Escala de Sorensen	6-8
Carga CQO	Kg/d	5855
Concentração CQO	mg/l	721
Carga CBO	Kg/d	2664
Concentração CBO	mg/l	328
CBO/CQO	-	0,45
Carga SST	Kg/d	2487
Concentração de SST	mg/l	306
Concentração do Azoto Total	mg/l	50
Concentração do Fósforo Total	mg/l	10

Recursos humanos afectos

A rede de saneamento e a ETAR do Palmarejo tem uma gestão privada, sendo patrimónios da ELECTRA, SA. Tratando-se de uma empresa multifacetada, os técnicos afectos a outros serviços podem ser solicitados sempre que se justificar. Contando, os recursos humanos directamente afectos a este serviço são os constantes do Quadro 6.

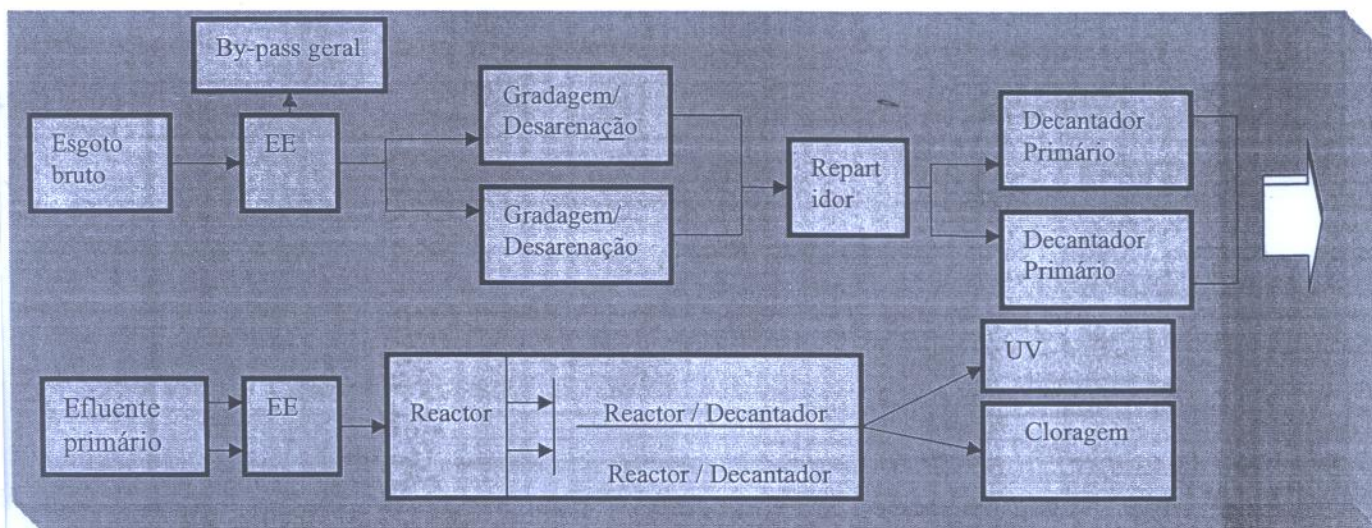
Quadro 6: Quadro do pessoal afecto á ETAR

Posto de trabalho	N.º de lugares	Qualificação	Afectação ao serviço
Direcção	1	Técnico Superior	8h/d
Laboratório	2	Técnico Analista	8h/d
Manutenção	1	Técnico superior	Regime de chamada
Operação	8	Operador não especializado	8h/d em regime de turno

2. Esquema de ETAR do Palmarejo

O processo segue três níveis de tratamento, cada um dos quais com um conjunto de operações unitárias discriminadas no esquema representado na figura 1.

Figura 1- esquema de ETAR do Palmarejo



3. Operações Unitárias

A ETAR do Palmarejo, construída em 1997, foi reabilitada e ampliada em 2007 de forma a servir toda a cidade por um período médio de 20 anos. ETAR possui três níveis de tratamento, o primário, o secundário e o terciário, cada um dos quais com seguintes operações unitárias:

Tratamento primário

O tratamento primário é essencialmente físico, tendo por objectivo remover da água os poluentes que sedimentam ou flutuam facilmente. Em média, esta operação remove cerca de 60% de Sólidos Suspensos Totais (SST) e 35% de Carência Bioquímica do Oxigénio (CBO). É constituída por seguintes operações:

Tratamento preliminar

A estação de bombagem do efluente bruto justifica-se pelo facto de os órgãos a jusante situarem a uma cota superior. Ela encontra-se munida de bombas (três) de capacidade unitária de 99,6 l/s, medidores de nível de caudal e um, by-pass geral que permite pôr a estação fora de serviço.

Gradagem/ Desarenação

As operações de gradagem e desarenação servem para remover materiais sólidos, grosseiros no primeiro caso, e materiais com dimensões areia no segundo. Na ETAR do Palmarejo estas operações encontram-se montadas em duas linhas paralelas entre si. Em cada linha existem duas grades, sendo a segunda, mais fina e de limpeza mecânica. A remoção dos materiais grosseiros nas primeiras faz manualmente. A jusante da grade existem dois desarenadores de geometria rectangular, com remoção de areia por bombas air lift.

Decantação primária

È um processo físico de separação dos componentes com densidades diferentes. Os sólidos suspensos com dimensão específica, superior á da água, sedimentam no fundo formando lamas. Os de pesos específicos inferior a da água são removidos como sobrenadantes por intermédio de um descarregador de superfície e recirculados para o posso das lamas onde se misturam com as lamas de fundo. Nesta ETAR existem dois decantadores primários montados em paralelo, ambos de geometria rectangular, diferenciados apenas no tamanho.

Tratamento Secundário

O tratamento secundário na ETAR do Palmarejo é feito por um processo biológico de lamas activadas em regime de arejamento prolongado. O sistema é constituído por um reactor biológico e dois decantadores lamelares, não convencionados designado trivialmente de UNITANK. A injeção do ar comprimido é feita por difusores de fundo, alimentados por três compressores de capacidade nominal de 29,8l/s.

Neste processo prevê-se a remoção de cerca de 85% de CBO5 solúvel remanescente do tratamento primário, e alguma percentagem de azoto e fósforo, sendo este ultimo por incorporação biológica.

Tratamento terciário

O tratamento terciário é um tratamento complementar, tendo como objectivo a eliminação de nutrientes, microrganismos patogénicos, matérias orgânicas, sólidos em suspensões, substâncias sólidas e gases dissolvidas. Na ETAR do Palmarejo este tratamento visa essencialmente remover microrganismos patogénicos por acção de raios ultravioletas artificiais (lâmpadas de mercúrio) e desinfecção complementar com hipocloreto de cálcio (CaHOCL_2).

A desinfecção por acção de raios ultravioletas não produz qualquer resíduo tóxico, e obtêm óptimos resultados na destruição de microrganismos patogénicos, apresentando-se a solução mais adequada para um tratamento terciário.

A desinfecção por acção de hipocloreto de cálcio é o sistema de tratamento mais utilizado sendo o mais económico. Implacável com bactérias, este método é porem, bastante eficaz na eliminação de microrganismos, esta técnica contribui para redução de odores em estação de tratamento de água residual e com elevado grau de eficiência (AEA, 1998).

