

Cátia Andreia Vieira Vicente

Acompanhamento da Avaliação de Desempenho
Ambiental e Otimização de Processos de Tratamento
de Efluentes Industriais da Borgstena Textile Portugal



Cátia Andreia Vieira Vicente

Acompanhamento da Avaliação de Desempenho
Ambiental e Otimização de Processos de Tratamento
de Efluentes Industriais da Borgstena Textile Portugal

Relatório de Estágio
Mestrado em Tecnologias Ambientais

Professora Doutora Isabel Paula Lopes Brás



Aos meus pais e ao meu irmão.

RESUMO

A realização do presente relatório resulta do estágio curricular desenvolvido no âmbito do Mestrado em Tecnologias Ambientais da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, durante o período de 21 de Novembro de 2011 a 31 de Maio de 2012, na empresa *Borgstena* Textile Portugal. Esta dedica-se à produção de têxteis para o setor automóvel e localiza-se em Nelas.

O trabalho desenvolvido abraçou dois objetivos principais. Numa primeira fase envolveu a aplicação de conhecimentos relacionados com a gestão ambiental da organização e atividades afins, nomeadamente o preenchimento de matrizes de significância dos impactes ambientais. Estas matrizes envolvem o conhecimento/atualização da legislação aplicável às atividades da instalação e da determinação dos aspetos e seus impactes no ambiente.

O segundo objetivo visou o desenvolvimento de estudos na área do tratamento de águas residuais industriais que permitiram, além de perceber o funcionamento de uma estação de tratamento de águas residuais industriais (ETARI), avaliar a necessidade e importância da aplicação de um tratamento físico-químico adequado. As indústrias têxteis, devido ao processo de fabricação do tecido, produzem efluentes corados, de características químicas muito próprias e inconstantes, pelo que requerem etapas de tratamento específicas e adequadas às características do efluente de elevada toxicidade e carga orgânica. Foram realizados ensaios de tratabilidade da água, de onde foi possível retirar informação por forma a sugerir algumas otimizações possivelmente alternativas ao processo de tratamento existente.

O cumprimento dos objetivos propostos permitiu determinar que o contacto com as situações reais de uma organização são uma forte ferramenta no crescimento profissional e pessoal, permitindo a consolidação e aquisição de conhecimentos.

ABSTRACT

The completion of this report result of the curricular internship developed under the MSc in Environmental Technology, Viseu School of Technology and Management, during the period of 21 November 2011 to 31 May 2012, in the *Borgstena* Textile Portugal. This company is dedicated to textiles production for automotive industry and is located in Nelas.

The work embraced two main objectives. In the first phase involved the application of knowledge relating to the organization environmental management and related activities, including the actualization of environmental impacts significance arrays. These matrices involve knowledge / update of the applicable legislation to the activities of the facility and aspects evaluation and their impact on the environment.

The second propose aimed the development of studies about the industrial wastewater treatment that allowed the recognition of the industrial wastewater treatment plant (IWWTP) operation, and the evaluation of the application of a suitable physical-chemical treatment. The textile effluent discharges, due to the manufacturing process, produce colored effluents with chemical characteristics, which require specific and appropriate treatments. Tests of water treatability were performed allowing engaging some suggestions and some optimizations for the existing treatment process.

The fulfillment of the proposed objectives supports the evidence that the contact with organizations real situations is a strong tool to the professional and personal growth, enabling consolidation and acquisition of knowledge.

PALAVRAS-CHAVE

Aspetos ambientais significativos

ETARI

Gestão ambiental

Tratamento físico-químico

KEY-WORDS

Significant environmental aspects

IWWTP

Environmental management

Physico-chemical treatment

AGRADECIMENTOS

Dada a dimensão e importância do presente trabalho, e embora a sua realização seja individual, saliento algumas pessoas pelo seu contributo no meu trabalho final, quer pelo apoio prestado durante a realização do estágio curricular e durante a elaboração do presente relatório de estágio, como pela contribuição com opiniões e informações enriquecedoras.

Em primeiro lugar, aos meus pais, pelo apoio incondicional.

À professora Doutora Isabel Brás, minha orientadora, pela constante compreensão, disponibilidade e acompanhamento do trabalho, em toda a orientação e contribuição no aprofundamento de conhecimentos no meu percurso académico.

Ao Mestre Paulo Sousa, pelas competências transmitidas e orientação durante a realização do estágio curricular, e pela constante disponibilidade em me auxiliar.

A todos os colaboradores da empresa *Borgstena Textile* Portugal, que contribuíram para que o meu estágio curricular fosse agradável, proveitoso e enriquecedor.

Por todas as dificuldades ultrapassadas, saliento um agradecimento especial aos meus amigos, por tudo, colegas, familiares e profissionais de saúde responsáveis pela minha recuperação, particularmente ao fisioterapeuta que me acompanhou.

ÍNDICE GERAL

Resumo	iii
Abstract	v
Palavras-Chave	vii
Key-Words.....	ix
Agradecimentos.....	xi
Índice Geral	xiii
Capítulo I. Considerações Introdutórias	1
1 Introdução.....	1
1.1 Plano de Trabalhos	1
1.2 Organização do Trabalho	2
Capítulo II. A Empresa Borgstena Textile Portugal.....	5
1 Caracterização e Atividade Desenvolvida.....	5
2 As Instalações	5
3 Certificação da Empresa	6
4 Matérias-primas Utilizadas	6
5 Processo Produtivo da BTP	7
5.1 Urdimento	7
5.2 Tecelagem	8
5.3 Pré-Inspeção	8
5.4 Malharia Circular	8
5.5 Corte e Confeção	9
5.6 Tinturaria e Acabamento	9
5.7 Laminagem.....	9
5.8 Corte de Formatos.....	10
5.9 Inspeção Final	10
5.10 Manutenção.....	10
Capítulo III. Gestão Ambiental: Breve Caso de Estudo	11
1 Sistemas de Gestão Ambiental	11
2 Auditorias Ambientais.....	15
3 Fluxograma de Atividades da Empresa	15

4	Metodologia Utilizada	19
4.1	Levantamento de Legislação Aplicável	19
4.2	Método de Quantificação dos Aspetos Ambientais	20
4.3	Avaliação dos Aspetos Ambientais	21
4.4	Atualização das Matrizes de Impacte Ambiental Existentes	22
4.5	Preparação da Auditoria de Acompanhamento	22
5	Apresentação de Resultados.....	22
5.1	Identificação dos Aspetos Ambientais.....	22
5.2	Legislação Aplicável aos Aspetos Ambientais	23
5.3	Avaliação das Matrizes e Aspetos Ambientais.....	25
5.4	Aspetos Ambientais Significativos.....	26
5.5	Resultados da Auditoria Ambiental	28
Capítulo IV. Tratamento de Águas Residuais Industriais: Caso de Estudo		31
1	Efluentes Provenientes da Indústria Têxtil	31
2	A secção de Tinturaria e Acabamento	32
3	ETARI da Borgstena Textile Portugal.....	33
3.1	Unidades de Tratamento da Fase Líquida da ETARI	35
3.2	Unidades de Tratamento da Fase Sólida da ETARI	39
3.3	Os Produtos Químicos na ETARI	40
3.3.1	Os Produtos Químicos Influentes no Processo	40
3.3.2	Preparação e Doseamento de Reagentes	42
3.4	Contextualização do Caso de Estudo	43
4	Metodologias Utilizadas.....	44
4.1	Parâmetros de Caracterização do Efluente.....	44
4.2	Avaliação da Influência do Oxidante na Remoção de Matéria Orgânica	44
4.3	Ensaio de Tratabilidade em Águas Residuais	45
4.4	Calibração das Bombas Doseadoras de Produtos Químicos	46
5	Caracterização da Água Residual Industrial	46
5.1	Doseamento dos Produtos Químicos.....	46
5.2	Caracterização do Efluente Inicial	48
5.2.1	O Efluente do Processo de Tingimento.....	49
5.3	Caracterização do Efluente ao Longo da ETARI.....	51
5.3.1	Análise Estatística	52
6	Estudos Desenvolvidos	53
6.1	Avaliação da Ação do Oxidante Utilizado na ETARI	54

6.1.1	Cinética de Oxidação	54
6.1.2	Remoção de Matéria Orgânica	55
6.1.3	Tempo de Reação e Contacto do Oxidante	57
6.2	Jar-test.....	58
6.3	Calibração das Bombas Doseadoras de Produtos Químicos	63
7	Otimização de Processos da ETARI e Outras Alternativas	66
7.1	O Efluente na Origem: Tinturaria e Acabamento	66
7.2	Produtos Químicos Utilizados na ETARI.....	68
7.3	Unidades de Tratamento Físico do Efluente	70
7.3.1	Tamisador.....	70
7.3.2	Equalização	70
7.3.3	Adsorção em Carvão Ativado.....	71
7.4	Unidades de Tratamento Químico do Efluente	72
7.4.1	Oxidação Química como Pré-Tratamento.....	72
7.4.2	Coagulação e Floculação	74
7.4.3	Processos Avançados de Oxidação Química	76
7.5	Tratamento Biológico dos Efluentes Têxteis	78
7.6	Descarga do Efluente da ETARI	79
	Conclusão.....	81
	Referências	85
	Anexos.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1.1. Logótipo da empresa.	1
Figura II.1.1. Vista panorâmica exterior da <i>Borgstena</i> Textile Portugal.....	5
Figura II.5.1. Diagrama do Processo Produtivo da <i>Borgstena</i> Textile Portugal, Lda.	7
Figura III.3.1. Fluxograma Produtivo das Atividades Desenvolvidas e Aspetos Ambientais.....	17
Figura III.3.2. Fluxograma de Serviços Auxiliares da BTP.	18
Figura IV.3.1. Esquema simplificado de funcionamento da ETARI da BTP.	34
Figura IV.3.2. Tanque de entrada da ETARI (Tamisador).	35
Figura IV.3.3. Torre de refrigeração.	36
Figura IV.3.4. Tanque de bombagem de 70 m ³	36
Figura IV.3.5. Tanque <i>DAF</i>	37
Figura IV.3.6. Raspador de lamas de superfície do flotor e água clarificada.	37
Figura IV.3.7. Sistema de osmose inversa.	39
Figura IV.3.8. Centrífuga para desidratação das lamas.	39
Figura IV.3.9. Unidades de preparação de polímero para o flotor e para a centrífuga.	42
Figura IV.3.10. Bomba doseadora de produtos químicos utilizada da ETARI.....	42
Figura IV.3.11. Regulação de caudal nas bombas doseadoras de produtos químicos.....	43
Figura IV.5.1. Variação horária de condutividade e turvação do efluente inicial.	48
Figura IV.6.1. Variação da Absorvância (526 nm) após adição de oxidante à água residual industrial.....	55
Figura IV.6.3. Variação da água residual a tratar com o oxidante.	56
Figura IV.6.2. Variação da solução de oxalato de sódio com o oxidante.	56
Figura IV.6.4. Resultados do ensaio de temperatura (ensaio 13 a 16, respetivamente).	61
Figura IV.6.5. Teor de sólidos (%) dos ensaios realizados a diferentes temperaturas	62
Figura IV.6.6. Gráfico representativo da calibração da bomba de dosagem de oxidante.	64
Figura IV.6.7. Gráfico representativo da calibração da bomba de dosagem de Coagulante.	64
Figura IV.6.8. Gráfico representativo da calibração da bomba de dosagem de NaOH.....	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela III.1.1. Descrição das fases de implementação de um SGA.....	13
Tabela III.4.1. Critérios ambientais e respetiva descrição.	20
Tabela III.5.1. Levantamento de Legislação e outros requisitos e respetiva descrição.	23
Tabela III.5.2. Legislação aplicável a cada aspeto ambiental.....	25
Tabela IV.3.1. Composição e propriedades dos reagentes utilizados na ETARI.	41
Tabela IV.4.1 Dosagens dos produtos químicos utilizados no ensaio <i>Jar-test</i>	45
Tabela IV.4.2. Ensaios a diferentes temperaturas.	45
Tabela IV.5.1. Quantidade de produtos químicos utilizada na ETARI nas condições de operação. ...	47
Tabela IV.5.2. Parâmetros horários da água residual industrial afluente à ETARI.	48
Tabela IV.5.3. Principais produtos químicos utilizados no processo de tingimento.	49
Tabela IV.5.4. Características dos principais químicos descarregados na água residual industrial. ...	50
Tabela IV.5.5. Valores de CQO de amostras recolhidas num processo de tingimento.....	51
Tabela IV.5.6. Valores de correlação de <i>Pearson</i> (<i>r</i>).....	53
Tabela IV.6.1. Poder de oxidação de oxidantes químicos comuns (Vance, 2002).	54
Tabela IV.6.2. Testes de reação do oxidante.	58
Tabela IV.6.3. Caracterização do efluente após os ensaios <i>Jar-test</i>	59
Tabela IV.6.4. Estudo do efeito da temperatura no processo de tratamento.	60
Tabela IV.6.5. Determinação de sólidos das amostras resultantes dos ensaios de temperatura.	62
Tabela IV.6.6. Sólidos determinados em amostras recolhidas diretamente na ETARI	62
Tabela IV.7.1. Incidentes provenientes da indústria têxtil e respetivas ações na ETAR (Boake e Orrin, 1998).	80
Tabela A.1. Matriz de impacte ambiental de Administrativos e Serviços de Apoio.	97

CAPÍTULO I. CONSIDERAÇÕES INTRODUTÓRIAS

1 INTRODUÇÃO

No âmbito do Mestrado em Tecnologias Ambientais da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, foi realizado o estágio objeto do presente relatório na empresa *Borgstena* Textile Portugal, Lda., (Figura I.1.1), localizada em Nelas (Chão do Pisco). Esta empresa destaca-se na produção de tecidos para a indústria automóvel sendo o seu CAE 13993 - Fabricação de Outros Têxteis Diversos, n.e.



Figura I.1.1. Logótipo da empresa.

A divisão têxtil do grupo *Borgstena* (*Borgstena Textile*) tem a responsabilidade de desenvolver, produzir e comercializar produtos têxteis para os setores de escritório, automóvel e casa, baseando-se em critérios restritivos de controlo de qualidade.

Com vista à inovação empresarial e constante melhoria contínua, a *Borgstena* prevê ainda a existência de serviços ao nível de ambiente e segurança, reduzindo o possível impacto ambiental dos seus produtos no meio ambiente.

1.1 PLANO DE TRABALHOS

O presente estágio, com uma duração de aproximadamente seis meses e meio, distribuídos no período de 21 de Novembro de 2011 a 31 de Maio de 2012, previa a concretização de um plano de trabalhos (Tabela I.1.1.) e respetivo cronograma (Tabela I.1.2), com distribuição e calendarização de tarefas.

Tabela I.1.1. Plano de trabalhos previsto.

Tarefa	Título	Descrição
T1	Pesquisa bibliográfica	Aquisição de conhecimentos teóricos e aprofundamento dos temas a abordar durante o estágio acerca da gestão ambiental e tratamento de águas residuais industriais.
T2	Acompanhamento do Sistema de Gestão Ambiental	Acompanhamento da preparação da empresa para a auditoria externa de acompanhamento pelas normas ISO 14001, ISO/TS 16949: ISO 9001.
T3	Avaliação do funcionamento da ETAR	Avaliação e acompanhamento do funcionamento da ETARI. Realização de testes de controlo dos efluentes e propostas de melhoria de funcionamento dos órgãos da ETAR.
T4	Elaboração do Relatório de Estágio	Organização documentada dos temas a abordar, nomeadamente ao nível da gestão ambiental e gestão da ETARI.

Tabela I.1.2. Cronograma de tarefas desenvolvidas.

Tarefa	Nov. 2011	Dez. 2011	Jan. 2012	Fev. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	Mai. 2012
T1	X	X					
T2		X	X	X			
T3			X	X	X	X	X
T4						X	X

As atividades desenvolvidas na empresa estiveram relacionadas com diversas vertentes, nomeadamente ao nível da certificação ambiental, que englobou a preparação dos procedimentos e instruções de trabalho e atualização da listagem dos documentos legais aplicáveis ao sistema, de forma a garantir o sucesso nas auditorias ao sistema por parte de entidades externas. Sendo a gestão adequada dos efluentes industriais outro tema de grande interesse para a organização, realizaram-se também ensaios de forma a controlar e otimizar as características das descargas de águas dos processos. Pretendeu-se procurar um equilíbrio ambiental entre os efluentes industriais e sua emissão controlada de acordo com os valores legalmente estabelecidos.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se distribuído por 4 capítulos principais, sendo os dois últimos os casos de estudos desenvolvidos durante a realização do referido estágio curricular.

Após a exposição do presente capítulo, como forma introdutória ao relatório de estágio, o capítulo II dedica-se à apresentação da empresa. De forma a simplificar a compreensão das temáticas

desenvolvidas, é relevante conhecer o funcionamento do processo produtivo afeto à *Borgstena* e as atividades por ela desenvolvidas.

O capítulo III apresenta, de uma forma genérica, os principais pontos associados ao enquadramento de Sistema de Gestão Ambiental ao nível empresarial, incluindo uma breve descrição da norma portuguesa NP EN ISO 14001:2004, nomeadamente no que se refere à determinação dos aspetos ambientais significativos. Inclui ainda toda a atividade prática desenvolvida neste âmbito.

Por último, o capítulo IV, relacionado com a temática de tratamento de águas residuais industriais, inclui a caracterização do funcionamento da ETARI da *Borgstena* e propostas de otimização de processos de funcionamento da mesma. Este capítulo contém ainda todo o desenvolvimento pormenorizado do tema em estudo.

CAPÍTULO II. A EMPRESA *BORGSTENA TEXTILE* PORTUGAL

1 CARACTERIZAÇÃO E ATIVIDADE DESENVOLVIDA

O grupo *Borgstena Textile* foi fundado em 1925 em *Borgstena*, no sul da Suécia. As parcerias do grupo *Borgstena* encontram-se distribuídas por várias unidades fabris, incluindo Brasil e Suécia. Na figura II.1.1 é apresentada a fachada principal das instalações da Borgstena Portugal em Nelas.



Figura II.1.1. Vista panorâmica exterior da *Borgstena Textile* Portugal.

2 AS INSTALAÇÕES

As instalações afetas à BTP incluem três edifícios principais, nomeadamente o pavilhão principal (produção), o armazém de espuma e o armazém principal dividido em dois espaços, destinado a receber matéria-prima a ser processada (Armazém de matéria prima) e o material de expedição para o cliente (Armazém de expedição).

O pavilhão principal de produção inclui diversas zonas distintas, nomeadamente:

1. Área de Administração Principal
2. Urdimento
3. Tecelagem
4. Malharia Circular
5. Tinturaria e Acabamento
6. Laminagem e Inspeção
7. Corte e confeção
8. Armazém de material acabado

Além dos espaços acima descritos, existem ainda outros espaços como a ETARI, o posto de transformação (devidamente isolado da restante estrutura fabril); central de calor (onde estão instaladas as caldeiras de apoio à produção); sala de compressores; parque de resíduos (exterior); oficina de manutenção/serralharia (exterior); vestiários; balneários com chuveiros nas imediações dos

vestiários e instalações sanitárias em todos os sectores produtivos e administrativos; bar e refeitório equipados; salas de reuniões e salas de formação e gabinete médico equipado.

3 CERTIFICAÇÃO DA EMPRESA

A BTP já tem implementado um Sistema de Gestão Ambiental segundo a NP EN ISO 14001:2004, que “especifica os requisitos para um sistema de gestão ambiental que permita à organização desenvolver e implementar uma política e objetivos, tendo em consideração requisitos legais e informação sobre aspetos ambientais significativos” (NP EN ISO 14001:2004).

Relativamente à aplicação do Sistema de Gestão da Qualidade, possui requisitos particulares para a aplicação da ISO 9001:2008 na indústria automóvel, especificamente a ISO/TS 16949, cujo propósito é auxiliar as organizações do setor automóvel no fornecimento de um produto ou serviço, assegurando que satisfaçam as necessidades e requisitos dos seus clientes. Prevê ainda uma melhoria contínua na prevenção de defeitos nos seus produtos de forma a reduzir a variação e gastos em desperdícios no funcionamento do mesmo (Hoyle, 2005). Além da certificação ao nível da Qualidade e Ambiente, também possuem certificação do produto, pela Oeko-Tex®, como padrão de segurança dos produtos têxteis.

4 MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS

Tal como referido anteriormente, a *Borgstena* dedica a sua atividade à produção de tecidos para a indústria automóvel e as matérias-primas utilizadas são introduzidas em várias etapas ao longo de todo o processo produtivo e são adquiridas principalmente no mercado Europeu.

As principais Matérias-primas a utilizar no processo produtivo da BTP são o fio, 100% poliéster (PES), a espuma de poliuretano (PUR), o forro e não tecido de PES. Todos os materiais são certificados Oeko-Tex®, seja por compra a fornecedores certificados, seja por certificação feita pela BTP

O fio é constituído por 100% PES, certificado Oeko-Tex®, e possui cores variadas. O seu consumo anual ronda cerca de 1700 toneladas. O seu armazenamento é feito no armazém principal. Neste armazém são também colocados o forro e o não tecido assim como a espuma.

Os corantes a utilizar serão corantes dispersos e estes encontram-se armazenados num armazém com cerca de 45 m².

Como matérias-primas auxiliares utilizam-se ainda químicos auxiliares, tubos de cartão, filme plástico e cartão, cujo propósito de utilização é o embalamento do produto.

5 PROCESSO PRODUTIVO DA BTP

A empresa está subdividida em várias secções, como será possível constatar seguidamente. O processo produtivo propriamente dito, envolve a obtenção de produtos em diferentes fases, pela utilização das matérias-primas acima mencionadas.

A organização seccional da empresa encontra-se ilustrada de forma sintética na figura II.5.1, onde se verifica a relação existente entre as diferentes fases do processo produtivo, desde o fio propriamente dito, à obtenção do produto final com as diferentes finalidades e características requeridas pelo cliente, paralelamente a um constante controlo de qualidade do produto. Para isso, durante todo o processo produtivo são realizados diversos testes laboratoriais de forma a garantir a qualidade do produto e o cumprimento das especificações exigidas pelo cliente.

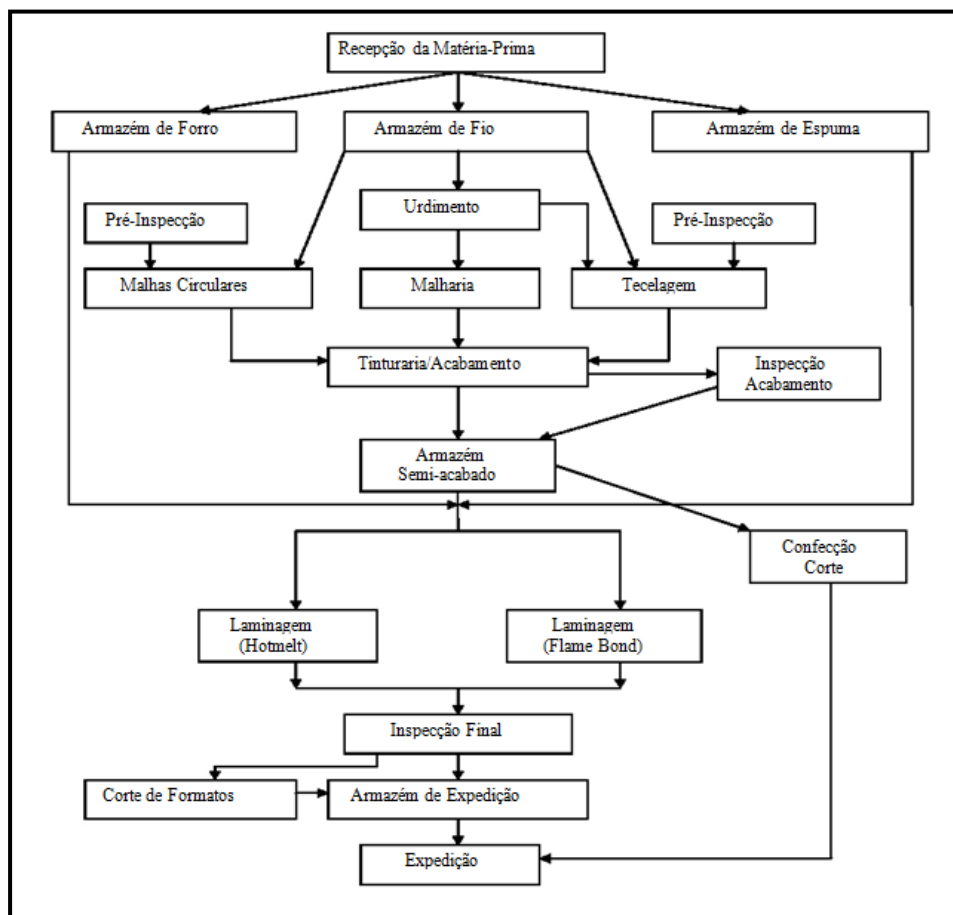


Figura II.5.1. Diagrama do Processo Produtivo da *Borgstena Textile Portugal, Lda.*

5.1 URDIMENTO

Neste processo realiza-se a passagem do fio dos cones, onde se encontra o fio acondicionado, para órgãos metálicos, para que fiquem colocados paralelos, com uma tensão e orientação previamente definida. Este é um processo automatizado de preparação para a Malharia e Tecelagem (Urdume).

O fio utilizado é 100% PES, do tipo fibra cortada, que é mais maleável (utilizado para cortinas) e filamento contínuo (utilizado para bancos e assentos).

5.2 TECELAGEM

Este processo envolve as fases de tecer, entrelaçar fios de trama (Transversal) e urdume (Longitudinal) de forma a produzir tecido.

Nesta secção, os órgãos vindos da secção de urdissagem são colocados no tear, programado de acordo com o padrão que se pretende obter, criado no Departamento de Design, desenvolvido pela Engenharia e aprovado pelo cliente, com as características definidas pelo cliente, dando início ao processo produtivo do tecido.

A densidade do tecido varia de acordo com a quantidade de fios a utilizar na teia e este irá ser aplicado em bancos de automóveis ou cortinas para veículos pesados.

5.3 PRÉ-INSPEÇÃO

Operação de controlo de qualidade do produto, onde se identificam e corrigem eventuais defeitos, utilizando equipamentos de revista. Esta operação torna-se relevante antes da fase de acabamento, evitando a obtenção de defeitos e os custos associados.

5.4 MALHARIA CIRCULAR

Nesta secção o fio utilizado é adquirido já urdido. No processo o fio é colocado nas esquinadeiras e entra na máquina através de um processo mecânico, onde as agulhas trabalham o fio transformando-o em malha (DRH, 2009).

Por outras palavras, é a operação de transformação por entrelaçamento de uma dada quantidade de fios que concorrem e convergem em simultâneo para um campo agulhado, originando um produto de malharia de teia. Esta operação é efetuada em teares de malha e teares circulares (Sousa, 2010).

Assim, findo o processo de tecelagem e de malharia, e em caso de necessidade de acabamentos, o tecido será enviado para a secção de tinturaria e acabamento (processo interno), ou para empresas subcontratadas pela *Borgstena*, em Portugal e/ou no estrangeiro (DRH, 2009).

Após o acabamento do tecido e da malha, no caso de um tecido acoplado, este será laminado, ou seja, é feita a aderência do tecido à espuma e, por vezes, também se aplica uma camada de forro. Após esta fase o produto segue para a inspeção final. No caso de tecido utilizado em cru, após a fase de tinturaria e acabamento, ou depois de regressar da empresa subcontratada, passa diretamente para a inspeção final.

5.5 CORTE E CONFEÇÃO

O corte é realizado em mesas de corte de formatos, onde o tecido é estendido e cortado através de um sistema de corte automático em formatos com as dimensões requeridas pelo cliente.

O tecido para cortinas é cortado numa mesa de corte a laser. Posteriormente a estas cortinas irão ser acrescentados clips, na área de confeção, constituída por várias máquinas de costura industriais, que fazem a junção dos vários formatos para formar os componentes finais (Sousa, 2010).

5.6 TINTURARIA E ACABAMENTO

O processo de tingimento e acabamento será o processo de ultimação de tecido e das malhas, que lhes permite adquirir os requisitos de qualidade exigidos pelos clientes.

Nesta secção é feito o tingimento da malha teia (*ketten*) branca nas máquinas de tingimento, para se atingir a cor pretendida. O banho é injetado contra a malha com pressão, onde além de corantes, são utilizados produtos químicos auxiliares como sais, agentes de igualização, anti espumas, anti vincos, repelentes, etc., conferindo ao artigo as características requeridas pelo cliente (Sousa, 2010).

