

Ramiro José Espinheira Martins  
Carla Sofia Andrade Peixoto Fábio  
Miguel da Costa Jesus

(ESTiG-Instituto Politécnico de Bragança)



# CONTAMINANTES EMERGENTES EM EFLUENTES HOSPITALARES E EM ETARS



**CONTAMINANTES EMERGENTES EM  
EFLUENTES HOSPITALARES E EM ETARs**



Ramiro José Espinheira Martins  
Carla Sofia Andrade Peixoto  
Fábio Miguel da Costa Jesus

**CONTAMINANTES EMERGENTES EM EFLUENTES  
HOSPITALARES E EM ETARs**

1ª Edição

Quipá Editora

2021

Copyright © Ramiro José Espinheira Martins, Carla Sofia Andrade Peixoto  
e Fábio Miguel da Costa Jesus. Todos os direitos reservados.

O conteúdo desta obra, os dados apresentados, bem como sua revisão ortográfica e gramatical são de responsabilidade de seus autores, detentores de todos os Direitos Autorais.

---

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

M386            Martins, Ramiro José Espinheira  
Contaminantes emergentes em efluentes hospitalares e em ETARs / Ramiro José  
Espinheira Martins , Carla Sofia Andrade Peixoto e Fábio Miguel da Costa Jesus. —  
Iguatu, CE : Quipá Editora, 2021.

51 p. : il.

ISBN 978-65-89973-58-4

1.Efluentes hospitalares. 2.ETARs. I. Peixoto, Carla Sofia Andrade. II. Jesus, Fábio  
Miguel da Costa. III. Título.

CDD 628.4

---

Obra publicada pela Quipá Editora em novembro de 2021.

[www.quipaeditora.com.br](http://www.quipaeditora.com.br)  
@quipaeditora

# APRESENTAÇÃO

As unidades de saúde, tal como as restantes instituições públicas e privadas, produzem águas residuais que podem ser consideradas um agente de risco para a saúde pública e para o ambiente.

O objectivo deste trabalho passa por analisar quais os contaminantes emergentes predominantes nos efluentes hospitalares, interpretar e avaliar de acordo com a legislação actual o destino, e a contaminação dos efluentes hospitalares.

Como a contaminação do ambiente por parte dos efluentes hospitalares é uma preocupação recente não se conhece a situação exacta desses efluentes.

Após a realização deste trabalho pode concluir-se que será necessária uma mudança na legislação, incentivo financeiro e de formação de profissionais competentes para esta problemática. Para um adequado tratamento dos efluentes hospitalares será importante a existência de redes de drenagem independentes.

# SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução	07
Capítulo 2 – Revisão da Literatura	08
2.1. Definições importantes	08
2.2. Estudo e caracterização das águas residuais	08
2.3. Modelos de ETARs nos diversos hospitais	09
Capítulo 3 – Introdução Legislação Nacional e Europeia	12
Capítulo 4 – Poluentes emergentes	15
4.1. Fármacos no meio ambiente	15
4.2. Libertação controlada de fármacos	18
4.3. Metais pesados	18
4.4. Detergentes e desinfectantes	18
4.5. Solventes	19
4.6. Radioactivos	19
4.7. Outros contaminantes emergentes	20
4.8. Influência dos compostos emergentes no quotidiano	20
Capítulo 5. Funcionamento de uma estação de tratamento de águas residuais	21
5.1. Pré – tratamento	23
5.2. Tratamento Primário	26
5.3. Tratamento Secundário	27
5.4. Tratamento de Lamas	28
5.5. Tratamento Terciário	30
Capítulo 6 - Tecnologias de tratamento de efluentes hospitalares	33
6.1. Método envolvendo transferência de fase	34
6.2. Métodos Convencionais	35
6.3. Oxidação Química	36
6.4. Fotólise directa com ultravioleta (UV)	38

6.5. Formação do radical hidroxilo (OH <sup>-</sup> )	38
6.6. Catalisadores	38
6.7. Fotoativação de TiO <sub>2</sub>	39
6.8. Processo de Neutralização	39
6.9. Adsorção	40
6.10. Filtração	40
6.11. Membranas Filtrantes	40
6.12. Carvão Activado	41
6.13. Reagente de Fenton	42
6.13.1. Aplicações	42
6.13.2. Limitações do tratamento de Fenton	43
6.14. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /Fe <sup>2+</sup> /UV (Foto – Fenton)	43
6.15. Ozonização (Ozono)	44
Capítulo 7. Conclusões	46
Capítulo 8. Propostas Futuras	47
8.1. Construção de ETAR	47
8.2. Separação de contaminantes por serviços	47
8.3. Construção de ETARI	48
Referencias Bibliográficas	49

## Capítulo 1 - Introdução

A água é um bem indispensável para a vida de todos os seres vivos e, por conseguinte, é fundamental a sua boa qualidade. A principal preocupação com a água passa pelas condições de higiene, aquando do seu tratamento, pelo fenómeno que é a sua contaminação.

Nas últimas décadas, os problemas ambientais têm estado em destaque, pela perda da qualidade do ar, da água e do solo que derivam de um aumento de produtos químicos e tóxicos. Surge então, a necessidade de desenvolvimento de tecnologias capazes de diminuir a concentração desses mesmos produtos e, porventura levar à sua eliminação. A deposição e a libertação de numerosos poluentes emergentes nas águas superficiais, tem como resultado grandes descargas industriais, agrícolas e domésticas, tendo suscitado um intenso trabalho de investigação nesta área. No entanto, devido à sua elevada toxicidade, os poluentes tendem a acumular-se nos sedimentos e águas do meio, permanecendo, assim, ao longo da cadeia alimentar.

É de realçar que nos dias de hoje, há uma maior preocupação em inovar e adquirir métodos analíticos rigorosos, que sejam capazes de determinar fármacos que tenham um elevado interesse na procura de resultados satisfatórios no processo de remoção e/ou degradação destes.

O projecto desenvolvido tem como principal objectivo o estudo de tecnologias alternativas, que sejam capazes de reduzir a concentração de poluentes, ou então removelos em matrizes aquosas. Para isso, ao longo do trabalho foram efectuadas pesquisas relativamente acerca dos contaminantes, que mais frequentemente podem ser encontrados nas águas residuais, a legislatura aplicada para a diminuição da sua concentração ou remoção, bem como uma apresentação e descrição de vários métodos utilizados na actualidade.



## Capítulo 2 - Revisão da literatura

### 2.1. Definições importantes

**Águas residuais:** São águas que transportam uma quantidade apreciável de matérias poluentes, que se não forem retiradas podem degradar a qualidade das águas dos rios, pondo em causa a fauna e a flora. São águas que resultam do funcionamento dos serviços e instalações hospitalares, essencialmente provenientes do metabolismo humano e das actividades hospitalares, podendo dividir-se, em águas residuais domésticas e águas residuais infectadas [1].

**Águas residuais Hospitalares Poluídas:** São as águas que incluem todos os efluentes onde é possível encontrar compostos químicos tais como gorduras, metais, entre muitos outros, os quais alterando significativamente as características típicas de um efluente, obrigam á aplicação de tratamentos físicos e/ou químicos específicos.

**Águas residuais Hospitalares Infectadas:** São as águas residuais infectadas, incluindo todos os efluentes em que existem componentes biológicos e/ou microbiológicos, que alterem significativamente as características típicas de um efluente, tais como sangue e outros fluidos orgânicos, onde existam quantidades significativamente excessivas de microrganismos patogénicos, nomeadamente espécies multirresistentes.

**Resíduos Hospitalares:** São resíduos produzidos em unidades de prestação de cuidados de saúde, incluindo as actividades médicas de diagnóstico, prevenção e tratamento de doenças, em seres humanos ou em animais, e ainda as actividades de investigação relacionadas.

### 2.2. Estudo e caracterização das águas residuais

Para a realização deste projecto foi necessário recorrer a estudos e pesquisas, para assim verificar se os hospitais e estabelecimentos de saúde têm ou não condições para a drenagem e tratamento das águas residuais. Após vários estudos pode concluir-se que;

- Em cerca de 17% dos hospitais do Sistema Nacional de saúde, não ocorre separação entre a drenagem de águas residuais e de águas pluviais como é descrito na figura1 [1].
- A maioria dos estabelecimentos de saúde analisados, não apresentava sistemas de tratamento preliminares para as águas residuais, ou em caso de existirem, não se encontravam operacionais.
- Situação semelhante para os sistemas de desinfecção ou de tratamento convencional as **ETAR** ou **ETARI**.

O que foi possível concluir com este estudo, é que regra geral a maior parte dos estabelecimentos de saúde e ETARs, não aplicam procedimentos que visam a eliminação de produtos químicos e tóxicos (Figuras 1 a 4), mas apenas uma pequena percentagem desses resíduos líquidos perigosos ou nocivos são enviados para uma entidade externa de tratamento.

Face a estas conclusões anteriores, em seguida são apresentados 4 modelos utilizados até à data para a drenagem de águas contaminadas, provenientes das unidades de cuidados de saúde.

### 2.3. Modelos de ETARs nos diversos hospitais

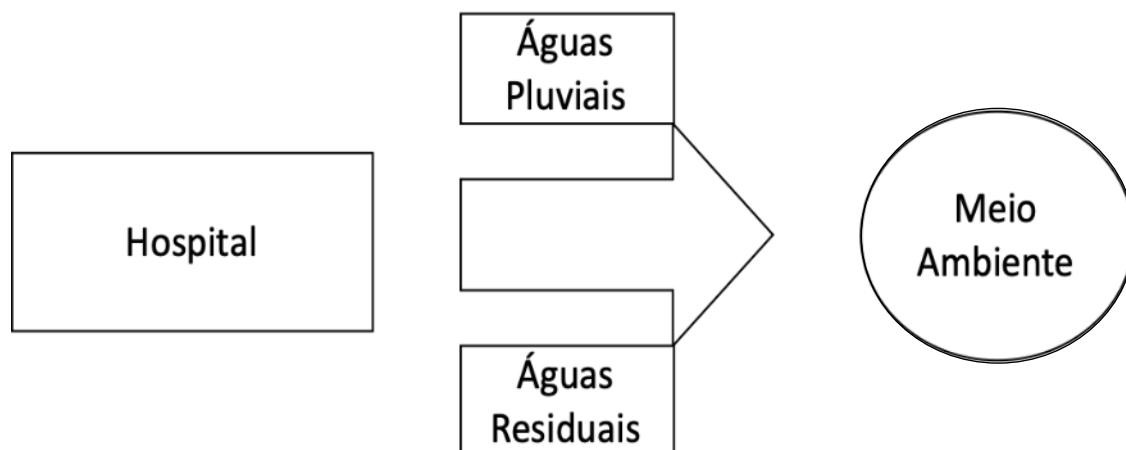


Figura 1 – Modelo de ETAR usado em hospitais de construção menos recente [1]

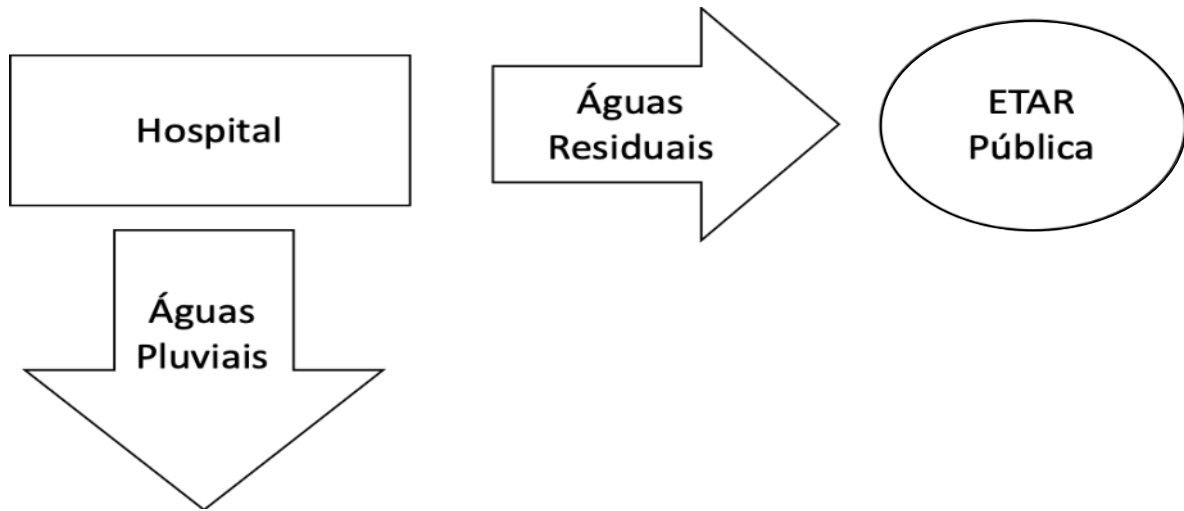


Figura 2 - Modelo de ETAR com separação de águas pluviais e águas residuais [1]