Linha de lamas

A Linha de lamas é constituída por um reservatório de lamas mistas (primárias e secundárias), um espessador gravítico, um digester anaeróbio aquecido com produção de biogás e por último uma pressão de desidratação.

Atendendo o baixo fluxo afluente a estação, o volume de lamas é suficiente para fazer funcionar estes órgãos, encontrando os mesmos desactivados. A pequena quantidade de lamas gerada é espessada e estabilizada quimicamente antes de depositado na lixeira municipal.

4. Parâmetros indicadores da qualidade de água residual

O tipo e quantidade de produtos que existem nas águas residuais dependem do uso dado à água, afluente às redes de drenagem variando de caso para caso, sendo difícil fazer uma caracterização rigorosa qualitativa e quantitativa. Para simplificar esta tarefa foram definidos alguns parâmetros para a caracterização de esgotos que são satisfatórios para avaliar a carga poluidora e fazer previsões sobre o impacto que podem provocar sobre o meio ambiente.

Teor em sólidos

A quantidade dos sólidos em suspensão, coloidais ou dissolvidos, quer do tipo orgânico quer do tipo mineral, permite deduzir a quantidade de partículas que pode ser removida mediante operações de sedimentação, (Santino Di Berardino- projecto GLOBNATURE).

Os sólidos presentes na água podem ser classificados de acordo com o seu tamanho:

- ❖ Os sólidos em suspensão sedimentam e podem ser retirados por decantação, com um diâmetro médio superior a 0,02 mm.
- ❖ Os sólidos coloidais, podem também ser parcialmente separados com uma operação de filtração mecânica, atravessando uma malha muito fina de diâmetro médio entre 0,0002 e 0,02 mm.
- ❖ Os sólidos dissolvidos, tendo uma dimensão substancialmente mais pequena, não conseguem sedimentar, só pode ser separados por evaporação ou por membranas moleculares (osmose inversa), por estar na mesma fase que o líquido com um diâmetro médio menor que 0.0002 mm.

Sólidos totais (ST) – indicam a quantidade total da matéria (mineral e orgânico) presente. Determina-se por secagem da amostra até um peso constante numa estufa a uma temperatura entre 103°C a 105°C.

Sólidos voláteis (SV) – indicam a percentagem de matéria orgânica contida nos sólidos totais. A amostra é aquecida a alta temperatura (550°C) numa mufla de modo que a matéria orgânica se volatilize. A quantidade de sólidos voláteis corresponde a diferença de peso entre os sólidos totais e o peso do resíduo que fica depois da volatilização.

Sólidos suspensos totais (SST) – A amostra de resíduo é filtrado separando-se uma fracção líquida ou dissolvida e uma fracção de material com maior dimensão, separada pelo filtro, que é seca e pesada. Esta análise permite deduzir a quantidade de partículas que pode ser removida mediante operações de filtração e permite prever que tipo de processo (sedimentação, flotação ou filtração) deve ser utilizado para remover os SST da água residual.

Sólidos suspensos voláteis (SSV) – determina-se de uma forma semelhante ao referido para os sólidos voláteis, com a diferença de incidir apenas sobre a fracção em suspensão.

pH

Representa a concentração de iões H^+ , dando no meio em causa uma indicação sobre a reacção de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Nos tratamentos que empregam processos biológicos o pH deve ser controlado dentro de uma gama favorável à actuação dos organismos envolvidos. O pH das águas residuais domésticas varia no intervalo entre 6,5 e 8,5 mas geralmente, é ligeiramente alcalino (DUARTE, 2007/2008).

Temperatura

É a intensidade de calor, sendo originada de forma natural pela transferência de calor, do solo e do ar (convecção e condução) ou pela radiação solar directamente.

A sua importância decorre do facto de ela afectar a taxa das reacções químicas e biológicas assim como a solubilidade dos gases (O_2 e H_2S).

Condutividade eléctrica

A condutividade eléctrica mede a capacidade da água transmitir a corrente eléctrica devido a presença de iões (catiões e aniões). Por conseguinte ela é um indicador da mineralização de uma água, seja ela potável ou residual.

A sua determinação faz-se por intermédio de um condutímetro, sendo os resultados expressos em $\mu S/cm$ ou mg/l , consoante se tratar de condutividade eléctrica do grau de sais dissolvidos totais.

Nutrientes (azoto, fósforo, enxofre)

Os nutrientes contidos nos esgotos dão origem a fenómeno de eutrofização quando lançados no meio receptor, na medida em que estimulam o crescimento das plantas e algas, devendo ser removidos por processos apropriados até aos limites fixados pela legislação.

As quantidades relativas de nutrientes dependem do tipo de processo de tratamento biológico a que o substrato será submetido. Nos processos aeróbios considera-se que uma relação C/N/P de 100/5/1 seja óptima. No caso dos processos anaeróbios são tolerados valores bastante mais baixos de azoto (N) e fósforo (P) relativamente ao carbono (C) (300/5/1). Por outro lado quantidades elevadas de azoto e enxofre (S) podem ser prejudiciais ao processo.

O controle de nutrientes exige determinações analíticas um pouco mais complexas, sendo efectuado com bastante frequência (Santino Di Berardino- projecto GLOBNATURE).

Metais pesados

Muitos dos metais pesados são tóxicos em concentrações muito baixas, podendo intervir em diversos níveis da cadeia ecológica, com efeitos prejudiciais. Nos esgotos domésticos encontram-se, frequentemente, níveis elevados de metais pesados, os quais interferem com os processos de tratamento, derivados de descargas industrial de pequenas unidades, (Santino Di Berardino- projecto GLOBNATURE).

Carência química de oxigénio (CQO)

É extensivamente utilizada para caracterizar a fracção orgânica de um esgoto. Este parâmetro efectua uma medida indirecta da matéria orgânica, na medida em que indica a quantidade de oxigénio necessária para oxidar com produtos químicos os compostos orgânicos.

A sua determinação é feita utilizando-se uma solução padronizada de dicromato de potássio e um reagente ácido sulfúrico contendo sulfato de prata que irão destruir toda a matéria orgânica presente na amostra. Esta mistura é aquecida e fica em refluxo durante duas horas (2h), em seguida resfria-se a amostra, dilui-se e se titula o dicromato remanescente com sulfato de amónia ferroso, usando como indicador ferroso.

As principais vantagens deste método são o tempo (1 a 2 h) para ser realizado, fornece uma indicação da necessidade de O₂ para oxidar a matéria orgânica e não é afectado pela nitrificação (mede apenas matéria orgânica (MO) carbonácea).

Carência bioquímica de oxigénio (CBO)

Exprime a quantidade de matéria que pode ser biodegradada pelos microrganismos naturais. Mede a quantidade de oxigénio (em mg de O₂/L) necessária para a oxidação biológica da matéria orgânica presente na água.

A sua determinação é efectuada incubando uma amostra de esgoto contendo oxigénio e microrganismos a uma temperatura controlada de 20°C, observando-se o consumo do oxigénio, com o passar do tempo. Durante os primeiros 5 dias o consumo do oxigénio é devido essencialmente á oxidação da matéria orgânica. Um litro de esgoto doméstico consome, em média, 300mg de oxigénio em 5 dias.