Dentro das tubeiras o tecido é simultaneamente pesado e lavado e é adicionada a receita de tingimento (tinta e água), de acordo com a densidade do material.

Na secção de acabamento, após os processos de tingimento e lavagem (caso existam) é feita a termofixação do material nas râmolas onde por intermédio de tensão e calor, e com temperaturas de aproximadamente 100°C, se confere ao material elasticidade e resistência à deformação e encolhimento (Sousa, 2010).

5.7 LAMINAGEM

A laminagem consiste em acoplar, através de chama ou de cola, um tecido ou malha a uma espuma. Esta tecnologia também permite acoplar um forro ou um não-tecido a esta espuma, originando um componente bi/trilaminado (substrato têxtil + espuma + forro).

Existem vários tipos de processo de colagem. A *Flamebond*, uma tecnologia por combustão, é uma laminagem feita através de chama viva que derrete a espuma de PUR, aderindo ao material por calandragem. A *Flatbed* difere no processo, pois não funciona por combustão, nesta é adicionado não tecido ao tecido, por intermédio de cola. A *Hotmelt* opera pela fusão de cola de poliamida ou poliéster, sendo a de poliéster a mais utilizada, pois a poliamida apesar de facilmente manuseável, é mais poluente e prejudicial para o meio ambiente.

5.8 CORTE DE FORMATOS

O corte de formatos é realizado para malhas laminadas e tecidos de tear plano, laminados ou não, já inspecionados e com os defeitos assinalados. Os formatos são cortados com as dimensões pretendidas pelo cliente.

5.9 INSPEÇÃO FINAL

Na inspeção final são controlados todos os tecidos produzidos na empresa. Nesta fase, caso não se verifique o cumprimento dos requisitos exigidos nas especificações, o produto será rejeitado.

Assim, se todos os parâmetros analisados estiverem em conformidade com os critérios estabelecidos, o produto é aprovado e embalado. Findo o embalamento os produtos são armazenados no armazém de expedição e expedidos para o cliente (DRH, 2009).

5.10 MANUTENÇÃO

A serralharia está preparada para realizar trabalhos de reparação elétrica e metalo-mecânica dos equipamentos (onde se incluem operações de pintura, rebarbagem, retificação, reparação e operações de manutenção preventiva).

CAPÍTULO III. GESTÃO AMBIENTAL: BREVE CASO DE ESTUDO

A industrialização, apesar dos benefícios que proporciona a nível económico e social, contribui para o aumento de poluição do meio ambiente, fazendo com que a sua proteção e a utilização racional dos recursos naturais tenha vindo a ganhar relevância na gestão das organizações, em conjunto com a consciencialização das partes interessadas das fragilidades associadas ao meio ambiente.

O surgimento da normalização associada à implementação de sistemas de gestão ambiental ocorreu em resposta ao desejo e à necessidade de autorregulação por parte das entidades organizacionais ou indústrias, surgindo como um mecanismo de carácter voluntário e uma ferramenta essencial para as organizações, no sentido de alcançar uma confiança acrescida por parte dos interessados, neste caso os clientes, colaboradores, ou mesmo a comunidade envolvente. Um SGA prevê e demonstra um compromisso de forma voluntária de proteção ambiental sem a necessidade de legislação cada vez mais exigente, tendo em vista a melhoria contínua do seu desempenho ambiental (Rocha, 2006).

De uma forma geral, qualquer indústria apresenta impactes ambientais decorrentes do processo produtivo, quer em termos de resíduos sólidos, líquidos ou emissões gasosas, consumo de matérias-primas ou energia. Sendo a BTP uma indústria que opera essencialmente pelo funcionamento de equipamento afeto à produção dos têxteis, é de esperar que os consumos energéticos sejam elevados e na maioria dos setores, o aspeto ambiental mais significativo. Além dos consumos energéticos, no processo produtivo são gerados resíduos, como resíduos têxteis, resíduos de plástico, resíduos de embalagens, resíduos de papel/cartão ou resíduos líquidos, afluentes à ETARI, entre outros.

1 SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é um conjunto de processos e práticas que permitem a uma organização reduzir os seus impactes ambientais e aumentar a sua eficiência. Adicionalmente é um ciclo contínuo de planeamento, implementação, revisão e melhoria dos processos e ações que uma organização se compromete a cumprir (NP EN ISO 14001, 2004). A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental envolve, ao nível empresarial, a constante atualização de documentação e atividades.

O presente capítulo dispõe de uma abordagem simplificada e explicativa da metodologia adotada pela *Borgstena* no que se refere, particularmente, à identificação e atualização da legislação ambiental aplicável à empresa, e a metodologia de avaliação dos aspetos ambientais associados às suas atividades.

Dado o vasto número de tarefas aplicáveis ao fabrico de tecidos na empresa, os aspetos ambientais associados ao processo produtivo são variados, desde a utilização de recursos, à obtenção do produto propriamente dito, a todo o tipo de resíduos e poluentes a ela associados.

A tomada de ações e toda a documentação associada à implementação de um Sistema de Gestão Ambiental, à parte todos os benefícios associados à organização, vai de encontro à prevenção de inconformidades ambientais. Estas são identificadas aquando da realização de auditorias.

Na área da Gestão Ambiental tem-se particular atenção ao procedimento de identificação dos aspetos ambientais, associados às diversas atividades e à significância por aspeto ambiental, para posterior determinação dos impactes ambientais significativos, tendo em consideração os requisitos legais aplicáveis e outros requisitos (Pinto, 2005).

No caso em estudo o trabalho desenvolvido prendeu-se com a atualização das matrizes de avaliação dos aspetos ambientais significativos, no que se refere à atualização da legislação aplicável e em vigor.

Para que seja possível uma organização identificar os aspetos ambientais associados às suas atividades, produtos e serviços é necessário analisar as características do local onde se encontra implementada, os fluxos de entrada e de saída. Nos fluxos de entrada dos processos, surge a utilização de matérias-primas ou subsidiárias, consumo de recursos naturais e consumos energéticos; e nos fluxos de saída, para além de possíveis situações de emergência (paragens e arranques de equipamento), surgem todas as situações suscetíveis de causar impactes no ambiente, nomeadamente a produção de resíduos sólidos/líquidos ou subprodutos, derrames para o solo, emissão de efluentes líquidos e efluentes gasosos (Pinto, 2005).

Segundo a Norma ISO 14001:2004, a organização deve estabelecer, implementar e manter um ou mais procedimentos para:

- a) identificar os aspetos ambientais das suas atividades, produtos e serviços, no âmbito definido para o sistema de gestão ambiental, que pode controlar e aqueles que pode influenciar, tendo em consideração desenvolvimentos novos ou planeados, ou atividades, produtos e serviços novos ou modificados;
- b) determinar os aspetos que têm ou podem ter impacte(s) significativo(s) sobre o ambiente (i.e. aspetos ambientais significativos).

Segundo Pinto (2005), a implementação de um SGA compreende dez fases principais, cuja ocorrência ordenada não é rígida, podendo subsistir fases em paralelo e existir intersecções entre as atividades inseridas nas diferentes fases. Estas fases encontram-se descritas na tabela III.1.1.

Tabela III.1.1. Descrição das fases de implementação de um SGA.

Fases de implementação de um SGA	Descrição das fases
Levantamento da situação inicial	Conhecimento do estado atual da organização ao nível do ambiente, como a sua conceção e desenvolvimento, os processos produtivos, o seu desempenho ambiental e gestão de resíduos, etc.
Sensibilização da Gestão	Sensibilização de todo o pessoal da organização em busca de uma melhoria ao nível ambiental.
Definição da Política Ambiental	Atribuição da política ambiental por parte da empresa, uma importante componente do SGA, em compromisso com a garantia da proteção e promoção ambiental. A política deve constituir a chave para a implementação e melhoria do SGA, definindo claramente todas as suas diretrizes, demonstrando o compromisso da gestão de topo e atuar como guia de estabelecimento de objetivos e metas.
Definição da Equipa de Projeto	O pessoal enquadrado na organização define o trabalho a efetuar e quem terá as competências adequadas para o realizar.
Formação da Equipa de Projeto em SGA	Atribuição de formação à equipa de projeto, para aquisição de competências específicas para a execução do projeto.
Definição do projeto de implementação	Fase de estruturação dos objetivos do projeto e sua organização calendarizada, atribuição de competências e responsabilidades individuais a cada elemento da equipa, etc.
Planeamento	Além da realização do procedimento de identificação dos aspetos ambientais das diferentes atividades e avaliação da sua significância para determinação dos impactes ambientais significativos, são tomadas medidas de minimização dos impactes negativos, promovendo os positivos.
Implementação e Funcionamento	Definem-se os recursos, as responsabilidades e autoridade de todos os colaboradores onde se verifique que o seu desempenho possa interferir no desempenho ambiental da organização. Nesta fase são ainda realizados e implementados os procedimentos de formação, sensibilização e competência, de comunicação, de gestão e controlo de documentos, de controlo operacional e de prevenção e capacidade de resposta a emergências.
Verificação e Ações Corretivas	Realização da análise crítica do SGA em relação aos objetivos estabelecidos e controlo do sistema implementado, de forma a agir sobre o sistema no caso de alguma irregularidade. Nesta fase são definidas as medições e monitorizações, a avaliação de conformidades, as não conformidades e ações corretivas/preventivas, para além do controlo de registos e as auditorias.
Certificação	Fase decisiva e final do processo, onde a entidade responsável se certifica que o sistema cumpre todos os requisitos estabelecidos. Ao ser atingida a certificação, a organização garante que o sistema labora de acordo com o previsto, sendo este cumprimento comunicado aos clientes, à gestão, e na generalidade a todas as partes interessadas no bom funcionamento das atividades da organização.

A gestão ambiental está relacionada com a gestão das atividades de uma empresa que poderão dar origem a impactos ambientais. O objetivo da gestão ambiental é preservar os recursos naturais, limitar a emissão de poluentes e os riscos ambientais e promover a segurança no local de trabalho (Calado, 2007). Os compromissos para com o ambiente por parte das empresas incluem, além do cumprimento da legislação aplicável, responsabilidades éticas para a minimização do impacto ambiental das suas atividades, integrando o ambiente na sua estratégia de desenvolvimento. A implementação propriamente dita do SGA envolve várias etapas previamente definidas, rumo a um constante desempenho empresarial favorável ao ambiente.

A implementação de um sistema de gestão ambiental acarreta vantagens como a redução de custos, vantagens competitivas, redução de riscos e concordância regulamentar. Apesar de alguns dos benefícios serem difíceis de avaliar e quantificar a curto prazo existem benefícios mais imediatos como a redução dos consumos de matérias-primas, água e energia (Pinto, 2005),

O sistema de normas convencionalmente designado por ISO 14000, criado pela *Internacional Organization for Standardization* (ISO), que quando cumprido por uma organização permite garantir o seu bom desempenho ambiental, foi criado com o intuito de tornar uniformizadas as ações a tomar para proteger o meio ambiente. Esta norma foi desenvolvida de forma a ser aplicável a todo o tipo de organizações, independentemente da sua diversidade geográfica, cultural, social ou dimensão (Pinto, 2005).

A norma NP EN ISO 14001:2004, um instrumento de Gestão Ambiental, baseia-se no ciclo de melhoria contínua constituído e conhecido pelas fases de “Planear, Fazer, Controlar, Atuar”. Com vista à proteção ambiental, prevenção da poluição, cumprimento de requisitos legais e necessidades socioeconómicas e melhorar todo o sistema de gestão, esta norma prevê requisitos para identificar, controlar e monitorizar aspetos ambientais das atividades das organizações. Estas diretrizes possibilitam a viabilidade económica e a competitividade da organização. A sua aplicabilidade, de carácter voluntário, destina-se a organizações que visem (Oliveira, 2010):

- ✓ Implementar, manter e melhorar um SGA;
- ✓ Assegurar a sua conformidade com a política ambiental;
- ✓ Demonstrar essa conformidade;
- ✓ Certificação/registo;
- ✓ Efetuar declaração voluntária de conformidade com a norma.

Resumidamente, a norma ISO 14001, aplicável a todas as atividades, produtos e serviços de uma organização, é constituída por um sistema cíclico de planeamento, implementação, revisão e melhoria das ações. Estas ações são tomadas para cumprir as metas ambientais das organizações, tendo presente a constante melhoria contínua (Lopes, 2011).

Além de constituir um documento normativo contratual de referência para efeitos de certificação, de promoção da proteção ambiental e prevenção da poluição, permite às organizações evidenciar a responsabilidade da organização relativamente às questões ambientais assim como a existência de uma cultura e metodologias pró-ativas para uma melhoria do desempenho ambiental (Calado, 2007).

De uma forma geral, este requisito normativo define os requisitos para estabelecer, implementar, manter e melhorar o Sistema de Gestão Ambiental, cuja aplicabilidade é de caráter voluntário e, no final, permite a certificação do SGA por uma entidade externa.

2 AUDITORIAS AMBIENTAIS

As auditorias ambientais são uma ferramenta essencial de apoio ao procedimento que engloba todo o processo de implementação de um SGA e são a chave da certificação. Por definição, segundo Pinto (2005), uma auditoria ambiental possui a principal característica de permitir a deteção atempada de possíveis deficiências no sistema de gestão ambiental implementado. De forma a verificar a conformidade da implementação, a adequabilidade do desempenho ambiental e do sistema relativamente aos requisitos, a auditoria consiste num levantamento rigoroso e documentado da informação necessária a esta avaliação.

A auditoria é uma inspeção rigorosa da verificação do cumprimento dos procedimentos, dos métodos utilizados e as práticas de trabalho, de acordo com os requisitos do referencial. A sua realização por parte das organizações pressupõe o aumento de transparência da empresa, pelo aumento da confiança no sistema implementado, a possível deteção de oportunidades de melhoria e verificação das respostas às ações corretivas e preventivas estabelecidas.

A auditoria deverá conter e compreender uma abordagem crítica das práticas e comportamentos observados, do desempenho ambiental da empresa e da implementação e adequação dos procedimentos no âmbito do SGA. Os seus resultados devem ser comunicados, por parte dos auditores, para que a informação seja adaptada aos interlocutores presentes (Pinto, 2005).

Na verdade, uma auditoria ambiental surge com vista ao impedimento de degradação ambiental das empresas, como um instrumento auxiliar ao controlo de atendimento às políticas, às práticas, procedimentos ou requisitos (Dall'agnol, 2008).

3 FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DA EMPRESA

A determinação dos aspetos ambientais associados ao processo produtivo de uma organização, subentende a necessidade de conhecer *a priori* as condições existentes e todas as atividades desenvolvidas no seu seio, através de um levantamento de informação.

A organização deve documentar a informação relativa aos aspetos ambientais e mantê-la atualizada assegurando que os considerados significativos são tomados em consideração no estabelecimento, implementação e manutenção do seu sistema de gestão ambiental.

Os aspetos ambientais podem ser variados, podendo ser qualquer elemento das atividades, produtos ou serviços da organização, capaz de interagir com o ambiente. Estes aspetos ambientais podem ser (Pinto, 2005):

- Emissões para a atmosfera (controladas e não controladas,);
- Descargas no meio hídrico (controladas e não controladas);
- Produção de resíduos (perigosos e não perigosos);
- Utilização de energia;
- Utilização de água;
- Utilização de recursos naturais;
- Emissão de ruído ou vibrações;
- Emissão de radiações;
- Emissão de odores;
- Emissão de poeiras, vapores, fumos ou aerossóis;
- Impacte visual;
- Derrame de produtos e/ou outras formas de contaminação dos solos;
- Utilização de matérias-primas.

O esquema da figura III.3.1 e III.3.2 mostra de forma sintética os processos na BTP e todos os produtos gerados em cada fase dos processos produtivos e de apoio, nomeadamente os respetivos *inputs* e *outputs*, evidenciando no *output* o tipo de aspeto ambiental atribuído resultante da atividade de cada secção e a respetiva descrição. A apresentação das atividades encontra-se na sequência da produção, subentendendo-se que de cada secção sai o fio ou tecido como produto para a secção subsequente, que não se encontra descrito no esquema. São também referidas as secções ou serviços auxiliares que são transversais à unidade fabril.

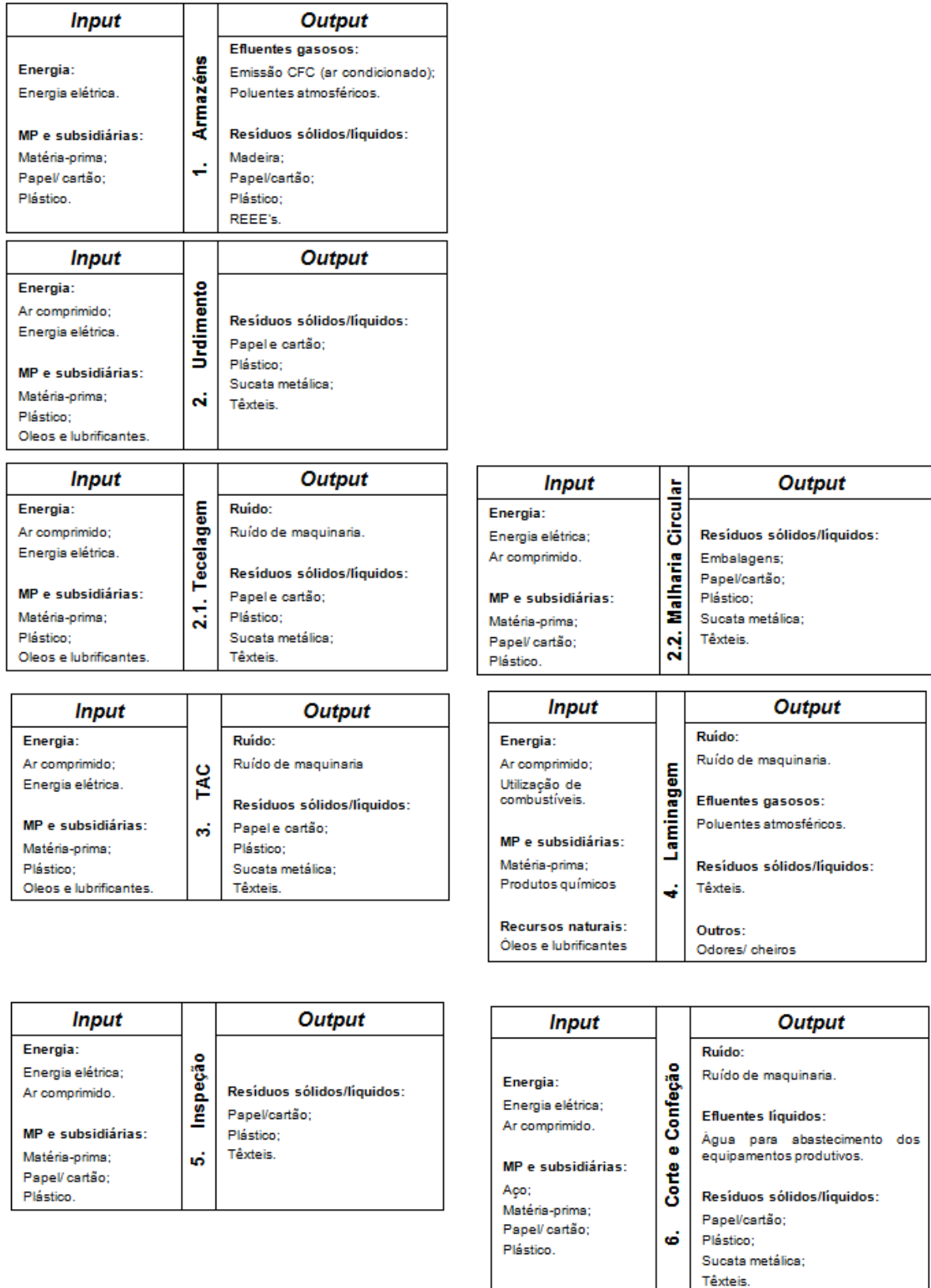


Figura III.3.1. Fluxograma Produtivo das Atividades Desenvolvidas e Aspetos Ambientais.

1. Serviços Administrativos

<i>Input</i>		<i>Output</i>
<p>Energia: Energia elétrica; Utilização de combustíveis.</p> <p>Recursos naturais: Água para abastecimento; Equipamentos produtivos; Papel/ cartão.</p>	Serviços Administrativos	<p>Efluentes gasosos: Emissão CFC (ar condicionado); Poluentes atmosféricos.</p> <p>Efluentes líquidos: Descarga efluentes domésticos</p> <p>Resíduos sólidos/ líquidos: Embalagens; Papel/cartão; Plástico; REEE's; RSU's.</p>

2. Tratamento de efluentes industriais

<i>Input</i>		<i>Output</i>
<p>Ruído: Ruído de maquinaria</p> <p>Energia: Energia elétrica; Ar comprimido.</p> <p>M.P. e subsidiárias: Carvão ativado; Utilização de produtos químicos.</p>	ETARI	<p>Efluentes líquidos: Efluentes industriais.</p> <p>Resíduos sólidos/ líquidos: Embalagens; Lamas; Têxteis.</p>

3. Apoio à produção

<i>Input</i>		<i>Output</i>	<i>Input</i>		<i>Output</i>
<p>Energia: Ar comprimido; Energia elétrica.</p> <p>Recursos naturais: Água para abastecimento equipamentos produtivos</p>	Laboratório	<p>Ruído: Ruído de maquinaria.</p> <p>Derrames para o solo: Derrames de óleos/ químicos.</p> <p>Efluentes gasosos: Gases nocivos.</p> <p>Efluentes líquidos: Descarga efluentes domésticos.</p> <p>Resíduos sólidos/ líquidos: Têxteis</p>	<p>Energia: Ar comprimido; Energia elétrica.</p> <p>MP e Subsidiárias: Combustíveis; Lâmpadas; Metais; Óleos e lubrificantes; Peças elétricas/eletrônicas; Plástico; Produtos químicos;</p> <p>Recursos naturais: Combustíveis; Óleos e lubrificantes;</p>	Manutenção	<p>Derrames para o solo: Derrames de óleos/ químicos.</p> <p>Efluentes gasosos: Gases nocivos.</p> <p>Resíduos sólidos/ líquidos: Lâmpadas; Óleos usados; Papel/cartão; Plástico; REEE's; Resíduos contaminados com óleo; Resíduos de embalagens; Sucata metálica;</p> <p>Ruído: Ruído de maquinaria.</p>

4. Matriz de Aspectos Ambientais e Emergências

	<i>Output</i>
Matriz Aspectos e Impactos Emergências	<p>Derrames para o solo: Derrames de óleos/ químicos.</p> <p>Efluentes gasosos: Gases nocivos.</p> <p>Efluentes líquidos: Efluentes industriais.</p> <p>Resíduos sólidos/ líquidos: Extintores; Resíduos contaminados; Sucata metálica.</p> <p>Outros: Cinzas.</p>

Figura III.3.2.Fluxograma de Serviços Auxiliares da BTP.

4 METODOLOGIA UTILIZADA

Para avaliar os aspetos ambientais significativos será necessário determinar a significância dos diferentes aspetos ambientais, segundo uma escala previamente definida, através da qual é realizado o cálculo da significância e avaliada a sua importância enquanto causador de impacto negativo no ambiente. De modo a garantir a correta atribuição de significância, é necessário ter em conta a legislação em vigor e respeitante a cada aspeto ambiental definido.

A metodologia que aqui se apresenta diz respeito à metodologia utilizada pela BTP para a elaboração das matrizes de impacto ambiental. Dada a constante evolução industrial, quer em termos de cumprimento de legislação aplicável, por intermédio do surgimento de novos requisitos legais, ou em termos de processo produtivo, é necessário atualizar periodicamente as matrizes de impacto ambiental.

As matrizes de impacto ambiental encontram-se divididas por processos ou secções. A cada processo corresponde uma determinada atividade e tarefa. Para o mesmo tipo de atividade as tarefas diferem, às quais serão atribuídos os aspetos ambientais. A identificação dos aspetos ambientais encontra-se dividida pelo tipo de aspeto ambiental e respetiva descrição. Na matriz, a avaliação do impacto ambiental é efetuada pela indicação do impacto ambiental proveniente dos aspetos ambientais determinados previamente, ao qual é indicado o controlo realizado atualmente e respetivos requisitos legais associados.

Após a identificação dos aspetos ambientais e avaliação do impacto ambiental, é apresentada a classificação atribuída aos aspetos ambientais, de acordo com os critérios ambientais definidos e respetiva escala de significância. Deste processo resulta o plano de ação para corrigir eventuais não conformidades estabelecidas de acordo com a sua significância.

4.1 LEVANTAMENTO DE LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

Segundo a NP EN ISO 14001:2004, a organização deve estabelecer, implementar e manter um ou mais procedimentos para:

- a) identificar e ter acesso aos requisitos legais aplicáveis e a outros requisitos que a organização subscreva, relacionados com os seus aspetos ambientais;
- b) determinar como estes requisitos se aplicam aos seus aspetos ambientais.

A organização deve assegurar que estes requisitos legais aplicáveis e outros requisitos que a organização subscreva são tomados em consideração no estabelecimento, implementação e manutenção do seu sistema de gestão ambiental. De acordo com o procedimento da BTP, a consulta da legislação recorre à utilização do programa *SIAWISE* desenvolvido pela empresa SIA – Soc.

Inovação Ambiental, Lda. Além de completo, é uma eficaz ferramenta de gestão de legislação, com acesso permanente a documentos legais, e que permite identificar a legislação aplicável à sua organização e avaliar o seu estado de conformidade legal. Além disso, a consulta de legislação também implicou a consulta do Diário da República Eletrónico (DRE, 2012).

Em termos de legislação aplicável, a BTP possui diversos setores que influenciam de forma distinta os impactes ambientais e os aspetos ambientais variam. Existe uma vasta gama de legislação em vigor e aplicável na empresa, tanto de forma direta, como de forma indireta ou simplesmente informativa. Cabe ao técnico durante a análise, e ainda de acordo com o procedimento, definir a referida aplicabilidade dos diplomas legais.

4.2 MÉTODO DE QUANTIFICAÇÃO DOS ASPETOS AMBIENTAIS

A cada aspeto ambiental, para a determinação da sua significância, será atribuída uma classificação de acordo com a escala previamente definida pela empresa. Na tabela III.4.1 encontra-se a referida escala definida pela BTP, que descreve os critérios ambientais e o nível atribuído aos diferentes aspetos ambientais.

Tabela III.4.1. Critérios ambientais e respetiva descrição.

Critérios Ambientais	Nível	Descrição
(L) Legislação	1	Inexistência de requisitos legais aplicáveis.
	5	Existem requisitos legais aplicáveis e são cumpridos.
	25	Existem requisitos legais aplicáveis e ainda não são cumpridos.
(G) Gravidade	1	Menores (Impacte nulo ou benéfico para o ambiente).
	5	Média (Impacte tolerável para o ambiente – resíduos não perigosos, recursos renováveis, etc.).
	10	Sérias (Impacte nocivo para o ambiente, recurso não renovável, matéria prima, resíduo ou efluente perigoso e proximidade de zonas sensíveis como áreas protegidas, etc.).
	50	Muito Sérias (Impacte nocivo para o ambiente, recurso não renovável, matéria prima, resíduo ou efluente perigoso e proximidade de zonas sensíveis e/ou protegidas em quantidade e áreas afetadas significativas).
(O) Ocorrência/ Frequência	1	Muito Baixa (Raramente ocorre ou existe possibilidade de ocorrer)
	3	Baixa (Pouco provável de acontecer)
	6	Média (Ocorrência periódica ou acidental com alguma incidência)
	12	Alta (Ocorre usualmente ou de forma contínua)
(D) Deteção e medida	1	Identificação rápida e existência de uma medida satisfatória
	5	Identificação demorada mas existência de uma medida satisfatória
	25	Difícil identificação, ou demorada e complicada a tomada de uma medida satisfatória
(P) Políticas e pressões	1	Inexistência de políticas e pressões das partes interessadas.
	2	Existem políticas e pressões das partes interessadas e são cumpridas.
	25	Existem políticas e pressões das partes interessadas, são cumpridos parcialmente e estão em decurso ações de melhoria.

Estes critérios envolvem o grau de cumprimento da legislação ambiental relevante para a atividade, as consequências em termos de gravidade da potencial materialização de um aspeto ambiental, a potencial ocorrência ou frequência com que é espectável essa materialização, a existência de capacidade por parte da empresa de detetar e minimizar as consequências e o grau de comprometimento da gestão com políticas adequadas.