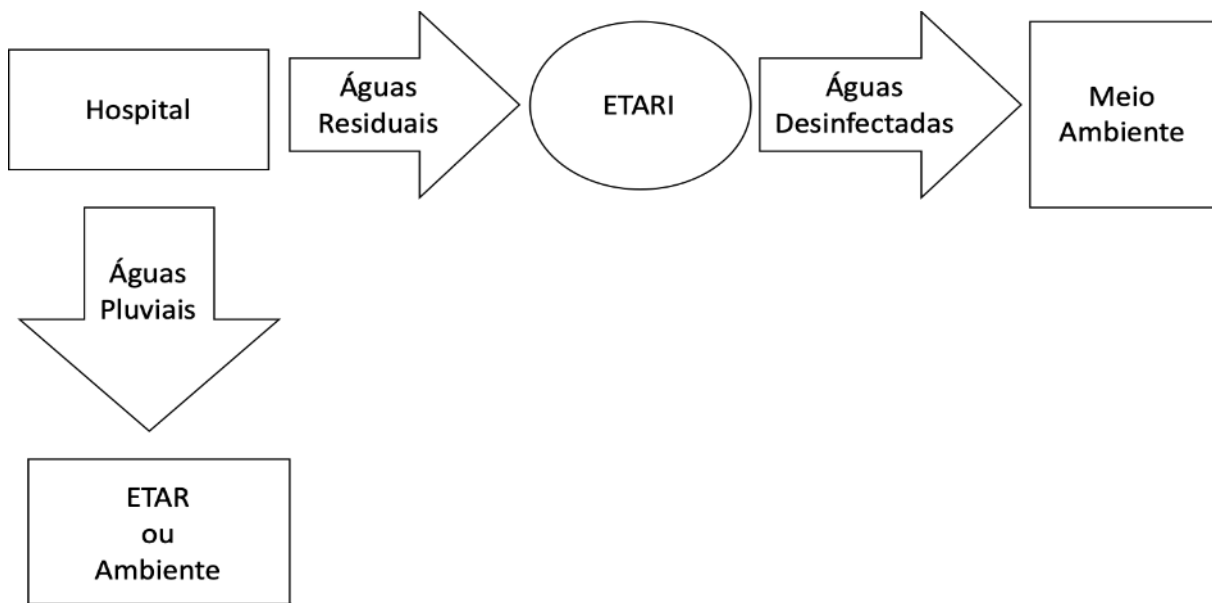


Figura 3 - Redes separativas de águas residuais e de águas pluviais com existência de ETARI (Estação de Tratamento de Águas Residuais Infectadas) [1]

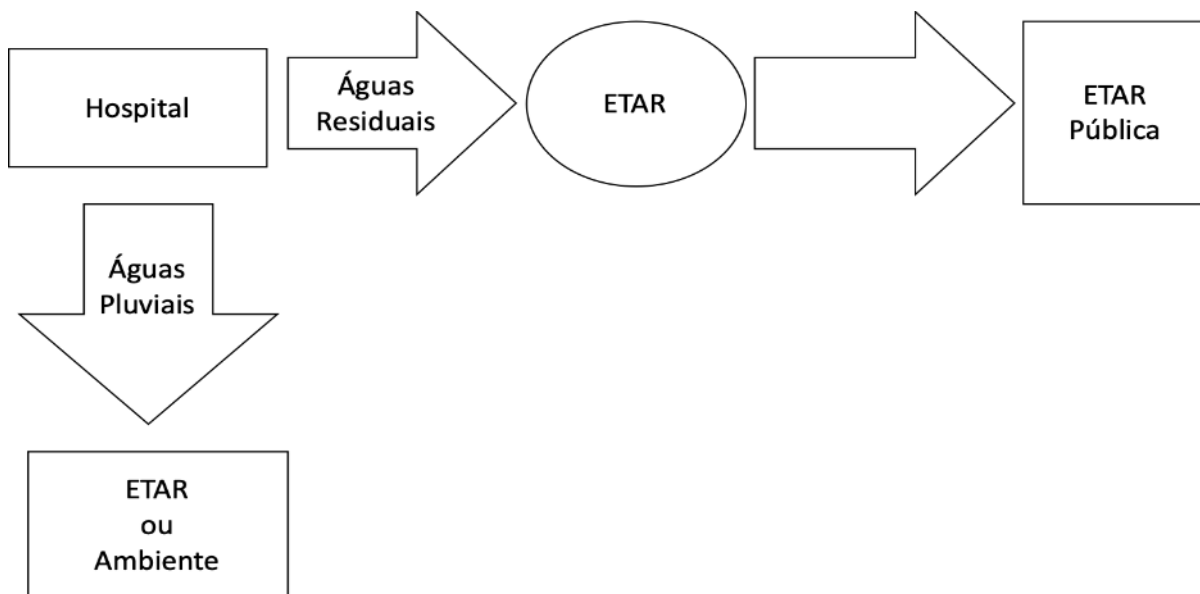


Figura 4 - Redes separativas de águas residuais e de águas pluviais com existência de ETAR [1]

## Capítulo 3 - Legislação Nacional e Europeia

Portugal, e ao contrário dos resíduos sólidos, em que existe uma legislação específica para os mesmos, no caso dos efluentes hospitalares não existe nenhuma legislação definida. Para os resíduos sólidos está presente um quadro legislativo desde 1990 e um plano estratégico de resíduos hospitalares (PERH) desde 1999, o mesmo não acontece com as águas residuais.

De acordo com o **despacho nº242/96** e o plano Estratégico de resíduos hospitalares – consideram-se resíduos pertencentes a fluxos especiais: o mercúrio, os óleos usados, as soluções reveladoras e fixadores usados nos equipamentos de raio-X.

No **artigo 2 do Decreto – Lei nº 239/97** ficam excluídos do âmbito de aplicação deste diploma, quando sujeitos a legislação especial, as águas residuais, com excepção dos resíduos em estado líquido.

No **artigo 3 e)** é definido resíduo hospitalar, todo aquele que for produzido em unidades de prestação de cuidados de saúde, incluindo as actividades médicas de diagnóstico, prevenção e tratamento da doença, em seres humanos ou em animais, e ainda as actividades de investigação relacionadas.

O Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (**Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto**) tem por objectivo os sistemas de distribuição pública e predial de água e de drenagem pública e predial de águas residuais, de forma que seja assegurado o seu bom funcionamento global, preservando-se a segurança, a saúde pública e o conforto dos utentes.

O **Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto** estabelece as normas e objectivos de qualidade para protecção do meio aquático e melhorar a qualidade da água para os seus diferentes usos e determina as condições de descarga no meio hídrico, com excepção das águas residuais radioactivas que possuem legislação própria.

A descarga de águas residuais nos colectores municipais para encaminhamento à ETAR, deve ser autorizada pela entidade gestora do sistema de drenagem e tratamento com indicação das condições de descarga impostas de modo a garantir a qualidade das águas residuais à saída da ETAR, dando cumprimento aos valores limite de emissão do **Decreto-Lei nº 236/98** [Noronha, 2004].

As substâncias da **Lista I do Anexo XIX do Decreto-lei nº 236/98** (compostos orgânicos de halogéneo, compostos orgânicos de fósforo, mercúrio e o cádmio e derivados destes metais) a

descarga em colectores obedece a condições fixadas na legislação em vigor para a descarga no meio hídrico, devido à sua toxicidade e bioacumulação.

A Administração da Região Hidrográfica (ARH) da área de jurisdição da Unidade de Saúde define e controla as condições de descarga de modo a compatibilizar com os objectivos de qualidade e as utilizações do meio receptor através do processo de licenciamento das descargas de águas residuais na água e no solo [Noronha, 2004].

O **Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de Agosto**, estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, procedendo à revisão do **Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro**, que tem por objectivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes da eventual contaminação dessa água.

Os resíduos hospitalares são os materiais sólidos obtidos num hospital e que podem ser divididos fundamentalmente em quatro grupos:

A lei de 16 de Dezembro de 1964, em França, instituiu ao nível das bacias hidrográficas uma agência da água (agence de l'eau). Os estabelecimentos hospitalares que não tem uma estação de tratamento de águas residuais municipais, recebem da parte da “agence de l'eau” um valor pela poluição que eliminam [Founier, 1998].

Em Abril de 1975, o Ministério da Saúde Francês relativamente aos problemas de saúde pública dos estabelecimentos de saúde, estabeleceu os seguintes requisitos aplicados a todos os serviços de saúde públicos ou privado [Agence de L'eau Seine Normandie, 2000]:

- ***Eliminação separada das águas residuais e das águas pluviais;***
- ***Proibição de lançar as águas residuais no solo;***
- ***Proibição de derramar certas substâncias nas redes de saneamento como:***  
hidrocarbonetos, ácidos, cianetos, sulfuretos, produtos radioactivos e mais genericamente qualquer substância que possa surgir querem por si só, quer pela mistura com outros efluentes, gases ou vapores perigosos, tóxicos ou inflamáveis;
- ***Instalação de pré – tratamento antes da descarga no colector municipal;***
- ***Recuperação se sais de prata.***

Conforme a descarga tenha lugar em redes de drenagem ou em linhas de água e consoante o hospital tenha pacientes considerados com perigo de contágio ou não, as normas de descarga, a aplicar, são diferentes, e destacam-se:

- Se a descarga tiver lugar em linha de água, é preciso depurar as águas até um CBO (Carência Bioquímica de Oxigénio) de 15 a 30 mg O<sub>2</sub>/L, e a seguir ao tratamento biológico realizar eventualmente, uma cloração final.
- Se descarregam em redes de drenagem de águas residuais dum hospital que tenha doentes contagiosos, é necessário proceder à cloração das águas antes da sua descarga na rede de drenagem [Frerotte and Verstraete, 1979].

A legislação Francesa fixa as condições para a descarga das águas residuais hospitalares, em sistemas municipais. Na ***directiva n.º.793/93***, sobre a exposição humana e dos ecossistemas a substâncias tóxicas, a Comissão Europeia exige que todos os estados membros realizem uma avaliação dos riscos ecológicos e sanitários para certas substâncias tais como: fármacos, desinfetantes e substâncias radioactivas [Emmanuel *et al.*, 2005].

Na Bélgica o ***Decreto Real de 13 de Agosto de 1976*** fixa as normas gerais, relativas ao lançamento das águas residuais hospitalares nas redes públicas e nas águas superficiais. Este Decreto Real faz a distinção entre estabelecimentos com doentes contagiosos e com doentes não contagiosos [Frerotte and Verstraete, 1979].

## Capítulo 4 - Poluentes emergentes

Os poluentes emergentes são químicos bioativos, como por exemplo produtos farmacêuticos e de higiene pessoal, como a gasolina, os desinfetantes, etc. Na terminologia farmacêutica, uma substância química utilizada para fins medicinais, denomina-se de fármaco. É o caso dos antibióticos, dos anestésicos, das hormonas, dos anti-inflamatórios, entre outros. Estas substâncias são persistentes e fundamentais no tratamento de doenças tanto dos seres humanos como também nos animais.

A sua acção pode consistir numa alteração da actividade biológica, ou então, matar ou impedir, por sua vez, a proliferação de agentes patogénicos.

Os poluentes emergentes possuem características peculiares que os tornam ambientalmente importantes, no que diz respeito a usos e níveis crescentes de utilização e contaminação. O que se tem estudado a respeito dos poluentes emergentes são suas formas de contaminação e como eles afectam o meio ambiente e os seres humanos, porém ainda não há um pleno conhecimento do destino destes compostos, muitos dos quais de uso quotidiano pelo homem, no meio ambiente.

### 4.1. Fármacos no meio ambiente

A libertação de fármacos no ambiente apresenta muitos aspectos adversos no domínio ambiental, podendo originar a resistência bacteriana, ou seja, microrganismos que apresentem imunidade à acção de fármacos, em especial de antibióticos, uma vez que estes influenciam e alteram o material genético, tendo como consequência a ineficácia da acção destes mesmos fármacos. Ocorre portanto, mutação espontânea e recombinação genética.

Através de uma grande percentagem de substâncias tóxicas e nocivas para o meio ambiente que constantemente entram nas redes de drenagem das **ETAR**, estas poderão conduzir à contaminação das lamas produzidas nestas mesmas estações. Por sua vez, as lamas, quando aplicadas para enriquecimento dos solos, podem contaminar os *aquíferos (formações rochosas permeáveis capazes de armazenar quantidades significativas de água)*.