Depois observa-se a conversão do azoto em nitritos e nitratos operada pelas bactérias nitrificantes, o que aumenta o consumo de oxigénio.

O teste de CBO₅ é uma forma de simular o que acontece num meio aquático a seguir á descarga de águas residuais, permitindo avaliar o consumo de oxigénio.

A estabilização completa da matéria orgânica demora, em termos práticos, vários dias (cerca de 20 dias ou mais para esgotos domésticos). Esta CBO medida após 20 dias é a carência bioquímica última de oxigénio (CBO_u). Contudo este tempo inviabiliza qualquer monitoramento de processo.

Faz-se então necessária a diluição para reduzir o consumo de oxigénio de forma que ele seja inferior ao oxigénio disponível na amostra.

Dentro os interferentes destacam-se os resíduos de matéria orgânica; o ar; a luz que pode provocar a formação de algas; tóxicos e a acidez ou alcalinidade (as amostras são neutralizadas com NaOH e H₂SO₄).

Dentre as vantagens de CBO destacam-se:

- A indicação aproximada da fracção biodegradável
- A indicação da taxa de degradação e de consumo de O₂
- Determinação aproximada da quantidade de O₂ necessário para estabilizar a matéria orgânica

Como desvantagens temos as seguintes limitações:

- Os microrganismos podem não estar adaptados _ falsa CBO₅ diminui.
- Metais pesados e outras substâncias tóxicas podem inibir ou matar os microrganismos
- Deve-se inibir os microrganismos nitrificantes para não haver consumo de O₂ por eles
- O teste demora 5 dias _ controle

Apesar disso tudo a CBO₅ tem importância fundamental no dimensionamento de unidades de tratamento na legislação para padrões de lançamento e classificação de água.

Oxigénio dissolvido (OD)

É importante para a sobrevivência dos seres aquáticos aeróbios e para a decomposição biológica da matéria orgânica. Este parâmetro também é utilizado no controle do fornecimento de oxigénio para os processos aeróbios, por forma a minimizar desperdícios de energia. Caso se realizam reacções anaeróbias o oxigénio tenha sido consumido, pode gerar maus odores.

Em termos de água residuais, é necessário uma concentração mínima de 1mg/L de oxigénio dissolvido nos reactores dos sistemas aeróbios.

A sua determinação é feita em frascos de carência bioquímica do oxigénio (CBO). A modificação ácida do método adométrico é a técnica química mais comum.

O óxido mangânico é convertido para manganês manganoso enquanto que uma quantidade equivalente de iodeto é convertido a iodo livre. A quantidade de I é equivalente ao oxigénio dissolvido da amostra inicial.

Carbono orgânico total (COT)

Neste teste instrumental o carbono orgânico é medido directamente, e não indirectamente como na CBO, CQO e OD, em que se mede o O₂ consumido. Ele tem-se mostrado satisfatório com amostras de reduzida teor de matéria orgânica.

O teste mede todo o carbono liberado na forma de CO₂. Para garantir que o carbono orgânico seja medido, as outras formas inorgânicas devem ser removidas (O₂, HCO₃, etc.).

Microrganismos indicadores de contaminação fecal

A detecção dos agentes patogénicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus, em uma amostra de água é extremamente difícil, dadas as suas baixas concentrações.

Este obstáculo é superado através do estudo dos organismos indicadores de contaminação fecal. Estes organismos não são patogénicos, mas as suas presenças são indicadores da potencialidade da água transmitir doenças.

Os organismos mais comuns utilizados para esta finalidade são as bactérias do grupo coliforme porque existem em grande número contida nas fezes humanas (1/3 a 1/5 do peso das fezes) e nas de animais de sangue quente e apresentam resistência similar a maioria das bactérias patogénicas intestinais.

Como o grupo dos coliformes totais inclui géneros que não são de origem exclusivamente fecal, este facto limita a aplicação como indicador específico de contaminação fecal. Então para a identificação de um subgrupo de coliformes designados termo tolerantes pela sua capacidade de fermentar a lactose a 44,5°C.

Embora tenha sido um avanço, dentro deste grupo há outros coliformes, além da *Escherichia coli*, que não são de origem fecal (como *Klebsiella*). Em razão disso a tendência é a detecção específica de *Escherichia coli* por ser de origem exclusivamente fecal.

Os coliformes fecais e totais são indicadores da contaminação sanitária, e o seu controle é geralmente feito quando se prevê a utilização agrícola dos resíduos ou a descarga em locais com utilização balnear.

V. Parâmetros e métodos analíticos utilizados na monitorização da água tratada

A monitorização da qualidade final é fundamental para melhor definir o tipo de uso a destinar uma água residual tratada. No entanto, a sua reutilização coloca constrangimentos de ordem sociocultural, económicas, institucional e fundamentalmente de ordem técnica. O plano de monitorização elaborado, não

obstante as limitações técnicas, obedece o normativo estabelecido no Anexo III do Decreto-Lei n.º 8/2004, relativo aos valores limites de emissão (VLE) para águas residuais (quadro 7).

Quadro 7: Parâmetros monitorizados e métodos utilizados na ETAR do Palmarejo

Parâmetro	Método analítico utilizados	Norma	Método analítico constante do Decreto-Lei nº8/2004
Temperatura (°C)	Termometria	SMEWW	Termometria
pH	Electrometria	SMEWW	Electrometria
Condutividade (µS / cm)	Electrometria	SMEWW	Electrometria
OD (mg/l)	Electros específicos	SMEWW	Método de Winkler Eléctrodos específicos
SST (mg/l)	Filtração por membrana porosa de 0,45µm, secagem a 105°C e pesagem – método gravimétrico	SMEWW	Centrifugação (tempo mínimo de cinco minutos. Aceleração média de 2800g a 3200g), secagem a 105°C e pesagem. Filtração por membrana porosa de 0,45µm, secagem a 105°C e pesagem.
CBO (mg / l O ₂)	Determinação de O ₂ dissolvido antes e após cinco dias de incubação a 20°C ± 1°C ao abrigo da luz, com adição de um inibidor da nitrificação.	Proc. MERCK	Determinação de O ₂ dissolvido antes e após cinco dias de incubação a 20°C ± 1°C ao abrigo da luz, com adição de um inibidor da nitrificação
CQO (mg / l O ₂)	Método do dicromato de potássio	Proc. MERCK	Método do dicromato de potássio
Coliformes fecais (NMP/100ml)	Fermentação em tubos múltiplos. Subcultura dos tubos positivos em meios de confirmação. Determinação do NMP	SMEWW/ ISO 9308-1	Fermentação em tubos múltiplos. Subcultura dos tubos positivos em meios de confirmação. Determinação do NMP Ou Filtração através de membrana e cultura em meio apropriado, subcultura e identificação de colónias suspeitas.
Fósforo total mg/ l P ₂ O ₅	-----	SMEWW	Espectrometria de absorção molecular
Azoto total	-----	SMEWW	-----

SMEWW – Standart Method for the Examination of Water and Wastewater

OD – Oxigénio dissolvido; CBO – carência bioquímica de oxigénio; CQO, carência química de oxigénio; SST – sólidos suspensos totais

As limitações técnico-laboratoriais não permitiram a quantificação de alguns parâmetros estipulados na norma acima citada, tais como metais pesados. Para determinação dos parâmetros analisou-se os materiais a seguir discriminados. Na determinação da temperatura e do pH utilizou-se uma sonda calibrada de marca HACH, modelo SenSion 1. A condutividade foi determinada com um condutivímetro da marca Crison

modelo 8, enquanto que para o oxigénio dissolvido se usou um microprocessador de marca HANNA modelo HL9143. Para determinar os sólidos suspensos totais usou-se bomba de vácuo, filtros de fibra de vidro e uma estufa de 1000°C (HK-11). Quanto a carência bioquímica de oxigénio usou-se uma incubadora Ox Direct enquanto que na determinação da carência química de oxigénio usou-se reactor Box 389 Loveland para a digestão e um espectrofotómetro (DR/2010) para a leitura.