Cada critério é valorado com um nível quantitativo. Quando é considerado adequado pela organização toma um valor neutro, aumentando com o afastamento do ideal. Este valor não é constante para cada critério, uma vez que a organização atribui-lhe diferentes pesos no que diz respeito à sua conduta ambiental.

4.3 AVALIAÇÃO DOS ASPETOS AMBIENTAIS

A avaliação de significância baseia-se no valor relativo calculado para cada aspeto ambiental por setor de atividade. O cálculo envolve dois passos, nomeadamente:

- a) O cálculo do respetivo valor de acordo com os critérios apresentados na tabela III.4.1, a partir da equação 4.1:

$$\text{Impacte Ambiental} = L \times G \times O \times D \times P \quad (\text{Equação 4.1})$$

- b) A determinação da significância em termos percentuais como o quociente entre o somatório da significância de cada aspeto ambiental e a significância total da respetiva secção.

$$\text{Significância (\%)} = \frac{\sum(L \times G \times O \times D \times P) / \text{aspecto ambiental}}{\sum(L \times G \times O \times D \times P) / \text{setor}} \quad (\text{Equação 4.2})$$

Serão considerados significativos os aspetos ambientais que possuam uma significância acima de 20%.

A metodologia até agora descrita envolve a determinação da significância dos aspetos ambientais distribuídos por secção. Para tornar possível avaliar o impacte dos aspetos ambientais ao nível global, isto é, o contributo de cada sector para a significância global da empresa, é necessário realizar uma consolidação das matrizes. Desta forma, não só será possível verificar a significância atribuída a cada sector, como verificar a sua contribuição para a significância global dos aspetos ambientais na empresa.

4.4 ATUALIZAÇÃO DAS MATRIZES DE IMPACTE AMBIENTAL EXISTENTES

Dada a constante evolução industrial, quer em termos de cumprimento de legislação aplicável, por intermédio do surgimento de novos requisitos legais, ou termos de processo produtivo, é necessário atualizar periodicamente as matrizes de impacte ambiental.

A possibilidade de serem registadas não conformidades ambientais, ainda que implementada a metodologia corretamente, ressalta na necessidade de verificar periodicamente o correto preenchimento das matrizes de impacte ambiental. Esta tarefa foi desenvolvida, de acordo com o cronograma previamente apresentado, no decorrer do estágio.

4.5 PREPARAÇÃO DA AUDITORIA DE ACOMPANHAMENTO

A etapa de preparação das atividades de auditoria, especificamente, envolve a revisão documental na preparação da auditoria, preparação do plano de auditoria e preparação dos documentos de trabalho (ISO 19011:2011). A revisão documental afeta a qualquer setor de atividade envolve instruções ou formulários de trabalho, desde as secções afetas ao processo produtivo, a todos os serviços auxiliares.

5 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os dados resultantes da metodologia avaliação de aspetos ambientais apresentada, onde será possível verificar a legislação aplicável e atualizada afeta à atividade. As matrizes de impacte ambiental devidamente preenchidas são o principal resultado deste capítulo. Através das matrizes, é possível verificar todos os aspetos de foro ambiental associados à atividade industrial em análise, os respetivos impactes ambientais determinados e a consequente forma como estes têm vindo a ser controlados.

5.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ASPETOS AMBIENTAIS

Após o levantamento das atividades desenvolvidas pela empresa e de acordo com o esquema apresentado anteriormente, é possível destacar os aspetos ambientais afetos às atividades desenvolvidas.

Os aspetos suscetíveis de provocar impactes ao nível do ambiente, foram os seguintes:

- Derrames para o solo (D)
- Emissão de efluentes gasosos (G)
- Descarga de efluentes líquidos (L)

- Consumo de energia (E)
- Consumo de matéria primas e subsidiárias (M)
- Produção de resíduos sólidos / líquidos (R)
- Consumo de recursos naturais (N)
- Emissão de ruído (B)
- Outros (O)

5.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL AOS ASPETOS AMBIENTAIS

Num estudo desenvolvido por Silva (2006), as principais dificuldades encontradas no processo de implementação do SGA corresponde exatamente ao cumprimento da legislação e requisitos aplicáveis, assim como os custos associados. Ainda assim, além de ser uma das etapas que corresponde às principais motivações para a obtenção de certificação ambiental, o conhecimento e preocupação com a conformidade legal é um dos benefícios mais relevantes da implementação de um SGA.

A tabela III.5.1 abrange o levantamento da legislação que enquadra a organização perante os aspetos ambientais determinados.

Tabela III.5.1. Levantamento de Legislação e outros requisitos e respetiva descrição.

Requisitos Legais	Descrição
Resolução do Conselho de Ministros n.º 98/97	Define a estratégia de gestão dos resíduos industriais.
Decreto-lei n.º236/98 de 1 de Agosto	Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Revoga o Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de Março.
Decreto-lei n.º153/2003 de 11 de Julho	Estabelece o regime jurídico da gestão de óleos usados.
Decreto-lei n.º78/2004 de 3 de Abril	Estabelece o regime da prevenção e controlo das emissões de poluentes para a atmosfera, fixando os princípios, objetivos e instrumentos apropriados à garantia da proteção do recurso natural ar, bem como as medidas, procedimentos e obrigações dos operadores das instalações abrangidas, com vista a evitar ou reduzir a níveis aceitáveis a poluição atmosférica originada nessas mesmas instalações.
Decreto-lei n.º85/2005 de 28 de Abril	Estabelece o regime legal da incineração e co-incineração de resíduos, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2000/76/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro.
Decreto-lei n.º174/2005 de 25 de Outubro	Primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de Dezembro, que estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2002/95/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, e a diretiva n.º 2002/96/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003.

Tabela III.5.2. Levantamento de Legislação e outros requisitos e respetiva descrição (continuação).

Requisitos Legais	Descrição
Decreto-lei n.º92/2006 de 25 de Maio	Segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de Dezembro, transpondo para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2004/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de Fevereiro, relativa a embalagens e resíduos de embalagens.
Decreto-lei n.º9/2007 de 17 de Janeiro	Aprova o Regulamento Geral do Ruído e revoga o regime legal da poluição sonora, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro.
Decreto-lei n.º226-A/2007 de 31 de Maio	Estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos.
Decreto-lei n.º71/2008 de 15 de Abril	Estabelece o sistema de gestão do consumo de energia por empresas e instalações consumidoras intensivas e revoga os Decretos-Leis n.ºs 58/82, de 26 de Novembro, e 428/83, de 9 de Dezembro.
Decreto-lei n.º147/2008 de 29 de Julho	Estabelece o regime jurídico da responsabilidade por danos ambientais e transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2004/35/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Outubro, que aprovou, com base no princípio do poluidor-pagador, o regime relativo à responsabilidade ambiental aplicável à prevenção e reparação dos danos ambientais, com a alteração que lhe foi introduzida pela Diretiva n.º 2006/21/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa à gestão de resíduos da indústria extrativa.
Decreto-lei n.º293/2009 de 13 de Outubro	Assegura a execução, na ordem jurídica nacional, das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 1907/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Dezembro, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH) e que procede à criação da Agência Europeia dos Produtos Químicos.
Decreto-lei n.º183/2009 de 10 de Agosto	Estabelece o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro, as características técnicas e os requisitos a observar na conceção, licenciamento, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento de aterros, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril, relativa à deposição de resíduos em aterros, alterada pelo Regulamento (CE) n.º 1882/2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Setembro, aplica a Decisão n.º 2003/33/CE, de 19 de Dezembro de 2002, e revoga o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio.
Decreto-lei n.º276/2009 de 2 de Outubro	Estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas, de forma a evitar efeitos nocivos para o homem, para a água, para os solos, para a vegetação e para os animais, promovendo a sua correta utilização, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de Junho.
Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho	O presente decreto -lei altera o regime geral da gestão de resíduos e transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos. As alterações introduzidas pelo presente decreto –lei ao regime geral da gestão de resíduos prosseguem os objetivos do XVIII Governo Constitucional em matéria de resíduos. O Governo considera prioritário reforçar a prevenção da produção de resíduos e fomentar a sua reutilização e reciclagem com vista a prolongar o seu uso na economia antes de os devolver em condições adequadas ao meio natural. Além disso, considera importante promover o pleno aproveitamento do novo mercado organizado de resíduos como forma de consolidar a valorização dos resíduos, com vantagens para os agentes económicos, bem como estimular o aproveitamento de resíduos específicos com elevado potencial de valorização.

A tabela III.5.2 contém informação resultante da análise dos aspetos ambientais elaborada, tendo sido atribuído um determinado documento a cada aspeto ambiental de forma a verificar o seu cumprimento perante a lei.

Tabela III.5.3. Legislação aplicável a cada aspeto ambiental.

Aspeto Ambiental	Descrição do Aspeto Ambiental	Documentos associados (Decretos-lei, diplomas, normas, etc.)
B – Ruído	Ruído provocado pela movimentação de empilhadores e maquinaria	Decreto-Lei n.º 9/2007
D- Derrames para o solo	Derrame de óleos/ químicos	Decreto-Lei n.º 147/2008
E – Energia	Consumo de energia elétrica, ar comprimido	Decreto-Lei n.º 71/2008
G - Efluentes gasosos	Poluentes atmosféricos, Utilização de CFC's e Emissões difusas de CFC's de fugas dos aparelhos de ar condicionado, Gases nocivos	Decreto-Lei n.º 78/2004
L - Efluentes líquidos	Descarga de efluentes domésticos	Decreto-Lei n.º 226-A/2007
	Descarga de efluentes industriais	Decreto-Lei n.º 236/98
M - Matérias-primas e subsidiárias	Utilização de Produtos Químicos	Decreto-Lei n.º 293/2009
R - Resíduos sólidos / líquidos	Resíduos de papel e cartão, plástico, vidro, madeira, sucata metálica, cinzas, extintores, alumínio	Resolução Conselho Ministros (RCM) 98/97
	Resíduos Têxteis	Decreto-Lei n.º 73/2011 Decreto-Lei n.º 85/2005
	Resíduos de embalagens	Decreto-Lei n.º 92/2006
	RSU's, Resíduos contaminados com óleo, etc.	Decreto-Lei n.º 183/2009
	Óleos usados	Decreto-Lei n.º 153/2003
	Lâmpadas	Decreto-Lei n.º 174/2005
	Lamas	Decreto-Lei n.º 276/2009

Em termos de resíduos produzidos pela BTP, por exemplo, os requisitos aplicáveis estão relacionados com os resíduos enunciados na tabela III.5.2, tendo em conta a ocorrência de operações com vista à preservação do meio ambiente, como a valorização dos resíduos têxteis de poliuretano do processo produtivo para coíncineração, aproveitamento das lamas provenientes da ETAR para utilização agrícola, reciclagem dos óleos usados, etc.

5.3 AVALIAÇÃO DAS MATRIZES E ASPETOS AMBIENTAIS

Conhecidos os processos produtivos e auxiliares na BTP e definidas as escalas de significância dos aspetos ambientais determinados e respetivos impactes, tendo em conta a legislação em vigor, obtiveram-se as matrizes de impacte ambiental, apresentadas em anexo (Anexo A.1). As matrizes atualizadas, distribuídas por sector, avaliam a aplicabilidade e cumprimento dos requisitos legais existentes para as tarefas individualizadas que possibilitam a ocorrência de um impacte ambiental.

De salientar que para o mesmo tipo de aspeto ambiental, existem documentos associados (diplomas, normas, etc.), de acordo com a sua descrição na respetiva matriz. Existem casos em que não existem documentos associados pois trata-se da utilização de determinados recursos, sendo apenas possível, neste caso, sensibilizar os colaboradores para a minimização da utilização. Ainda assim, de acordo com as necessidades do processo produtivo, existem recursos onde é difícil implementar medidas ou procedimentos que reduzam a sua utilização. Estes consumos envolvem a utilização de papel/cartão, plástico, fio, água, etc. ou o próprio consumo de gás natural.

No caso dos efluentes líquidos existem dois documentos associados, dependendo do tipo de efluentes líquidos a que correspondem. Os efluentes considerados domésticos, resultantes dos sanitários, por exemplo, têm associado o Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de Maio, relacionado com a utilização da água propriamente dita. Por sua vez, os efluentes resultantes da ETARI preveem o cumprimento do Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, no que diz respeito ao cumprimento dos parâmetros de descarga de águas residuais industriais para o meio hídrico.

Existem ainda alguns aspetos ambientais que não possuem nenhum controlo atual, na medida em que deverá ser tida em conta a relevância destes aspetos e avaliada a possibilidade de existência de controlo.

5.4 ASPETOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS

As dificuldades associadas à determinação dos aspetos ambientais e sua significância são notórias. No entanto, e apesar das dificuldades apontadas, Silva (2006) acrescenta que o referido processo permite criar uma compreensão profunda e alargada de todos os colaboradores para o impacto das atividades da organização no ambiente e aumentar a sua motivação. Refere ainda que estes benefícios, embora difíceis de quantificar, influenciam de forma significativa a atividade das empresas.

Da atualização das matrizes de impacte ambiental e conseqüente análise resultam os aspetos ambientais significativos. Convencionalmente, na medida em que as matrizes são elaboradas individualmente para cada secção, há a dificuldade associada à atuação sobre todos os aspetos ambientais significativos. Assim, a BTP adota, após a determinação da significância para os setores de forma individual, uma abordagem geral, numa matriz de consolidação de matrizes de impacte ambiental. Desta matriz revelam-se os setores em que se deve atuar dada significância atribuída aos aspetos ambientais, definindo-se planos de ação ou de atividades.

De acordo com as atividades afetas a cada setor, um aspeto ambiental que possa ser considerado significativo numa secção, pode não ter a mesma classificação noutro setor com atividades similares, isto é, a mesma dimensão.

Em suma, a BTP elabora, numa fase posterior à da realização das matrizes de impacte ambiental propriamente ditas uma matriz de consolidação das matrizes apresentadas, de forma a analisar o contributo de cada setor para a significância atribuída a cada aspeto ambiental no geral. Na tabela A.16 (Anexo A.2) constam os valores absolutos de impacte ambiental atribuídos a cada setor, que se encontram subdivididos por tipo de aspeto ambiental.

Pela análise dos resultados verifica-se que os aspetos ambientais significativos maioritariamente existentes nas secções apresentadas são os resíduos sólidos/líquidos (R) e energia (E), com um valor de significância superior a 20%. Enfatiza-se o facto de a energia ocorrer como um aspeto significativo em 8 dos 14 setores. Por sua vez, o impacte ambiental relativo a resíduos é o mais elevado em apenas 3 setores.

Pelo valor nulo de significância atribuído desprezam-se os aspetos ambientais derrames para o solo (D) e outros (O). Além disso, os aspetos ambientais ruído (B), efluentes líquidos (L), efluentes gasosos (G) e recursos naturais (N) são pouco representativos na atividade global da empresa, tendo-se obtido um valor de significância de 10%. O aspeto ambiental relacionado com o consumo de matérias-primas e subsidiárias (M), com significância de 19%, embora esteja ligeiramente abaixo do critério estabelecido para ser considerado significativo (20%), deve ser tido em conta numa futura hierarquização de medidas a implementar de minimização dos impactes da unidade local.

O parâmetro representatividade (%) incluído na tabela A.16 (Anexo A.2) corresponde ao contributo dos impactes de cada setor para a significância global. Verifica-se que a manutenção e a laminagem são os setores que mais contribuem para a origem de impactes ambientais negativos na organização. Embora existam aspetos ambientais, para ambas as situações, onde não se tenham identificado impactes ambientais significativos, como é o caso dos efluentes líquidos (E) e particularmente na laminagem, a não existência de derrames para o solo (D), contributo dos restantes aspetos ambientais é suficiente para tornar a atividade destes setores mais representativa em termos de impacte ambiental.

De notar que os aspetos ambientais considerados significativos para um determinado setor, quando analisados individualmente, poderão não ser considerados significativos tendo em conta a sua representatividade para a empresa.

A ETARI, por exemplo, constitui um problema ambiental no que diz respeito à descarga de águas residuais. Ainda que perante numa análise individual o aspeto ambiental Efluentes Líquidos (L) seja considerado significativo, a sua contribuição para a significância global não é significativa, sendo a magnitude de significância inferior comparativamente a todos os setores existentes.

No setor tecelagem o aspeto ambiental significativo é o ruído, proveniente da maquinaria afeta à fabricação do tecido. Na laminagem, o aspeto ambiental significativo Matérias-primas e Subsidiárias (M) diz respeito ao consumo de produtos químicos associado a tarefas como a utilização de cola,

para acoplar a espuma e o não tecido ao tecido, exigido pelo próprio processo, ou à limpeza dos equipamentos.

Os resíduos resultantes da operação de manutenção envolvem diversas tarefas afetas a toda a unidade industrial. Da substituição de peças, lâmpadas ou componentes elétricos nos equipamentos, resultam sucata metálica, resíduos de plástico, REEE's, entre outros. A limpeza e lubrificação de equipamentos envolvem a utilização de óleos e conseqüente geração de resíduos de embalagens. De acordo com o tipo de resíduos produzidos pelas tarefas descritas e tendo em conta que estas se efetuam em toda a fábrica, é evidente a perigosidade associada aos resíduos gerados e a sua contribuição ser significativa para a significância global.

Após a determinação dos aspetos ambientais significativos surgem as medidas de minimização de impactes para os aspetos ambientais significativos. Assim, entende-se que os setores a ter em conta excluem a laminagem, corte e confeção, tinturaria e acabamento e a inspeção.

Ainda que os aspetos ambientais significativos determinados sejam os resíduos (sólidos/ líquidos) e energia, o plano de atividades definido pela empresa define a tomada de medidas para todos os aspetos. Estas medidas envolvem, além da tentativa de minimizar dos impactes ambientais provenientes dos aspetos ambientais significativos, a necessidade do constante cumprimento legal em matéria ambiental.

De forma a caracterizar produção de resíduos gerados, tarefas como contabilizar a quantidade de resíduos gerados por secção e posterior sensibilização dos colaboradores para a necessidade de se reduzirem as quantidades de resíduos gerados, são uma das formas encontradas para se atuar neste aspeto ambiental. Com o objetivo de se cumprir com a legislação ambiental, encontram-se ainda no plano de atividades medidas relacionadas com o licenciamento de equipamentos, realização de análises às águas residuais da ETARI, a própria atualização das matrizes de impacte ambiental, realização da caracterização dos efluentes gasosos, realização de auditorias relativas aos processos de Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), etc.

Tendo em conta que os aspetos ambientais são atribuídos sectorialmente, podemos salientar a possibilidade de o plano de atividades de carácter ambiental, neste caso, ser realizado individualmente para cada setor, de forma a facilitar a tomada de ações nos setores determinados como influentes na obtenção de impactes negativos para o meio ambiente.

5.5 RESULTADOS DA AUDITORIA AMBIENTAL

Segundo consta na nova norma internacional ISO 19011:2011, o planeamento e realização de uma auditoria envolve orientações para a preparação e condução das atividades de auditoria, como parte do programa de auditorias. Por definição, as etapas envolvidas incluem o início da auditoria, a

preparação das atividades de auditoria, execução da auditoria, preparação e distribuição do relatório de auditoria, fecho da auditoria e seguimento da auditoria (quando aplicável).

A BTP é certificada ambientalmente pela NP EN ISO 14001:2004, o que significa que, para que seja garantido o cumprimento dos requisitos pré definidos segundo esta norma, é necessário ser alvo de auditorias periódicas ao Sistema de Gestão Ambiental. Nesta sequência, a BTP foi submetida a uma auditoria de terceira parte, de modo a verificar a existência de não conformidades ambientais, garantindo o funcionamento da empresa de uma forma ambientalmente sustentável e a existência de melhorias contínuas ao nível da qualidade do ambiente.

Sendo a BTP certificada pela norma ISO 9001:2008, referente à implementação de um Sistema de Gestão de Qualidade, surge aqui também uma ligação no que concerne à elaboração de toda a documentação afeta a qualquer atividade. Pois, esta norma envolve aspetos como a satisfação das expectativas dos clientes, assegurando não só a sua fidelização mas também a competitividade e o desenvolvimento sustentável. Proporciona uma maior notoriedade e melhoria da imagem perante o mercado, evidenciando a adoção das mais atuais ferramentas de gestão, permitindo uma confiança acrescida nos processos de conceção, planeamento, produção do produto e/ou fornecimento do serviço.

Em resultado à auditoria externa realizada à empresa BTP, foram encontradas não conformidades no sistema de gestão ambiental (ISO 14001:2004). Essas não conformidades correspondem a uma falha no controlo operacional, tendo sido verificados derrames na ETARI e resíduos na área circundante da fábrica. Em termos de legislação, define-se ser necessário realizar frequentemente a avaliação da legislação do procedimento.

Perante as não conformidades mencionadas e em resposta à auditoria, para que estes problemas sejam futuramente solucionados, a organização indica a descrição das não conformidades detetadas e as possíveis causas dessa ocorrência. Para que esta situação seja contornada é necessário que sejam implementadas ações corretivas, com vista à minimização das não conformidades ambientais verificadas.

Relativamente às conformidades registadas, estas encontram-se em anexo (Anexo A.3), com a respetiva descrição e as ações corretivas que a empresa definiu para que estas sejam contornadas. A informação que se apresenta foi cedida pela empresa, sendo de carácter confidencial.

CAPÍTULO IV. TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS: CASO DE ESTUDO

A utilização de matérias-primas distintas implica que a indústria têxtil seja classificada em três categorias: algodão, lã, e fibras sintéticas, sendo este último o caso da BTP. Para o processamento dos seus produtos - têxteis, estas indústrias consomem grandes volumes de água e produtos químicos. Os reagentes químicos utilizados variam bastante em composição química, podendo estes ser compostos inorgânicos ou orgânicos. Em geral, as águas residuais provenientes da indústria têxtil são caracterizadas pelo seu elevado teor de carência bioquímica de oxigénio (CBO), carência química de oxigénio (CQO), pH, e cor (Rosli, 2006).

1 EFLUENTES PROVENIENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL

A indústria têxtil é uma das indústrias mais complexas das indústrias transformadoras, sendo o tratamento de águas residuais um dos principais problemas enfrentados pelos fabricantes deste setor de atividade (Dhas, 2008). Sendo uma indústria de elevado relevo na economia nacional, tem sido foco de uma preocupação acrescida ao nível do tratamento de efluentes de carga poluente elevada, nomeadamente devido ao conteúdo em corantes. Esta situação deve-se não só ao impacto estético provocado no meio hídrico recetor, mas também devido a eventuais problemas de toxicidade provocado pelas descargas de massas de água poluídas no meio ambiente.

Face à problemática que, na generalidade, representa uma indústria do ramo têxtil em termos de emissão de efluentes industriais com elevada carga orgânica, subentende-se a relevância deste tema e a necessidade de realizar estudos e procura de estratégias de melhoria de desempenho do tratamento atual, quer em termos de boas práticas ambientais, como de funcionamento do processo propriamente dito.

As águas residuais provenientes de unidades industriais, particularmente do setor têxtil, podem conter substâncias que tendem a aumentar a carência química de oxigénio químico (CQO) do efluente. Efluentes com níveis elevados de CQO apresentam elevada toxicidade a nível biológico (Patel e Vashi, 2010). Para que se satisfaçam os limites regulamentares, procura-se o desenvolvimento de um processo adequado para o tratamento das águas. Existem vários métodos disponíveis para a redução de CQO em águas residuais industriais, tais como precipitação, oxidação química e oxidação biológica, entre outros (Rosli, 2006).

Os processos de tingimento e acabamento são de tal forma complexos que os corantes utilizados podem variar ao longo do dia ou várias vezes por dia. O facto de as alterações de corantes utilizados no processo de tingimento e acabamento serem notáveis, ocorrem variações consideráveis nas

características das águas residuais, particularmente ao nível da matéria orgânica, do pH, cor e CQO (Dhas, 2008).

Os corantes são substâncias que podem ser aplicadas em solução ou em dispersão num substrato têxtil, conferindo uma aparência colorida a materiais têxteis. A descarga de corantes em recursos hídricos, ainda que em pequenas quantidades, pode afetar a vida aquática e a cadeia alimentar. Por isso, torna-se fundamental a aplicação de um método de tratamento adequado e eficaz.

De forma a minorar os impactes ambientais provenientes da descarga deste tipo de efluentes, foram estabelecidos valores limites de emissão (VLE) pelo Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto, sendo necessário, portanto, aplicar tecnologias de tratamento às águas residuais de modo a cumprir os valores legislados. As tecnologias de tratamento aplicáveis a este tipo de efluentes podem incluir, geralmente, processos químicos, biológicos ou uma combinação de ambos (Rodrigues, 2007). O tratamento biológico por lamas ativadas é eficiente na remoção de partículas em suspensão e matéria orgânica biodegradável, mas ineficiente na remoção da cor de carácter refratário. Eventualmente, a cor, nestes processos de tratamento, pode ser removida através da floculação e adsorção do corante aos flocos de microrganismos (Halliday e Beszedits, 1986). Embora os processos de coagulação-floculação química sejam os mais utilizados, por si só não são totalmente eficientes na remoção de determinados corantes.

2 A SECÇÃO DE TINTURARIA E ACABAMENTO

Este é o setor da indústria têxtil caracterizado pelo elevado consumo de água e, em consequência desse consumo, produtor de grandes volumes de efluentes industriais. Na produção dos tecidos, concretamente nesta fase, as reações químicas envolvidas na fixação do corante às fibras são incompletas, e a permanência de corantes e produtos auxiliares do tingimento em solução, tornam o efluente tóxico (Rodrigues, 2007).

Os corantes utilizados no sector têxtil podem ser classificados de três formas diferentes que se baseia em:

Estrutura química – azóicos, nitrados, nitrosados, difenilmetanos, quinolínicos, triarilmetanos, xanténicos, acridínicos, polimetínicos, de indaminas, de indofenóis, azínicos, oxazínicos, sulfurosos, antraquinónicos, triazínicos, metínicos e lactónicos (Morais, 1996).

Propriedades e aplicação – corantes solúveis em água aniónicos (incluem os directos, os ácidos, os de mordente, os metalizados, os reativos, entre outros) e catiónicos ou básicos (Morais, 1996). Como corantes insolúveis em água, refira-se os de cuba, os sulfurosos, os azóicos, os plastossolúveis, etc. (Morais, 1996). Há ainda corantes para gorduras e vernizes (Morais, 1996).

Propriedades tintoriais – esta forma de classificação apresenta especial interesse para a indústria têxtil.

Para o tingimento de poliéster com corantes dispersos é comum serem utilizados vários produtos auxiliares têxteis, que além de aumentarem a velocidade de tingimento, podem fazer aumentar a solubilidade dos corantes. Os corantes dispersos são utilizados em todas as fibras hidrofóbicas, sendo praticamente os únicos utilizados no tingimento de poliéster (Beltrame, 2000).

A aplicação de corantes dispersos sobre as fibras ocorre na forma de dispersões aquosas ou suspensões coloidais que formam soluções sólidas com as fibras. Estas fibras não possuem grupos ácidos ou básicos para fixar corantes diretos e são sensíveis à hidrólise nas condições fortemente alcalinas do tingimento. Durante o processo de tingimento, o corante sofre hidrólise e a forma originalmente insolúvel é lentamente precipitada na forma dispersa sobre o tecido.

Normalmente existe corante que fica depositado à superfície da fibra, por não ter difundido para o interior na sua totalidade. Para extraí-lo, será necessário um tratamento com um agente redutor que vai destruir o corante, onde normalmente é utilizado hidrossulfito de sódio ou formaldeído de sódio. Este processo também envolve a utilização de tensoativos, substâncias que agem sobre a tensão superficial e são utilizados na produção para regular processos envolvidos no tingimento e alguns processos de acabamento. Os tensoativos utilizados neste tipo de processo de tingimento são denominados de detergentes. Têm propriedades de humedecimento dos substratos têxteis, que pela quebra de tensão superficial da água, permitem que a sujidade seja facilmente removida do material para a fase líquida. Os detergentes mantêm em suspensão as partículas removidas, não permitindo que se reaglomerem e se depositem na superfície do substrato. Os detergentes têm, também, a propriedade de emulsionar as gorduras ou óleos presentes nos substratos têxteis.

3 ETARI DA BORGSTENA TEXTILE PORTUGAL

A ETARI da *Borgstena* Textile Portugal, Lda. opera segundo um processo físico-químico, uma vez que um processo biológico depende em grande parte de parâmetros ideais do efluente, como caudal, temperatura e carga orgânica disponível, não sendo resistente a variações como o processo implementado (físico-químico).