A Figura (figura 5), apresenta um esquema representando a libertação incontrolada de fármacos para as redes de drenagem, bem como, o destino a dar a esses mesmos produtos, através de Estações de Tratamento de águas Residuais (**ETAR**), para que no final de todos os processos de tratamento e remoção de poluentes, seja possível uma reutilização dessas mesmas águas [3].



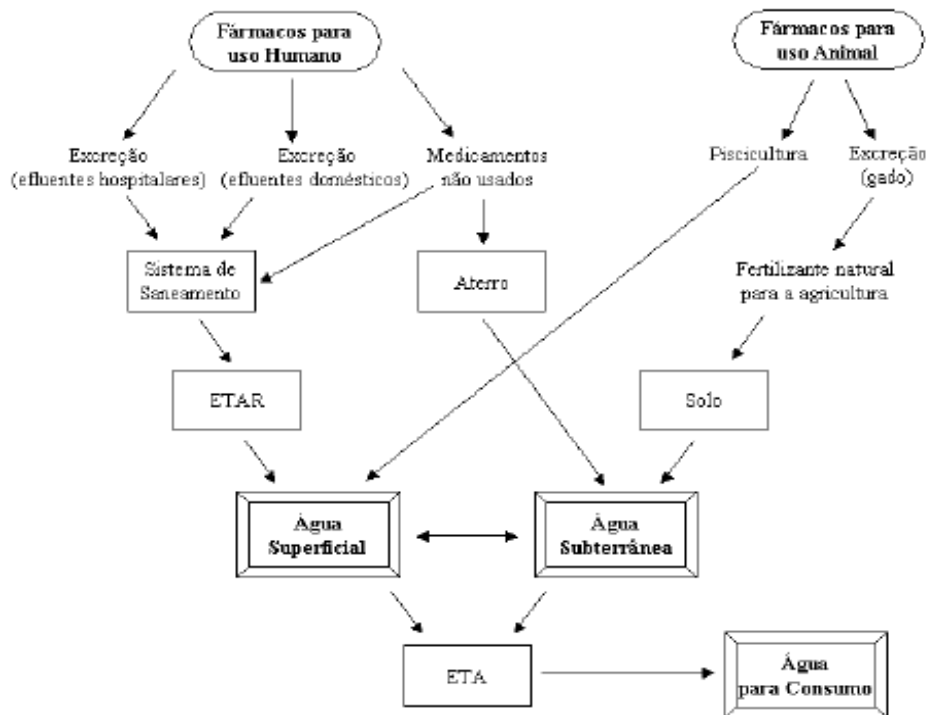


Figura 5 – Percurso de diferentes tipos de fármacos em águas residuais, até ao tratamento para consumo

Como foi referido anteriormente, existem produtos, nomeadamente fármacos, que são drenados na rede colectora de esgotos que apresentam elevados níveis de toxicidade, prejudicando dessa forma o ambiente, a vida humana e a vida animal. Em seguida são apresentadas as Tabela 1 a 3, referentes à classificação dos produtos que mais frequentemente são encontrados nas águas residuais hospitalares, bem como o tipo de substâncias que podem ser encontradas. Esta classificação gira em torno de três grupos principais;

- **Produtos Farmacêuticos**
- **Produtos de cuidado Pessoal**
- **Interferentes Endócrinos**

Tabela 1 – Produtos que mais frequentemente podem de ser encontrados num efluente hospitalar

<i>Grupo/Classe de Compostos</i>		<i>Composto de:</i>
<b>Farmacêuticos</b>	Antibióticos Humanos e veterinários	Trimethoprim, eritromicina, lincomicina, sulfamethaxola, chloramphenicol, amoxicilina
	Analgésicos e Anti-inflamatórios	Ibuprofeno, diclofenaco, fenoprofeno, acetaminopheno, naproxeno, ácido acetilsalicílico, fluoxetina, cetoprofeno, ndometacina, paracetamol
	Drogas Psiquiátricas	Diazepam, carbamazepina, primidona, salbutamol
	Reguladores lipídicos	Ácido Clofibrico, bezafibrato, ácido fenofibrico, etofibrato, gemfibrozil
	Beta-bloqueadores	Metoprolol, propranolol, timolol, sotalol, atenolol
	Contraste Raio-X	Iopromida, iopamidol, diatrizoato
	Hormônios e esteróides	Estradiol, estrona, estriol, dietilestilbestrol

Tabela 2 - Produtos de cuidado pessoal que frequentemente são encontrados nos efluentes hospitalares

<i>Grupo/Classe de Compostos</i>		<i>Composto de:</i>
<b>Produtos de Cuidado Pessoal</b>	Fragrâncias	Nitro, perfumes policíclico e macrocíclico, ftalatos
	Bronzeadores	Benzofenona, cânfora, metilbenzilideno
	Repelentes de Insectos	N,N-dietiltoluamida
	Anti-sépticos	Triclosan, clorofeno

Tabela 3 – Componentes Endócrinos que frequentemente são encontrados numa análise específica de um efluente hospitalar

<i>Grupo/Classe de Compostos</i>		<i>Composto de:</i>
<b>Interferentes Endócrinos</b>	Produtos Químicos Industriais	Alquifenóis, ftalatos, bisfenol-A, estireno, retardantes de chama, bromados (PBDEs), surfactantes (incluindo perfluorocetosulfonatos - PFOS)
	Hormonas e esteróides	Estradiol, estrona, estriol, dietilestilbestrol
	Drogas Psiquiátricas	Atrazina, lindano, triclosan, DBCP (dibromocloropropano), PCP (pentaclorofenol), rifuralin

as quantidades dos produtos médicos declarados como contaminantes emergentes parecem insignificantes em comparação com os descritos anteriormente.

Contudo, os efeitos destes detergentes e desinfectantes na fauna aquática e marítima estão demonstrados, entre eles a produção de fósforo que é tóxico para o meio ambiente, formação de espumas e o aceleramento da eutrofização [5].

A contribuição para os elevados números, anteriormente descrito, deve-se essencialmente à:

- Desinfecção do material médico e cirúrgico cuja desinfecção não é possível em auto clave ou em estufa, assim como nos colchões, objectos de quartos de cama nos quais se utilizam desinfectantes gasosos á base de mistura de etileno e de CO<sub>2</sub> ou de óxido de etileno e de fréon.
- Desinfecção das salas de operação onde é usada uma solução á base de formol que se pulveriza á razão de 21 de produto a 10% de formol, antecedendo a qualquer operação. Neste serviço é necessária a lavagem de roupa e a limpeza das instalações para a qual se utilizam desinfectantes derivados de fenol sintético [6].

## 4.5. Solventes

Os solventes utilizados nos hospitais incluem **tolueno, álcoois e xilenos**. Estes dois últimos são frequentemente utilizados em laboratórios clínicos e de pesquisa.

Nos efluentes hospitalares podem ainda existir metais pesados e radioisótopos.

## 4.6. Radioactivos

No caso de materiais radioactivos temos o iodo utilizado no tratamento de problemas da tiróide, de cancro [7].

## 4.7. Outros contaminantes emergentes

Neste grupo encontram-se diferentes tipos de compostos desde os opiáceos, a outros fármacos. Para o caso dos opiáceos temos a morfina, codeína e heroína. A cocaína também está presente nos efluentes hospitalares assim como **benzodiazepínicos**.

## 4.2. Libertação controlada de fármacos

A libertação controlada e progressiva de fármacos constitui um grande passo para a manutenção da saúde humana. Como por exemplo:

- Diminuição da toxicidade – tem como consequência uma diminuição do impacto ambiental;
- Administração sem reacções inflamatórias e menor número de doses;
- Maior eficácia terapêutica – direccionamento específico;
- Não há ocorrência de decomposição de antibióticos;
- Uma libertação lenta e gradual de fármacos, permite evitar que grandes quantidades de fármacos e outros poluentes sejam excretados para a rede de drenagem de águas residuais, poluindo o ambiente.

## 4.3. Metais pesados

Um dos grandes problemas biológicos é os metais pesados, uma vez que estes ao contrário de certos poluentes orgânicos, não se degradam biologicamente.

Metais como o **Fe, Cu, Co, Mn, Zn** e **Cr** são essenciais para o ser humano, podendo a sua carência causar anomalias clínicas, mas por outro lado, quando consumidos em doses excessivas podem provocar outros efeitos nocivos e de grande gravidade. Outros metais como **Pb, Hg, Cd** e **As** não são essenciais para o ser humano. Contudo, os efeitos dos metais no ambiente dependem da exposição e da biodisponibilidade, e da quantidade que entra no corpo [4].

## 4.4. Detergentes e desinfectantes

Outra grande preocupação ambiental é o uso de desinfectantes e detergentes, pois estes contribuem para a maior parcela de compostos eliminados nos hospitais.

Sabe-se também que os hospitais, mais do que quaisquer outros locais necessitam de uma limpeza cuidada com diversos produtos de desinfectação, para que sejam evitados riscos de infecções entre outros problemas.

O consumo anual de lixívia num hospital estima-se que ronde as 12 ton/1000 camas por ano, gluteraldeído 2 toneladas, cloro 800 kg e o ácido paracético 4.8 toneladas. Observando estes números

Nos outros fármacos prevalecem a metadona, Ibuprofeno, naproxeno, eritromicina e rantidina [8].

## 4.8. Influência dos compostos emergentes no quotidiano

Segundo Boyd e Furlong (2002), pesquisas recentes têm demonstrado que muitos compostos farmacêuticos podem ser bioacumuláveis, afectando negativamente os organismos aquáticos através de alterações fisiológicas, funções reprodutivas, aumentando as taxas de cancro, assim como também contribuem para o desenvolvimento da resistência de novas estirpes de bactérias a antibióticos.

Com a mistura de compostos farmacêuticos, elementos que por si só não representam risco para o ambiente, podem contribuir para aumentar a toxicidade de outros, ao que se dá o nome de **sinergismo**. De acordo com o Guerrero-Preston e Brandt-Rauf (2008), esta mistura de compostos farmacêuticos encontrada no meio hídrico, mesmo em baixas concentrações (ng/L) inibe o crescimento in vitro de células embrionárias de rim humano, inibindo a proliferação de células afectando a sua fisiologia e morfologia.

Os autores assinalam a necessidade de se desenvolverem estudos de mais fármacos que não sejam utilizados na medicina humana, como é o caso de antibióticos com uma dose terapêutica acima da dose tóxica, e que podem ter um grande poder alergénico, e elevado poder de bioacumulação.

## Capítulo 5 - Funcionamento de uma estação de tratamento de águas residuais

Numa perspectiva de prevenção e controlo integrados da poluição, o tratamento das águas residuais hospitalares deve ser encarado como uma solução fim de linha, depois de esgotadas as medidas de prevenção e minimização da sua produção. A construção de Estações de Tratamento de Águas Residuais (**ETAREs**), visa o tratamento de águas, cujas características físicas, químicas ou biológicas não permitam a sua reutilização e/ou provocariam impactos ambientais negativos, se descarregados no solo ou no meio hídrico.

Tipicamente, as ETAR são concebidas para dar resposta aos seguintes objectivos:

1. Protecção da saúde pública;
2. Protecção dos mananciais de água para abastecimento público;
3. Protecção dos ecossistemas aquáticos;
4. Preservação dos usos de água;
5. Protecção dos solos adjacentes.

Os efluentes hospitalares provocam bastantes impactos ambientais, não se fazendo sentir de uma forma imediata, desde que sejam assegurados os devidos tratamentos em ETAREs antes da sua descarga para o meio ambiente. Estas descargas hospitalares transportam sempre grandes quantidades de microrganismos, e compostos potencialmente perigosos, tanto para a saúde humana como para o ambiente.

Surge então a necessidade de tomar medidas, medidas que eliminem ou que de outra forma minimizem a sua presença nos efluentes hospitalares, da mesma forma que, nos casos em que se justifique e que seja exequível ser considerada, a recuperação e a reposição do normal funcionamento das ETARI existentes.

A qualidade da água tratada é definida em função da legislação vigente, de acordo com o uso a que se destina, é assegurada pela passagem sequencial da água residual por uma série de operações e processos unitários, onde a concentração dos diferentes poluentes, vai sendo gradualmente reduzida. Em termos genéricos, estes tratamentos não fazem mais do que simular os processos de depuração natural da água, mas de uma forma mais célere e com maior grau de controlo.