VI. RESULTADOS DA EXPLORAÇÃO

1. Caudais afluentes á ETAR

Durante o período da exploração da ETAR no mês de Julho á Agosto foram mostrados valores dos caudais afluentes á estação que constam no gráfico de figura 2 foram da ordem de grandeza do valor mínimo 800 m³/d de funcionamento da estação.

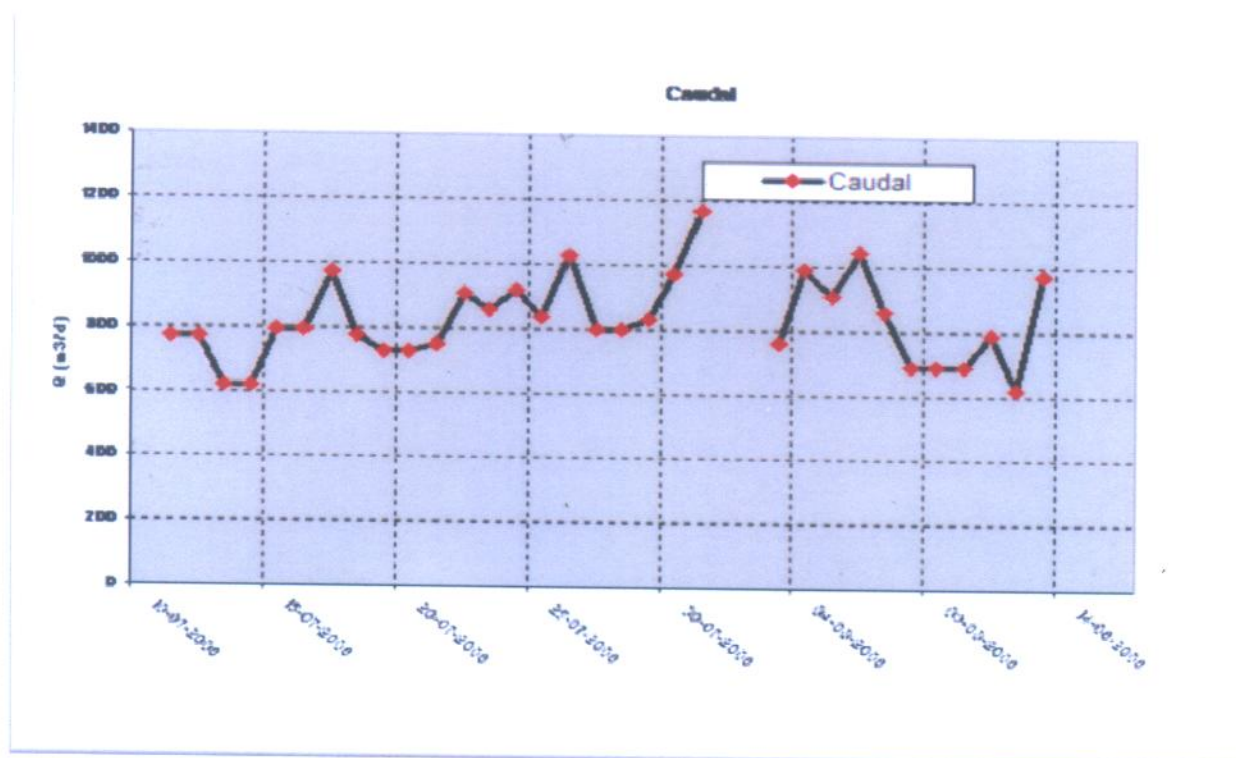
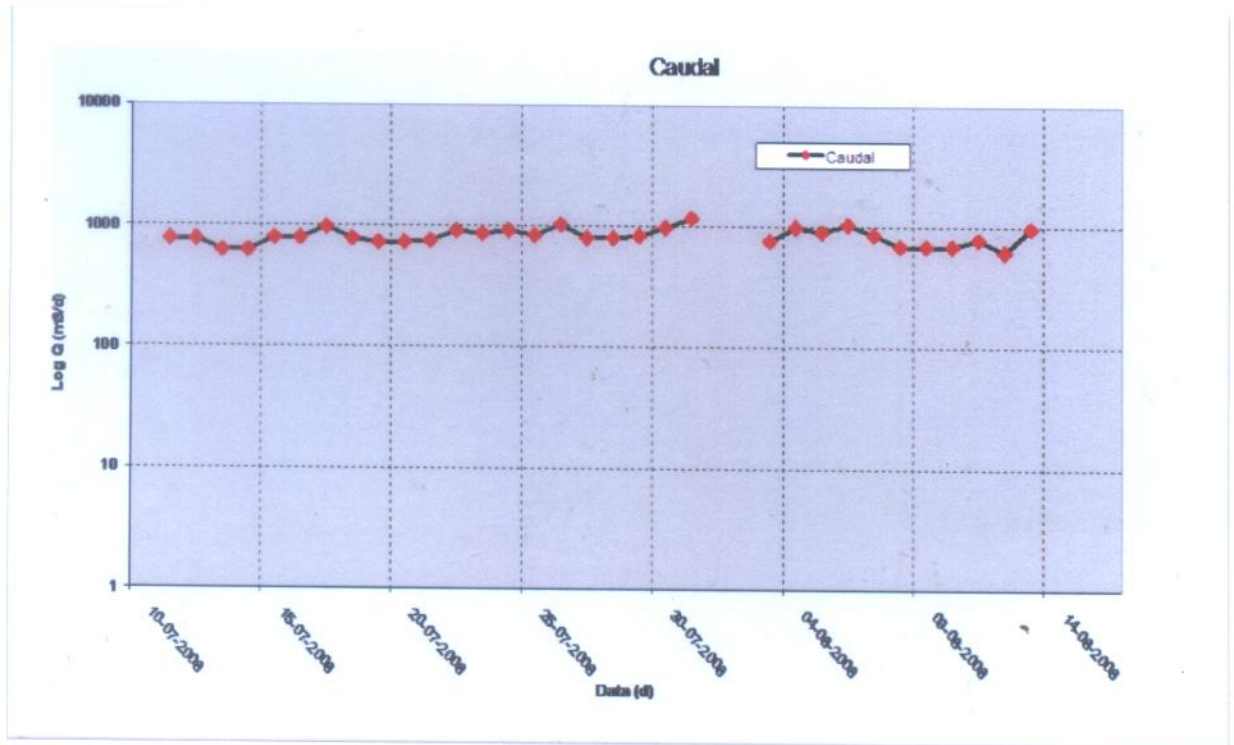


Gráfico 1: Caudal diário afluyente á ETAR no período de 10 de Julho a 14 de Agosto



2. Análises médias efectuadas durante três meses da exploração da ETAR

No laboratório da ETAR foram analisadas as amostras, determinando os parâmetros físico-químicos. Os dados obtidos são num período de três meses Maio, Junho e Julho de 2007, em anexo segue-se as análises feita durante esses três meses, onde são representadas no quadro 10 os n.ºs de amostras e os valores médias da exploração.