Simplificadamente, o efluente dá entrada no tanque de homogeneização e é posteriormente bombeado para o reator de 70 m³, onde sofre um processo de pré-oxidação antes de ser bombeado para o flotador, onde é feita a adição do coagulante, floculante e corretor de pH.

Após o processo de coagulação/floculação/flotação, o efluente clarificado é enviado para o processo de tratamento subsequente (filtros de areia) e as lamas resultantes enviadas para o sistema de desidratação. Após os filtros de areia a água clarificada passa pelos filtros de carvão ativado. De seguida, a água já tratada é descarregada para o meio hídrico ou, eventualmente, enviada para o

tratamento final, o sistema de osmose inversa, com vista a recircular a água para o processo produtivo.

Os efluentes líquidos afluentes à ETARI da BTP são na sua maioria provenientes da secção de tinturaria e acabamento, do processo de tingimento. Por esta razão, o efluente contém grandes quantidades de agentes químicos e detergentes.

A figura IV.3.1 apresenta, de forma simplificada, as etapas de tratamento da fase líquida (efluente) e fase sólida (lamas resultantes). As linhas evidenciadas a tracejado distinguem o sentido de tratamento do efluente das restantes etapas de tratamento de lamas ou lavagens a realizar.

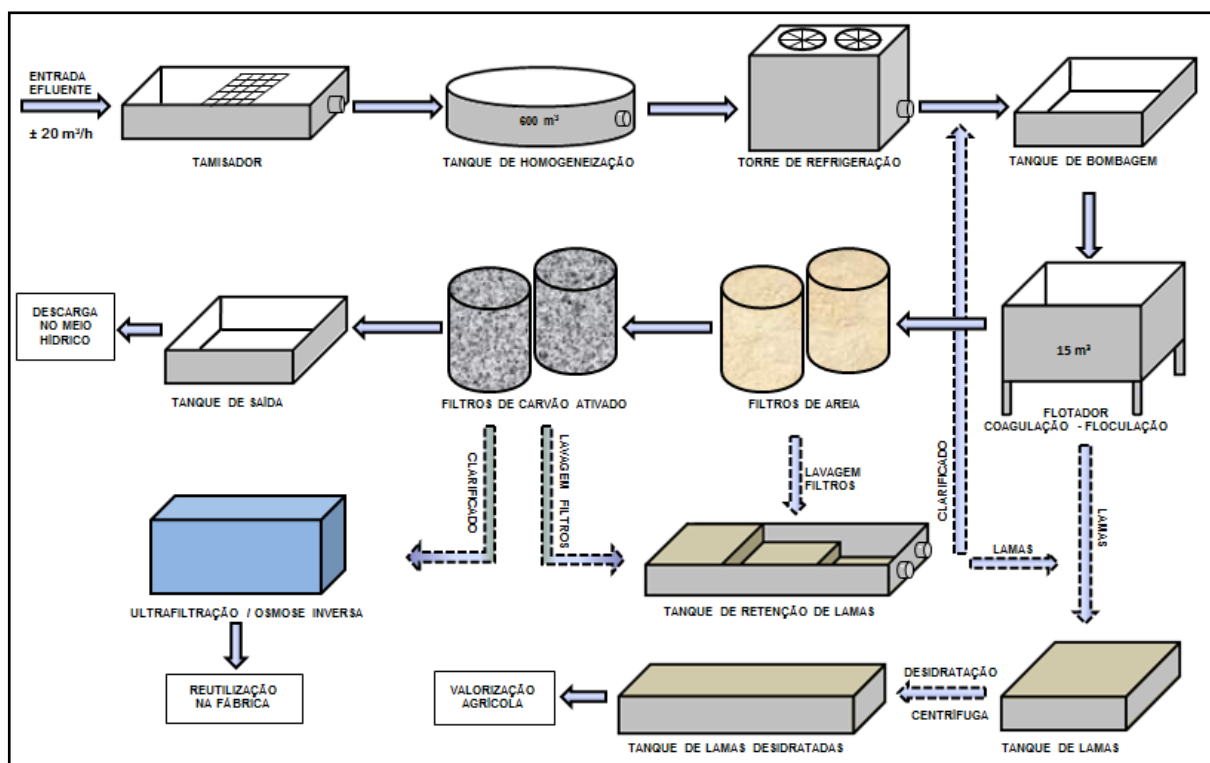


Figura IV.3.1. Esquema simplificado de funcionamento da ETARI da BTP.

Em suma, e na sequência da descrição anterior, pretende-se aqui fazer uma apresentação mais específica relacionada com os órgãos em análise. Faz-se uma análise da unidade principal de tratamento físico-químico, que está colocada após uma unidade de tratamento que envolve a homogeneização e posterior arrefecimento do efluente. O tratamento final envolve as etapas de filtração, incluindo os filtros de areia e os filtros de carvão ativado.

O esquema do anexo B.1 ilustra de forma objetiva todos os componentes existentes na ETARI afetos ao tratamento da água residual industrial, incluindo a localização das unidades de tratamento e respetivo doseamento de produtos químicos.

3.1 UNIDADES DE TRATAMENTO DA FASE LÍQUIDA DA ETARI

Os efluentes provenientes da unidade fabril afluem à ETARI própria da BTP, com condições variáveis. Dada a variação de características atribuídas ao resíduo líquido, principalmente proveniente da secção de tinturaria/acabamento, torna-se difícil prever quais as condições normais da água residual em causa. Estas características, assim como o caudal afluente, variam com o tipo de tingimento que é feito e os respetivos reagentes utilizados, obtendo-se variações diárias em termos de, por exemplo, pH, turvação e CQO. Seguidamente será realizada uma abordagem detalhada das instalações afetas ao tratamento da água residual industrial.

i. Tamisador – Remoção de sólidos grosseiros

Na entrada da ETARI encontra-se instalada uma conduta de filtração dos sólidos grossos, que são eliminados por um sistema de filtros em rede substituíveis com malha de aproximadamente 1 cm. Esta conduta de receção do efluente e tamisador (Figura IV.3.2) promovem um tratamento primário ao efluente, que antecede o tanque de bombagem dos efluentes para o tanque de homogeneização.



Figura IV.3.2. Tanque de entrada da ETARI (Tamisador).

ii. Tanque de Equalização/ Homogeneização

As águas residuais resultantes do processo anterior são enviadas por uma bomba centrífuga de eixo horizontal para o tanque de equalização/ homogeneização.

Neste tanque, com aproximadamente 600 m³, são coletados todos os efluentes industriais e é promovida a sua homogeneização antes de se iniciar o tratamento, existindo dois agitadores a funcionar em simultâneo, garantindo a homogeneização. A elevada capacidade de armazenamento do tanque permite a regularização do caudal afluente ao processo de tratamento situado a jusante, permitindo otimizar a eficiência de tratamento.

iii. Torre de Arrefecimento

Os efluentes à entrada possuem temperaturas elevadas, entre os 35 e 50°C, e após a sua equalização, estes são bombeados através de uma bomba centrífuga de eixo horizontal para um sistema de refrigeração, a torre de refrigeração (Figura IV.3.3). Neste equipamento o efluente é espalhado sobre um meio de enchimento e atravessado contra corrente por ar forçado, promovendo o arrefecimento do líquido, de forma a reduzir a temperatura abaixo de 30°C e se proceder ao seu correto tratamento.



Figura IV.3.3. Torre de refrigeração.

iv. Tanque de Bombagem ao Tratamento

O tanque de bombagem é constituído por um tanque com capacidade de 70 m³ que coleta os efluentes previamente homogeneizados e refrigerados, para serem encaminhados ao tratamento físico-químico (Figura IV.3.4).

Este tanque também serve de suporte a uma eventual necessidade de aferição do tratamento à saída, promovendo a recirculação do efluente de saída (já homogeneizado, refrigerado e tratado) novamente para o tratamento. Além disso, também retém as escorrências resultantes dos processos de lavagem dos filtros, da osmose inversa e da desidratação das lamas.



Figura IV.3.4. Tanque de bombagem de 70 m³.

v. **Coagulação/ Floculação/ Flotação**

A unidade de coagulação/ floculação/ flotação é constituída por um reator de flotação (*Dissolved Air Flotation – DAF*) que funciona em contínuo (Figura IV.3.5). Este flotador é o elemento da ETAR que irá promover o tratamento secundário e físico-químico dos efluentes da ETAR. Neste reator será feita a adição de coagulante, o produto que desestabiliza as cargas dissolvidas, agregando-as; o floculante, que ajuda a agregar os compostos em suspensão formando as lamas; e o hidróxido de sódio, como corretor de pH para valores ideais de ação dos agentes químicos anteriores. Toda a mistura é promovida por um misturador estático.

A carga insolúvel do efluente é arrastada até à superfície pelo efeito de ar comprimido, o que promove a sua separação e a secagem do restante efluente. O ar para a flotação é fornecido através de um compressor de pistão. Os sólidos insolúveis – lamas flotadas, são removidos por um raspador de superfície (Figura IV.3.6) e encaminhadas para o tanque de lamas. As lamas serão posteriormente tratadas num equipamento designado de centrífuga que promoverá a sua secagem para utilização em compostagem para adubos orgânicos.

Após tratamento, a água de saída do flotador é contida num tanque com uma capacidade de 12 m³. Este retém a água tratada antes do posterior tratamento terciário a aplicar.



Figura IV.3.5. Tanque DAF.

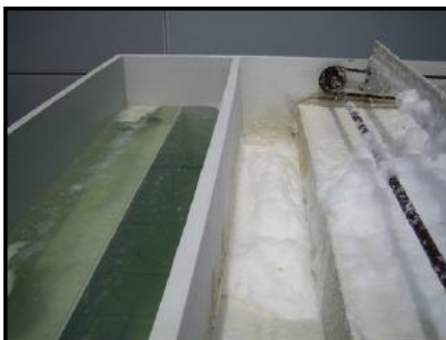


Figura IV.3.6. Raspador de lamas de superfície do flotador e água clarificada.

vi. **Sistema de Filtros de Areia**

A água clarificada proveniente do processo anterior é conduzida para os filtros fechados de areia, que funcionam em paralelo, para remover sólidos em suspensão remanescentes.

O sistema de filtros de areia trata-se de um tratamento terciário que irá promover a remoção de sólidos que eventualmente tenham permanecido no tratamento anterior. Este sistema é composto por um conjunto de três filtros, dois dos quais em funcionamento e um sempre em “*stand by*” para que, e aquando de perda eventual de eficiência deste sistema, possa existir sempre um filtro pronto a funcionar.

Após a passagem nos filtros de areia, a água clarificada é encaminhada para um tanque de águas clarificadas, com a capacidade de 15 m³. Em caso de necessidade, este tanque comunica com o tanque de 70 m³ (tanque de bombagem ao tratamento) para a eventual necessidade de pré-tratamento das águas.

vii. Sistema de Filtros de Carvão Ativado

O sistema de filtros de carvão trata-se de um sistema de tratamento terciário que irá promover a remoção de carga solúvel remanescente. Este sistema é composto por um conjunto de três filtros, em que o terceiro se encontra em “*stand by*” para funcionamento em situações de lavagens ou regenerações do carvão ativado.

Estes filtros funcionam promovendo a remoção de compostos dissolvidos através de um processo de adsorção e são alimentados por um hidropressor, constituído por uma bomba centrífuga de eixo horizontal associado a um reservatório de ar, sendo a água filtrada conduzida para um segundo depósito de águas limpas, para envio ao destino final ou à fase de tratamento seguinte.

Existe um tanque após a passagem nos filtros de carvão ativado, o tanque de águas limpas, que se trata de um tanque de 15 m³. Este tanque liga com o coletor de saída da ETAR e/ou com o sistema de ultrafiltração. Em caso de necessidade, este tanque comunica com o tanque de 70 m³ (tanque de bombagem ao tratamento) para um eventual re-tratamento das águas.

viii. Ultrafiltração e Osmose Inversa

Tendo em vista a reutilização do efluente tratado, este será conduzido para uma unidade de osmose inversa, primeiramente constituído por um sistema de osmose inversa e em segundo, pelo sistema de osmose inversa propriamente dito (Figura IV.3.7). Este sistema permite a refinação da água de saída e a sua reutilização.

O processo baseia-se na passagem forçada do efluente através de membranas com porosidades muito reduzidas, normalmente de composição cerâmica, através de pressões elevadas, permitindo que sejam retidas espécies químicas moleculares que se encontrem dissolvidas na água.

Visto que estes equipamentos funcionam em regime descontínuo implica que os ciclos de produção de permeado sejam alternados com os ciclos de lavagem, sendo necessário a utilização de diversos produtos químicos.



Figura IV.3.7. Sistema de osmose inversa.

3.2 UNIDADES DE TRATAMENTO DA FASE SÓLIDA DA ETARI

i. Sistema de Retenção de Lamas

O sistema de retenção de lamas (40 m³) é constituído por 3 tanques comunicantes pelo topo, que coletam todas as lavagens existentes nos sistemas de filtração, na ETAR e quaisquer outras escorrências não tratadas que possam existir, promovendo a sua contenção e posterior encaminhamento a tratamento.

ii. Tanque de Armazenamento de Lamas

Este tanque de armazenamento retém as lamas provenientes do flotor, conduzidas graviticamente para este tanque, o qual alimentará posteriormente o sistema de desidratação através de uma bomba.

iii. Desidratação

Tal como referido anteriormente, as lamas resultantes do flotor são conduzidas para a centrífuga, para que seja assegurada a sua desidratação. Nesta fase é adicionado um polímero imediatamente a montante da bomba de alimentação, que tal como no flotor, auxilia na agregação das lamas geradas, tornando-as mais resistentes.



Figura IV.3.8. Centrífuga para desidratação das lamas.

3.3 OS PRODUTOS QUÍMICOS NA ETARI

Dada a natureza química do efluente a tratar, e de acordo com o que já referido em termos de necessidade de tratamento físico-químico na água residual, é inevitável a utilização de produtos químicos para a obtenção de um efluente com características aceitáveis.

3.3.1 OS PRODUTOS QUÍMICOS INFLUENTES NO PROCESSO

Os produtos químicos utilizados no funcionamento da ETARI são fornecidos pela empresa que gere a instalação de tratamento - “SpringTides, Tecnologias e Soluções Ambientais e Energéticas, Lda.”. Para a escolha dos produtos químicos foram testadas as características físico-químicas da água residual, avaliando os produtos ideais para o tratamento, em comparação com outros produtos químicos existentes, de acordo com informação cedida pelo responsável de ETARI.

A aplicação dos produtos varia ao longo do processo de tratamento do efluente industrial, tendo cada um uma função específica e importante enquanto interveniente no tratamento do efluente.

A informação que consta seguidamente encontra-se nas Fichas de Dados de Segurança (FDS) dos produtos, assim como nas suas Fichas Técnicas (FT). Subentende-se o seu correto armazenamento, dada a perigosidade atribuída a cada um.

Pré-Oxidante (Amonox 05-RM)

A principal aplicação deste oxidante é no tratamento de águas residuais domésticas e industriais. Como agente oxidante principal, é constituído por permanganato, mas possui também dióxido de cloro e hidróxido de sódio, com vista à degradação química das espécies orgânicas das águas residuais. É de fácil infiltração no solo e tem elevada solubilidade em água, sendo necessário evitar que este produto entre na rede de esgotos ou cursos de água.

Soda Cáustica (Solução de NaOH)

Este produto é aplicado, por exemplo, em tratamentos químicos no processo têxtil (operações de fervura, mercerização e branqueamento), no tratamento de águas e indústria alimentar. Além de corrosivo, apresenta risco de libertação de hidrogénio em contacto com alguns metais (alumínio, estanho e zinco). Apresenta riscos para o ambiente decorrentes da sua ação corrosiva e alteração significativa no pH. É utilizado para elevar o pH do efluente ao valor ótimo da ação do coagulante.

Coagulante (SpringCog 05-RM994)

Os coagulantes são compostos geralmente de ferro ou alumínio, capazes de produzir hidróxidos gelatinosos insolúveis e englobar as impurezas. O cloridrato de alumínio é um polímero inorgânico difícil de caracterizar estruturalmente e também muito utilizado na purificação de água devido à sua carga elevada, fazendo com que seja mais eficaz como desestabilizante e na remoção de materiais

dissolvidos e em suspensão do que os sais de alumínio, tais como sulfato de alumínio, cloreto de alumínio, ou várias formas de cloreto de polialumínio.

A sua principal aplicação é no tratamento de águas residuais municipais e da indústria em geral e é caracterizado como um líquido inorgânico corrosivo ácido.

Ao nível ecológico, é de fácil infiltração no solo e tem elevada solubilidade em água, sendo necessário evitar que este produto entre na rede de esgotos ou cursos de água.

Floculante (SpringFloc 07 - RM1161)

O floculante utilizado é um polímero orgânico derivado da poliacrilamida, a poliacrilamina aniônica, e a sua principal utilização é ao nível industrial, nomeadamente no tratamento de águas de processos industriais. Em termos ambientais, a sua biodegradabilidade não se verifica a curto prazo, devendo evitar-se que contamine os cursos de água.

A principal função está relacionada com a obtenção de flocos mais resistentes por agregação para serem mais facilmente removidos pelo raspador de lamas à superfície.

Anti espuma (SpringFoam 01-AF12)

Esta substância é utilizada na redução do teor de espuma do efluente final. Apesar de ser um produto à base de água, também tem características corrosivas.

Tabela IV.3.1. Composição e propriedades dos reagentes utilizados na ETARI.

Reagente	Composição	Propriedades físicas e químicas
Oxidante (Amonox05-RM)	Solução aquosa de coagulantes inorgânicos (< 5%); Permanganato de Potássio (KMnO ₄) (< 5%); Dióxido de Cloro (ClO ₂) (<5%); Hidróxido de Sódio (NaOH) (<1%).	Aspeto: Líquido avermelhado Densidade a 20°C: 1,25 Solubilidade: Em água (em qualquer proporção), Etanol ou Acetona.
Soda Cáustica (Solução de NaOH)	Solução aquosa de Hidróxido de Sódio entre 25% e 50%.	Aspeto: Líquido incolor Densidade a 20°C: ≥ 1,51 Solubilidade: Em água, álcoois e glicerinas. Não solúvel em solventes orgânicos.
Coagulante (SpringCog 05-RM994)	Solução aquosa de coagulantes inorgânicos incluindo a formulação Al _n (OH) _m Cl _(3n-m) .	Aspeto: Líquido Amarelado pH (1% v/v): 3,9 ± 0,5 Massa volúmica aparente (25°C): 1,36 ± 0,02 g.cm ⁻³ Solubilidade em água: Completamente solúvel
Floculante (SpringFloc 07 - RM1161)	Poliacrilamida de alto peso molecular de caráter aniônico.	Aspeto: Pó cristalino Pérola Densidade (25°C): 0,75 g.cm ⁻³
Anti-espuma (SpringFoam 01-AF12)	Emulsão aquosa não iónica à base de dimetilpolisiloxano.	Aspeto: Líquido branco Densidade (5°C): 1 g.cm ⁻³ pH: 5 aprox. Solubilidade em água: Emulsiona em água

3.3.2 PREPARAÇÃO E DOSEAMENTO DE REAGENTES

A solução de floculante doseada no flotador é preparada numa unidade de preparação automática, pela diluição do produto sólido, cuja concentração é de $1,5 \text{ g.L}^{-1}$.

O doseamento deste polímero, sendo que as bombas estão preparadas para dosearem a um caudal de 50% da capacidade instalada, corresponde a 25 L.h^{-1} .

O polímero para a centrífuga deverá ser fornecido em emulsão, sendo a solução a dosear também preparada numa unidade de preparação automática (Figura IV.3.9).



Figura IV.3.9. Unidades de preparação de polímero para o flotador e para a centrífuga.

O doseamento dos restantes reagentes é efetuado através de bombas doseadoras de membrana, localizadas no exterior do edifício da ETAR, junto ao flotador, existindo a bomba doseadora de soda cáustica, utilizada no acerto de pH no flotador, a bomba doseadora de coagulante e a bomba doseadora de oxidante.

As bombas doseadoras destes reagentes (Figura IV.3.10) têm como característica um caudal máximo de 54 L.h^{-1} , sendo o doseamento efetuado de acordo com a percentagem de doseamento requerida (Figura IV.3.11).



Figura IV.3.10. Bomba doseadora de produtos químicos utilizada da ETARI.

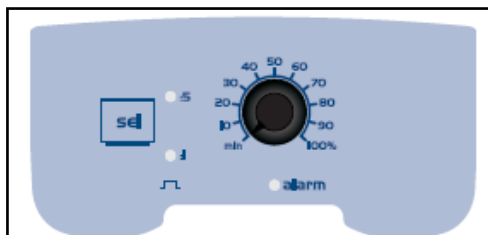


Figura IV.3.11. Regulação de caudal nas bombas doseadoras de produtos químicos.

3.4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O afluente à Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI) apresenta baixa relação CBO_5/CQO , inferior a 0,20, sugerindo que o efluente seja recalcitrante e de difícil oxidação biológica. Neste sentido, e para que seja possível a descarga no sistema coletor municipal, de acordo com o Artigo 9º do Decreto-lei nº 152/97 de 19 de Junho, é necessário processá-lo para diminuir o teor de matéria recalcitrante.

Perante o objetivo de se aumentar a eficiência de tratamento existente para as águas residuais provenientes do processo produtivo da BTP, mais precisamente a diminuição da carga orgânica do efluente por oxidação e posterior remoção de sólidos, pretendeu-se estudar o processo de coagulação-floculação (DAF). Em concreto, tentou-se avaliar o ajuste e teste sob condições diferentes das existentes, de forma a comprimir com a exigência legislativa de cumprimento das normas de descarga de águas residuais industriais.

Entre os vários tratamentos utilizados para a oxidação química *in situ* (ISCO – *in situ chemical oxidation*), o permanganato (MnO_4^-) é por vezes selecionado devido à sua estabilidade e eficácia sobre uma ampla faixa de pH, facilidade de manuseamento e custo relativamente baixo (Waldemer and Tratnyek, 2006).

Os órgãos constituintes da ETARI possuem características e funções distintas em termos de tratamento. Na situação das condições de tratamento em vigor serem incompatíveis com as condições ideais de tratamento, o efluente final dificilmente adquirirá as características pretendidas em conformidade com a legislação vigente. Portanto, neste anexo, o objetivo também é definir e caracterizar o efluente nos diferentes órgãos da ETARI e avaliar as possíveis otimizações nos diferentes órgãos para se cumprir com a norma de descarga do efluente. De notar que a descarga da água residual tratada no sistema de coleta municipal para condução à ETAR municipal de Nelas, está condicionada ao cumprimento do valor de CQO inferior a $1000 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$.

De forma geral, pretende-se que as características do efluente final não prejudiquem as propriedades das águas residuais urbanas de forma a minimizarem o seu impacto no normal funcionamento do sistema de tratamento municipal.

4 METODOLOGIAS UTILIZADAS

De forma a avaliar as condições de processo do efluente e verificar a sua adequabilidade no tratamento do efluente industrial e a sua eficiência, foram realizados testes laboratoriais e avaliadas as condições no terreno.

4.1 PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

Para tornar possível a caracterização do efluente inicial e do efluente obtido nas várias etapas dos processos de tratamento, realizou-se a determinação de alguns parâmetros auxiliares a essa caracterização.

A medição do pH, condutividade e potencial de oxidação-redução (ORP) foi realizada com os respetivos elétrodos do equipamento *HANNA Waterproof HI 98130*.

A turvação foi determinada com o equipamento *HACH DR/890 Portable Colorimeter*, sendo utilizada água destilada como branco.

A CQO representa a quantidade de oxigénio necessária para a oxidação dos compostos orgânicos carbonados a CO_2 e H_2O .

O equipamento *HACH DR/890 Portable Colorimeter* foi utilizado na determinação da CQO ($\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$) por colorimetria, após a digestão das amostras na presença de dicromato (método adaptado da EPA 410.4) no equipamento *Digital Dry Bath D1100*, sob condições de 150°C durante 2 horas.

A determinação de sólidos em águas foi realizada por intermédio de técnicas de filtração e gravimetria, de acordo com o procedimento cedido pelo Laboratório de Controlo Analítico de Qualidade do Departamento de Ambiente, Adaptado do *Standard Methods for examination of water and wastewater 20th edition, 2540D, pag. 2-57*.

4.2 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO OXIDANTE NA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

O objetivo deste teste prende-se na determinação da quantidade de oxidante necessário para oxidar a matéria orgânica presente em solução num determinado volume de amostra.

A concentração de permanganato de potássio (KMnO_4) na solução oxidante é de 1,13N. Para a titulação preparou-se solução padrão de matéria orgânica, solução de oxalato de sódio a 0,1N.

Da solução anterior, pipetar 10 mL para um Erlenmeyer e juntar água. Este preparado será titulado com a solução oxidante (*Amonox*), controlando o pH, temperatura e o potencial de oxidação-redução.

4.3 ENSAIOS DE TRATABILIDADE EM ÁGUAS RESIDUAIS

Para a realização dos ensaios *Jar-test*, inicialmente testaram-se diferentes quantidades de reagentes em 500 mL de amostra, sob condições de reação de 1 minuto para o oxidante (170 rpm), e 30 segundos de agitação rápida (170 rpm) e 3 minutos de agitação lenta (70 rpm) após adição conjunta dos restantes reagentes (Metcalf & Eddy, 1991).

Tabela IV.4.1 Dosagens dos produtos químicos utilizados no ensaio *Jar-test*.

Ensaio	Coagulante				Floculante				Oxidante			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Reagente adicionado (µL)												
Ox.		750				750			500	750	1000	1250
NaOH		200				200					200	
Cg.	200	400	600	800			600				600	
Fl.		600			200	400	600	800			600	

Ox. – Oxidante; Cg. – Coagulante; Fl. – Floculante.

Relativamente ao efeito da temperatura, testaram-se diferentes temperaturas para as melhores condições obtidas na primeira bateria de ensaios.

Tabela IV.4.2. Ensaio a diferentes temperaturas.

Ensaio	13	14	15	16
Temperatura (°C)	17	29	37	45
Volume (µL)				
Ox.			750	
NaOH			200	
Cg.			600	
Fl.			600	

Ox. – Oxidante; Cg. – Coagulante; Fl. – Floculante.

As temperaturas a que foram realizados os ensaios correspondem às temperaturas da água residual medidas em diferentes pontos da ETARI, de forma a avaliar a influência da temperatura no tratamento e, eventualmente potenciar a carga térmica do efluente. Assim sendo, os testes foram realizados à temperatura ambiente (17°C), à temperatura equivalente à verificada no tanque de homogeneização, antes do arrefecimento (37°C) e depois de arrefecido (29°C). A temperatura de 45°C corresponde à temperatura medida no efluente à saída da fábrica, no tamisador.

4.4 CALIBRAÇÃO DAS BOMBAS DOSEADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS

O doseamento de produtos químicos é realizado por intermédio de bombas doseadoras de membrana. O caudal nominal de funcionamento das bombas é 54 L.h^{-1} , de acordo com as suas características. Este caudal corresponde ao caudal máximo que a bomba doseia a 100%. Operacionalmente controla-se a fração do valor máximo adicionado ao efluente.

No sentido de calibrar o sistema de bombagem, efetuaram-se medições com as bombas a diferentes percentagens de operação, de 0 a 100%, com intervalos de 10%. As medições foram realizadas utilizando copos de vidro de 500 e 1000 mL, tendo sido realizada a devida cronometragem dos tempos de enchimento dos recipientes, para medição dos caudais.

Foram tomadas as devidas precauções durante a realização das calibrações, tendo em conta a natureza e perigosidade dos produtos químicos.

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Neste capítulo apresentam-se os dados relativos à caracterização da água residual industrial afluente à ETARI, avaliando numa primeira fase as suas características, relacionando-as com a origem e paralelamente avaliar as características do efluente ao longo dos processos de tratamento existentes na ETARI.

Tal como referido anteriormente, o efluente que aflui à ETARI da BTP possui características variáveis e inconstantes ao longo do dia, à exceção do pH, que apresenta variações menos significativas.

As características finais do efluente dependerão da eficiência do tratamento físico-químico a que for submetido, com vista a proteger o meio ambiente e a atingir o cumprimento dos objetivos propostos.

5.1 DOSEAMENTO DOS PRODUTOS QUÍMICOS

Os produtos químicos utilizados no processo de tratamento da ETARI são adicionados em quantidade variáveis, de acordo com o caudal de tratamento da água residual e com as suas características químicas.

Para que seja possível avaliar as quantidades doseadas de produtos químicos e a sua influência no tratamento do efluente, torna-se relevante verificar as dosagens típicas.