É comum classificar os tratamentos das águas residuais, de acordo com o grau de remoção de poluentes, bem como o tipo de impurezas retiradas, podendo-se classificar em;

1. **Tratamento Preliminar** – Têm como principal objectivo a remoção de grandes quantidades de sólidos e areias, com vista à protecção das demais unidades de tratamento e de dispositivos de transporte (bombas e tubagens) e os corpos receptores. A remoção destes sólidos previne ainda a ocorrência de abrasão dos equipamentos e tubagens, facilitando o transporte dos líquidos;

2. **Tratamentos Primários ou Físico-Químico** – São processos físico – químicos que removem outros sólidos sedimentáveis e flutuantes (óleos e gorduras), produzindo assim efluentes com qualidade aceitável para a descarga em águas pouco sensíveis, ou a redução da carga poluente da água, para seguir para o tratamento secundário;

3. **Tratamento Secundário ou Biológicos** – Removem matéria orgânica biodegradável suspensa e dissolvida por acção de processos biológicos, produzindo efluentes com uma qualidade aceitável para a descarga ou para serem encaminhados para tratamentos de afinação;

4. **Tratamento Terciário ou Avançado** – Consiste na remoção de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis, ou ainda, na eliminação de poluentes não degradados durante a fase secundária. Esta etapa geralmente é química, e é específica para eliminar os poluentes que não foram eliminados anteriormente;

5. **Tratamento e disposição de lamas;**

6. **Desinfecção** – Grande parte dos microrganismos patogénicos é eliminada nas etapas anteriores, mas não na sua totalidade. A desinfecção total pode ser feita por processo natural ou artificial (radiação ultravioleta, etc.). Entre os processos artificiais existentes, a cloração é o processo de menor custo, no entanto, permite a formação de subprodutos tóxicos, como organoclorados. A ozonização é muito dispendiosa, e a radiação ultravioleta não se pode aplicar em qualquer situação.

Para novos hospitais que surjam é necessário que ocorra desinfecção de uma fracção, por mais pequena que ela possa ser das águas residuais, na qual pode estar associada uma maior probabilidade de propagação de infecções consideradas de elevado risco. Esta desinfecção é feita com recurso a processos, que não envolvam a formação de produtos secundários, também eles com um elevado risco de perigo.

Muitos dos compostos que são encontrados e analisados nas águas residuais são insubstituíveis e têm uma monitorização dispendiosa. A respectiva eliminação de patogénicos pelos pacientes é incontrolável, sendo necessárias medidas para uma maior contenção e controlo da sua presença nos efluentes hospitalares. Estas medidas passam sobretudo por acções de natureza pró-activa, tanto ao

nível da gestão da sua utilização, como também no controlo e tratamento diferenciado, previamente à sua transferência para as descargas hospitalares.

O funcionamento de uma Estação de Tratamento de águas residuais, compreende então as seguintes etapas: Pré-tratamento composto pela (**gradagem, trituração, tamisação e desarenação, desengorduramento, medição de caudais**), Tratamento Primário (**coagulação, floculação e decantação Primária**), Tratamento Secundário (**tanques de aeração, decantação secundária, Elevatória de Lama em excesso**), Tratamento de Lamas (**Adensamento de Lamas, digestão anaeróbia, condicionamento químico da lama, desidratação da lama, secagem da lama**) e Tratamento Terciário (**polimento da água, nomeadamente processos de oxidação química**). Em seguida, na Figura 6 é apresentado o esquema com as etapas sequenciais levadas a cabo numa Estação de Tratamento de águas Residuais (ETAR).

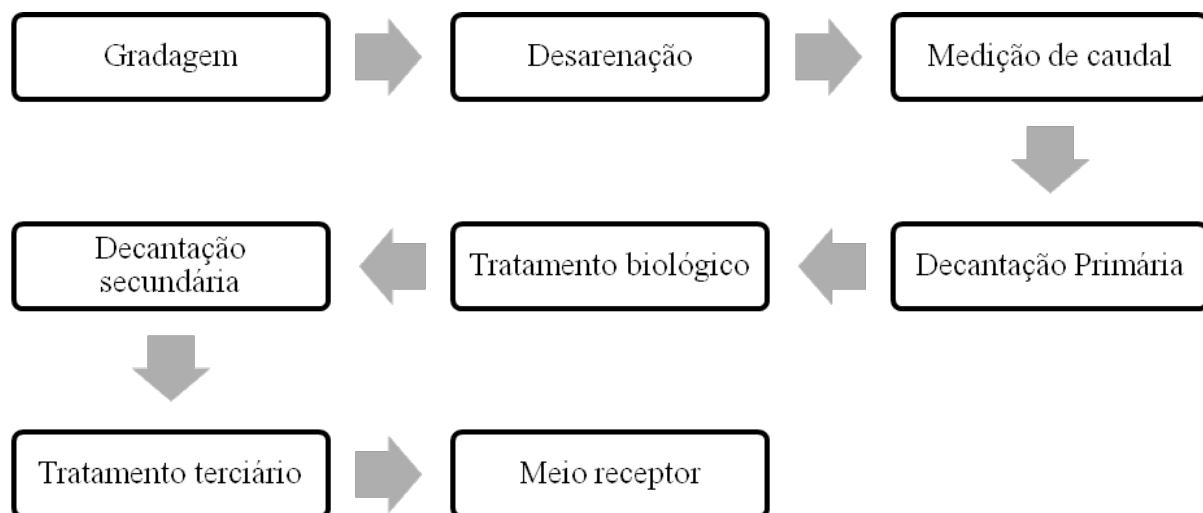


Figura 6 – Operações unitárias típicas de um esquema de tratamento numa ETAR

## 5.1. Pré - tratamento

É constituído unicamente por processos físicos. Nesta etapa, é feita a remoção dos materiais em suspensão, através da utilização de grelhas e de crivos grossos (gradagem), e a separação da água residual das areias a partir da utilização de canais de areia (desarenação).

- **Gradagem** - Etapa na qual ocorre a remoção de sólidos grosseiros, onde o material de dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras, é retido. No processo de gradagem existem



3 tipos de grades; **as grades grosseiras, as grades médias e as grades finas**. As grades grosseiras (espaços de 5,0 a 10,0 cm) são instaladas a montante de bombas de grandes dimensões, turbinas, e quase sempre precedem grades comuns, grades médias com menor espaçamento entre barras (espaços entre 2,0 a 4,0 cm), e são particularmente utilizadas na obra de entrada em estações de águas residuais; e grades finas que são utilizadas quando são bem determinadas as características do esgoto que se pretende tratar, pois têm por objectivo reter o material sólido grosseiro em suspensão no efluente, e também são utilizadas para reduzir escumas em tanques de digestão, para protecção de filtros lentos e também para equipamentos de dosagem (entre 1,0 e 2,0 cm).

As grades também podem ser classificadas de acordo com o modo de limpeza, ou seja, como **Grades Simples e Grades Mecânicas**. As grades simples são utilizadas sobretudo, em pequenas instalações e são de limpeza manual. Geralmente são grossas, apresentando aberturas geralmente grandes, instaladas a montante de grades médias mecanizadas, bombas de grande capacidade. Têm por objectivo retirar objectos de grandes dimensões, que podem eventualmente danificar os equipamentos. Por outro lado, as grades mecânicas são utilizadas para instalações de maiores dimensões, requerem uma limpeza mecânica, automática ou não, e requerem uma manutenção cuidadosa.

As principais finalidades do gradeamento são:

- A protecção dos dispositivos dos esgotos e a protecção dos dispositivos de transporte dos efluentes, contra obstruções, tais como bombas, válvulas, peças especiais, tubulações;
- Protecção das unidades de tratamento subsequentes e protecção dos corpos receptores.
- Remoção parcial da carga poluidora, assegurando maior eficiência nas etapas seguintes.

• **Trituração** – Permite uma redução e uniformização do tamanho dos sólidos de maiores dimensões, por meio de trituradores. Pode ser utilizado em alternava ou em conjunto com o Gradagem. Os trituradores são equipamentos mecânicos que retêm temporariamente e trituram os sólidos, permitindo que estes, após esta operação, prossigam para as unidades a jusante de estação de tratamento, com dimensões consideravelmente reduzidas.

• **Tamisação** – É um dos métodos mecânicos existentes, para separar sólidos finos ou fibroso, lançando-os para recipientes para transporte, ou então são removidos por jactos de água, sendo a

suspensão aquosa tratada posteriormente em decantadores ou em digestores. Esta operação é conduzida por unidades estáticas ou rotativas e que podem ser de tambor ou disco rotativo, de movimento vertical ou diagonal, sendo munidas de uma rede colocada sobre a estrutura base, de modo a reter os materiais em suspensão.

Ou aspecto importante, é que um tamisador pode englobar funções de filtragem, lavagem, transporte, compactação e desidratação.

• **Desarenação** - Etapa na qual ocorre a remoção da areia por sedimentação. Este mecanismo ocorre da seguinte maneira: os grãos de areia, devido às suas maiores dimensões e densidade, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, de sedimentação bem mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as unidades seguintes.

As finalidades básicas da remoção de areia são:

- Evitar abrasão nos equipamentos e tubagens;
- Eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubagens, tanques, orifícios, e demais unidades subsequentes do sistema, facilitando o transporte líquido, principalmente a transferência de lamas, nas suas diversas fases.

Relativamente aos desarenadores também existem diversos tipos, e entre eles destacam-se;

- Desarenadores rectangulares de escoamento horizontal,
- Tanques quadrados com raspador mecânico de fundo (decantador de areia),
- Câmaras de desarenação arejadas;
- Desarenadores com movimento em espiral

• **Desengorduramento** - Consiste na separação de fases por diferença de densidades dos óleos e gorduras em relação à fracção aquosa através de dois processos;

- **Separação por Gravidade** - A separação por gravidade é realizada nas caixas de areia e é muito comum em pequenas instalações, e nos casos em que a eficiência não precisa de ser muito elevada.
- **Flotação com ar** - Permite a produção de bolhas de ar no seio da fase contínua.

• **Medições de Caudais** - Qualquer ETAR deverá estar equipada com um sistema eficiente e fiável de medição de caudal (Caudalímetro), à entrada e à saída. Existem vários tipos de caudalímetros e entre eles destacam-se;

- Caudalímetros com descarregador de soleira delgada;
- Caudalímetros com caleira;
- Caudalímetros com multisensorização, e que são aplicáveis a escoamentos em canal ou em conduta, sendo os respectivos valor do caudal calculados a partir dos valores dessas grandezas

## 5.2. Tratamento Primário

O tratamento primário é constituído unicamente por processos físico-químicos. Nesta etapa procede-se à equalização e neutralização da carga do efluente que é indicada para atenuar as variações das características do efluente líquido, em particular do caudal, da concentração de compostos orgânicos, e da concentração de sólidos em suspensão.

Este processo tem por objectivo evitar uma carga excessiva dos sistemas de tratamento biológico, permitindo assegurar uma alimentação contínua dos sistemas de tratamento biológico, evitando elevadas concentrações de produtos tóxicos, minimizando a oscilação de caudal durante os tratamentos físicos e químicos e garantindo uma dosagem mais adequada. É possível evitar choques hidráulicos, protegendo as bombas, fazendo com que não funcionem em seco, o que traria posteriormente, problemas de avaria, e por último, permite uma neutralização do pH e arejamento.

Seguidamente, ocorre a separação de partículas líquidas ou sólidas através de processos de **coagulação, floculação e sedimentação**, utilizando floculadores e decantador primário.

• **Coagulação** - É um processo que permite desestabilizar as partículas coloidais, ou seja, facilita a sua aglomeração. Na prática, consegue-se por mistura rápida e dispersão de produtos químicos.

• **Floculação** - O processo de floculação é uma operação que tem por objectivo promover o contacto, através de uma mistura lenta das partículas desestabilizadas e favorecer a sua agregação em flocos. A sua mistura deverá ser suficientemente intensa, de tal forma, que permita o contacto entre as partículas, impeça a sedimentação dos flocos, e que seja suficientemente moderada para não desagregar e dispersar os flocos.

• **Decantação Primária** - Esta etapa consiste na separação sólida (lama) – líquido (efluente bruto) por meio da sedimentação das partículas sólidas. Os tanques de decantação podem ser

circulares ou rectangulares e podem assumir diferentes tipos de escoamento, podendo ser, vertical ou horizontal. Os efluentes fluem vagarosamente através dos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão, que apresentam densidade maior do que a do líquido circundante, sedimentem gradualmente no fundo. Essa massa de sólidos, denominada lama primária bruta, pode ser adensada no poço de lama do decantador e enviada directamente para a digestão ou ser enviada para os adensadores.