Quadro 8: – análises médias efectuadas durante três meses da exploração da ETAR

Parâmetros	Unidades	N.º de amostras da exploração	Valores médias de exploração	Valores do projecto	Decreto-Lei n.º8/2004 (VLE)
pH	Escala de sorensen	55	7,5	6-8	6-9
Salinidade	µS/cm	56	1,1	-	-
Condutividade	mg/l	56	2.66	-	-
Temperatura	mg/l	56	32,38	-	-
OD	mg/l	56	2,80	-	
SDT	mg/l	56	1220	-	
CBO5	mg/l	7	65	<80	40
CQO	mg/l	7	181	<15	150
SST	mg/l	13	48	<20	60

3. Resultados obtidos

Durante o período de estágios de Julho á Agosto fizemos a análises dos parâmetros físico-químico e microbiológico. O quadro 11 representa os n^os de amostras e os valores médios obtidos durante o mês de Julho á Agosto.

Quadro 9: Resultado das análises do efluente final

Parâmetros	Unidade	N ^o de amostras	Valores médios obtidos
pH	Escala de sorensen	1	7
Condutividade	µS/cm	4	2.36
SDT	mg/l	4	1200
OD	mg/l	2	3.03
CQO	mg/l	2	188
CBO	mg/l	1	57
SST	mg/l	4	28
Óleos e gorduras	mg/l	-	-
Azoto total*	mg/l	-	-
Fósforo Total*		-	-
C. Fecais*	NMP/100 ml	1	20

* Fonte: Laboratório de Águas, no Palmarejo

VII. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O objectivo do trabalho é analisar a qualidade final da água residual tratada e avaliar à luz das normas existentes, a possibilidade da sua reutilização que pode ser na agricultura, na indústria e nos meios urbanos. Deste modo, não obstante as limitações, foram analisados parâmetros físico-químico e microbiológico do efluente final, com finalidade de produzir informações credíveis que permitem suportar decisões.

As amostras dos resultados obtidos durante o período de estágio são pouco devido a vários constrangimento causado durante o período de estágio.

Os processos unitários trabalham a base de energia eléctrica e durante esse tempo houve vários cortes de energia na cidade da Praia, falta de reagentes no laboratório, danos nas matérias laboratoriais (aparelho do pH) e avaria no processo de tratamento da água.

Embora o objectivo final passe pela reutilização do efluente final, mas presentemente o efluente é descarregado no mar por intermédio de um emissário submarino, por falta de clientes.

Comparando os resultados da exploração com os VLE do Decreto-lei n.º 8/2004 (Quadro-7), pode-se verificar que alguns parâmetros tais como, a Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO) e Carência Química de Oxigénio (CQO) apresentaram valores médios superiores aos Valores Limites de Emissão estipulados no Decreto-Lei acima referido e por conseguinte superior aos valores objectivo do projecto. Esses resultados menos satisfatórios poderão estar relacionados com o baixo fluxo de caudal à estação por vezes, inferior ao mínimo estabelecido.

Por outro lado, o terceiro nível de depuração, tem proporcionado uma redução significativa de coliformes fecais, por vezes, com valores inferiores ao do projecto. O valor de 20 NMP/100 ml, em coliformes fecais, resulta de apenas uma determinação e por isso não pode reflectir a situação mais frequente.

O valor objectivo estabelecido no projecto é de 200NMP/100ml que de resto é coerente com os valores estipulados pelas normas Internacionais (Organização Mundial de Saúde – OMS e Environmental Protection Agency-EPA).

Os valores estipulados pela OMS em matéria de reutilização de águas residuais são de 1000NMP/100ml enquanto que a EPA é mais restritiva. As directrizes estabelecidas pela EPA são:

- Para irrigação de zonas de acesso público restrito em que as colheitas não se destinam para o consumo humano apenas é necessário o tratamento primário.

- Para rega de produtos agrícolas que não sejam consumido cru pelo homem, faz-se tratamento biológico com remoção de coliformes até 1000NMP/100ml.
- Para aplicação em zonas de acesso publico com parques, campo de golfe, tratamento biológico seguido de afinação dos teores de CBO5 e SST e um valor máximo de 200NMP/100ml em coliforme fecais.

Embora os resultados não são totalmente concludentes relativo à reutilização do efluente final na rega, na medida em que as normas vigentes estabelecem monitorizações de outros parâmetros que não foram determinados neste estudo (ex. metais pesados), eles são indicativos de uma possível reutilização sem grandes riscos para saúde pública e para o meio ambiente.

VIII. CONCLUSÃO

A reutilização de água residual tratada consiste na utilização de água residual tratada para uma aplicação com benefício económico ou ambiental, pode ser reutilizadas múltiplas vezes e para finalidades diferentes desde que seja submetida a tratamento.

Visto que a ETAR representa uma alternativa favorável para os municípios, cidades, ou país que enfrentam problemas de escassez de recursos hídricos, quando á uma reutilização da água residual tratada atendendo diversos usos, em particular a produção agrícola, na industria e para fins urbanos.

Na ETAR do Palmarejo o maior problema é a reutilização da água residual tratada, mesmo com todos os processos de tratamento, pois é necessário efectuar todos as análises necessária principalmente os de coliformes sendo o considerado mais perigoso para a saúde pública e o meio ambiente em geral.

Para obter uma reutilização de águas residuais tratada segura a necessidade de estabelecer critérios ou normas da legislação em vigor.