Os valores na tabela IV.5.1 dizem respeito aos caudais de operação da ETARI no momento da recolha das amostras para a caracterização do efluente ao longo dos processos de tratamento da ETARI.

Tabela IV.5.1. Quantidade de produtos químicos utilizada na ETARI nas condições de operação.

Data e Hora	Efluente (m ³ .h ⁻¹)	Oxidante (L.h ⁻¹)	NaOH (L.h ⁻¹)	Coagulante (L.h ⁻¹)	Floculante (L.h ⁻¹)	Anti espuma (L.h ⁻¹)
24-Jan	21	32	19	16	25	38
25-Jan	21	29	17	19	25	49
26-Jan	22	17	22	21	25	54
31-Jan	21	25	11	19	25	54
01-Fev	25	21	11	17	25	54
07-Fev	24	11	23	20	25	54
08-Fev	25	11	27	19	25	54
09-Fev	25	11	14	27	25	54
14-Fev	18	12	16	17	25	54
15-Fev	25	15	11	19	25	54
27-Fev	25	16	12	19	25	54
28-Fev	25	16	14	17	25	54
05-Mar	21	14	23	19	25	30
08-Mar	20	14	22	15	25	27
13-Mar	21	14	16	15	25	16
20-Mar	20	8	11	19	25	54
22-Mar	20	22	16	16	25	22
05-Abr	23	10	16	16	25	22
10-Abr	25	22	11	23	25	32
11-Abr	20	8	11	19	25	54
12-Abr	24	11	27	15	25	54
08-Mai	23	19	11	19	25	19
10-Mai	22	19	11	19	25	19
23-Mai	22	22	11	18	25	38
29-Mai	22	22	11	18	25	38
30-Mai	22	22	11	18	25	38

De acordo com os objetivos estabelecidos no tratamento de uma água residual, o caudal de produtos químicos a dosear varia em consequência do caudal efetivo de tratamento existente na ETARI. Isto é, a quantidade de produtos químicos utilizados para obter um efluente com características aceitáveis varia consoante a quantidade e qualidade da água residual a tratar.

Se observarmos a tabela IV.5.1 verifica-se, em determinadas situações, que para caudais de efluente superiores, a quantidade de produtos químicos adicionada é inferior, e vice-versa. Isto é, não há uma coerência entre caudal a tratar e débito de reagentes de tratamento. Embora a adição de reagentes esteja fundamentalmente condicionada pelas características químicas do efluente, a dificuldade de

controlo das necessidades de reagentes poderá originar falhas em termos de eficiência de tratamento do efluente em causa, facto comprovado pelos estudos desenvolvidos ao longo do presente anexo.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE INICIAL

Na *Borgstena*, inerente ao processo produtivo, existem descargas contínuas de águas residuais industriais da zona de tingimentos e lavagens. Além da variação das características do efluente, também o caudal afluente à ETARI é variável. O caudal de tratamento também varia, de 15 a 25 m³.h⁻¹, provocando alterações em termos de tratamento relativamente às proporções de químicos a adicionar, nomeadamente o oxidante, soda cáustica, coagulante e floculante, de forma a promover a diminuição da carga poluente.

Os valores apresentados na tabela IV.5.2 e figura IV.5.1 dizem respeito a medições realizadas ao longo do dia, à saída da fábrica - tamisador.

Tabela IV.5.2. Parâmetros horários da água residual industrial afluente à ETARI.

Hora de recolha	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
pH	6,73	6,74	5,75	6,61	5,9	6,33	5,68	6,53	6,54
Condutividade (ms.cm ⁻¹)	0,17	0,17	0,76	0,18	0,51	1,01	0,84	0,18	0,2
Turvação (NTU)	29	99	57	133	145	10	96	39	57

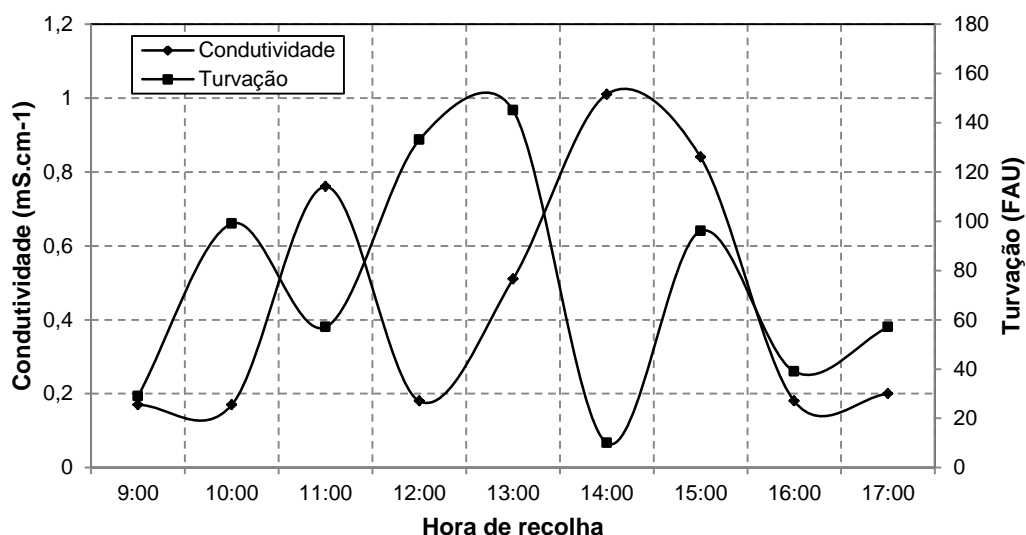


Figura IV.5.1. Variação horária de condutividade e turvação do efluente inicial.

De acordo com os parâmetros apresentados é possível verificar que o efluente varia em termos de teor em sólidos (suspensos e dissolvidos), pois a turvação e condutividade variam consideravelmente ao longo do dia, ao contrário do pH que apresenta oscilações pouco significativas.

5.2.1 O EFLUENTE DO PROCESSO DE TINGIMENTO

O processo de tingimento é realizado a elevadas temperaturas devido às necessidades exigidas pelo mesmo, permitindo que o tingimento seja realizado num espaço de tempo mais curto e obter melhorias quanto à uniformidade da coloração do tecido, facto comprovado pela temperatura da água residual à entrada da ETARI.

Os corantes utilizados nos processos de tingimento são aplicados no estado sólido. Porém, durante este processo eles são reduzidos com hidrossulfito de sódio, em solução alcalina, transformando-os num composto solúvel. Numa fase posterior, a oxidação pelo ar e peróxido de hidrogénio, regenera a forma original do corante sobre a fibra. Além do hidrossulfito de sódio é vulgarmente utilizado outro produto químico com as mesmas características, o *Rucorit*. Devido à sua perigosidade são dos produtos químicos mais representativos na poluição da água residual.

Os processos de tingimento diferem quando nos referimos a tingimentos de cores claras ou escuras, diferindo quer os produtos químicos a utilizar e as suas quantidades, quer o processo de tingimento propriamente dito. Por exemplo, o tempo de tingimento a uma temperatura de 138°C difere de 30 a 60 minutos, para cores claras e escuras, respetivamente.

A tabela IV.5.3 mostra de uma forma sintetizada, os produtos químicos principais utilizados no tingimento, enquanto a tabela IV.5.4 apresenta as suas características.

Tabela IV.5.3. Principais produtos químicos utilizados no processo de tingimento.

Produtos Químicos (Tingimento)	
Cores Claras	Cores Escuras
Sera Con P-NU	Sera Con P-NU
Respumit NF	Respumit NF
Tenyclear PES	Soda Cáustica 50%
Sera Foam M-HTS	Hidrossulfito sódio
Texlube Extra	Texlube Extra

De salientar que para além destes produtos químicos, antes da adição destes produtos, é feita a adição dos corantes. Os processos de lavagem das cubas de tingimento são realizados à base de água.

Tabela IV.5.4. Características dos principais químicos descarregados na água residual industrial.

Produtos Químicos	Descrição/ Composição	Principal Função
Texlube Extra ⁽¹⁾	Polímeros naturais e derivados. Emulsão aquosa de derivados de glicerina contendo um peso molecular elevado em poliacrilato.	Produto de amaciamento, que permite melhorar o deslizamento entre as fibras, e entre a fibra e a máquina, impedindo a formação de vincos permanentes.
Tenyclear PES ⁽²⁾	Derivado do ácido sulfínico (10-25%). Sal inorgânico alcalino (50-100%)	Produto especial para a lavagem de PES subsequente ao banho com corantes. Apropriado para a eliminação de corante residual presente no banho de tingimento, ou sobre a superfície da fibra. Evita a formação de oligómeros nas máquinas de tingimento.
Hidrossulfito de sódio Na₂S₂O₄ ⁽³⁾	Estabilizadores. Ditionito de sódio (≥ 88%). Carbonato de sódio (≥ 1% ≤ 3%).	Produto auxiliar e/ou de acabamento para a indústria têxtil. Agente redutor.
Rucorit ⁽⁴⁾	Ácido aminoiminometanossulfínico: Tiourea (CH ₄ N ₂ S) (≤ 0,2%).	Agente auxiliar para têxteis. Agente de redução. Produto de base para reações químicas. Produtos químicos para sínteses.
Respumit NF ⁽⁵⁾	Preparação de óleo mineral/ derivado ácido gordo/ éter alquil poliglicólico Éter poliglicólico de álcool gordo.	Anti-espuma.
Sera Foam M-HTS ⁽⁶⁾	Óleos minerais altamente refinados, emulsificantes não-iônicos. Álcool gordo etoxilato (<10 %)	Anti-espuma altamente eficaz para temperatura até 135°C.
Sera Con P-NU ⁽⁷⁾	Composto quaternário de alquil amônio, álcool graxo poliglicol éter, solubilizante.	Remoção dos resíduos de oligómeros de máquinas de tingir e fibras.

Fontes:

⁽¹⁾ Ficha Técnica do produto. Fornecedor: ACHITEX.

⁽²⁾ Ficha de Dados de Segurança do produto. Fornecedor: Tenycol, S.A.

⁽³⁾ Ficha de Dados de Segurança do produto. Fornecedor: RNM produtos químicos.

⁽⁴⁾ Ficha de Dados de Segurança do produto. Fornecedor: RUDOLF PRODUTOS QUÍMICOS, S.A.

⁽⁶⁾ Ficha Técnica e Ficha de Dados de Segurança do produto. Fornecedor: DyStar.

⁽⁵⁾ Ficha de Dados de Segurança do produto. Fornecedor: Tanatex Chemicals.

A tabela IV.5.5 permite verificar a variação das características da água em termos de CQO (mg O₂.L⁻¹), tendo sido a recolha realizada em várias fases de diferentes processos de tingimento ocorrentes na BTP. Estes valores de referência são datados de 2010, mas as condições de tingimento e os produtos químicos adicionados no processo produtivo mantêm-se até à data.

O valor de CQO apresenta oscilações significativas ao longo das etapas de tingimento. De notar que, tal como referido anteriormente, os valores mais elevados correspondem a banhos/tratamentos redutores e banhos de tingimento de cores escuras, onde é utilizado hidrossulfito de sódio.

Tabela IV.5.5. Valores de CQO de amostras recolhidas num processo de tingimento.

Amostras Borgstena	22 Abril 2010
Identificação da amostra	CQO (mg O ₂ /L)
Homogeneizado	4107
Lavagem Final jet 2	381
1ª Lavagem apos tratamento jet 2	2259
Última lavagem jet 3	111
Lavagem Final jet 3	205
Última lavagem jet 2	770
2ª Lavagem apos lavagem do aparelho	220
2ª Lavagem apos tratamento reductivo	336
Lavagem final jet 2	712
1ª Lavagem cores claras jet 2	1007
1ª Água banho reductor cores claras jet 2	>11114
1ª Lavagem após tratamento reductivo cores claras	2242
1ª Lavagem após lavagem do aparelho	216
Final tratamento reductivo cores claras	>11243
Tratamento reductor escuras jet 3	4446
Banho do tingimento cores escuras jet 3	10496

5.3 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE AO LONGO DA ETARI

A diversidade de processos, matérias-primas utilizadas, produtos auxiliares, técnicas e equipamentos utilizados fazem com que as descargas variem consideravelmente.

Após a avaliação do efluente inicial, cujo local de amostragem é o tanque de entrada da ETARI, o tamisador, no presente capítulo caracteriza-se o efluente obtido após a passagem pelos órgãos da ETARI. A água residual, tal como referido anteriormente, é submetida a diversos tratamentos. Para que se verifique a sua evolução em termos de tratamento e cumprimento com a licença de descarga, é necessário que a amostragem seja realizada em diversos pontos. A recolha das amostras compreende três locais distintos, após o tanque de homogeneização (1), à saída do tanque DAF (2) e no tanque de saída (3), local de descarga do efluente final.

Nas condições existentes na ETARI, a caracterização dos vários pontos de recolha relativamente à turvação, o pH e a carência química de oxigénio (CQO) e em alguns casos, a condutividade, encontram-se na tabela B.1 (Anexo B.2).

Dos valores apresentados importa salientar que a remoção máxima conseguida pelo flotador ronda os 60%, tendo em conta que a média de remoção desta unidade é 43%, podendo variar 16% (desvio padrão).

Se compararmos a eficiência de remoção de CQO à saída do flotador com a eficiência total da ETARI, os valores são notoriamente contraditórios, pois um filtro de areia pode permitir, por exemplo, reduzir a CQO de 14 a 16% (Roriz, Machado e Cunha, 2007). A eficiência global da ETARI é em média 38%, com uma variação possível de 15%, aproximando-se a remoção máxima global dos 55%, inferior à eficiência do próprio flotador. Esta situação é comprovada pelo facto de quer a turvação, quer o CQO aumentarem da unidade de coagulação-floculação até ao tanque de saída, ressaltando a ineficiência das fases de filtração, tanto proveniente dos filtros de areia como dos de carvão ativado, como é possível verificar na figura B.1 (Anexo B.2).

Os valores da tabela B.1 (Anexo B.2) encontram-se representados nas figuras B.2 a B.4 (Anexo B.2), onde é possível verificar a relação existente entre os parâmetros turvação e CQO.

Como se pode verificar, existe uma ligeira relação entre a CQO e o teor em sólidos na água (turvação), coexistindo um aumento de CQO com o aumento de sólidos e um decréscimo na situação inversa, em qualquer ponto de recolha.

O facto de a variação entre os parâmetros referidos ser semelhante, não significa que estes estejam inteiramente relacionados, isto é, esta variação apenas nos permite prever que no caso de ocorrer diminuição do parâmetro turvação, o valor de CQO também terá um decréscimo, não tornando possível a previsão do valor de qualquer um dos parâmetros.

Se considerarmos que a turvação se relaciona com o CQO ou conteúdo em sólidos suspensos, facilmente se contornaria a situação submetendo o efluente a uma filtração. Esta situação foi testada e os resultados contestam esta hipótese. Na tabela B.2 (Anexo B.2) encontram-se os valores determinados no efluente nos pontos de recolha habituais e determinou-se o valor de CQO das amostras antes e depois de filtradas. Estes valores permitem-nos reforçar a ideia de a CQO não ser diretamente dependente do parâmetro turvação, pois a variação de CQO é pouco significativa, com diminuições na ordem dos 6%, 13% e 18% para a entrada, flotador e saída, respetivamente.

5.3.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

De forma a auxiliar na compreensão das relações entre os parâmetros de qualidade da água, adotou-se o método do Coeficiente de Correlação de *Pearson*. O coeficiente de correlação de *Pearson* (r) é um indicador que descreve a interdependência linear entre duas variáveis (x e y).

A interpretação do coeficiente de *Pearson* quando $r = 1$ é de que existe a correlação linear perfeita entre as duas variáveis avaliadas, ao contrário de $r = 0$. A correlação linear é positiva quando $r > 0$ e negativa quando $r < 0$ (Villa, 2005).

Em análises ambientais, os coeficientes podem ser avaliados qualitativamente (Villa, 2005):

- Se $0,00 < r < 0,30$, existe fraca correlação linear;
- Se $0,30 < r < 0,60$, existe moderada correlação linear;
- Se $0,60 < r < 0,90$, existe forte correlação linear;
- Se $0,90 < r < 1,00$, existe correlação linear muito forte

Na tabela IV.5.6 encontram-se os valores de correlação de *Pearson*, resultado da análise dos dados das amostras recolhidas ao longo dos processos da ETARI.

Tabela IV.5.6. Valores de correlação de *Pearson* (r).

Amostragem	1			2			3		
	pH	CQO	Turv	pH	CQO	Turv	pH	CQO	Turv
CQO	-0,18	-	-	0,21	-	-	0,21	-	-
Turv	0,09	0,59	-	0,19	0,84	-	0,54	0,56	-
c	-0,05	0,00	-0,25	0,67	0,36	0,28	0,22	0,21	0,16

1 – Saída do Tanque de homogeneização; 2 – DAF; 3 – Tanque de saída.

Turv – Turvação; c – condutividade

Em nenhuma das situações se verifica uma correlação linear muito forte.

A correlação entre a turvação e a CQO reflete-se mais reduzida à entrada da ETARI, devido às características inconstantes da água residual industrial afluenta à ETARI.

Estes dados vêm mais uma vez comprovar que os parâmetros analisados, apesar de se encontrarem relacionados, o seu grau de relação é na maioria das vezes reduzido.

6 ESTUDOS DESENVOLVIDOS

Águas residuais provenientes da indústria têxtil incluem uma grande variedade de corantes e químicos adicionados, fazendo com que para o ambiente, mais que um resíduo líquido, seja reconhecido como problemático pela sua composição química (Al-Kdasi *et al.*, 2005).

Os poluentes provenientes das operações de tingimento e acabamento contribuem para aumentar no efluente final a quantidade de sólidos suspensos (SS), carência química de oxigênio (CQO), carência bioquímica de oxigênio (CBO), calor, cor, acidez, basicidade e outras substâncias solúveis (Dhas, 2008).

O presente capítulo expõe, entre os testes laboratoriais realizados, os resultados obtidos de diferentes ensaios de tratamento da água residual. Em termos operativos, a utilização de oxidante à

base de permanganato é comumente utilizada e é um processo divulgado desde longa data (Nahinsky et al., 1942).

6.1 AVALIAÇÃO DA AÇÃO DO OXIDANTE UTILIZADO NA ETARI

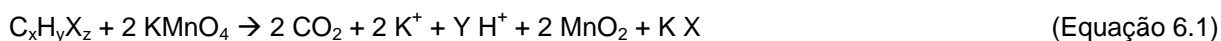
A oxidação química tem sido a metodologia aplicada na estação de tratamento da empresa. Para verificar a influência do oxidante utilizado na etapa inicial de pré-oxidação na ETARI, foram realizados testes para avaliar a sua eficácia enquanto interveniente no fenómeno de oxidação química, na remoção de cor e matéria orgânica, e as dosagens ótimas no tratamento do efluente em estudo.

Entre os vários agentes oxidantes, como peróxido de hidrogénio, ozono, cloro ou fluor, o permanganato de potássio tem um poder de oxidação relativamente forte. A tabela IV.6.1 apresenta uma lista de oxidantes químicos comuns, colocados na ordem de intensidade do oxidante.

Tabela IV.6.1. Poder de oxidação de oxidantes químicos comuns (Vance, 2002).

Poder de Oxidação Relativo	
Flúor	2,23
Radical Hidroxilo (OH)	2,06
Oxigénio Atómico	1,78
Ozono	1,5
Peróxido de Hidrogénio	1,31
Permanganato de Potássio	1,24
Dióxido de Cloro	1,15
Bromo	0,8
Iodo	0,54

A eficiência deste processo está diretamente relacionada com o pH do meio e com a temperatura e tempo de reação e fundamentalmente com o teor de matéria orgânica, podendo ser genericamente representada pela equação 6.1.

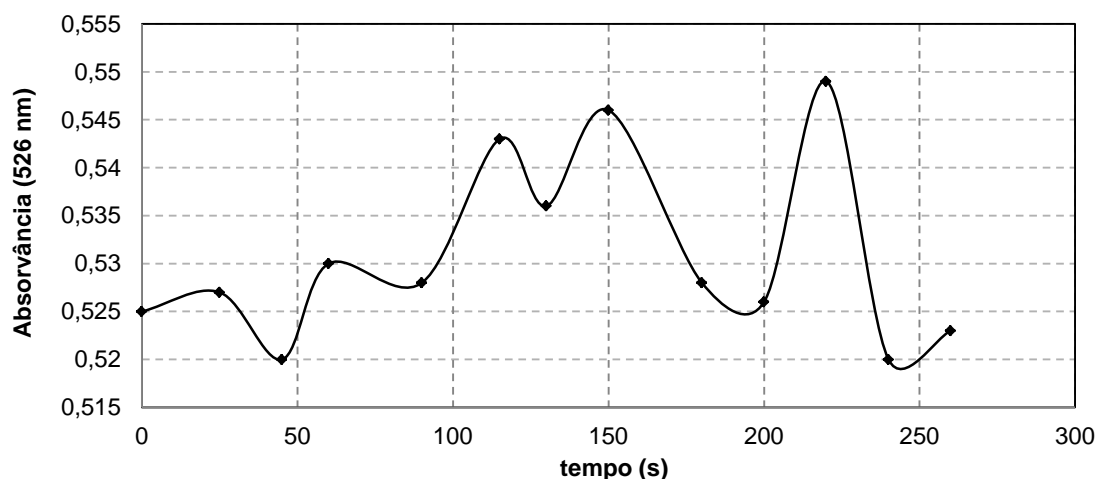


6.1.1 CINÉTICA DE OXIDAÇÃO

Uma das formas de avaliar a influência do oxidante na evolução da reação teve por base avaliar a reação, ao longo do tempo, de 10 mL de oxidante em 50 mL de amostra de efluente. A evolução da reação ao longo do tempo foi realizada a 526 nm, correspondente ao valor de máximo de absorvância da solução de permanganato. Pretendia-se com este procedimento estudar a cinética da reação. O

agente oxidante possui uma coloração rosa devido ao seu teor em permanganato de potássio. Com a reação, há consumo deste e dos agentes corados da água, esperando-se que a evolução de absorvância tivesse tido um máximo no momento de adição da solução oxidante corada e fosse diminuindo, sinal de prosseguimento da reação, até estabilizar.

A figura IV.6.1 ilustra a irregularidade da absorvância registada ao longo do tempo de contacto entre o efluente e o oxidante. A elevada variabilidade de absorvância medida pode eventualmente relacionar-se com a turvação da própria água residual, e ainda com o facto do óxido de manganês resultante da redução do permanganato ser um sólido preto, aumentando ele também as partículas em suspensão da amostra. Contudo, e desprezando a medição a 220 segundos, há um decaimento



da absorvância com o tempo.

Salienta-se a ação do oxidante não estar propriamente relacionada com a remoção de cor do efluente, mas com a remoção de matéria orgânica. De notar que a matéria orgânica que constitui a água residual não é facilmente oxidada ou removida pela solução oxidante utilizada, por ser refratária,

Figura IV.6.1. Variação da Absorvância (526 nm) após adição de oxidante à água residual industrial.

mostrando-se um período longo de reação.

6.1.2 REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

Nesta fase foi feita a avaliação do papel do oxidante, que na sua constituição possui como agentes ativos o permanganato de potássio (5%), dióxido de cloro e agente alcalinizante. O teste foi realizado com o intuito de analisar a quantidade “estequiométrica” de oxidante que seria necessário para remover a matéria orgânica oxidável presente na água residual (Figura IV.6.2) (Vance, 2002).

Estando o objetivo relacionado com a avaliação do efluente, as características obtidas com a solução anterior poderão ser equiparáveis à água residual propriamente dita (Figura IV.6.3). Utilizou-se o

oxalato de sódio como padrão de matéria orgânica uma vez que o oxalato é um excelente padrão primário utilizado na reação com permanganato. As equações 6.2 e 6.3 (EPA, 1999) traduzem as semirreações que exprimem a interação da matéria orgânica e o permanganato de potássio, onde E^0 representa o potencial normal de redução, um indicador de espontaneidade da reação.



$$E^0 = -0,43 \text{ V}$$



$$E^0 = +0,60 \text{ V}$$

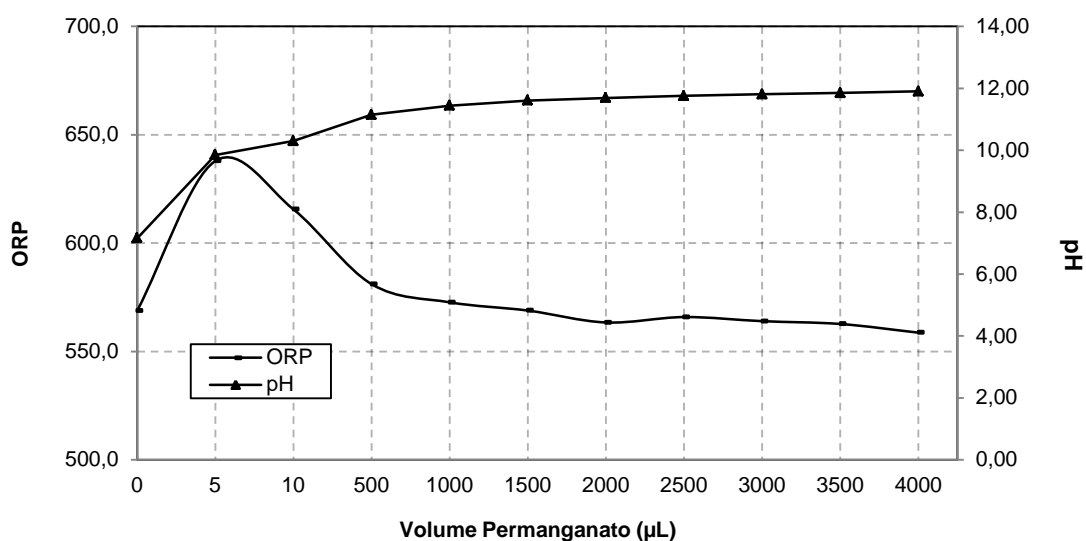


Figura IV.6.3. Variação da solução de oxalato de sódio com o oxidante.

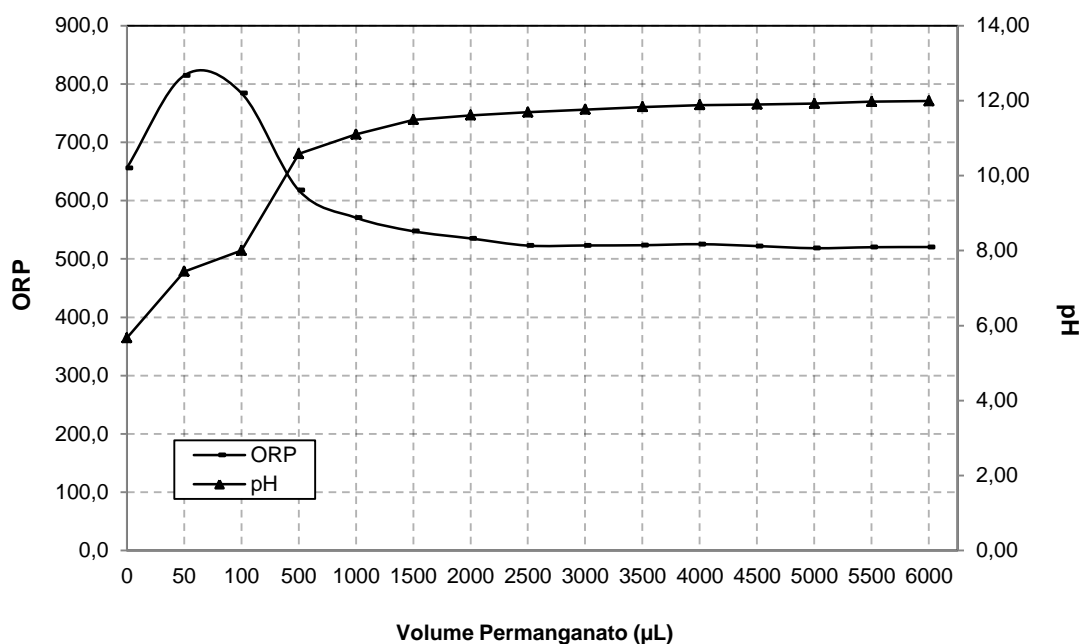


Figura IV.6.2. Variação da água residual a tratar com o oxidante.

A solução de oxalato de sódio foi preparada com a informação de que a solução oxidante contém uma quantidade de permanganato de potássio de 5%, como valor base. O valor de CQO da solução de oxalato de sódio é de 702 mg O₂.L⁻¹ e valor do efluente testado laboratorialmente é de 4780 mg O₂.L⁻¹.