As principais características desta operação são;

- O efluente deverá escoar lentamente para que sedimente por gravidade, uma vez que, a velocidade com que o efluente atravessa o tanque (tempo de resistência) é um factor crítico;
- O tempo de resistência num tanque de decantação primária poderá variar entre 1 a 4 horas;
- O material que se deposita no fundo do tanque da decantação primária é raspado para um reservatório, e removido por uma bomba, ou então extraído por acção da gravidade.
- A mistura aquosa dos sólidos é denominada lama primária;
- Os tanques de decantação primários são também um bom ponto de recolha de óleos e gorduras, e ainda espumas que flutuam sobre as águas no topo do tanque.

### 5.3. Tratamento Secundário

Etapa na qual ocorre a remoção da matéria orgânica, por meio de reacções bioquímicas. Os processos podem ser aeróbios ou anaeróbios. Os processos Aeróbios simulam o processo natural de decomposição, com eficiência no tratamento de partículas finas em suspensão. O oxigénio é obtido por aeração mecânica (agitação) ou por insuflação de ar. Já os Anaeróbios consistem na estabilização de resíduos feita pela acção de microrganismos, na ausência de ar ou oxigénio elementar. O tratamento pode ser referido como fermentação mecânica.

• **Tanque de Aeração** - Tanque no qual a remoção da matéria orgânica é efectuada por reacções bioquímicas, realizadas por microrganismos aeróbios (bactérias, protozoários, fungos etc.).

A base de todo o processo biológico é o contacto efectivo entre esses organismos e o material orgânico contido nos efluentes, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos. Os microrganismos convertem a matéria orgânica em gás carbónico, água e material celular (crescimento e reprodução dos microrganismos).

• **Decantação Secundária e Retorno de Lamas** - Etapa em que ocorre a clarificação do efluente e o retorno da lama.

Os decantadores secundários exercem um papel fundamental no processo de lamas activadas. São os responsáveis pela separação dos sólidos em suspensão presentes no tanque de aeração, permitindo a saída de um efluente clarificado, e pela sedimentação dos sólidos em suspensão no fundo do decantador, permitindo o retorno da lama em concentração mais elevada.

O efluente do tanque de aeração é submetido à decantação, onde a lama activada é separada, voltando para o tanque de aeração. O retorno da lama é necessário para suprir o tanque de aeração com uma quantidade suficiente de microrganismos e manter uma relação alimento/ microrganismo capaz de decompor com maior eficiência o material orgânico.

O efluente líquido oriundo do decantador secundário pode ser descartado directamente para o corpo receptor, pode ser oferecido ao mercado para usos menos nobres, como lavagem de ruas e rega de jardins, ou passar por tratamento para que possa ser reutilizado internamente.

• **Elevatória de Lama em excesso** - Etapa em que acontece a eliminação de lama em excesso. Os sólidos suspensos e a lama produzida diariamente, correspondente à reprodução das células que se alimentam do substrato, devem ser devidamente eliminados do sistema para que este permaneça em equilíbrio (produção de sólidos = eliminação de sólidos).

A lama em excesso deverá ser extraída do sistema e dirigido para a secção de tratamento de lama.

## 5.4. Tratamento de Lamas

• **Adensamento das Lamas** - Etapa em que acontece a redução do volume da lama. Como a lama contém uma elevada quantidade de água, deve proceder-se à redução do seu respectivo volume.

Esta etapa ocorre nos Adensadores e nos Flotadores. O adensamento é um processo que tem por objectivo aumentar o teor de sólidos da lama e, conseqüentemente, reduzir o seu volume. Desta forma, as unidades subsequentes, tais como a digestão, desidratação e secagem, beneficiam desta mesma redução. Entre os métodos mais comuns, temos o adensamento por gravidade e por flotação.

O adensamento por gravidade da lama tem por princípio de funcionamento a sedimentação por zona, sistema similar aos decantadores convencionais. A lama adensada é retirada do fundo do tanque.

No adensamento por flotação, o ar é introduzido na solução através de uma câmara de alta pressão.

Quando a solução é despressurizada, o ar dissolvido forma micro-bolhas que se dirigem para cima, arrastando consigo partículas ou flocos de lama que serão removidos na superfície.

• **Digestão Anaeróbia** - Etapa na qual ocorre a estabilização de substâncias instáveis, e da matéria orgânica presente na lama fresca.

A digestão anaeróbia tem por objectivos: destruir ou reduzir os microrganismos patogénicos; estabilizar total ou parcialmente as substâncias instáveis e a matéria orgânica que se encontrarem presentes na lama fresca; reduzir o volume da lama através dos fenómenos de liquefacção, gaseificação e adensamento; dotar a lama de características favoráveis à redução de humidade, e permitir a sua utilização quando estabilizado convenientemente, como fonte de húmus ou condicionador de solo para fins agrícolas.

A estabilização de substâncias instáveis e da matéria orgânica presentes na lama fresca também pode ser realizada através da adição de produtos químicos. Esse processo é denominado de estabilização química da lama.

• **Condicionamento Químico de Lamas** - Etapa na qual ocorre a estabilização da lama pelo uso de produtos químicos tais como: cloreto férrico, cal, sulfato de alumínio e polímeros orgânicos.

O condicionamento químico usado antes dos sistemas de desidratação mecânica, tais como filtração, centrifugação, etc., resulta na coagulação de sólidos e liberação da água adsorvida.

• **Desidratação da lama** - Etapa na qual é feita a remoção de humidade da lama, com o uso de equipamentos tais como: centrífuga, filtro prensa ou belt press.

• **Secagem da lama** - Etapa na qual é feita a secagem da lama, com o uso de secador térmico. A secagem térmica da Lama é um processo de redução de humidade através de evaporação de água para a atmosfera com a aplicação de energia térmica, podendo-se obter teores de sólidos da ordem de 90 a 95%. Com isso, o volume final da lama é reduzido significativamente.

## 5.5. Tratamento Terciário

O tratamento terciário pode ser empregue com a finalidade de se conseguir remoções adicionais de poluentes em águas residuais, antes da sua descarga no meio receptor e/ ou para recirculação em sistema fechado. Esta operação é também chamada de “polimento”.

Em função das necessidades de cada indústria, os processos de tratamento terciário são muito diversificados; no entanto pode citar-se as seguintes etapas:

- Filtração;
- Cloração ou ozonização para a remoção de bactérias,
- Absorção por carvão activado, e outros processos de absorção química para a remoção de cor, redução de espuma e de sólidos inorgânicos tais como: electrodiálise, osmose reversa e troca iónica.

Algumas destas etapas referidas anteriormente serão apresentadas no capítulo seguinte.

Os contaminantes antes da sua passagem pela ETARI sofrem alguns processos de tratamento que iremos apresentar de seguida:

**Pré – Tratamento** – Consideram-se sob esta designação, os processos, em regra automáticos, de retenção, em geral junto do local de produção, de determinadas substâncias que sobrecarregam desnecessariamente a rede de drenagem e tratamento, ou então agravam alguns dos parâmetros caracterizadores do efluente, com um risco acrescido de aplicação de coimas ou outras penalizações impostas ao estabelecimento hospitalar, por ultrapassar os limites legais.

A utilização destes sistemas pressupõe a remoção manual ou automática, das substâncias retidas, a manutenção e limpeza periódica dos mesmos.

Os sistemas empregues usualmente em hospitais são;

- **Câmaras de separação de gorduras** – Estas câmaras têm uma elevada importância, pois permitem reter muitas das gorduras que são produzidas nas cozinhas dos hospitais, possibilitando a remoção do efluente, e o seu uso é como que quase obrigatório em todos os hospitais que produzem refeições.
- **Câmaras Retentoras de féculas** – Estas câmaras permitem reter as féculas que são produzidas nos hospitais, possibilitando a remoção do efluente. A sua utilização deve ser adoptada, todos os hospitais que produzam refeições.
- **Câmaras de arrefecimento** – Estas câmaras são de extrema importância, uma vez que realizam o arrefecimento prévio das águas quentes que são rejeitadas para o sistema de

drenagem. São muito utilizadas, principalmente em lavandarias, mas também em centrais térmicas.

- **Câmaras de retenção de hidrocarbonetos** - Retêm os hidrocarbonetos que são rejeitados nas zonas de garagens, bem como, da central térmica, possibilitando a sua remoção do efluente.
- **Câmaras de retenção de gessos** – Retêm resíduos de gesso, que são muitas vezes utilizados nas próprias salas de gesso.

Em unidades em que é possível uma recuperação, ou até mesmo uma beneficiação de certos produtos, é importante a implementação de uma série de medidas que garantam um bom funcionamento das estações de tratamento, e entre elas destacam-se:

1. O funcionamento das estações de tratamento de águas residuais é importante para a implementação de um programa regular de manutenção e de monitorização, no qual é importante estabelecer uma rotina de manutenção das ETARI, incluindo a limpeza da grade de retenção de sólidos e do triturador, assegurado por serviços com um elevado grau de especialização técnica.

2. Em estações que possuem sistemas automáticos de doseamento de desinfectante, devem ser verificados e ajustados os automatismos existentes, e efectuar a respectiva calibração. A verificação da calibração deve ser feita periodicamente, e se necessário recorrer às empresas que procederam à sua instalação.

3. Nas unidades em que é passível o recurso a cloro gasoso como agente desinfectante do efluente, este deverá por sua vez, ser substituído por outro agente ou então, adoptar outro processo de desinfecção. Os processos que são recomendados pelo LNEC, tanto pelo preço, praticabilidade, bem como pela sua eficácia são os seguintes;

- **Desinfecção com ácido peracético;**
  - **Desinfecção térmica.**
- Perante esta impossibilidade recorre-se normalmente, ao hipoclorito de sódio, também designado como lixívia.
  - Todos os produtos utilizados para as desinfecções, têm que se fazer acompanhar pela sua ficha de identificação e de segurança.
  - Em todas as **ETAREs** ou **ETARIs**, associadas a unidades de prestação de cuidados de saúde, estas devem possuir ou então serem instalados equipamentos que permitam a medição de



caudais, e posteriormente, serem criadas condições para a utilização de equipamentos que sejam adequados à monitorização da qualidade do efluente.

- As **ETAR** devem ser recuperadas eficazmente, excepto se existir ETAR na rede pública a operar de forma positiva.
- Em casos em que se justifique a desinfecção, esta deve ser efectuada a jusante do tratamento e não a montante.

Regra geral, e de acordo com os estudos do LNEC pode concluir-se que o tratamento das descargas hospitalares nas **ETAR** em bom funcionamento, e com um adequado tratamento de lamas, é reconhecido como sendo uma barreira muito eficaz contra a proliferação de agentes patogénicos no meio ambiente. É importante realçar, que nos casos em que se justifique, a recuperação e reposição do normal funcionamento de algumas **ETARI** existentes, também parece ter uma redução muito significativa dos impactos ambientais.

## Capítulo 6 - Tecnologias de tratamento de efluentes hospitalares

A selecção de tecnologias que devem ser aplicadas ao tratamento dos efluentes hospitalares deve ser efectuada de acordo com as características dos resíduos, com a eficácia do processo, com as características do resíduo resultante do tratamento, e com potenciais impactos a nível ambiental, bem como as especificidades da Região ou do País onde o resíduo é produzido.

Os efluentes que derivam essencialmente da actividade farmacêutica apresentam características bastante diferentes. Contudo, todos têm a parte orgânica e compostos refractários, os quais são eliminados por tratamentos biológicos já implementados.

A toxicidade dos poluentes gera na maior parte dos casos, ambientes nocivos para a saúde pública, no entanto, hoje em dia já existe uma preocupação acrescida com o tratamento antecipado das águas, com vista a obter um melhoramento e uma redução significativa da poluição das matrizes aquosas.

Os métodos de tratamento de efluentes hospitalares podem ser divididos em dois grupos;

- **Métodos baseados na transferência de fase;**
- **Processos Oxidativos, baseados na destruição de poluentes.**

Existem algumas desvantagens associadas no procedimento de determinados métodos, como o facto de serem métodos bastante dispendiosos e com o facto de ocorrer a possibilidade de formação de compostos tóxicos secundários.

Seguidamente, antes da apresentação e explicação dos processos que conduzem à eliminação e remoção dos poluentes, é apresentado um esquema (Figura 7), onde é possível visualizar alguns dos processos levados a cabo no tratamento e remoção de contaminantes dos efluentes.