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.E. Greenberg, L. S. Clesceri, A. D. Eaton, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18, APHA, AWWA, WEF, Washington, De 2005, (1992).
- Agência Europeia de Ambiente. "Sistema de Águas Residuais Urbanas", (1998).
- Ana Maria do C. S. MONTEIRO Engenharia Química, Departamento de Estudos e Projectos - LUSAGUA- Gestão de Águas, S.A., Portugal, João Carlos DAMASCENO Engenharia Electrotécnico, Director Departamento de Saneamento - LUSAGUA- Gestão de Águas, S.A., Portugal.
- Andreoli, C.V., Von Sperling, M., Fernandes, F. (2001). Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Lodos de Esgotos: Tratamento e Disposição Final.
Ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, DESA-UFMG, Companhia de Saneamento do Paraná, SANEPAR.
- ANGELAKIS, A.; MARECOS DO MONTE, H.; BONTOUX L.; ASANO, T. - The status of Wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. Water Res.33, 10, pp. 2201-2217, 1999.
- ASANO, T. - Water from (Waste) Water - The Dependable Water Resource. Stockolm Water Prize Laureate Lecture, delivered at the 11th Stockolm Water Symposium August 12-18, Stockolm, Sweden, 2001.
- ASANO, T.; BURTON, H.; TSUCHIHASHI; TCHOBANOGLIOUS, G. - Water Reuse - Issues, Technologies and Applications. Mc Graw-Hill, New York, 2007.
- BELTRÃO, J., ORON, G., FALEIRO, M. L., DOMINGOS, H., BRITO, J. C. - "Rega com água residual parcialmente, tratadas - Um projecto para o desenvolvimento do Algarve", in 8º Congresso do Algarve, 1995
- D'AZEVEDO, Teixeira, Rita. Natrulink, 2000
- Decreto-Lei nº 8/ 2004, D.L - I Série nº.6, 23 de Fevereiro de 2004

DUARTE, A. Elizabeth. Tratamento de Efluente, INIDA 2007/2008.

Eng. Berardino Di Santino, Manual de Formação para a Área Ambiental – Projecto GLOBNATURE

FERNANDES, Pedro João., Engenheiro do Ambiente, Setal Degrémont, Rua Gen, Ferreira Martins, 83ºA, Ed. Eça de Queirós, Miraflores, 1445 Algés. RICARDO, Isabel. Engenheira Química, Setal Degrémont, Rua Gen, Ferreira Martins, 83ºA, Ed. Eça de Queirós, Miraflores, 1445 Algés, "Reutilização de águas tratadas", 2000.

FORTES, Antão. Elaboração duma estratégia para a reutilização de águas residuais nas zonas urbanas de Cabo Verde, Maio de 2002, Praia.

MARECOS DO MONTE, M. H. – "Contributo para a reutilização de água residuais tratadas para irrigação em Portugal". Vol.1, Fevereiro 1994.

MINISTÉRIO DO AMBIENTE E DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO. Plano Estratégico de Abastecimento de Águas Residuais, Abril 2000-2006.

NORMA PORTUGUESA (NP-4434), Subcomissão 3, "Reutilização de Águas Residuais", da Comissão Técnica Portuguesa de Normalização CT 90, " Sistema de Saneamento Básico", 2005.

ORON, G., BEATRÃO, J. - "Complete environmental effluent disposal and reuse by drip irrigation". Optimization of plant nutrition, 1993, pp. 587-592.

Ramalho, R. S. "Introduction to wastewater treatment processes", USA, 1977.

Reeve, R. N. (1994). Environmental Analysis. Analytical chemistry by open learning. J. Bames (Ed)., John Wiley & Sons, USA.

Winkler Michael, - "Biological Treatment of Waste-Water, U.S.A, 1981"

Anexos

Anexo 1: Tolerância de plantas de ornamentação paisagística à salinidade

Nome comum	Nome botânico	Tolerância a salinidade					
		Muito sensível	Sensível	Medianamente		Tolerante	Muito tolerante
				Sensível	Tolerante		
Pinheiro do alepo	Pinus halepensis				✓		
Aradeira	Hedera canariensis		✓				
	Cordyline indivisa				✓		
Buganvília	Bougainvillea					✓	
	spectabilis _						
Mirtilo vermelho	Syzygium paniculatum					✓	
Abrunheiro dos jardins	Prunes cerasifera			✓			
Rosa da china	Hibiscus		✓				
	Rosa- _						
	Sinensis						
Vassoura vermelha	Dodonaea			✓			
	viscosa						

Palmeira das vassouras	Chamae humilis				✓		
Abélia	Aelia		✓				
	x grandiflora						
Alfenheiro do Japão	Ligustrum lucidum			✓			
Avenca	Nandina domestica		✓				
japonesa							
Pinheiro-	Pinus pinea					✓	
-manso							
Pinheiro preto japonês	Pinus			✓			
	thunbergiana						
Buxo	Buxus			✓			
	microphylla _						
	var. japonica						
Faia da Holanda	Pittosporum tobira		✓				
Folhado dos Açores	Viburnum Tinus		✓				
Karanda	Carissa						✓
	grandiflora						
Bauínia-de-	Bauhinia purpurea			✓			
hong-kong							
Loendro	Nerium				✓		
	oleander						
Maónia	Mathonia	✓					

	aquifolium						
--	------------	--	--	--	--	--	--

(Adaptado de Asano *et al.*, 2007)

Anexo 2: Valores Máximos Admissíveis para parâmetros de qualidade microbiológica das águas residuais tratadas para reutilização em rega e esquemas de tratamento adequados

Classes	Coliformes fecais (NMP/100ml)	Ovos de parasitas entéricos intestinais (ovos/L)	Esquema de tratamento adequados	Observações
A	100	1	Terciário → filtração → desinfecção	Desinfecção por UV ou cloragem
B	200	1	Terciário → filtração → desinfecção	Desinfecção por UV ou cloragem. A rega deve ser efectuada de modo a evitar contacto com o público.
C	10 ³	1	Terciário → filtração → desinfecção	Desinfecção por UV ou cloragem. A rega de vinha e pomares deve ser efectuada de modo a evitar contacto com os frutos. Não deve ser aproveitados os frutos caídos no solo.
D	10 ⁴	1	Secundário → filtração → desinfecção	Desinfecção por UV ou cloragem. A rega deve ser efectuada de modo a evitar contacto com o público.