De acordo com as figuras IV.6.2 e IV.6.3 verifica-se que numa fase inicial, para um volume de oxidante reduzido, o ORP apresenta uma variação visivelmente acentuada. Esta variação é interpretada pelo fenómeno de oxidação-redução, sob a existência de reações de oxidação-redução em solução, com transmissão de carga elétrica entre as espécies químicas em solução. Ambas as figuras demonstram estabilidade no valor de ORP após a adição de 1,5 mL à amostra inicial. Este volume corresponde ao volume necessário de oxidante para que a matéria orgânica em solução seja oxidada pelo oxidante utilizado.

No caso da solução de oxalato de sódio, para um CQO de 702 mg O₂.L⁻¹, foi necessário adicionar 1,5 mL a um volume de 500 mL. Ao efluente bruto de CQO 4780 mg O₂.L⁻¹, também corresponde um volume de 1,5 mL de oxidante para que seja oxidada a matéria orgânica não refratária. De salientar que em ambas as situações o pH estabiliza para um valor de 12, correspondente ao valor de pH da solução oxidante.

Este estudo permitiria, em condições ideais, e no caso de a matéria orgânica ser facilmente oxidada nesta fase de pré-oxidação, saber a quantidade exata a adicionar de oxidante de acordo com o seu valor de CQO.

6.1.3 TEMPO DE REAÇÃO E CONTACTO DO OXIDANTE

Em termos de eficiência da oxidação, existe outro aspeto importante que é o tempo de reação ou tempo de contacto. Para comprovar a sua aplicação e verdadeira função enquanto oxidante de matéria orgânica foram realizados testes complementares ao teste desenvolvido.

De acordo com os testes realizados, verificou-se que é necessário um tempo de contacto entre o oxidante e o efluente superior a 30 segundos, para garantir a remoção da matéria orgânica. Este valor vai de encontro às condições avaliadas laboratorialmente, onde por inspeção visual se verificou que um tempo de contacto inferior a 60 segundos não apresentava qualquer alteração no efluente. Assim, considera-se indispensável a manutenção de 60 segundos para a reação, período que permite que o efluente além de mais clarificado, apresente superior quantidade de lamas depositadas.

Ainda que Siegrist *et al.* (2001) refira que muitas frações de matéria orgânica natural sejam resistentes a mineralização completa, mesmo em períodos de tempo longos e na presença de concentrações elevadas de permanganato, Urinowicz (2008), num estudo das interações do permanganato com matéria oxidante dissolvida numa solução tampão de fosfato e água desionizada (a 20°C), revela que a reação do permanganato com a matéria orgânica é praticamente instantânea.

Relativamente à quantidade “estequiométrica”, a tabela IV.6.2 mostra os parâmetros obtidos nos ensaios onde se fez variar a quantidade de oxidante adicionado.

As condições laboratoriais testadas tiveram em conta a variação da quantidade de oxidante para quantidades de 604 mg.L⁻¹ de NaOH, 1632 mg.L⁻¹ de coagulante e 1360 mg.L⁻¹ de floculante, com base nas condições existentes na ETARI.

Tabela IV.6.2. Testes de reação do oxidante.

Ensaio	Parâmetros				
	Oxi (mg.L ⁻¹)	pH	Turvação (NTU)	C (mS.cm ⁻¹)	CQO (mg O ₂ .L ⁻¹)
Ef. Bruto	-	6,1	152	0,95	2792
1	500	7,35	12,5	2,08	848
2	1250	7,46	6,26	2,46	798
3	1875	7,96	10,5	3,36	764
4	2500	8,09	45,3	3,65	612
5	5000	8,35	83,1	3,63	1236

Oxi – oxidante; C – condutividade.

O teor de oxidante estará diretamente relacionado com a carga orgânica do efluente a tratar, mas para as cargas testadas, representativas do efluente, situar-se-ão na ordem dos 1875 a 2500 mg por litro de efluente tratado, onde foram obtidos valores inferiores de CQO. Acima de 2500 mg.L⁻¹ verifica-se o aumento de CQO. Este resultado pode dever-se à inerente elevação do pH por adição de mais reagente comercial alcalino, condicionando a ação dos agentes coagulante e floculante cujo pH ótimo é da ordem de 8. Consequentemente para o *Jar-test* definiu-se como concentração inicial de oxidante 1875 mg.L⁻¹.

Extrapolando para os caudais reais, e considerando que os testes realizados correspondem a um volume de amostra de 500 mL, o valor ótimo testado anteriormente corresponderá a um caudal da bomba de oxidante de 40 L.h⁻¹, isto se considerarmos um caudal de efluente de 20 m³.h⁻¹. Este cenário altera-se se, por exemplo, o caudal de tratamento corresponder a 25 m³.h⁻¹, cujo caudal de oxidante aumentaria para 50 L.h⁻¹.

6.2 JAR-TEST

Com o intuito de determinar as condições ótimas na remoção de agentes tensoativos, CQO e turvação, são realizados os testes de jarro (*Jar-test*), de forma a verificar a dosagem mais eficaz de produtos químicos. A remoção de cor e matéria orgânica dissolvida através dos processos de coagulação e floculação é amplamente utilizada (Wang *et al.*, 2007).

Dependendo das características das águas residuais, após a otimização das condições de funcionamento do tratamento de um efluente têxtil, tais como o pH e concentrações de coagulante e

floculante, podem ser conseguidas remoções de CQO de 50% a 70%. O processo de coagulação-floculação foi concebido com o intuito de se atingir a máxima remoção de CQO e SST no tratamento de efluentes industriais. Hassan, Li e Noor (2009) referenciam o efeito da dosagem de coagulante, floculante e pH da solução serem parâmetros fundamentais para o tratamento eficaz de águas residuais industriais.

O efluente testado foi recolhido à entrada da ETARI e a premissa inicial foi proceder ao ensaio nas condições locais, simulando o tratamento físico-químico existente, estudando comparativamente às condições propostas. As propostas de melhoria prendem-se com a otimização das dosagens de reagentes e temperaturas de reação de forma a obter um efluente com menor CQO e mais clarificado.

As condições dos diferentes ensaios estão identificadas na tabela IV.6.3 e IV.6.4. Os parâmetros controlados nas amostras foram o pH, condutividade, a turvação, sólidos totais (voláteis e fixos) e a CQO. As dosagens definidas na tabela IV.6.3 são apresentadas em quantidade (de acordo com a densidade de cada reagente definida na respetiva ficha de dados de segurança) adicionada em cada “jarro” (500 mL de efluente). Na tabela IV.6.4 encontram-se os dados relativos ao efeito da temperatura, tendo como base as dosagens que resultaram no melhor processo de remoção de matéria orgânica e melhor teor de lamas.

Tabela IV.6.3. Caracterização do efluente após os ensaios Jar-test.

Ensaio	Dosagens					Parâmetros			
	Oxi (mg.L ⁻¹)	NaOH (mg.L ⁻¹)	Cg (mg.L ⁻¹)	Fl (mg.L ⁻¹)	T (°C)	pH	C (mS.cm ⁻¹)	Turvação (NTU)	Remoção CQO (%)
Ef. Bruto	-	-	-	-	-	7,3	0,49	118	-
Coagulante									
1			544			9,0	3,3	81	35,7
2	1875	604	1088	900	17	9,1	3,4	37	50,9
3			1632			7,9	3,4	24	60,1
4			2176			6,9	3,5	12	65,1
Floculante									
5				300		8,4	3,4	57	55,9
6	1875	604	1632	600	17	7,8	3,4	25	60,7
7				900		8,1	3,4	22	59,5
8				1200		8,7	3,5	29	53,3
Oxidante									
9	1250					8,6	3,5	34	55,1
10	1875	604	1632	900	17	8,7	3,3	29	54,3
11	2500					9,5	4,8	56	53,4
12	3125					9,7	3,9	71	52,5

Ef. – efluente; Oxi – oxidante; Cg – coagulante; Fl – floculante

Tabela IV.6.4. Estudo do efeito da temperatura no processo de tratamento.

Ensaio	Dosagens					Parâmetros			
	Oxi (mg.L ⁻¹)	NaOH (mg.L ⁻¹)	Cg (mg.L ⁻¹)	Fl (mg.L ⁻¹)	T (°C)	pH	C (mS.cm ⁻¹)	Turvação (NTU)	Remoção CQO (%)
Ef. Bruto	-	-	-	-	-	7,9	1,09	177	-
13 ⁽¹⁾					17	8,7	3,3	29	54,3
14					29	7,6	3,95	4,3	60,9
15	1875	604	1632	900	37	7,5	3,09	5,0	59,6
16					45	8,43	3,61	33	49,4

⁽¹⁾Valores equivalentes ao ensaio 10 (Quadro 3).

Um dos aspetos que mais condiciona a realização e análise dos ensaios é o facto de o parâmetro mais importante, a determinação da CQO, ser um método demorado e muito exigente em termos de reagentes e respetivos impactes ambientais. Como consequência, esta análise era sempre obtida *a posteriori*. Além disso, nem sempre é de fácil correlação com as características necessárias para uma eficaz operação da ETARI, nomeadamente no que diz respeito à facilidade de sedimentação dos flocos obtidos no processo. Por exemplo, verifica-se que a dosagem de coagulante correspondente ao ensaio 3, embora conduza a remoção de CQO superior relativamente ao ensaio 4 (maior concentração de coagulante), verificou-se que a formação de lamas neste último ensaio é bastante inferior, flocos de menor resistência e menor velocidade de sedimentação. O volume de floculante mais adequado corresponde a 900 mg.L⁻¹, com uma remoção de aproximadamente 60% de CQO.

Segundo Roriz, Machado e Cunha (2007), a fase de floculação tem uma eficiência de remoção de 60-70 % de CQO. Na BTP, a remoção de CQO máxima do flotador ronda os 60%, sendo a média de remoção de CQO do flotador de 40%. Por sua vez, Metcalf e Eddy (1991) revelam que podem ser conseguidas remoções de 30 a 60% de CQO com o processo de precipitação química.

Assim, com estas condicionantes, foi verificado que o *Jar-test* realizado mostra um aumento da remoção de CQO, sendo que o efluente com melhores características foi obtido com a adição de 1875 mg de oxidante, 604 mg de NaOH, 1632 mg de coagulante e 900 mg de floculante, por litro de efluente tratado.

Dependendo das características do efluente, que como já se referiu são bastante variáveis, as condições ótimas para a realização do *Jar-test* variam, assim como os produtos químicos a utilizar. Pathe *et al.* (2004), por exemplo, para um efluente têxtil de pH 9,7 e CQO de 790 mg O₂.L⁻¹, determinou que as condições de tratamento por coagulação compreendiam uma mistura de 400 mg de sulfato de alumínio e potássio, 600 mg de sulfato ferroso e 0,5 mg de um polieletrólito por litro de efluente tratado.

Relativamente à influência do pH, verifica-se que as melhores remoções conseguidas correspondem a valores de pH de aproximadamente 7 e 8, valores indicativos da gama ótima de ação do

coagulante. Esta situação ressalta a importância do controle de pH para que o processo ocorra nas melhores condições, pois verifica-se que para ensaios idênticos (ensaio 3, 7 e 10), o aumento de pH reflete-se, mais uma vez, na diminuição de remoção de CQO.

A partir da tabela IV.6.4, verifica-se que maiores eficiências de remoção de CQO são obtidas a 29 e 37°C (Figura IV.6.4), sugerindo um mecanismo endotérmico da reação de oxidação da matéria orgânica. A temperatura de 37°C é também a temperatura média do efluente descarregado da fábrica podendo ser potenciada a carga térmica do próprio processo produtivo.

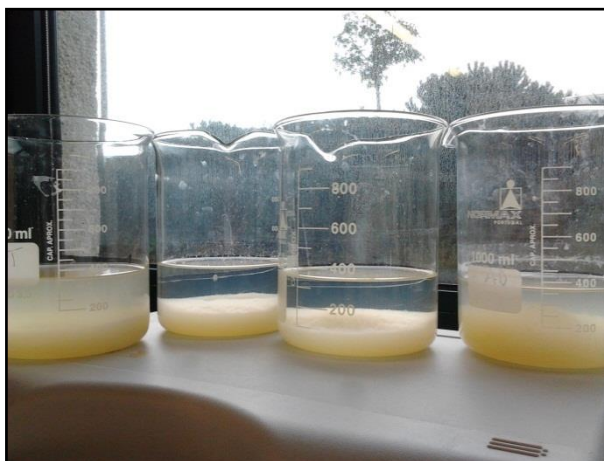


Figura IV.6.4. Resultados do ensaio de temperatura (ensaio 13 a 16, respetivamente).

Em termos de turvação, salienta-se que à mesma temperatura (37°C) se consegue uma remoção de turvação na ordem dos 70%, em analogia à remoção média de turvação registada na ETARI. Para um efluente têxtil com características de pH 5-10, 16-209 NTU e CQO de 350-1800 mg O₂.L⁻¹, Aboulhassan *et al.* (2010), com um coagulante à base de tanino, conseguiram remoções de turvação, em condições otimizadas, acima dos 90%. Em contrapartida, a remoção de CQO demonstrou-se ser ineficiente, na ordem dos 40 a 50%, relativamente abaixo das remoções conseguidas com o presente *Jar-test*, mas semelhante às remoções normalmente verificadas no tratamento existente na BTP.

Importa não só referir dados como a turvação, relacionada com os sólidos em suspensão, mas também os sólidos dissolvidos, voláteis e fixos, estes relacionáveis com a condutividade das amostras analisadas. Verifica-se o aumento de condutividade da amostra bruta para as amostras tratadas, pois a adição de, por exemplo, solução oxidante proporciona o aumento da quantidade de iões dissolvidos, fazendo com que a condutividade aumente. Esta situação é retratada também no aumento na percentagem de sólidos dissolvidos totais, fundamentalmente devido ao aumento dos sólidos fixos (SDF) (Figura IV.6.5)

Das amostras provenientes do ensaio de temperatura, foram testadas as suas características em termos de conteúdo em sólidos, tendo sido determinados os seus teores em sólidos totais e voláteis, valores apresentados na tabela IV.6.5.

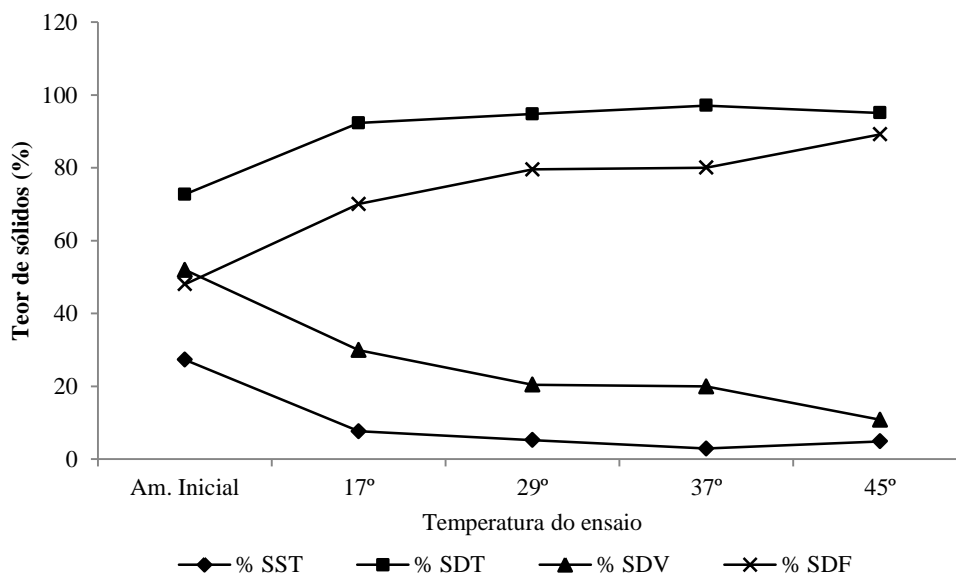


Figura IV.6.5. Teor de sólidos (%) dos ensaios realizados a diferentes temperaturas

Tabela IV.6.5. Determinação de sólidos das amostras resultantes dos ensaios de temperatura.

	SST		SDT		ST		
	SST (mg.L ⁻¹)	SDT (mg.L ⁻¹)	SV (mg.L ⁻¹)	SFT (mg.L ⁻¹)	ST (mg.L ⁻¹)	SV (mg.L ⁻¹)	SFT (mg.L ⁻¹)
Amostra Inicial	240	916	476	440	1260	692	568
Varição da Temperatura							
17°	532	2072	620	1452	2244	544	1700
29°	620	1880	384	1496	1984	368	1616
37°	172	2004	400	1604	2064	360	1704
45°	68	2328	252	2076	2448	508	1940

SST – Sólidos suspensos totais; SDT – Sólidos dissolvidos totais, ST - Sólidos totais; SV – Sólidos Voláteis; SFT – Sólidos Fixos Totais.

Na tabela IV.6.6 constam os valores da determinação de sólidos de amostras recolhidas diretamente na ETARI, em diferentes órgãos de tratamento.

Tabela IV.6.6. Sólidos determinados em amostras recolhidas diretamente na ETARI

Amostra	SST		ST		SDT	
	SST (mg.L ⁻¹)	ST (mg.L ⁻¹)	STV (mg.L ⁻¹)	SDT (mg.L ⁻¹)	SDV (mg.L ⁻¹)	
1	58	938	730	830	710	
2	35	1075	558	973	493	
3	15	1128	613	978	485	

SST – Sólidos suspensos totais; SDT – Sólidos dissolvidos totais, ST - Sólidos totais; SV – Sólidos Voláteis.

1 – Saída do Tanque de homogeneização; 2 – DAF; 3 – Tanque de saída.

O aumento de remoção de matéria orgânica com o aumento da temperatura é mais uma vez comprovado ao comparar os valores obtidos dos sólidos voláteis quantificados no efluente que atualmente sai do flotor (Tabela IV.6.6), que representam cerca de 51,9% dos sólidos dissolvidos, com os determinados num efluente após o tratamento do ensaio 15 da tabela IV.6.4 (19,9% dos sólidos dissolvidos).

Podem ser conseguidas remoções de 80 a 90% de SST com o processo de precipitação química (Metcalf e Eddy, 1991) e 30 a 40% com um filtro de areia na etapa de tratamento terciário (Roriz, Machado e Cunha, 2007). De acordo com a tabela IV.6.6, a remoção de SST do efluente após a fase de coagulação-floculação equivale a 40%, bastante inferior à apresentada na literatura. Já a remoção de SST, por exemplo, desde o flotor para a saída, constituída por filtros de areia e carvão ativado, equivale a cerca de 57%.

6.3 CALIBRAÇÃO DAS BOMBAS DOSEADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS

As bombas de doseamento dos reagentes utilizados no tratamento da água residual têm características semelhantes. Ainda assim, os caudais que debitam são diferentes para percentagens iguais, quando comparados os diferentes químicos.

A calibração dos equipamentos torna-se vantajosa na medida em que os caudais reais dos equipamentos podem diferir dos caudais teoricamente determinados. As propriedades dos produtos químicos, como a densidade, podem influenciar o funcionamento dos equipamentos, fazendo com que o mesmo equipamento opere de forma distinta para diferentes soluções, como vimos anteriormente.

Nas figuras seguintes apresentam-se as curvas de caudal previsto para as condições de operação da bomba ($Q_{\text{teórico}}$), comparativamente ao caudal que estas realmente debitam (Q_{real}).

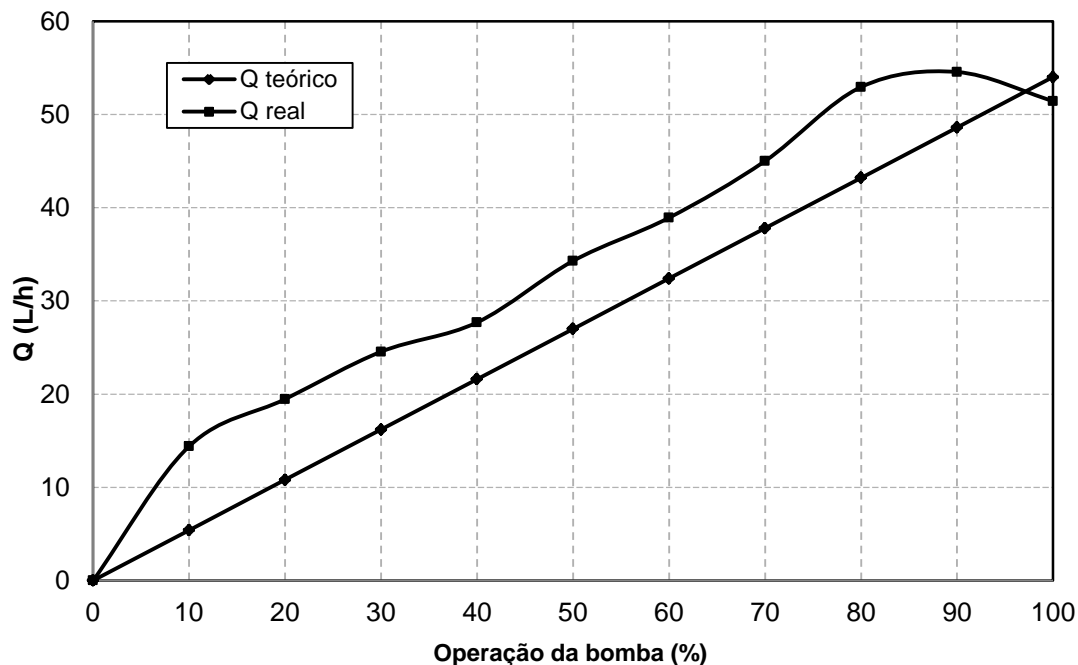


Figura IV.6.6. Gráfico representativo da calibração da bomba de dosagem de oxidante.

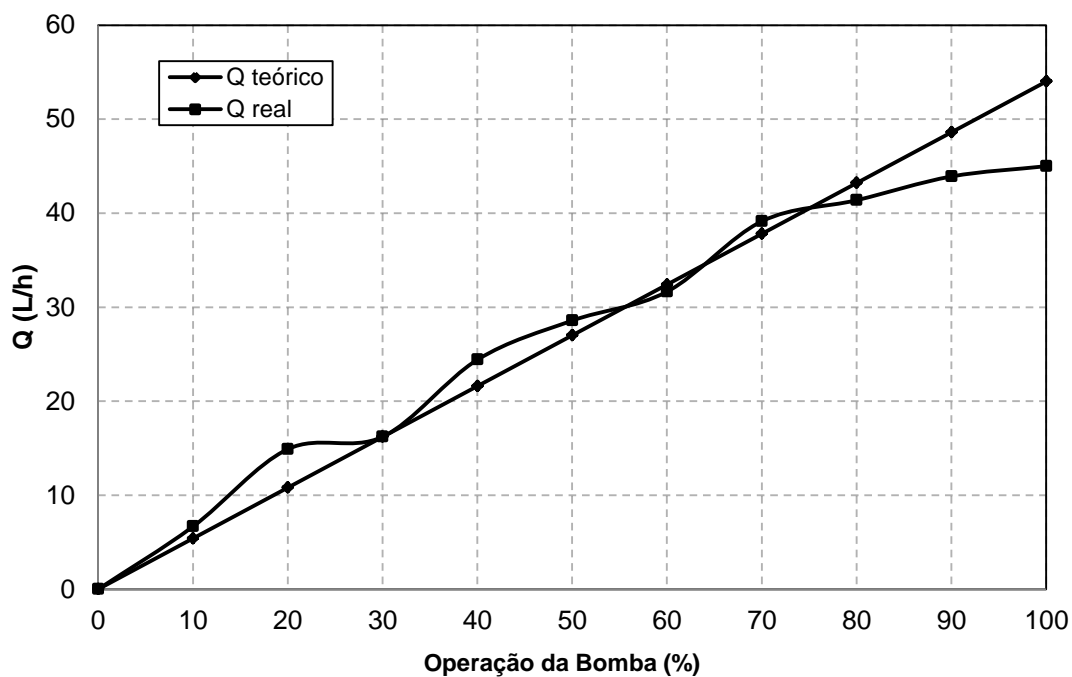


Figura IV.6.7. Gráfico representativo da calibração da bomba de dosagem de Coagulante.

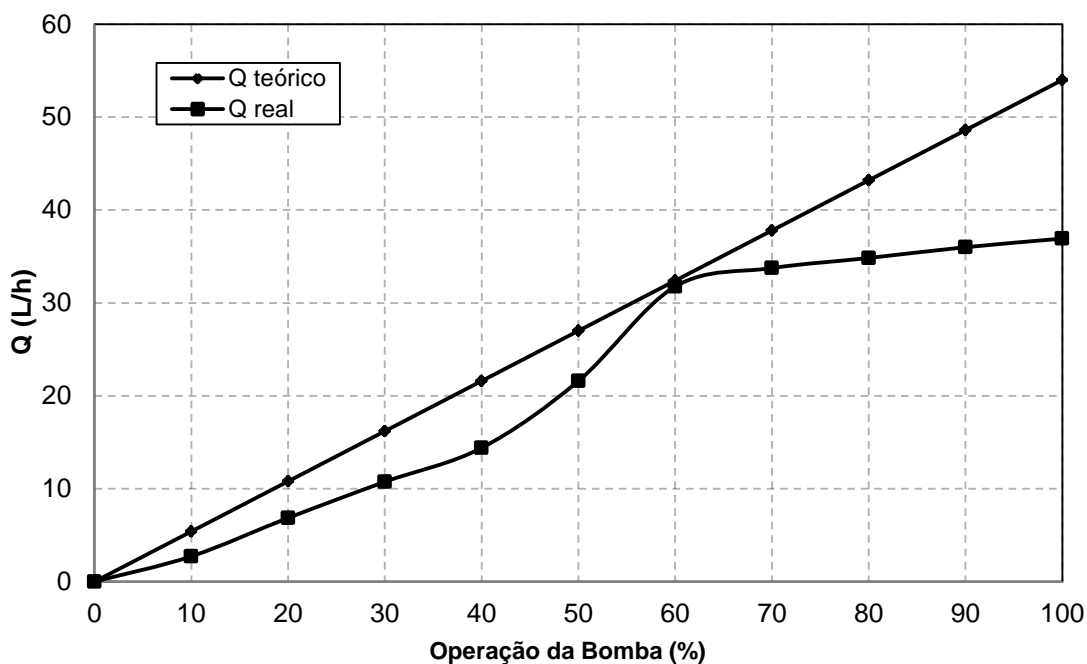


Figura IV.6.8. Gráfico representativo da calibração da bomba de dosagem de NaOH.

As figuras apresentadas mostram a variabilidade do funcionamento das bombas. No caso da soda cáustica, o Q_{real} é inferior ao que teoricamente deveria ocorrer podendo ser justificado, por exemplo, pela sua densidade, facilmente identificada na sua manipulação. Mas mais importante, é notar que há um afastamento entre o caudal debitado relativamente ao esperado.

De forma a tornar o tratamento da água residual mais facilitado na ETARI, após a calibração dos equipamentos é possível efetuar a regulação do doseamento dos reagentes de acordo com os caudais efetivamente pretendidos. Com base nos ensaios *Jar-test* realizados à escala laboratorial, é necessário transpor os resultados para a operação da ETARI.

Tendo em conta que as quantidades de produtos químicos ideais para tratamento do efluente estudado correspondem a 1875 mg de oxidante, 604 mg de NaOH, 1632 mg de coagulante e 900 mg de floculante, por litro de efluente tratado, isto corresponderá a valores de 45, 40 e 25% nas bombas de oxidante, coagulante e corretor de pH, respetivamente. Estes valores têm por base um caudal de efluente de $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. O caudal de oxidante determinado laboratorialmente, $33 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$, é superior ao caudal médio debitado no tratamento ($15 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$). O caudal de NaOH debitado, por sua vez, é superior ao determinado laboratorialmente, tendo em conta que com o acréscimo de oxidante aumenta o pH.

7 OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS DA ETARI E OUTRAS ALTERNATIVAS

Finda a análise dos resultados obtidos laboratorialmente torna-se nesta fase relevante aproveitar as observações realizadas, e com base nos estudos já publicados nesta área, expor algumas ações corretivas. Estas ações podem ter em vista não só possíveis alternativas de funcionamento dos órgãos já existentes na ETARI, como também a possível alteração das respetivas instalações em prol da obtenção de um efluente de melhor qualidade.