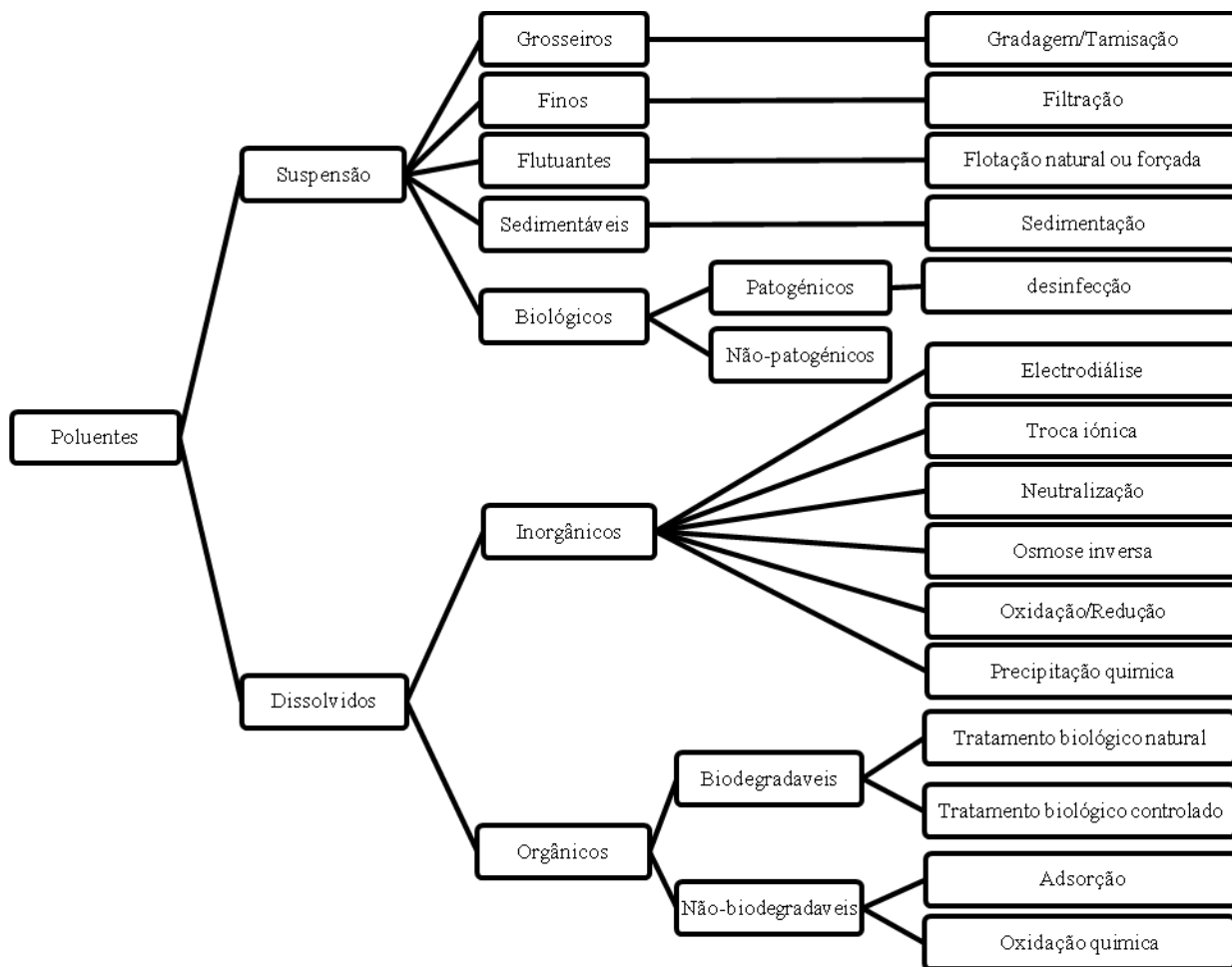


Figura 7 – Processos utilizados na eliminação dos diferentes poluentes e contaminantes de uma água residual

## 6.1. Método envolvendo transferência de fase

Estes processos têm o seu mérito, pois reduzem significativamente o volume do meio contaminado, no entanto, baseiam-se somente na transferência de fase do contaminante, sem que ele seja de facto destruído. Nesses casos são obtidas duas fases; uma composta pela água limpa, e outra composta pelo resíduo contaminante concentrado. Entre esses processos podem citar-se; *precipitação, coagulação, floculação, sedimentação, flotação, filtração, ultra filtração, uso de membranas, adsorção de orgânicos e inorgânicos, centrifugação, osmose reversa, extração destilação e evaporação.*

## 6.2. Métodos Convencionais

A destruição de poluentes orgânicos por processos oxidativos tem como vantagem o facto de destruí-los, e não somente, transferi-los de fase. A mineralização do poluente pode ocorrer por processos físicos, biológicos e químicos. Entre os mais utilizados pode citar-se a **incineração** e o **tratamento biológico**.

A incineração baseia-se na mineralização de compostos orgânicos, submetendo-os a elevadas temperaturas e tem como vantagem, o facto de ser o método oxidativo mais antigo e conhecido e, por isso, é utilizado no tratamento de resíduos em geral. A incineração, entretanto, apresenta como desvantagens o custo e as dificuldades de operação, pois geralmente estão envolvidas temperaturas muito elevadas, na ordem dos 850°C. Além disso, requer uma elevada energia para vaporizar resíduos aquosos, não mostrando ser o processo mais adequado para o tratamento de soluções aquosas contaminadas. Apresenta também a desvantagem de incinerar todo o material, e não apenas aquele que se encontra contaminado, além de possibilitar a formação de compostos mais tóxicos.

Relativamente ao **Tratamento Biológico**, esta é técnica mais utilizada dado o seu baixo custo e a sua versatilidade na oxidação de um grande número de poluentes orgânicos.

Várias formas de tratamento de águas residuais foram desenvolvidas, partindo-se do princípio de auto depuração, ou seja, empregando a acção de microrganismos para a remoção da matéria orgânica presente nos esgotos. Este tipo de tratamento é denominado tratamento biológico.

Os processos biológicos são divididos em aeróbios e anaeróbios, sendo que nos processos aeróbios a estabilização da matéria orgânica decorre da acção de microrganismos aeróbios e facultativos; já nos processos anaeróbios a estabilização é realizada pelos microrganismos facultativos e anaeróbios. Os processos aeróbios podem ser:

- **Lamas activadas;**
- **Filtro biológico;**
- **Lagoas de estabilização aeróbia** – Consiste no tratamento com bactérias aeróbias. O oxigénio é fornecido pela fotossíntese das algas, e por rearejamento natural superficial.

A quantidade de matéria orgânica presente nos esgotos é medida indirectamente por meio da quantidade de oxigénio necessária para a sua degradação. As duas variáveis mais utilizadas são a Demanda Bioquímica de Oxigénio (DBO) e Demanda Química de Oxigénio (DQO).

O tratamento biológico pode ser feito por microrganismos aeróbios, que necessitam de oxigénio, ou anaeróbios, para os quais o oxigénio é tóxico. Os sistemas biológicos podem oferecer bons resultados, resultando os subprodutos principais da degradação: água, dióxido de carbono e metano (em processo anaeróbio), além do excesso de lama, composto principalmente por microrganismos vivos e mortos, restos de matéria orgânica e material orgânico não biodegradável.

### 6.3. Oxidação Química

A oxidação química é um processo que demonstra grande potencial no tratamento de efluentes, contendo compostos tóxicos não biodegradáveis. Através de reacções químicas de oxidação podem degradar-se componentes orgânicos tóxicos, diminuir a **CQO (carência química de oxigénio)** e a intensidade de cor dos efluentes.

Os processos oxidativos convencionais utilizam como agentes oxidantes **o oxigénio, ozono, cloro, hipoclorito de sódio, dióxido de cloro, permanganato de potássio e peróxido de hidrogénio**. Existem numerosos compostos que são resistentes à acção directa dos agentes oxidantes convencionais. Nestes casos, torna-se necessário recorrer a processos de oxidação avançados.

Nos últimos 20 anos, os **Processos Oxidativos Avançados (POA)** têm merecido destaque, devido à sua elevada eficiência na degradação de inúmeros compostos orgânicos, com um custo operacional relativamente baixo. Tem-se revelado como sendo uma alternativa muito viável no tratamento de águas superficiais e subterrâneas, bem como, de águas residuais e solos contaminados.

Os Processos Oxidativos Avançados baseiam-se na formação de radicais hidroxilo (**OH<sup>•</sup>**). Estes radicais têm um potencial de oxidação bastante elevado ( **$E^0=2,3V$** ) e são capazes de reagir com praticamente todas as classes de compostos orgânicos.

A grande vantagem destes processos é serem processos destrutivos, isto é, os contaminantes são destruídos quimicamente em vez de sofrerem apenas uma mudança de fase como sucede, por exemplo, em processos de adsorção, filtração, etc. Se a extensão da oxidação for suficiente, pode até atingir-se a total mineralização dos compostos orgânicos e obter **CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O** e iões inorgânicos.

Os vários processos de oxidação química avançada, encontram-se divididos em dois grupos:

- **Processos Homogéneos** - Os primeiros ocorrem numa única fase e utilizam **ozono, peróxido de hidrogénio ou reagente de Fenton como geradores de radicais hidroxilo**.

- **Processos Heterogéneos** - Estes utilizam semicondutores como catalisadores (**dióxido de titânio, óxido de zinco, etc.**). A utilização de radiação ultravioleta (**UV**) e as propriedades

semicondutoras do catalisador permitem a formação dos radicais hidroxilo, e a consequente oxidação do efluente. A **fotocatálise heterogénea** tem sido bastante estudada, tanto com o catalisador em suspensão, como suportado em reactores.

A tabela 4 representada em baixo mostra alguns dos processos mais utilizados para o tratamento de efluentes com um dado tipo de contaminação. Encontram-se representados os processos homogéneos e processos heterogéneos, podendo ou não utilizar -se a radiação.

Posteriormente é referenciado a diferença da utilização das radiações Ultravioletas, como também, o contributo que elas podem ou não dar para uma remoção mais eficiente dos contaminantes emergentes.

Tabela 4 – Distinção entre Processos Homogéneos e Heterogéneos

HOMOGÉNEOS		HETEROGÉNEOS	
Com radiação	Sem radiação	Com radiação	Sem radiação
O <sub>3</sub> /UV	O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Cat. /UV	Electro-Fenton
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV	O <sub>3</sub> /OH <sup>-</sup>	Cat. / H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV	
O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /Fe <sup>2+</sup> (Fenton)		
VUV			

Por vezes o nível de toxicidade de um efluente é bastante elevado, impossibilitando o tratamento pelos métodos biológicos convencionais. Perante esta situação, a oxidação química pode ser utilizada como um pré-tratamento, diminuindo a toxicidade a montante de um processo biológico convencional. Pode também ser utilizada como pós-tratamento, para oxidar resíduos não biodegradados no processo biológico.

Assim sendo, os **Processos Oxidativos Avançados** apresentam uma série de vantagens, entre elas podem citar-se;

- Mineralizam o poluente e não somente transferem-no de fase;
- São muito utilizados para compostos refractários a outros tratamentos;
- Transformam produtos refractários em compostos biodegradáveis;
- Podem ser usados com outros processos (**pré-tratamento e pós-tratamento**);
- Tem forte poder oxidante, com cinética de reacção elevada;
- Geralmente não necessitam de um pós tratamento ou disposição final;
- Tendo sido usado oxidante suficiente, mineralizam o contaminante e não formam subprodutos;
- Geralmente melhoram as qualidades organolépticas da água tratada;
- Em muitos casos, consomem menos energia, acarretando menor custo;

Para **Processos Homogéneos** – Nos sistemas homogéneos, onde não existe a presença de catalisadores na forma sólida, a degradação do poluente orgânico pode ser efectuada por dois mecanismos distintos;

## 6.4. Fotólise directa com ultravioleta (UV)

É um onde a luz é a única fonte capaz de produzir a destruição do poluente. A fotólise directa, em comparação com processos envolvendo a geração de radicais hidroxilo, tem, geralmente, uma eficiência mais baixa. Assim, a maioria dos estudos é feita para quantificar a contribuição da fotólise da matéria orgânica em processos de oxidação em que ela actua de forma conjunta, por exemplo:  $H_2O/UV$ ,  $O_3/UV$ , e  $H_2O_2/O_3/UV$ . Além da aplicabilidade na degradação de poluentes, a irradiação pode ser utilizada para outros fins.

## 6.5. Formação do radical hidroxilo ( $OH^\cdot$ )

Possui um elevado poder oxidante, uma vida curta, e é responsável pela oxidação dos compostos orgânicos. A sua formação pode ocorrer devido à presença de oxidantes fortes, como o  $H_2O_2$  (**Peróxido de hidrogénio**), e  $O_3$  (**Ozono**), combinados ou não com irradiação. Além disso, os radicais hidroxilo, também podem ser gerados pela oxidação electroquímica, radiólise, feixe de electrões, ultrassom e plasma.