Anexos

Dos resultados das análises feita na ETAR do Palmarejo

Resultados da Exploração

Dados obtidos durante os três meses da exploração na ETAR do Palmarejo

Maio de 2007

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,73	7,19	7,46	07
Salinidade	µS/cm	1,5	1,5	1,5	
Condutividade	mg/l	3,03	3,14	3,08	
Temperatura	°C	26,8	28,3	27,5	
OD	mg/l	3,9	3,77	3,8	
SDT	mg/l	1511	1507	1509	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	24	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,76	7,22	7,49	08
Salinidade	µS/cm	1,5	1,5	1,5	
Condutividade	mg/l	3,04	3,04	3,04	
Temperatura	°C	26,8	27,9	27,3	
OD	mg/l	4,68	3,33	4,005	
SDT	mg/l	1509	1474	1491,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	29	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,87	7,87	7,87	09
Salinidade	µS/cm	1,5	1,4	1,45	
Condutividade	mg/l	2,96	2,95	2,955	
Temperatura	°C	26,6	28,8	27,7	
OD	mg/l	4,30	5,40	4,85	
SDT	mg/l	1452	1402	1427	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,73	7,70	8,21	10
Salinidade	µS/cm	1,4	1,4	1,4	
Condutividade	mg/l	2,86	2,95	2,90	
Temperatura	°C	28,1	29,9	29,0	
OD	mg/l	3,71	2,77	3,24	
SDT	mg/l	1372	1346	1359	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	46	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,28	7,26	7,27	14
Salinidade	µS/cm	1,4	1,3	1,35	
Condutividade	mg/l	2,84	2,92	2,88	
Temperatura	°C	29,9	30,9	30,4	
OD	mg/l	1,07	1,67	1,37	
SDT	mg/l	1344	1318	1331	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	48	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,37	7,22	7,29	15
Salinidade	µS/cm	1,3	1,4	1,35	
Condutividade	mg/l	2,78	2,94	2,86	
Temperatura	°C	28,6	30,7	29,6	
OD	mg/l	0,98	1,13	1,05	
SDT	mg/l	1325	1337	1331	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	170	167	168,5	
SST	mg/l	46	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,34	6,96	7,15	16
Salinidade	µS/cm	1,4	1,3	1,35	
Condutividade	mg/l	2,76	2,89	2,82	
Temperatura	°C	29,0	30,1	29,5	
OD	mg/l	0,98	0,87	0,92	
SDT	mg/l	1333	1329	1331	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	36	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,3	-	-	17
Salinidade	µS/cm	1,3	-	-	
Condutividade	mg/l	2,79	-	-	
Temperatura	°C	28,3	-	-	
OD	mg/l	2,06	-	-	
SDT	mg/l	1325	-	-	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	248	-	-	
SST	mg/l	67	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,44	7,44	7,94	18
Salinidade	µS/cm	1,4	1,4	1,4	
Condutividade	mg/l	2,94	2,92	2,93	
Temperatura	°C	28,6	30,1	29,3	
OD	mg/l	2,69	0,98	1,83	
SDT	mg/l	1397	1343	1360.5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	235	-	-	
SST	mg/l	60	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,43	8,12	8,27	21
Salinidade	µS/cm	1,3	1,3	1,3	
Condutividade	mg/l	2,73	2,82	2,77	
Temperatura	°C	28,3	29,6	28,9	
OD	mg/l	2,37	2,03	2,2	
SDT	mg/l	1300	1307	1303.5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	49	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,16	7,46	7,81	22
Salinidade	µS/cm	1,3	1,3	1,3	
Condutividade	mg/l	2,68	2,68	2,68	
Temperatura	°C	28,6	29,1	28,85	
OD	mg/l	2,88	1,72	2,3	
SDT	mg/l	1272	1256	1264	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,85	7,26	7,55	23
Salinidade	µS/cm	1,3	1,2	1,25	
Condutividade	mg/l	2,69	2,62	2,65	
Temperatura	°C	28,8	28,8	28,8	
OD	mg/l	0,00	2,07	1,03	
SDT	mg/l	1268	1234	1251	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		6,50	7,00	6,75	24
Salinidade	µS/cm	1,1	1,2	1,15	
Condutividade	mg/l	2,32	2,53	2,42	
Temperatura	°C	28,1	29,7	28,9	
OD	mg/l	3,53	2,36	2,94	
SDT	mg/l	1107	1169	1138	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,3	7,1	7,2	25
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,40	2,39	2,39	
Temperatura	°C	20,3	29,3	24,8	
OD	mg/l	3,60	3,04	3,32	
SDT	mg/l	1113	1109	1111	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	210	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,3	8,3	8,3	28
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,19	2,28	2,23	
Temperatura	°C	28,2	29,1	28,6	
OD	mg/l	5,95	4,31	5,13	
SDT	mg/l	1053	1060	1056,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,6	8,5	8,55	29
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,22	2,36	2,29	
Temperatura	°C	28,5	29,7	29,1	
OD	mg/l	3,18	2,06	2,62	
SDT	mg/l	1042	1094	1068	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,1	7,2	7,65	30
Salinidade	µS/cm	1,0	1,1	1,05	
Condutividade	mg/l	2,12	2,27	2,19	
Temperatura	°C	28,9	31,3	30,1	
OD	mg/l	5,20	4,20	4,7	
SDT	mg/l	980	1054	1017	
CBO5	mg/l	109	-	-	
CQO	mg/l	212	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,2	8,2	8,2	31
Salinidade	µS/cm	1,0	1,0	1,0	
Condutividade	mg/l	2,17	2,18	2,175	
Temperatura	°C	28,8	29,8	29,3	
OD	mg/l	3,72	3,29	3,50	
SDT	mg/l	994	997	995,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	32	-	-	

Mês de Junho 2007

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,4	7,8	7,6	04
Salinidade	µS/cm	0,9	0,9	0,9	
Condutividade	mg/l	1,88	1,96	1,92	
Temperatura	°C	29,6	30,0	29,8	
OD	mg/l	3,35	2,95	3,15	
SDT	mg/l	865	884	874,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	56	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,5	-	-	05
Salinidade	µS/cm	1,0	-	-	
Condutividade	mg/l	2,10	-	-	
Temperatura	°C	30,2	-	-	
OD	mg/l	2,01	-	-	
SDT	mg/l	952	-	-	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,1	7,3	7,2	06
Salinidade	µS/cm	1,0	1,0	1,0	
Condutividade	mg/l	2,09	2,14	2,11	
Temperatura	°C	29,9	30,1	30,0	
OD	mg/l	2,67	3,14	2,90	
SDT	mg/l	951	970	960,5	
CBO5	mg/l	31	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	104	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,3	7,7	7,5	07
Salinidade	µS/cm	1,0	1,0	1,0	
Condutividade	mg/l	2,15	2,47	2,31	
Temperatura	°C	30,0	29,9	29,9	
OD	mg/l	2,61	2,01	2,32	
SDT	mg/l	878	1029	953,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,3	7,0	7,15	08
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,33	2,47	2,40	
Temperatura	°C	28,9	30,1	29,5	
OD	mg/l	2,57	2,34	2,45	
SDT	mg/l	1112	1124	1118	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	119	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,4	7,6	7,5	11
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,32	2,33	2,32	
Temperatura	°C	29,9	29,2	29,5	
OD	mg/l	2,94	2,78	2,86	
SDT	mg/l	1063	1101	1082	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,5	8,0	8,25	12
Salinidade	µS/cm	1,0	1,1	1,05	
Condutividade	mg/l	2,25	2,39	2,32	
Temperatura	°C	29,5	30,1	29,8	
OD	mg/l	0,36	0,99	0,67	
SDT	mg/l	1035	1087	1061	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,3	7,3	7,3	13
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,28	2,36	2,32	
Temperatura	°C	29,2	29,9	29,55	
OD	mg/l	2,80	2,05	2,42	
SDT	mg/l	1064	1084	1074	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	178	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,1	-	-	14
Salinidade	µS/cm	1,0	-	-	
Condutividade	mg/l	2,16	-	-	
Temperatura	°C	29,9	-	-	
OD	mg/l	1,60	-	-	
SDT	mg/l	977	-	-	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,2	7,2	7,7	15
Salinidade	µS/cm	1,0	1,0	1,0	
Condutividade	mg/l	2,23	2,11	2,17	
Temperatura	°C	30,3	30,0	30,15	
OD	mg/l	3,02	2,29	2,65	
SDT	mg/l	1022	959	990,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	106	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,2	7,2	7,7	19
Salinidade	µS/cm	0,9	1,1	1,0	
Condutividade	mg/l	-	2,34	-	
Temperatura	°C	30,6	29,8	30,2	
OD	mg/l	1,44	0,94	1,19	
SDT	mg/l	883	1073	978	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,2	7,2	7,7	20
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,39	2,42	2,40	
Temperatura	°C	29,8	31,7	30,7	
OD	mg/l	0,73	0,78	0,75	
SDT	mg/l	1114	1098	1106	
CBO5	mg/l	21	-	-	
CQO	mg/l	126	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,0	7,3	7,65	21
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,31	2,32	2,315	
Temperatura	°C	29,8	30,2	30,0	
OD	mg/l	1,05	0,84	0,94	
SDT	mg/l	1062	1054	1058	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,2	6,8	7,0	22
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,34	2,40	2,37	
Temperatura	°C	29,8	30,2	30,0	
OD	mg/l	1,24	0,89	1,06	
SDT	mg/l	1084	1113	1098,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	161	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,1	6,9	7,0	25
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,36	2,40	2,38	
Temperatura	°C	29,6	30,6	30,1	
OD	mg/l	0,59	0,63	0,61	
SDT	mg/l	1091	1090	1090,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,5	7,6	7,55	26
Salinidade	µS/cm	1,1	1,0	1,05	
Condutividade	mg/l	2,35	2,31	2,33	
Temperatura	°C	29,4	31,9	30,65	
OD	mg/l	1,05	1,33	1,17	
SDT	mg/l	1106	1016	1061	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,5	7,5	7,5	27
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,31	2,38	2,345	
Temperatura	°C	29,8	30,8	30,3	
OD	mg/l	0,80	0,52	0,66	
SDT	mg/l	1058	1070	1064	
CBO5	mg/l	157	-	-	
CQO	mg/l	252	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,7	7,4	7,55	28
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,48	2,43	2,455	
Temperatura	°C	30,5	30,6	30,55	
OD	mg/l	0,82	0,91	0,86	
SDT	mg/l	1125	1097	1111	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	106	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Mês de Julho de 2007