Como já foi referido, o tratamento de um efluente têxtil é bastante difícil. Os corantes presentes no efluente e demais componentes químicos podem variar diariamente e ao longo do dia. A dificuldade de tratamento destas descargas está relacionada com a temperatura elevada que as caracteriza, a quantidade de sólidos em suspensão, elevada carência química de oxigénio e pH variável.

Por todas as dificuldades relacionadas com o tratamento destes efluentes, os custos associados à obtenção de um efluente aceitável são elevados, existindo a necessidade de evoluir em termos de prevenção da poluição, de processo de tratamento e implementação de opções viáveis e económicas (Dhas, 2008).

7.1 O EFLUENTE NA ORIGEM: TINTURARIA E ACABAMENTO

O tingimento acaba por ser o ponto-chave na fabricação de têxteis em relação ao tratamento adequado para os efluentes produzidos. Normalmente a cor que caracteriza um efluente proveniente de um processo de tingimento torna-o visivelmente poluído, pois diminui a transparência da água (Rosli, 2006). Ainda assim, e como já vimos nos resultados obtidos, a cor não é o grande problema dos efluentes provenientes da BTP.

As águas residuais industriais têxteis apresentam uma complexidade adicional ao conter quantidades desconhecidas e variedades de muitos tipos de corantes, assim como razões CBO/CQO reduzidas, podendo afetar a eficiência da descoloração por processos biológicos (Rosli, 2006). Apesar das consequências que acarreta a utilização dos ditos corantes nos tecidos, surge a questão do objetivo do processo produtivo em causa. Os corantes têm de ser resistentes o suficiente para aderirem ao tecido, de forma a conferir a qualidade exigida pelo cliente. A qualidade do produto está diretamente relacionada com a dificuldade de tratamento destes efluentes industriais, na remoção das espécies químicas resistentes da água residual industrial.

Nas tecnologias de tingimento tradicionais, os tecidos são submetidos a diversos processos que necessitam de auxiliares têxteis, sais químicos, agentes tensioativos e agentes de redução. A

aplicação de corantes requer a adição de um redutor químico (hidrossulfito de sódio) que permita a sua solubilização nos banhos de tingimento. Estes agentes redutores, pela sua natureza química e elevada concentração, originam efluentes com significativo teor em sulfuretos (Esteves e Amorim, 2000). Embora a utilização de agentes redutores torne o processo de redução rápido e direto, são produzidos e desperdiçados efluentes com elevados valores de CQO.

De acordo com o princípio de prevenção de poluição verificou-se um surgimento de novos corantes e redutores químicos alternativos aos produtos anteriores, como a glucose, hidroxiacetona, entre outros (Esteves e Amorim, 2000). Estes autores testaram a substituição de corantes tradicionais por corantes pré-reduzidos. A redução química do corante aplicada no tingimento tradicional foi substituída por uma redução eletroquímica indireta, baseando o processo no comportamento reversível de um par redox, mediador na redução do corante. Utilizaram um sistema mediador formado pelo complexo de Fe III/Trietanolamina (Fe III/TEA), em meio alcalino (NaOH). Deste estudo resultou que, além de menos poluente, o processo de redução eletrolítica de corantes ecológicos (produtos auxiliares biodegradáveis) pode constituir uma alternativa ao processo químico e proporcionar resultados finais equivalentes, evitando a acumulação de produtos não recuperáveis nos efluentes.

Em 2009, a *Hong Kong Productivity Council (HKPC)* organizou um seminário para a promoção de novas tecnologias na tinturaria/acabamento têxtil, de baixo custo energético e reduzida produção de resíduos. A aplicação de redução eletroquímica direta, além da ausência de agentes redutores, reduz consideravelmente o valor de CQO das águas residuais, diminuindo os custos de tratamento destes efluentes. Apesar da eficiência acrescida, as substâncias químicas variam em termos de estabilidade e poder de oxidação-redução, limitando a redução direta e efetiva de diferentes corantes por elétrodos. Assim, a aplicação de redução eletroquímica direta é bastante limitada. A redução eletroquímica indireta, mais uma vez, surge como uma alternativa aplicável a diferentes tipos de corantes, pela utilização de agentes de oxidação-redução mais fortes (Mo e Lin, 2009).

A adoção do método de redução eletroquímica permite substituir a utilização de hidrossulfito de sódio como agente redutor no meio. O meio pode providenciar substâncias oxidantes e redutoras e pode regenerar para que seja reduzida a poluição e produção de resíduos. Neste Seminário referem ainda experiências onde mostram que a redução por eletrólise pode preservar cerca de 90% do custo de produção quando comparado com a redução com hidrossulfito de sódio. A tecnologia de tingimento com fluido supercrítico é outra tecnologia recente e em desenvolvimento, em alternativa à tecnologia tradicional. Nesta tecnologia, na ausência de água, apenas existe recirculação do fluido supercrítico para o tingimento, sem produção de efluentes líquidos. Como fluido supercrítico é apresentado, por exemplo, o dióxido de carbono. Além da possibilidade de ser reutilizado, o ciclo de tingimento é reduzido de várias horas para 15 a 60 minutos. Economicamente, apesar do custo do equipamento e operação ser elevado, é compensatório pelo custo reduzido da substância supercrítica. Além disso, o produto final resultante de fibras sintéticas, como é o caso da BTP, adquire elevada qualidade.

As operações de tingimento e acabamento são tais que os corantes, produtos químicos e auxiliares têxteis utilizados podem variar de dia para dia e até mesmo várias vezes durante o dia (Mo e Lin, 2009).

De acordo com as características dos tipos de tingimento existentes na BTP, subentende-se a necessidade de alternância de descargas entre tingimentos de cores escuras e cores claras. Recorda-se que o hidrossulfito de sódio, anteriormente mencionado, é utilizado como agente redutor no tingimento de cores escuras. Caso esta situação seja controlada, as características da água residual afluyente à ETARI será equitativamente distribuída ao longo do dia. Deste modo, evitam-se alterações no tratamento do efluente na ETARI e a existência de um efluente com características totalmente distintas ao longo do dia, o que dificulta o seu tratamento. A este nível, verifica-se a tentativa da BTP na execução desta situação.

O efluente resultante das lavagens realizadas na secção de tinturaria e acabamento têm baixa carga poluente. Desde modo, a sua chegada à ETARI também se torna importante, pois concretiza mais uma vez a questão acima referida.

Por outro lado, relativamente ao caudal afluyente à ETARI, ressalta-se o facto de o planeamento dos tingimentos já ser um procedimento habitual. Desta forma pretende-se com o controlo do processo evitar descargas simultâneas superiores à capacidade do tanque de homogeneização.

As dificuldades de tratamento do efluente em estudo são notórias e as alternativas às condições existentes tornam-se relevantes. Devido à falta de conhecimento que os operadores da ETARI têm dos tipos de processos realizados na secção referida, torna-se impossível prever as características da água residual afluyente à ETARI. A variação de CQO verificada ao longo da ETARI e no efluente inicial é notável. Tornar possível a previsão desta variação de descargas e respetivos momentos de descarga, possibilitaria a preparação do tratamento para a chegada dos efluentes.

7.2 PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS NA ETARI

Os agentes auxiliares no processo de coagulação beneficiam a floculação, aumentando a decantação e o endurecimento dos flocos. Os materiais mais utilizados são os polieletrólitos, a sílica ativada, agentes adsorventes de peso e oxidantes.

Wang *et al.* (2007) referem que os floclantes inorgânicos são menos eficazes na descoloração de soluções com corantes reativos do que com corantes dispersos, sendo estes os corantes utilizados na BTP. Além disso, para valores de pH distantes dos valores ótimos também diminui o seu poder floclante.

Os floclantes orgânicos têm demonstrado ser eficazes na remoção de corantes reativos e dispersos de efluentes têxteis, e as suas gamas de pH ótimo são mais amplas que as de floclantes

inorgânicos. No entanto, a utilização de floculantes orgânicos é menos rentável devido ao seu custo elevado comparativamente aos floculantes inorgânicos (Wang *et al.*, 2007).

Wong *et al.* (2007) desenvolveram um estudo com o objetivo de remover cor e CQO de um efluente têxtil contendo corantes dispersos e reativos. Para isso, testaram a interação de diferentes coagulantes com o efluente a tratar. Os produtos químicos utilizados como coagulantes foram o sulfato de alumínio [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$], policloreto de alumínio [$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$] e cloreto de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). No tratamento das amostras de água residual industrial têxtil, o policloreto de alumínio era mais eficaz que os restantes na remoção de cor e CQO, sendo o coagulante também utilizado na BTP. Com nenhum dos coagulantes conseguiram atingir 99% de eficiência de descoloração. Portanto, consideraram ainda necessário um tratamento físico ou biológico nas amostras de águas residuais industriais tratadas pelo processo de coagulação-floculação.

O alumínio é eficiente em relação à redução de cor, turvação, CQO e CBO, podendo diminuir estas concentrações até 43%. É considerado tóxico para peixes e invertebrados e, na saúde humana, o sulfato de alumínio, por exemplo, é tóxico e pode provocar doenças. Vários estudos desenvolvidos mostram um possível efeito neurotóxico, consequência da exposição prolongada ao alumínio (Piantá, 2008). Ainda que eficazes, os coagulantes à base de alumínio podem tornar-se prejudiciais para a população envolvente à área de descarga do efluente contendo alumínio na sua composição. Existem indícios de que o alumínio possa ter ligação com a doença de Alzheimer, tornando-o num problema no tratamento de águas residuais (Hassan, Li e Noor, 2009).

Em alternativa a este coagulante, Piantá (2008) testou a eficácia de coagulantes de origem vegetal, particularmente à base de tanino. A utilização de tanino além de aumentar a eficiência de redução de cor, turvação, CQO para um valor de 65%, adsorve metais como alumínio, ferro, zinco, etc., diminuindo a toxicidade do efluente.

Hassan, Li e Noor (2009) também deram especial atenção à utilização de polímeros biodegradáveis no tratamento de efluentes têxteis por coagulação-floculação, utilizando quitosano. Este polímero é um polieletrólito orgânico natural de elevado peso molecular, obtido a partir de deacetilação da quitina, sendo um coagulante eficaz, capaz de reduzir a CQO e turvação na água residual da indústria têxtil. Os ensaios foram realizados com variação da dosagem de quitosano, pH e tempo de reação. Os resultados mostraram que o quitosano realizou com sucesso a floculação das partículas aniónicas suspensas, reduzindo os níveis de CQO em 72,5% e 94,9% da turvação no efluente têxtil. As condições ótimas correspondem a $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de quitosano, pH 4 e agitação durante 1 minuto a 250 rpm, 20 minutos a 30 rpm e 30 minutos de estabilização/sedimentação. Um acréscimo de pH pode refletir-se no decréscimo de solubilidade do quitosano. Acima de pH 6 este torna-se insolúvel permanecendo na forma de partículas sólidas, e conseqüentemente perdendo a sua eficiência.

7.3 UNIDADES DE TRATAMENTO FÍSICO DO EFLUENTE

O tratamento físico está associado à ocorrência de forças físicas para o tratamento do efluente. Contrariamente ao tratamento químico, este tratamento não implica a adição de outras substâncias, pois surge da ação de forças gravitacionais ou de pressões exercidas sobre o efluente, com origem no movimento tanto do efluente na sua totalidade como apenas dos seus constituintes sólidos.

7.3.1 TAMISADOR

A tamisagem, à entrada da ETARI, tem como objetivo retirar os sólidos suspensos de dimensões iguais ou superiores a 6 mm, de forma a evitar a sedimentação ou bloqueios nas fases subsequentes de tratamento (Roriz, Machado e Cunha, 2007).

De acordo com as características conhecidas da água residual, é evidente a existência de resíduos têxteis na água residual, numa ordem de grandeza de 6 mm, tais como fios ou partes de tecido que ao fim de algum tempo saturam as redes do tamisador, facto comprovado pela saturação das redes na ETARI.

Existe, portanto, a necessidade de substituir periodicamente as redes, visto cada um dos passos de tratamento visar sobretudo reduzir a quantidade de sólidos suspensos presentes no efluente a tratar, além da redução de matéria orgânica. Esta substituição deverá ser realizada assim que se observe colmatção das redes.

7.3.2 EQUALIZAÇÃO

Segundo Roriz, Machado e Cunha (2007), o pré-tratamento, onde a eficiência é repartida pela homogeneização/equalização e o arejamento pode ser induzida uma remoção de CQO de 25-35 % de CQO e 20-30 % de SST.

No caso da BTP, em termos de CQO, por exemplo, o valor máximo de remoção de CQO conseguido do tamisador até à saída do tanque de homogeneização é de aproximadamente 20%, sendo que em algumas situações, em oposição à redução dos valores de CQO, existe um aumento deste valor. Existem situações onde, por exemplo, se verifica um aumento de CQO de aproximadamente 40%, ou até mesmo 90% desde o tamisador ao tanque de equalização. Esta situação, tendo como base o funcionamento da secção de tingimento, pode estar relacionada com o facto de no momento de recolha da amostra estar a decorrer uma descarga de tingimento - CQO mais elevado, ou uma simples lavagem, cuja constituição é maioritariamente água - CQO mais reduzido. Esta variação paramétrica à saída do processo produtivo atenua quando os efluentes se reúnem no tanque de equalização e as características se aproximam.

A fase de equalização normalmente requer uma boa mistura e arejamento. O arejamento é necessário para evitar que o efluente se torne séptico e com odor (Metcalf e Eddy, 1991).

A deposição prolongada de sólidos no tanque de homogeneização devido à falta de agitação ou arejamento insuficiente é provável. Verifica-se que o arejamento é realizado maioritariamente numa das extremidades deste tanque, o que significa que o restante efluente no interior deste tanque se mantém praticamente inalterado e sem grande agitação. Esta situação, além do aumento da deposição de sólidos e formação de lamas, aumenta os valores de CQO da água residual a tratar, devido à humificação de matéria orgânica, tornando o efluente mais difícil de tratar.

7.3.3 ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO

O tratamento físico pode ser alcançado através do processo de adsorção. Geralmente, processos que utilizam carvão ativado como adsorvente têm demonstrado um interesse acrescido no tratamento das águas residuais (Rosli, 2006).

Esta etapa tem um papel fulcral na melhoria da qualidade de uma água e o carvão ativado, além de ser o adsorvente mais utilizado, possui a capacidade de adsorver moléculas produtoras de odor e sabor ou toxicidade, reduzindo a concentração de compostos orgânicos ou inorgânicos indesejados.

A adsorção é um dos métodos mais eficientes na redução da concentração de corantes dissolvidos no efluente (Dhas, 2008). A eficiência do carvão ativado diminui com o aumento de adsorção de matéria orgânica, daí a necessidade de a sua substituição ser realizada regularmente. Na BTP, a adsorção é realizada por intermédio de filtros de carvão ativado, mas os valores de CQO à saída do flotor são persistentemente inferiores aos do tanque de saída, indiciando o aumento de CQO nos órgãos intermédios. Pelo contrário, Patel e Vashi (2010) verificaram que através da utilização de carvão ativado no tratamento de um efluente têxtil podem ser conseguidas remoções de CQO na ordem dos 80 a 90%. Perante a utilização deste adsorvente, verificaram remoções sucessivas de CQO com o aumento do tempo de contacto entre o efluente e o carvão ativado e com o aumento de temperatura de 22 a 82°C.

Outro estudo com carvão ativado granular aponta para remoções progressivas de 27, 32, 41, 45, 59 e 77% de SST e 25, 28, 33, 37, 45 e 54% de CBO, para tempos de contacto de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, respectivamente. As águas residuais a partir de tempos de reação de 20, 25 e 30 minutos ainda foram submetidas a oxidação química com hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogénio, processo pelo qual conseguiram atingir remoções de CQO superiores. Daqui se subentende a necessidade de aplicar uma fase de oxidação química posterior (Pathe *et al.*, 2004). Este assunto será abordado posteriormente.

Apesar de o carvão ativado ser o adsorvente mais utilizado, os que existem disponíveis no mercado são de custo elevado. Assim, salienta-se a oportunidade de utilização de materiais de baixo custo comercialmente disponíveis para a adsorção.

Dhas (2008) mencionou uma variedade de alternativas de baixo custo à utilização do carvão ativado, tais como subprodutos agrícolas, resíduos de palha de coco, serradura de madeira indiana, serradura de pinho, casca de arroz, casca de laranja, resíduos sólidos industriais, tais como hidróxidos de Fe (III) / Cr (III) e sílica. Rosli (2006) refere que os adsorventes comumente utilizados no tratamento de efluentes têxteis são o carvão, argila, e resina

Além das alternativas mencionadas, Dhas (2008) refere ainda ter sido relatado que a mistura de carvão ativado com calcário pode remover eficazmente CQO e cor de efluentes. Esta pesquisa foi realizada com o intuito de verificar a adequação da mistura de carvão ativado e calcário como uma alternativa mais barata de filtração capaz de remover CQO e cor de uma água residual têxtil.

Rosli (2006) relata ainda que em muitos casos, a adsorção com carvão ativado é realizada em conjunto com ozonização ou bio ozonização, a fim de melhorar o tratamento de efluentes têxteis. No entanto, existem casos em que são conseguidas remoções eficientes de CQO em efluentes têxteis, utilizando exclusivamente este adsorvente.

7.4 UNIDADES DE TRATAMENTO QUÍMICO DO EFLUENTE

O tratamento químico pode ser entendido como o processo de adição de substâncias químicas, tendo em vista ajustar as cargas químicas dos contaminantes nos efluentes.

São imensos os tratamentos existentes para o tratamento químico de um efluente. Aliada à hipótese de inovação em termos de tratamentos existente, surge a necessidade de ajustar as condições existentes para a obtenção de melhores resultados.

7.4.1 OXIDAÇÃO QUÍMICA COMO PRÉ-TRATAMENTO

As águas residuais têxteis são na sua maioria não biodegradáveis, além de constituírem um problema para o meio ambiente, torna-se necessário encontrar um método eficaz capaz de remover cor e compostos orgânicos tóxicos destes efluentes têxteis. Estes compostos não biodegradáveis, os xenobióticos, devem ser tratados por meios físicos ou químicos, incluindo a fotólise, ozonização ou os chamados processos de oxidação avançados (POAs) (Ledakowicz, Solecka e Zylla, 2001).

O processo de oxidação química demonstra grande potencial no tratamento de efluentes com compostos tóxicos não biodegradáveis. As reações químicas de oxidação permitem degradar componentes orgânicos tóxicos, diminuir a CQO e a intensidade de cor dos efluentes (Castro e Faria, 2001).

Na *Borgstena* o oxidante utilizado na ETARI é, como já foi abordado, à base de permanganato de potássio. Este é adicionado numa fase prévia de oxidação (pré-oxidação), no tanque de homogeneização. Anteriormente, a adição da solução oxidante era efetuada no tanque de mistura de 70 m³, que faz a ligação entre o tanque de homogeneização e o tanque de coagulação-floculação. Nestas condições, o tempo de reação entre o oxidante e o efluente era mais reduzido, que em resultado aos testes laboratoriais realizados, demonstrou ser bastante importante no aumento de eficiência.

Da avaliação realizada ao oxidante também se verificou que uma quantidade adicionada ao efluente superior à quantidade ótima se traduzia na não alteração do efluente. Esta situação, além dos custos despendidos na utilização incorreta da solução oxidante, traduz-se na adição de substâncias à água que permanecerão dissolvidas.

Apesar do aumento de custos relacionados com o aumento de dosagem do oxidante ao efluente têxtil, não deixa de ter uma importância inferior quando comparado à situação de, possivelmente, a água residual adquirir uma qualidade superior. Associada a esta questão, temos ainda o facto de o oxidante ser uma solução extremamente básica, o que provocaria na água residual, em termos de pH, o seu aumento. Assim, poderia ser contornada a situação do aumento de custos relacionados com o aumento do consumo de oxidante, com a possibilidade de cessar da utilização de NaOH. O aumento de pH no efluente poderia ser vantajoso na medida em que, na presença de pH mais elevado, existe maior quantidade de grupos hidroxilo disponíveis para reagir com o coagulante e formar precipitado de hidróxidos de alumínio. Estas reações farão com que o hidroxilo seja consumido e seja reduzido o pH, conseqüentemente, no final das reações.

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 (Castro e Faria, 2001). Enquanto os processos de oxidação química envolvem a adição de agentes oxidantes de modo a alterarem a composição química de alguns compostos ou um grupo de compostos, os POA envolvem a utilização de reações químicas que originam radicais hidroxilo (OH) altamente reativos, com o objetivo de oxidar os compostos químicos (Coelho, 2008). Estes têm sido estudados como uma alternativa promissora para o tratamento de substâncias tóxicas, refratárias e não-biodegradáveis (Franco, 2010).

As investigações de Ledakowicz, Solecka e Zylla (2001) centraram-se na influência de oxidantes como O₃, luz UV e H₂O₂ na biodegradação dos componentes simples em solução aquosa e no efluente têxtil. Este estudo comprovou que o decréscimo de toxicidade da água residual é mais eficaz para processos de oxidação avançados na fase de pré-tratamento – pré-oxidação. Os resultados da aplicação de 1 hora de luz UV no efluente têxtil envolvem a diminuição da ação inibitória de crescimento microbiano de 47 para 30%. A adição de 2 ml de H₂O₂ a 1 litro de solução irradiada por UV resultou numa diminuição adicional do efeito inibitório em 26%.

Devido à oxidação química e fotólise, a estrutura molecular dos poluentes é de tal forma alterada que após a degradação química, estes serão mais facilmente reconhecidos por enzimas num processo biológico. Esta mudança sugere que os efluentes tratados com pré-oxidação serão mais facilmente degradados por oxidação biológica Ledakowicz, Solecka e Zylla (2001).

7.4.2 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO

As águas residuais contêm partículas em suspensão e/ou partículas solúveis possivelmente incapazes de sedimentar graviticamente. As partículas que não sedimentam podem ser colóides, com uma estrutura muito estável e capazes de permanecer em suspensão num meio dispersivo durante muito tempo, apresentando características específicas devido às suas pequenas dimensões. Para a remoção destas partículas do meio dispersivo é necessário aumentar as suas dimensões, promovendo a formação de flocos, utilizando-se o processo de coagulação-floculação (Soares, 2009).

Foi possível verificar que em termos de eficiência de tratamento, relativamente à temperatura, o processo de coagulação-floculação se demonstrava mais eficiente para temperaturas mais elevadas. Efetivamente foi conseguida uma remoção de aproximadamente 60% de CQO a uma temperatura de 37°C, correspondente à remoção máxima conseguida para o ensaio de temperatura e coincidente com o valor de remoção máximo de CQO na ETARI da BTP. A temperatura referida de 37°C corresponde à temperatura da água residual à saída do tanque de homogeneização.

Estudos referidos por Al-Kdasi *et al.* (2005) também revelam que a remoção de cor de efluentes depende do CQO inicial da água residual industrial e que com o aumento de temperatura a partir de 25°C a 50°C, são conseguidas eficiências de remoção de cor (associada ao CQO constituinte) superiores.

Além disso, na medida em que o processo de coagulação-floculação na ETARI da *Borgstena* envolve a injeção de ar no flotador para a remoção das lamas flotadas, ressalta-se o facto de o aumento de temperatura no efluente não influenciar negativamente o funcionamento do processo, pois a solubilidade do oxigénio diminui com o aumento de temperatura (Metcalf e Eddy, 1991).

De facto, estando os melhores resultados obtidos relacionados com temperaturas mais elevadas, esta situação deveria ser estudada com maior detalhe, nomeadamente no que diz respeito à possibilidade de excluir o funcionamento da torre de arrefecimento. Na tentativa de avaliar a exequibilidade desta questão, e tendo em conta que a torre de arrefecimento da água residual possui dois motores de 2,2 KW, isto traduzir-se-ia numa redução de custos energéticos.

A eficiência do método de coagulação-floculação depende das características da água residual bruta, do pH e temperatura em solução, do tipo e dosagem de coagulantes, e da intensidade e duração da mistura (Wong *et al.*, 2007).

O grau de clarificação do efluente final depende da quantidade utilizada de coagulante e do cuidado com que o processo é operado. É possível obter efluentes bastante clarificados, livres da matéria orgânica em suspensão ou em estado coloidal.

Remoções de 80 a 90% de SST, de 40 a 70% de CBO_5 , de 30 a 60% de CQO e de 80 a 90% das bactérias, podem ser alcançadas por intermédio da precipitação química, seguida da remoção dos flocos. Os produtos químicos adicionados às águas residuais interagem com as substâncias que estão normalmente presentes no meio (Metcalf e Eddy, 1991).

De acordo com os resultados obtidos para o *Jar-test* realizado, para o efluente em causa, tendo em conta que o caudal médio de tratamento ronda os 22 L.h^{-1} , as quantidades a serem doseadas para o tratamento do efluente são bastante diferentes das registadas na ETARI durante o seu funcionamento. Para o oxidante, por exemplo, a quantidade adicionada corresponde a aproximadamente 30 L.h^{-1} e na avaliação do oxidante, chegou-se a um caudal de 40 L.h^{-1} para a oxidação da matéria orgânica presente em solução.

O caudal médio de oxidante registado na ETARI é inferior a 20 L.h^{-1} , tendo já sido justificada a necessidade do aumento deste produto químico. Relativamente aos restantes produtos químicos, as quantidades determinadas perante os ensaios correspondem a aproximadamente 9 L.h^{-1} para o NaOH e próximo de 25 L.h^{-1} para o coagulante e floculante. O doseamento de coagulante médio existente na ETARI, cerca de 18 L.h^{-1} , verifica-se mais uma vez inferior ao determinado laboratorialmente.

A gama de pH na qual ocorre o processo de coagulação pode ser o fator (simples) mais importante na eficiência do processo. A grande maioria dos problemas de baixa eficiência na coagulação está relacionada com níveis de pH desadequados. Sempre que possível, a coagulação deve decorrer na zona ótima de pH do agente coagulante. Quando isto não acontece, produzem-se eficiências de coagulação inferiores, resultando geralmente num desperdício de reagentes e qualidade inferior na água final. Cada sal coagulante inorgânico possui a sua gama característica de pH ótimo, e em muitas estações de tratamento é necessário efetuar previamente o ajuste do pH antes de adicionar o agente coagulação (Trindade e Manuel, 2006).

Nestes casos, isto envolve a adição de cal ou soda cáustica para manter um certo valor mínimo de pH. Noutras situações pode ser necessário adicionar ácidos para baixar o pH até aos valores adequados. Em certas águas, as reações acídicas dos sais inorgânicos são suficientes para baixar o pH até aos níveis pretendidos. A sobredosagem de coagulante pode ser usada para que o processo decorra numa gama de pH ótima, uma vez que a adição da maior parte dos coagulantes faz baixar o pH da solução (Trindade e Manuel, 2006).

Visto as condições da água residual serem bastante variáveis, é compreensível e certo que a quantidade de produtos químicos também varia. Para que esta situação seja contornada e o

doseamento de produtos químicos seja o mais próximo possível das quantidades ideais para o correto tratamento do efluente, torna-se necessário realizar testes ao efluente sempre que se verifiquem variações significativas em termos de CQO e turvação, começando pelo importante ajuste de pH (situado, neste caso, entre 7 e 8). Para salvaguardar a correta manutenção dos parâmetros ideais no efluente ao longo da ETARI, foi desenvolvida uma instrução de trabalho para ser seguida pelos operadores e que se encontra em anexo (Anexo B.3).

7.4.3 PROCESSOS AVANÇADOS DE OXIDAÇÃO QUÍMICA

Os POA possuem o benefício da destruição química dos contaminantes, em vez de sofrerem somente uma mudança de fase como sucede, por exemplo, em processos de adsorção, filtração, etc. Estes processos, potenciais no tratamento de poluentes refratários ou tóxicos em águas residuais têxteis, baseiam-se na formação de radicais hidroxilo ($\cdot\text{OH}$), de potencial de oxidação bastante elevado ($E_0=2,3\text{V}$) e capazes de reagir com praticamente todas as classes de compostos orgânicos. Se a oxidação for eficiente, pode atingir-se a mineralização total dos compostos orgânicos e obter CO_2 , H_2O e iões inorgânicos (Castro e Faria, 2001).

O processo de coagulação-floculação, embora versátil na remoção de sólidos em suspensão, matéria orgânica e cor de efluentes têxteis, os processos de oxidação avançada, como a oxidação fotocatalítica, ozonização, oxidação de *Fenton* e foto-*Fenton* foram testados para descolorar, desintoxicar e aumentar a biodegradabilidade de efluentes (Meriç, Selçuk e Belgiorno, 2004).