Para **Processos Heterogéneos**, estes diferenciam-se dos Processos Homogéneos devido à presença dos catalisadores semicondutores, substâncias que aumentam a velocidade da reacção para se atingir o equilíbrio químico sem sofrerem alteração química; as reacções que são feitas na presença dessas substâncias são chamadas **reacções catalíticas**.

Semicondutores que actuam como foto catalisadores possuem duas regiões energéticas: a região de energia mais baixa é a banda de valência (BV), onde os electrões não possuem movimento livre, e a região de energia mais alta é a banda de condução (BC), onde os electrões são livres para se moverem atrás do cristal, produzindo condutividade eléctrica similar aos metais.

## 6.6. Catalisadores

Existem vários tipos entre eles destacam-se; os semicondutores, como  $TiO_2$ ,  $ZnO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$ . Entretanto, de todos eles, o dióxido de titânio é o fotocatalisador é o mais activo e o que mais

tem sido utilizado na degradação de compostos orgânicos presente em águas e efluentes. Além disso, o  $\text{TiO}_2$ , tem sido extensivamente estudado pelas suas propriedades eléctricas, magnéticas e electroquímicas e, com isso, tem sido utilizado numa variedade enorme de aplicações tecnológicas. Alguns exemplos são; na redução de metais pesados, na degradação de cianotoxinas, na inactivação de bactérias, ou até mesmos em estudos onde a presença do catalisador na ionização de águas naturais diminui a formação de trihalometanos

Algumas das vantagens de dióxido de titânio, são o baixo custo, a não toxicidade, a insolubilidade em água, a fotoestabilidade, a estabilidade química numa ampla faixa de pH, a possibilidade de imobilização sobre sólidos e a possibilidade de activação por luz solar.

## 6.7. Fotoactivação de $\text{TiO}_2$

O  $\text{TiO}_2$  é um semi – condutor, isto é, no seu estado normal, os níveis de energia não são contínuos e, com isso, não conduz a electricidade. No entanto, quando irradiado com fotões, de energia igual ou superior à energia de “band – gap”, ocorre uma excitação electrónica e o electrão é promovido de banda de valência para a banda de condução, originando um par de electrão/lacuna. Esse par pode sofrer uma recombinação interna ou migrar para a superfície do catalisador. Na superfície pode sofrer recombinação externa, ou então participar em reacções de oxi – redução, com absorção de espécies como  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{O}_2$  e compostos orgânicos.

As reacções de oxidação podem ocorrer entre a lacuna da banda de valência e a água ou com iões hidroxilo, produzindo radicais hidroxilo. As reacções de redução podem ocorrer entre o electrão da banda de condução e o oxigénio, produzindo o ião radical superóxido, o qual pode produzir peróxido de hidrogénio, este que por sua vez, produz radicais hidroxilo.

## 6.8. Processo de Neutralização

A neutralização é utilizada para ajustar o pH dos efluentes para um valor aceitável, geralmente entre os valores 5,0 e 9,0 conforme padrão estabelecido em norma. Este processo pode ser realizado, utilizando-se substâncias ácidas como (ácido sulfúrico ou ácido clorídrico), para a redução do valor do pH e substâncias alcalinas (hidróxido de cálcio, hidróxido de sódio ou carbonato de sódio), para elevação do pH.



Os equipamentos utilizados para o desenvolvimento do processo de neutralização são bastante simples, consistindo de bombas, tanques, misturadores e medidores de pH, para o controle do processo. Além disto, o capital necessário para implantação e operação do sistema não é elevado [MIERZWA, 2002]. Em muitos casos, o processo de neutralização é utilizado.

## 6.9. Adsorção

É um processo essencialmente físico-químico e de permuta, no qual as moléculas ou os iões presentes numa fase tendem a condensar-se e concentrar-se à superfície de outra fase. De acordo com *Danielson (1973)*, neste processo há adesão de moléculas do adsorvido ao adsorvente. Esta adesão deve-se a ligações de **Van der Waals**.

Trata-se de um processo exotérmico de separação física e purificação, no qual o material é adsorvido e não é alterado quimicamente. Utiliza-se para remover contaminantes como os compostos orgânicos e metais pesados. A adsorção pode ser afectada por vários factores:

- Natureza do adsorvente como a área específica, a sua porosidade, o tamanho e a distribuição dos poros.

## 6.10. Filtração

O processo de filtração tem por objectivo remover da água, efluente dos decantadores, ou seja, partículas que ainda se encontram presentes. É um processo - chave na produção de efluentes de alta qualidade, combinando mecanismos físicos e químicos de remoção de sólidos, sendo por isso normalmente usado como uma etapa final imediatamente antes da desinfecção e da disposição final ou reuso [MANCUSO & SANTOS, 2003].

## 6.11. Membranas Filtrantes

Membranas filtrantes constituem, actualmente, a principal inovação tecnológica, nos processos de tratamento de água e de esgoto, sendo a primeira grande inovação, desde o desenvolvimento das tecnologias convencionais de tratamento de água no início do século passado [SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001]. O processo de separação por membranas envolve a utilização de membranas sintéticas, porosas ou semipermeáveis, para separar da água partículas sólidas de pequenos

diâmetros, moléculas e até mesmo compostos iónicos dissolvidos. Para que o processo ocorra é utilizado um gradiente de pressão hidráulica ou um campo eléctrico [OSMONICS, 1997 apud MIERZWA, 2002].

Nessas condições, a separação por membranas semipermeáveis pode ser entendida como uma operação em que o fluxo de alimentação é dividido em dois: o permeado, contendo o material que passa através da membrana, e o concentrado que contém o material que não passou através da membrana [MANCUSO & SANTOS, 2003].

Basicamente, os processos de separação por membranas são divididos em cinco categorias:

- **Microfiltração** – A dimensão dos poros varia entre 0.1 e 10 micrómetros;
- **Ultrafiltração** – Este processo de separação consiste na diferença de pressão através de uma membrana, ficando retidas proteínas e polímeros, entre outras cuja massa molar varie entre 500 e 500000 Daltons [Peppin e Elliot, 2001].
- **Nanofiltração** - A nanofiltração é um processo de separação por membranas, sendo considerada uma das tecnologias mais promissoras na separação de solutos neutros ou carregados presentes na água, com dimensões superiores a 0,001 µg/L. Este processo permite remover compostos orgânicos e inorgânicos, bem como vírus e bactérias.
- **Osmose inversa;**
- **Eletrodialise.**

O que difere cada uma das categorias acima é o diâmetro dos poros das membranas e o tipo e intensidade da força motriz utilizada para que seja promovida a separação dos contaminantes.

As membranas podem ser utilizadas para a remoção de vírus, durante a desinfecção de águas de abastecimento, ou de águas residuais.

## 6.12. Carvão Activado

O carvão activado é classificado de acordo com as suas características físicas; o carvão activado em pó (CAP) composto por partículas com tamanhos inferiores a 0,149 mm, sendo o carvão activado granular (CAG) composto por partículas superiores a 0,2 mm [Almeida, 2008].

È um material extremamente poroso, utilizado para adsorver os compostos químicos nocivos presentes na água, sendo um dos mais eficazes para a remoção de uma vasta gama de contaminantes das águas residuais.

O tratamento por carvão activado cria uma tecnologia versátil e efectiva que consiste num conjunto de colunas em série (figura 7) muito eficaz em águas muito concentradas, no entanto quando se trata de águas pouco concentradas, de matéria orgânica demonstra pouca eficácia, uma vez que compete com os contaminantes pelos locais de ligação no carvão activado.



Figura 8 – Série de colunas do processo de carvão activado [9]

## 6.13. Reagente de Fenton

A oxidação com reagente de Fenton consiste na oxidação química com peróxido de hidrogénio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Este processo começou a ser utilizado em 1990.

O reagente de Fenton é utilizado na decomposição de poluentes orgânicos, por meio de oxidantes muito reactivos, permitindo a diminuição da toxicidade e o aumento da biodegradabilidade. Tal ocorre devido à produção de radicais hidroxilo, gerados pelo reagente de Fenton e, portanto, resultantes da reacção entre o ião  $\text{Fe}^{2+}$  e o peróxido de hidrogénio. O radical livre cria um ataque biológico ao composto, sendo capaz de decompor quimicamente compostos orgânicos e inorgânicos. A equação apresentada seguidamente representa a reacção referida



Uma vez que o catalisador da reacção é o ferro (II), é necessário que a quantidade deste, durante a reacção, seja satisfatória.

### 6.13.1. Aplicações

O reagente de Fenton é aplicado essencialmente no tratamento de águas residuais, lamas e no tratamento de solos contaminados. Entre os vários efeitos obtidos como o tratamento de Fenton destacam-se:

- Degradação da matéria orgânica;
- Diminuição da toxicidade;
- Aumento da biodegradabilidade;
- Diminuição da CBO, CQO e TOC;
- Remoção de cor e de odor;

### 6.13.2. Limitações do tratamento de Fenton

Existem variadas limitações inerentes à utilização do reagente de Fenton. Como já foi referenciado, alguns compostos orgânicos não são oxidados neste processo. Por outro lado, poderá haver a formação de outros compostos que serão igualmente tóxicos e que comprometam a aplicabilidade do tratamento. Convém não esquecer que se adiciona um alto teor de ferro à solução o que, só por si, não é muito vantajoso. As lamas formadas requerem tratamento apropriado, o que implica um aumento do custo de tratamento. Existem, porém, limitações ao poder oxidativo do reagente de Fenton. Na Tabela 6 estão listados alguns dos compostos que não são passíveis de ser oxidados.

Tabela 5 – Compostos não oxidados pelo reagente de Fenton

Ácido acético	Ácido Oxálico
Acetona	<i>n</i> -parafinas
Tetracloroeto de carbono	Tetracloroetano
Clorofórmio	Tricloroetano
Ácido Maleico	Ácido Malónico

### 6.14. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>2+</sup>/UV (Foto – Fenton)

É o processo que combina a aplicação de radiação ultravioleta a uma reacção de Fenton, à qual é chamada Foto – Fenton, e que pode produzir uma maior eficiência na degradação, pois a fotólise de peróxido de hidrogénio contribui para a aceleração na produção de OH<sup>·</sup>. Este processo tem sido muito utilizado na degradação de imagens de raios – X.

É importante acrescentar que, nos casos em que se utiliza o peróxido de hidrogénio, seja sozinho, combinado com UV ou então, com sais de ferro, o oxidante deve ser usado em quantidades adequadas, de modo a que não tenha resíduos, pois isso representaria um gasto desnecessário.

## 6.15. Ozonização (Ozono)

O ozono é um elemento muito utilizado em toda a Europa para a desinfecção das águas contaminadas, e posteriormente, servirem de consumo humano.

O que o torna tão atractivo neste processo é tratar-se de um oxidante forte e que reage muito rapidamente com os compostos orgânicos e microrganismos presentes na água. Outra razão pelo qual o torna tão atractivo, prende-se com o facto de não conferir nenhum sabor ou odor à água.

No entanto, todos os processos têm desvantagens, e o processo da ozonização também os tem, aos quais estão associados ao custo, à eficiência dos geradores, assim como métodos de injeção do gás [10].

Como podemos analisar na Figura 9 apresentada de seguida este sistema de tratamento de água tem essencialmente 4 componentes básicos: o gerador de ozono, tanque de contacto, sistema de alimentação de gás e o sistema de destruição de gás não consumido. O sistema de alimentação de gás divide-se em 3 categorias: os que usam ar, os que usam oxigénio, ou os que usam os ambos.

A produção de ozono pode ser realizada por diversos métodos, mas o método da descarga corona é o mais utilizado, embora a radiação de gás rico em oxigénio com luz UV também pode ser utilizado.

O tanque de contacto serve para proporcionar a transferência de ozono gasoso para a água, promovendo o contacto do ozono com a massa líquida, e finalmente, retendo o ozono para que ocorram as reacções desejadas.

O sistema de destruição de um gás desempenha uma função bastante importante, que consiste em reduzir a concentração de oxigénio até 0,1 ppm em volume, antes de ser enviado para a atmosfera.