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		6,8	6,9	6,82	02
Salinidade	µS/cm	1,0	1,0	1,0	
Condutividade	mg/l	2,21	2,19	2,2	
Temperatura	°C	29,9	29,9	29,9	
OD	mg/l	2,45	1,85	2,15	
SDT	mg/l	1022	1004	1013	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,3	7,7	7,5	03
Salinidade	µS/cm	1,0	1,0	1,0	
Condutividade	mg/l	2,09	2,14	2,115	
Temperatura	°C	29,7	30,6	30,15	
OD	mg/l	1,24	1,31	1,275	
SDT	mg/l	964	961	962,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		6,9	7,0	6,95	04
Salinidade	µS/cm	1,0	1,0	1,0	
Condutividade	mg/l	2,20	2,14	2,17	
Temperatura	°C	30,3	30,5	30,4	
OD	mg/l	3,37	2,94	3,15	
SDT	mg/l	997	981	989	
CBO5	mg/l	67	-	-	
CQO	mg/l	149	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		6,9	7,0	6,95	06
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,37	2,27	2,32	
Temperatura	°C	30,7	30,5	30,6	
OD	mg/l	1,94	1,79	1,86	
SDT	mg/l	1067	1008	1037,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	164	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		6,8	7,1	6,95	09
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,46	2,48	2,47	
Temperatura	°C	29,7	30,4	30,05	
OD	mg/l	2,07	2,11	2,09	
SDT	mg/l	1129	1136	1132,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		6,9	6,9	6,9	10
Salinidade	µS/cm	1,2	1,1	1,15	
Condutividade	mg/l	2,47	2,54	2,505	
Temperatura	°C	30,9	31,4	31,15	
OD	mg/l	2,46	2,77	2,61	
SDT	mg/l	1179	1135	1157	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	106	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,0	6,9	6,95	11
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,52	2,48	2,5	
Temperatura	°C	31,3	31,4	31,35	
OD	mg/l	2,59	2,60	2,595	
SDT	mg/l	1179	1141	1160	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	297	-	-	
SST	mg/l	28	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,3	7,1	7,2	12
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,48	2,47	2,475	
Temperatura	°C	31,5	32,0	31,75	
OD	mg/l	2,17	2,28	2,22	
SDT	mg/l	1128	1106	1117	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,2	6,9	7,05	13
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,46	2,46	2,46	
Temperatura	°C	30,0	30,5	30,25	
OD	mg/l	4,06	1,88	2,97	
SDT	mg/l	1110	1114	1112	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	265	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,0	6,8	6,9	16
Salinidade	µS/cm	1,2	1,1	1,15	
Condutividade	mg/l	2,40	2,45	2,425	
Temperatura	°C	31,2	31,0	31,1	
OD	mg/l	-	-	-	
SDT	mg/l	1174	1099	1136,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,2	7,3	7,25	17
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,37	2,47	2,42	
Temperatura	°C	30,0	31,2	30,6	
OD	mg/l	4,67	4,10	4,38	
SDT	mg/l	1104	1113	1108,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,2	7,1	7,15	18
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,52	2,51	2,515	
Temperatura	°C	31,5	31,7	31,6	
OD	mg/l	4,18	4,41	4,295	
SDT	mg/l	1122	1118	1120	
CBO5	mg/l	18	-	-	
CQO	mg/l	112	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		6,9	7,2	7,05	19
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,47	2,50	2,485	
Temperatura	°C	31,2	32,0	31,6	
OD	mg/l	4,62	4,01	4,315	
SDT	mg/l	1110	1106	1108	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,3	6,7	7,0	20
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,44	2,47	2,455	
Temperatura	°C	31,1	32,3	31,7	
OD	mg/l	3,01	3,06	3,035	
SDT	mg/l	1090	1085	1087,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	139	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,0	7,0	7,0	24
Salinidade	µS/cm	1,2	1,1	1,15	
Condutividade	mg/l	2,54	2,55	2,54	
Temperatura	°C	31,4	31,6	31,5	
OD	mg/l	3,37	2,65	3,01	
SDT	mg/l	1137	1134	1135,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		6,8	6,6	6,7	25
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,50	2,51	2,505	
Temperatura	°C	31,1	32,5	31,8	
OD	mg/l	3,50	2,53	3,015	
SDT	mg/l	1128	1100	1114	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	256	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,1	-	-	27
Salinidade	µS/cm	1,1	-	-	
Condutividade	mg/l	2,56	-	-	
Temperatura	°C	31,9	-	-	
OD	mg/l	4,31	-	-	
SDT	mg/l	1126	-	-	
CBO5	mg/l	54	-	-	
CQO	mg/l	227	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		8,2	7,5	7,85	30
Salinidade	µS/cm	1,1	1,1	1,1	
Condutividade	mg/l	2,48	2,51	2,495	
Temperatura	°C	31,4	31,5	31,45	
OD	mg/l	3,03	7,61	5,32	
SDT	mg/l	1109	1166	1137,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	

Parâmetros	Unidade	Hora		Média	Dia
		10h	14h		
pH		7,6	7,0	7,3	31
Salinidade	µS/cm	1,2	1,2	1,2	
Condutividade	mg/l	2,51	2,52	2,515	
Temperatura	°C	31,6	32,7	32,15	
OD	mg/l	6,90	-		
SDT	mg/l	1168	1167	1167,5	
CBO5	mg/l	-	-	-	
CQO	mg/l	-	-	-	
SST	mg/l	-	-	-	