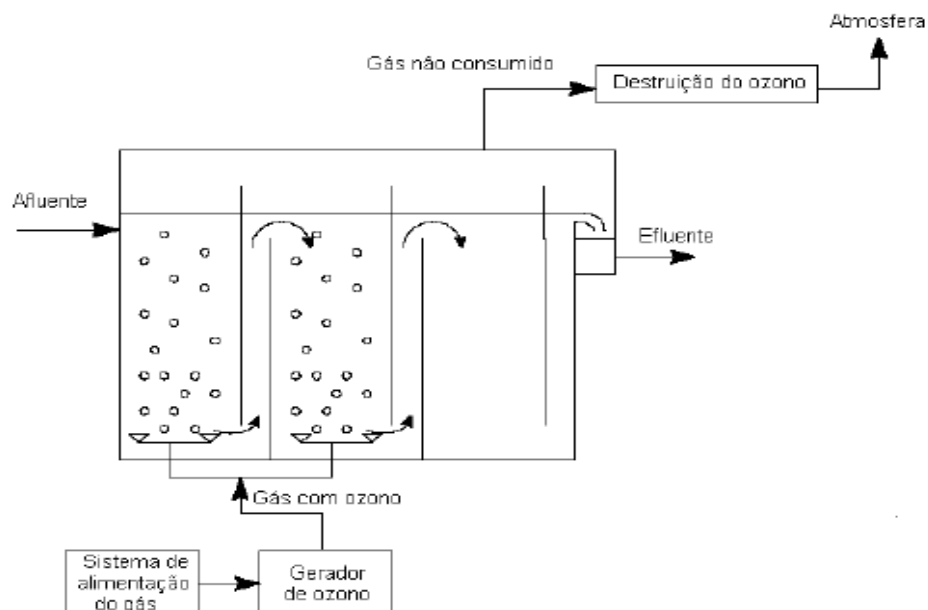


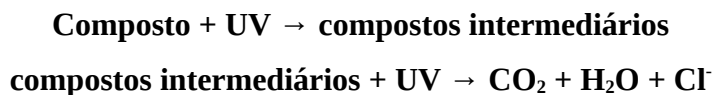
Figura 9 – Esquema de um sistema de tratamento de água com ozono [10]

O ozono, como referido anteriormente é um composto bastante eficaz na eliminação de bactérias, pois mesmo em baixas concentrações possui uma toxicidade tal, permitindo a destruição de microrganismos, ocorrendo então a morte por lise da parede celular.

O processo de ozonização é responsável pela remoção de cerca de 95 % dos antibióticos existentes nos efluentes hospitalares. No entanto, existe também um outro processo adequado para a remoção daqueles fármacos, que é a permutação iónica, contudo este processo aparentar ter um rendimento bastante inferior quando comparado com a ozonização.

A técnica de sistemas de Ultravioletas como processo isento de químicos é um procedimento muito útil, pois não afecta a qualidade da água conferindo-lhe uma maior desinfecção e neutralização eficiente da mesma.

Este processo é muito utilizado na indústria farmacêutica.



A radiação UV também participa em conjunto com o peróxido de hidrogénio da qual resulta a formação do grupo hidroxilo.



## Capítulo 7 - Conclusões

Com a realização deste trabalho foi possível compreender e caracterizar a situação nacional em termos de tratamento das águas residuais hospitalares e a gestão envolvida neste processo.

Em Portugal os tratamentos das águas residuais hospitalares são relativamente recentes e as técnicas aplicadas reportam-se principalmente a um pré-tratamento numa ETARI.

Nos últimos anos observou-se uma crescente preocupação com a saúde pública e com o ambiente envolvente, houve a necessidade da elaboração de planos de gestão e legislação sobre várias temáticas, mas os efluentes hospitalares têm sido negligenciados.

Apesar dos avanços registados no tratamento de águas residuais, diversos estudos demonstraram que a remoção de fármacos ainda é muito deficiente, permitindo em alguns casos, apenas uma alteração das características dos compostos, não evitando a sua posterior descarga no meio hídrico, conduzindo a uma contaminação ambiental.

Tendo em conta a legislação em vigor, o efluente final na saída da estação de tratamento deve cumprir os valores tabelados, para tal e tendo em conta o cenário actual existe a necessidade de criar dentro das próprias instalações hospitalares uma estação de pré-tratamento.

Para trabalhos futuros é de salientar que apesar de diversos estudos elaborados no sentido de combater a contaminação dos efluentes, Portugal ainda não está em condições de desenvolver projectos para a resolução deste problema podendo qualquer solução colocar em risco a saúde pública.

Embora deve continuar a existir financiamento no sentido de uma melhor gestão das águas hospitalares, inspecção da qualidade dos efluentes e aposta no desenvolvimento de novos processos para a resolução deste enigma.

## Capítulo 8 - Propostas Futuras

### 8.1. Construção de ETAR

Para a construção de novas **ETARs** é fundamental uma análise muito criteriosa, acerca das condições preexistentes para a rejeição das águas residuais, das lamas, de outros subprodutos, do seu destino final e ainda na avaliação da sensibilidade do meio receptor como, cursos de água, lagos, águas costeiras, entre outros.

É necessário também, uma consulta à entidade licenciadora das descargas das águas residuais na zona onde se localizará a ETAR sobre os requisitos que a descarga deverá satisfazer.

Para hospitais existentes, é indispensável uma quantificação prévia acerca dos caudais e das descargas poluentes das águas residuais, sendo esta última com recurso a análises laboratoriais com parâmetros físicos, químicos e microbiológicos legais ou regulamentarmente exigidos ou considerados importantes.

Esta decisão deverá ter em atenção a variabilidade dos caudais com o decorrer do tempo, bem como a necessidade de prever um órgão credenciado que esteja destinado à regularização do mesmo.

### 8.2. Separação de contaminantes por serviços

Para a construção de novas **ETARs** é necessário um estudo e investigação de todos os possíveis contaminantes que resultam de cada serviço das unidades de cuidados de saúde. Em seguida são apresentadas as principais áreas dos serviços hospitalares, bem como de alguns dos contaminantes mais frequentemente encontrados nas redes de drenagem de águas residuais;

**1 – Zonas Laboratoriais, Anatomia Patológica** – Líquidos proveniente dos diversos equipamentos laboratoriais, formol, produtos desinfectantes, corantes, álcoois, entre outros.

**2 - Serviços de Imagiologia** – Todos os líquidos provenientes ou utilizados na revelação e fixação de películas. O processo de recolha é automático através de canalização própria, encaminhando os produtos que se pretende rejeitar para contentores próprios, que serão posteriormente recolhidos por empresas certificadas para o processamento.

**3 - Bloco Operatório, Cirurgia Ambulatória, Pneumologia, urologia, Gastrenterologia.** – Restos de antibióticos e de citostáticos, formol, entre outros.









**4– Medicina Nuclear** – A rejeição das substâncias radioactivas é tratada noutra Manual, mais especificamente, no Manual de Boas Práticas para a Rejeição dos Resíduos Líquidos Radioactivos.

**5 – Cozinhas** – É necessário que seja assegurada a recolha dos óleos alimentares usados através de contentores com elevada capacidade, ou em alternativa, câmaras fixa de grande capacidade, dotadas de sistema de bombagem. Os óleos serão posteriormente encaminhados para tratamento através de empresas credenciadas.

### **8.3. Construção de ETARI**

No que diz respeito à preservação da saúde humana e do próprio meio ambiente, é importante e necessário a construção de ETARI em hospitais dotadas de valências, nomeadamente em doenças infecto-contagiosas.

Para a construção destas ETARI é necessário ter em conta, a existência ou a previsão de redes independentes de esgotos, ao qual estão associadas as infecções. Para isso deverá prever-se uma rede independente, que seja destinada aos esgotos com maior risco infeccioso, e que esteja concebida para recolher os esgotos provenientes dos seguintes serviços hospitalares;

-  **Salas de Autópsia;**
-  **Esterilização;**
-  **Urgência;**
-  **Bloco Operatório;**
-  **Unidade de Cuidados Intensivos;**
-  **Unidade de Internamento de doente Infecto – Contagiosos.**

## Referencias Bibliográficas

- [1] FALCÃO, Filipa Alexandra Saudade, “Contributo para o Estudo da Problemática da Águas Residuais Hospitalares, Lisboa, 2009.
- [2] FREROTTE, J. & VERSTRAETE, W. (1979) Le traitement des eaux usées d'hospitaux. *La technique de L'eau et de l'assainissement*, 386, 21- 32.
- [3] COSTA, Cristina, DORDIO, Ana, “Podem os medicamentos que usamos prejudicar o meio Ambiente”, Universidade de Évora, 2007.
- [4] Deoraj Caussy,a, Michael Gochfeld,b Eugen Gurzau,c Corneliu Neagu,d and Heinz Ruedele, Lessons from case studies of metals:investigating exposure, bioavailability, and risk, (2003).
- [5] Panouillères, Muriel; Boillot, Clotilde, Study of the combined effects of a peracetic acid-based didinfectant and surfactants contained in hospital effluents on *Daphnia magna*, (2008).
- [6] COELHO, Sílvia Maria Castro, “ Tecnologias alternativas de remoção de produtos farmacêuticos em matrizes aquosas”, Porto, 2008.
- [7] C. Boillot, C. Bazin, F. Tissot-Guerraz, J. Droguet, M. Perraud, J.C. Cetre, D. Trepo and Y. Perrodin, Daily physicochemical, microbiological and ecotoxicological fluctuations of a hospital effluent according to technical and care activities, 2008
- [8] Cortacáns, J.A., del Castillo, I.\*, Hernández, A.L., Hernández, A., Montes, E., “EMERGENT POLLUTANTS AND THEIR BEHAVIOUR IN WASTEWATER TREATMENT PLANTS”, 2010
- [9] <http://www.envirochemie-br.com/Adsorcao.155.0.html?&L=6> (consultado 07/09/2011).
- [10] CARVALHEIRO, Catarina Ferreira das Neves, “Estudo da Hidrodinâmica do processo de ozonização da ETA de Lever”, Porto, 2006, pág. 21-24.
- [11] – H. Takeru, Lawrence, K. US Patent 3, 787, 571 (22 de Janeiro de 1974).
- [12] – <https://woc.uc.pt/fmuc/getFile.do?tipo=2&id=3047> (FredericoP, 2011, consultado em 13/07/2011).
- [13] - Cooper, G. *A Célula*, Arimed Editora, 2a Ed., 297-312 (2005).

- [14] -[http://www.libertaria.pro.br/antibioticos\\_intro.htm#3](http://www.libertaria.pro.br/antibioticos_intro.htm#3), consultado em 24/07/2011 de 2008.
- [15] – Toro, C. *Uso de bactérias lácticas probióticas na alimentação de camarões Litopenaeus vannamei como inibidores de microrganismos e estimulantes do sistema imune* (2005).
- [16] - Mandell, G. I., Petri Jr., W. A. Antimicrobial agents: general considerations, Hardman, J.G. and Limbird, L.E.: Goodman and Gilman's. The Pharmacological Basis of Therapeutics, International Edition, 9a Ed., New York, 1223 (1996).
- [17] - E Tuméo, H Gbaguidi-Haore, I Patry, X Bertrand, M Thouverez , D Talon. Are antibiotic-resistant Pseudomonas aeruginosa isolated from hospitalised patients recovered in the hospital effluents? (2008)
- [18] Office of water Regulations and Standards Office of Water, Preliminary Data Summary for the Transportation Equipment Cleaning Industry, Washington DC., 1989,
- [19] KUMMERER, K. (2001) Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources - a review. *Chemosphere*, 45, 957 – 969.
- [20] FARIA, Patrícia Celeste Curval, “Descoloração de Efluentes por Ozonização na Presença de Carvão Activado”, Porto, 2003, pág. 60-64.
- [21] Matamoros, V., Bayona, J.M., Salvadó, V., “Removal of emerging Polluants in a conventional Tertiary Treatment and a Pond-Constructed Wetland System: A comparison Study”, 2010
- [22] BENOLIEL, Maria João, CARDOSO, Vítor Vale, FERREIRA, Elisabete, PENETRA, Ana, RODRIGUES, Alexandre, “ Água Para consumo Humano: Compostos Orgânicos Emergentes e Riscos para a Saúde”, 2010.
- [23] SIMÕES, Pedro Miguel Da Silva Vieira, “Contribuição para o Estudo da Presença e Remoção de Compostos Emergentes de Filtros de UV em ETAR”, Lisboa, 2010.
- [24] ROQUE, Ana Luísa Rei Rodrigues, “Remoção de Compostos Farmacêuticos Persistentes das Águas Efeitos no Ambiente e na Saúde Humana”, Lisboa, 2009.

Quipá Editora  
[www.quipaeditora.com.br](http://www.quipaeditora.com.br)  
@quipaeditora

ISBN 978-658997358-4



9

786589

973584

1