Na secção de tingimento, dependendo dos corantes utilizados, os banhos de tingimento podem atingir valores de CQO de 1000 a 15000 mg.L^{-1} . Estes banhos de tingimento com agentes não biodegradáveis podem ser tratados por processos de oxidação avançada, nomeadamente pelo método de *Fenton*. Este método pode realizar-se num reator sob condições de 100 a 130°C e cerca de 3 bars de pressão (máximo 5 bars), com um caudal de 20 $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$. Dependendo do tempo de retenção, condições de temperatura e pressão aplicados, podem ser conseguidas remoções de 70 a 85% de CQO. Remoções na ordem dos 95% de CQO podem ser atingidas tendo em conta que, na maioria dos casos, o efluente é submetido numa fase posterior a tratamento biológico – ETAR municipal (European Commission, 2003).

Nas condições apresentadas, se considerarmos 1 m^3 de água residual de 8500 mg.L^{-1} de CQO, a dosagem típica de produtos químicos corresponderá a 13 L solução H_2O_2 (35%), 36 mL de H_2SO_4 (30%) e 120 g Fe^{2+} (European Commission, 2003).

Segundo Meriç, Selçuk e Belgiorno (2004), os processos de oxidação de *Fenton* e de O_3 possuem maior facilidade de aplicação e são mais práticos no tratamento de efluentes industriais. De forma a testar a remoção de toxicidade de um efluente têxtil, assim como a remoção cor e CQO, avaliaram a eficácia do processo de oxidação de *Fenton* e oxidação com ozono comparativamente ao processo de coagulação-floculação. A oxidação com reagente de *Fenton* foi aplicada em condições de 300

mg.L⁻¹ de FeSO₄, 800 mg.L⁻¹ de H₂O₂, a pH 2,3 e 40°C, tendo sido atingida uma remoção de CQO (59%) superior à aplicação da oxidação com O₃ (33%), aplicada numa quantidade de 1,4 g.L⁻¹ a pH 10. Comparativamente a estes métodos verificou-se que o processo de coagulação-floculação produz um volume superior de lamas contendo matéria recalcitrante (corantes, aditivos, etc.). Os autores Meriç, Selçuk e Belgiorno (2004) referem ainda a desvantagem da utilização do reagente de *Fenton* na produção de um efluente com temperatura elevadas, consequência da exigência de temperatura do processo (40°C).

Rosli (2006) também refere o ozono como sendo um poderoso agente oxidante capaz de reagir diretamente com compostos orgânicos ou através de radicais formados – radicais hidroxilo. A sua aplicação permite reduzir os níveis de CQO, cor, toxicidade, e os agentes patogénicos e para melhorar a biodegradabilidade das águas residuais e os processos de coagulação-floculação. O tratamento de ozono com 40 g O₃.m⁻³ e tempos de contacto de 15 e 30 minutos permitiu reduções de aproximadamente 68 e 40% de CQO, respectivamente.

De acordo com os ensaios efetuados com reagente de *Fenton* por Castro e Faria (2001), as condições ótimas para a remoção de cor do efluente estudado são um pH de 3, uma razão Fe:H₂O₂ de 1:5 e a dosagem de dosagem de peróxido correspondente a 0,0947 g.L⁻¹. Na gama de temperaturas estudadas, a maior remoção de cor é obtida a 30°C. Se a temperatura da mistura reacional for superior a remoção de cor será ainda mais rápida. Nestas condições, a percentagem de remoção de cor obtida, no final da reação é de aproximadamente 99%. A remoção de COT obtida, após análise do efluente resultante do tratamento nestas condições, é de 67 %, correspondendo um valor de COT de 4,7 mg C.L⁻¹. Estes autores decidiram determinar o valor de COT devido à dificuldade associada à determinação de CQO.

Por sua vez, para Oliveira e Leão (2009), os tratamentos com reagente de *Fenton* de efluentes provenientes de banhos de purga de tecido 100% poliéster apresentaram uma eficiência na remoção de CQO até 93%, quando utilizadas baixas concentrações do reagente de *Fenton* (relação CQO:H₂O₂:Fe²⁺ correspondente a 60:5:1 em massa). A eficiência de remoção de CQO por meio da utilização do reagente de *Fenton* é beneficiada para temperaturas próximas de 40 °C, com redução de eficiência acima deste valor.

Recentemente tem havido um interesse acrescido na utilização de métodos eletroquímicos no tratamento de águas residuais. Estes têm sido aplicados com sucesso na purificação de efluentes industriais têxteis assim como outros efluentes industriais. Estes trabalhos baseiam-se na utilização de uma célula eletrolítica, que consiste num cátodo e num ânodo, tendo sido a grafite, no passado, frequentemente utilizada como ânodo, que além de económica, beneficia de resultados satisfatórios. Recentemente, além da utilização de elétrodos de titânio cobertos com finas camadas de metais nobres eletrodepositados, também são utilizados como eletrocatalisadores ruténio, ródio, etc., na oxidação de poluentes nas águas residuais, tornando possível a eliminação de poluentes orgânicos dificilmente biodegradáveis, como fenóis ou surfatantes (Rosli, 2006).

7.5 TRATAMENTO BIOLÓGICO DOS EFLUENTES TÊXTEIS

As águas residuais industriais têxteis, como sabemos, possuem grande complexidade pelo seu conteúdo e variedade de corantes, assim como razões CBO/CQO reduzidas, o que pode afetar a eficiência da descoloração por processos biológicos. Ainda assim, e como já foi referido, a submissão dos efluentes têxteis a uma oxidação química poderá tornar o método mais eficiente. Os sistemas de tratamento biológico de águas residuais industriais possuem a característica de remover carga orgânica dissolvida através da utilização de microrganismos, responsáveis pela degradação da matéria orgânica. O tratamento biológico abrange o tratamento aeróbio e anaeróbio (Rosli, 2006).

Na BTP, pelos resultados apresentados, verificamos que o efluente da ETARI possui grandes quantidades de matéria orgânica, o que o torna possivelmente apto para a aplicação de um eventual tratamento biológico. Além disso, das amostras recolhidas na ETARI, verificamos que em qualquer um dos pontos a quantidade de sólidos voláteis (SV) é superior à quantidade de sólidos fixos totais (SFT), indicativo de predominância de matéria orgânica e aptidão a tratamento biológico.

Os métodos biológicos geralmente são de baixo custo e relativamente simples de aplicar. Atualmente a sua utilização destina-se a remover compostos orgânicos e cor dos efluentes têxteis. No entanto, estas águas residuais podem não ser facilmente degradadas por processos biológicos convencionais, como por exemplo o processo de lamas ativadas, pois normalmente a estrutura dos compostos de corantes comerciais apresentam elevada complexidade e muitos não são biodegradáveis, devido à sua natureza química e tamanho molecular (Dhas, 2008).

Importa salientar que os sistemas de tratamento aeróbio e anaeróbio, comparativamente aos tratamentos convencionais, possuem a particularidade de baixo custo de tratamento e produção de energia, elevada flexibilidade de aplicação em diversos tipos de efluentes e menor volume de lamas (Rosli, 2006).

O principal objetivo dos estudos desenvolvidos por Rosli (2006) centrou-se na redução do nível de CQO de efluentes têxteis utilizando três diferentes tipos de bactérias, *Acinetobacter baumannii*, *Acinetobacter calcoaceticus* genospecies 3, e *Cellulosimicrobium cellulans*, avaliando as suas características individualmente ou em conjunto.

Os resultados demonstram que, para um efluente têxtil de pH 9 e 600 mg.L⁻¹ de CQO, através da utilização das culturas de bactérias individualmente, foram conseguidas remoções de CQO de 60, 67 e 58%, ressaltando as bactérias *A. calcoaceticus* com melhores resultados de redução de CQO perante 5 dias de tratamento. As remoções de CQO anteriormente conseguidas foram ultrapassadas através da utilização de uma cultura mista das bactérias apresentadas, tendo sido atingidos valores de remoção de CQO de cerca de 60 a 90%, para 7 a 30 dias de tratamento, respetivamente.

Kapdan e Alparslan (2005) testaram um sistema de tratamento biológico anaeróbio-aeróbio para a remoção de CQO e cor de efluentes têxteis. O tratamento do efluente envolvia, sequencialmente, um reator anaeróbio em coluna e uma unidade de lamas ativadas. Os resultados indicaram remoções de cor e CQO de 85 e 90%, respetivamente, para um tempo de retenção hidráulica no reator aeróbio não superior a 48 horas, acima do qual se verificou decréscimo de remoção destes parâmetros. A razão da diminuição de desempenho dos microrganismos anaeróbios pode ser explicada pelo facto de se encontrarem expostos a aminas aromáticas tóxicas, resultado da biodegradação dos corantes, cujo efeito causado sobre a cultura corresponde à redução da sua capacidade de biodegradação. Na manutenção do tratamento foi referida a importância do tempo de retenção hidráulica de 48 horas, evitando os efeitos tóxicos nas culturas causados pelos subprodutos.

7.6 DESCARGA DO EFLUENTE DA ETARI

Atualmente, o efluente tratado resultante da ETARI da BTP é descarregado diretamente para o meio hídrico. Em termos ambientais, e dada a problemática associada às características deste efluente, estas descargas podem comprometer a qualidade das águas pluviais, pondo em risco a vida aquática e, numa escala mais alargada, a saúde da população diretamente ligada a este recurso hídrico naquela área.

Perante as inconformidades de cumprimento das normas de descarga de águas residuais, devido às características da água residual que a tornam difícil de tratar, já se encontra em desenvolvimento a possibilidade da descarga do efluente desta ETARI ser direcionada para a ETAR do município.

Ainda que o efluente proveniente da BTP seja tratado antes de afluir à ETAR municipal, é necessário que ambas as entidades se encontrem preparadas e com tomada de conhecimento de uma possível situação de emergência, em que o efluente possua uma complexidade que o torne resistente aos tratamentos disponíveis, caso as condições se verifiquem inadequadas.

Como tem vindo a ser retratado, a indústria têxtil possui um efluente com características específicas e inconstantes. A ocorrência de eventuais problemas na fábrica pode induzir eventuais efeitos sobre o processo de tratamento da ETAR e as medidas/ações a tomar para manter a boa qualidade do efluente final, devem ser do conhecimento de todos os intervenientes.

Esta situação é retratada num estudo apresentado por Boake e Orrin (1998), onde foram registadas todas as situações problemáticas ocorridas na estação de tratamento de água residual recetora das águas residuais de uma indústria têxtil. O registo de uma série de impactes negativos inclui o consumo elevado de oxigénio, a predominância de bactérias filamentosas no processo de lamas ativadas ou o risco potencial de morte da biomassa do processo de lamas ativadas, em consequência ao pH elevado do efluente à ETARI.

Segundo o estudo apresentado, o sistema do tratamento industrial, durante um longo período de tempo, sofreu diversos incidentes cujas medidas foram registadas, tendo sido possível contornar diversas situações ocorridas. Na tabela IV.7.1 encontram-se listados, de forma sucinta, os efeitos registados e respetivas ações tomadas após a ocorrência dos incidentes verificados na ETAR municipal recetora dos efluentes têxteis. Esta situação poderá ser equiparada à situação de a ETAR municipal de Nelas uma vez que vai ser recetora dos efluentes provenientes da BTP.

Tabela IV.7.1. Incidentes provenientes da indústria têxtil e respetivas ações na ETAR (Boake e Orrin, 1998).

Efeitos no Tratamento da ETAR	Ações
Descarga accidental de NaOH para a rede de esgotos	
Efluente de pH elevado provoca destruição da atividade biológica na ETAR	Aumento de arejamento na lagoa de maturação para o tratamento do efluente; Correção de pH (adição de ácido); Encerramento de caudal proveniente da indústria têxtil; Aumento de monitorização de pH;
Descarga de resíduos de pH elevado	
Redução da atividade biológica no reator biológico; Clarificados com espumas e problemas de sedimentação.	Encaminhamento dos resíduos para as lagoas de lamas para redução de pH.
Exigência de arejamento; Deposição de lamas insuficiente; Transposição do volume de lamas para a lagoa de maturação;	Aumento arejamento no reator biológico

Resumidamente, o funcionamento da indústria têxtil e descarga dos respetivos efluentes têxteis indevidamente tratados pode proporcionar, para a ETAR recetora, problemas relacionados com consumos excessivos de oxigénio, volume de lamas gerado, diminuição da capacidade das lagoas de lamas ou risco potencial de morte da biomassa que implicam a tomada de ações.

CONCLUSÃO

Após a realização do estágio torna-se pertinente salientar a aquisição de conhecimentos técnicos não só nas áreas abrangidas no presente relatório, como em diversas áreas relacionadas com a engenharia do ambiente e a gestão da organização.

Numa primeira fase de atividade na área de gestão ambiental, foi possível, além da aquisição de conhecimentos mais aprofundados acerca de alguns aspetos da NP EN ISO 14001:2004, um contacto direto com documentação afeta à sua implementação, tais como procedimentos de trabalho e instruções. Sendo a *Borgstena* uma empresa certificada segundo a NP EN ISO 14001:2004, foi de vital importância a preparação e acompanhamento das auditorias enquanto ferramenta de avaliação da eficácia do sistema implementado, permitindo verificar não conformidades existentes, com vista a uma melhoria contínua de funcionamento da organização.

A determinação dos aspetos ambientais significativos é umas das vertentes ambientais a destacar numa empresa. Para isso, além da necessidade de se conhecer pormenorizadamente todas as tarefas realizadas na empresa, torna-se importante saber identificar as que tenham impacte negativo no meio ambiente, para permitir a elaboração de planos de ação que as controlem e minimizem.

Através do preenchimento das matrizes de impacte ambiental e o cálculo da significância atribuída aos aspetos ambientais, foi possível verificar que os aspetos ambientais significativos, isto é, os que apresentam maior incidência de impacte negativo para o meio ambiente, são os resíduos (sólidos/líquidos) e a energia.

A legislação ambiental aplicável a uma organização depende das atividades por ela desenvolvidas e o impacte que essas atividades acarretam para o meio ambiente. Apesar de as medidas de minimização de impactes ambientais terem em vista atuar sob os aspetos ambientais determinados como significativos, as ações a ter em conta visam, em primeiro lugar, a prevenção da poluição. O plano de atividades contém todas as ações a implementar de carácter ambiental, tendo sido sugerida a possibilidade de estas se encontrarem atribuídas individualmente por setor, tal como a atribuição dos aspetos ambientais, facilitando a compreensão e ação direta nos aspetos ambientais significativos nos setores definidos.

Face ao objetivo principal deste caso de estudo, conclui-se que foi possível efetuar a revisão da legislação aplicável às atividades desenvolvidas pela BTP e a atualização das matrizes de impacte ambiental. A legislação está em constante atualização, promovendo a necessidade de consultar regularmente o Diário da República Eletrónico, de forma a avaliar o surgimento de nova legislação ou a atualização de requisitos legais já existentes.

Ao longo do estudo relacionado com o tratamento do efluente industrial, foi possível verificar que a preocupação e dificuldade de tratamento deste tipo de efluentes é notória e tem vindo a apresentar

uma preocupação constante. As características das emissões líquidas de uma indústria têxtil, particularmente na empresa em causa, tornam a exploração destas estações de tratamento de águas residuais industriais dificultada, com necessidade de solucionar possíveis lacunas e otimizar os processos já existentes.

A evolução nos processos de tratamento de águas residuais industriais é notória, aumentando a necessidade de as organizações acompanharem essa evolução na procura de melhores resultados no tratamento dos seus efluentes, com vista à obtenção de uma água residual com a qualidade exigida. Em consequência dessa evolução, é necessário que sejam realizados estudos e procedimentos na tentativa de melhorar o desempenho das ETARI, de forma a contornar mais facilmente a problemática relacionada com o tratamento de efluentes têxteis com características químicas bastante específicas e comprometedoras em termos de cumprimento da legislação aplicável.

Os estudos desenvolvidos na área do tratamento de águas residuais industriais permitiram obter resultados satisfatórios no que diz respeito à alteração das condições do processo existente, à escala laboratorial, em prol da obtenção de um efluente com características aceitáveis. Os resultados obtidos foram apresentados em artigo no 15.º Encontro Nacional de Saneamento Básico (ENaSB), com o tema “Reorganização para a Sustentabilidade do Sector das Águas e Resíduos”, realizado de 10 a 12 de outubro de 2012, em Évora.

Em consequência da avaliação efetuada e tendo em conta as características do efluente, foi possível verificar que o tratamento existente da água residual industrial não resolve, por si só, o problema do não cumprimento dos limites estabelecidos de descargas de águas residuais industriais.

Apesar da necessidade das etapas de tratamento para o efluente serem adequadas, importa referir que se deve atuar, *a priori*, segundo o princípio de prevenção da poluição. Nesse sentido, as ações envolvem uma fase antecedente à ETARI, mais propriamente a secção de tinturaria e acabamento, de onde provém o efluente. Para os devidos efeitos, pode dizer-se que o tingimento tradicional pode ser substituído por uma técnica menos poluente, através da utilização de produtos auxiliares biodegradáveis, ainda que a substituição dos corantes seja comprometida pela exigência em termos de qualidade do produto. Ainda nesta fase refere-se a substituição dos agentes redutores utilizados (hidrossulfito de sódio) por corantes pré-reduzidos, convertendo o tingimento tradicional numa redução eletroquímica.

Relativamente ao funcionamento da ETARI, e tendo em vista a diminuição da carga orgânica do efluente por oxidação e posterior remoção de sólidos, foram testadas condições diferentes das existentes no processo de coagulação-floculação na DAF. Nesse sentido, e no que diz respeito ao oxidante utilizado, é necessário verificar a adequabilidade do local de adição deste químico, de forma a assegurar a reação correta entre o efluente e o oxidante, assim como as quantidades a serem doseadas.

O tratamento físico-químico existente nem sempre demonstra ser o mais adequado, sendo que, pelos testes realizados, as eficiências de remoção de CQO superiores foram conseguidas a 29° e 37°C, salientando a possibilidade de testar a exclusão da etapa de arrefecimento do efluente do tratamento.

Ressalta-se a necessidade de controlo do pH, na medida em que as melhores remoções de CQO conseguidas correspondem a valores de pH de aproximadamente 7 e 8, valores indicativos da gama ótima de ação do coagulante e acima dos quais se verifica diminuição de remoção de CQO.

Para a realização do tratamento adequado, e pelos resultados avaliados laboratorialmente para o efluente testado, verifica-se a necessidade de elaborar ensaios com o efluente (*Jar-test*) de acordo com a instrução de trabalho apresentada (Anexo B.3), em conjunto com a calibração periódica das bombas de doseamento de produtos químicos, de forma a verificar as dosagens de produtos químicos adequadas ao efluente em curso.

Tendo em conta que a eficiência global da ETARI, no que diz respeito à remoção da CQO, onde se verifica que o teor de matéria orgânica é superior à obtida após a DAF, salienta-se a ineficiência dos filtros de areia e filtros de carvão ativado existentes, sendo necessário avaliar a substituição periódica dos mesmos.

A aplicação de outro tipo de processos oxidativos surge em prol da necessidade de oxidação de matéria orgânica, como a aplicação de O₃, luz UV e H₂O₂ para a biodegradação dos componentes simples, numa fase subsequente à do tratamento físico-químico. O tratamento de ozono, por exemplo, com 40 g O₃.m⁻³ e tempos de contacto de 15 e 30 minutos pode permitir reduções de aproximadamente 68 e 40% de CQO, respectivamente.

A instalação de um reator de tratamento por oxidação catalítica com reagente de Fenton envolve um investimento de aproximadamente 230000 euros, para um reator com um caudal de 4 - 5 m³.h⁻¹. Os custos de operação, incluindo o doseamento de produtos químicos, manutenção e eletricidade, envolvem 3 euros/m³ de efluente.

Em suma, e na procura de uma água residual com qualidade, em conjunto com a prevenção da poluição dos recursos hídricos envolventes à unidade industrial em causa, surge a tentativa de alteração dos processos existentes para o tratamento do efluente em estudo, em busca da maior adequabilidade de tratamento ao efluente têxtil em causa.

O estágio curricular realizado permitiu o contacto direto com um ambiente de carácter profissional, que numa vertente de aprendizagem auxilia na preparação para o futuro, salientando a sua importância enquanto enriquecedora a nível técnico, profissional, pessoal e académico.

REFERÊNCIAS

- ABOULHASSAN, M.A.; SOUABI, S.; YAACOUBI, A.; BAUDU M. - Treatment of Textile Wastewater Using a Natural Flocculant, *Environmental Technology*. 26 : 6 (2010) 705-712.
- AL-KDASI, A.; IDRIS, A.; SAED, K.; & GUAN, C. T. – Treatment of Textile Wastewater by Advanced Oxidation Processes – A Review. *Global Nest*. 6 : 3 (2005) 222-230.
- BELTRAME, L. T. C. – Caracterização de Efluente Têxtil e Proposta de Tratamento. Natal: [s.n.], 2000. 179p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.
- BOAKE, M.; ORRIN, D. – Operational Experience in Treating Textile Wastes Discharging into the Farley WWTP. Hunter Water Corporation: 61st Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference. 1998.
- CALADO, S. – Desenvolvimento do Sistema de Gestão Ambiental da Matutano. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2007. 97 p. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Biológica na Universidade Técnica de Lisboa.
- CASTRO, J. P.; FARIA, P. – Oxidação química com Reagente de Fenton. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2001. 38p. Projecto de Investigação.
- COELHO, S. F. - Estudo de potenciais efeitos na saúde pública resultantes da utilização de produtos químicos no tratamento de águas de abastecimento. Lisboa: FCT – UNL, 2008. 104 p. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária
- DALL'AGNOL, A. J. – Auditoria Ambiental: Instrumento do Princípio da Prevenção no Sistema de Gestão e Direito Ambiental. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2008. 117 p. Dissertação apresentada como requisito parcial ao Programa de Mestrado em Direito da Universidade de Caxias do Sul, para obtenção do grau de Mestre em Direito, área de Concentração em Direito Ambiental e Biodireito.
- DECRETO-LEI nº 9/2007. D. R. I Série. 12 (17-01-2007) 389-398.
- DECRETO-LEI nº 71/2008. D. R. I Série. 74 (15-04-2008) 2222-2226.
- DECRETO-LEI nº 73/2011. D. R. I Série. 116 (17-06-2011) 2222-2226.
- DECRETO-LEI nº 78/2004. D. R. I Série-A. 80 (03-04-2004) 3151-3300.
- DECRETO-LEI nº 85/2005. D. R. I Série. 82 (28-04-2005) 3214-3234.

- DECRETO-LEI nº 92/2006. D. R. I Série-A. 101 (25-05-2006) 3504-3507.
- DECRETO-LEI nº 147/2008. D. R. I Série. 145 (29-07-2008) 5027-5038.
- DECRETO-LEI nº 152/1997. D. R. I Série. 139 (19-06-1997) 2959-2966.
- DECRETO-LEI nº 153/2003. D. R. I Série-A. 158 (11-07-2003) 3957-3965.
- DECRETO-LEI nº 174/2005. D. R. I Série-A. 205 (25-10-2005) 6188.
- DECRETO-LEI nº 183/2009. D. R. I Série-A. 153 (10-08-2009) 5170-5198.
- DECRETO-LEI nº 226-A/2007. D. R. I Série. 105 (31-05-2007) 3644(25)-3644(48).
- DECRETO-LEI nº 236/1998. D. R. I Série-A. 176 (01-08-1998) 3676-3722.
- DECRETO-LEI nº 276/2009. D. R. I Série. 192176 (02-10-2009) 7154-7165.
- DECRETO-LEI nº 293/2009. D. R. I Série-A. 198 (13-10-2009) 7534-7538.
- DHAS, J. P. A. – Removal of COD and colour from textile wastewater using limestone and activated carbon. [s.n.]: University Sains Malaysia, 2008. 43 p. Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.
- DRE, Diário da República Eletrónico [Em linha]. Imprensa Nacional Casa da Moeda (INCM), cop. 2012. Disponível em WWW: <<http://www.dre.pt/>>.
- DRH, Departamento de Recursos Humanos - Manual de Acolhimento. 2009. 84 p. Acessível no Departamento de Recursos Humanos, *Borgstena* Textile Portugal, Lda., Nelas, Portugal.
- EPA, United States Environmental Protection Agency - EPA Guidance Manual: Alternative Disinfectants and Oxidants [Em linha]. United States: Environmental Protection Agency, cop. 1999. Disponível em WWW: <http://www.epa.gov/ogwdw/mdbp/pdf/alter/chapt_5.pdf>.
- ESTEVES, M. F.; AMORIM, M. T. P. – Tingimento com novos corantes sulfurosos: Contribuição para uma tecnologia mais limpa. 2000. Acessível no Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.
- EUROPEAN COMMISSION – Integrate Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry. 2003.
- FRANCO, M. S. – Estudo da otimização do processo H₂O₂/UV para o descolorimento de um efluente de indústria têxtil. São Carlos: [s.n.], 2010. 68p. Dissertação apresentada ao Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Ciências.

- HASSAN, M. A. A.; LI, T. P.; NOOR, Z. Z. – Coagulation and Flocculation Treatment of Wastewater in Textile Industry Using Chitosan. *Journal of Chemical and Natural Resources Engineering*. 4 : 1 (2009) 43-53.
- HOYLE, D. – *Automotive Quality Systems Handbook: Incorporating ISO/TS 16949:2002* [Em linha]. 2nd ed. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. Disponível em WWW:<<http://books.google.pt/books>>. ISBN 0 7506 6663 3.
- KAPDAN, I. K.; ALPARSLAN, S. - Anaerobic aerobic sequential treatment system to textile wastewater for color and COD removal. *Enzyme and Microbial Technology* 36 (2005) 273-279.
- LEDAKOWICZ, S.; SOLECKA, M.; ZYLLA, R. - Biodegradation, decolourisation and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. *Journal of biotechnology*. 89 : 2-3 (2001) 175-84.
- LOPES, I. J. M. L. – *Sistemas de Gestão Ambiental no Sector de Transporte Rodoviário de Passageiros*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011. 185 p. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Gestão e Sistemas Ambientais Universidade Nova de Lisboa.
- MERIÇ, S. M.; SELÇUK, H.; BELGIORNO, V. - ACUTE TOXICITY REMOVAL IN TEXTILE finishing wastewater by Fenton's oxidation, ozone and coagulation–flocculation processes. *Water Research*. 39 (2004) 1147–1153.
- METCALF e EDDY, *Wastewater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse*, third edition, McGraw-Hill International Edition, 1991.
- MO, S.; LIN, F. - *New Technologies in Textile Dyeing and Finishing* [Em linha]. Hong Kong: Hong Kong Productivity Council (HKPC), 2009. [Consult. 10 Ago. 2012]. Disponível em WWW: <<http://www.industryhk.org/>>.
- MORAIS, L.C.P. - *Tratamento de Efluentes Têxteis Simulados Usando Técnicas de Adsorção*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1996. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- NAHINSKY, P.; RICE, C. N.; KAMEN, M. D. – Tracer studies with radioactive carbon, the synthesis and oxidation of several three carbon acids. *J. Am. Chem. Soc.* 64 : 10 (1942) 2299-2302.
- NP EN ISO 14001. 2004, *Sistemas de gestão ambiental: Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização*. Caparica: Instituto Português da Qualidade..
- OLIVEIRA, A. L. R. F. O. - *Gestão Ambiental de Organizações*. Porto: Universidade Católica Portuguesa, 2010. 63 p. Tese de Estágio apresentada à Escola Superior de Biotecnologia da

Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

OLIVEIRA, D. M.; LEÃO, M. M. D. – Avaliação da Biodegradabilidade de Efluentes Têxteis do Beneficiamento Secundário de Malhas de Poliéster Tratados com Reagente de Fenton. *Quim. Nova*. 32 : 9 (2009) 2282-2286.

PATEL, H; VASHI R. T. – Treatment of Textile Wastewater by Adsorption and Coagulation. *E-Journal of Chemistry* [Em linha]. 7 : 4 (2010) 1468-1476. [Consult. 2 Ago. 2012]. Disponível em: <<http://www.deepdyve.com/>>. ISSN 0973-4945.

PATHE, P. P.; BISWAS, A. K.; RAO, N. N.; KAUL, S. N. - Physico-chemical Treatment of Wastewater From Clusters of Small Scale Cotton Textile Units. *Environmental Technology*. 26 : 3 (2004) 313-328.

PIANTÁ, C. A. V. - Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso de sulfato de alumínio no tratamento de água. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 78 p. Projeto de Pesquisa do Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

PINTO, A. – Sistemas de Gestão Ambiental: Guia para sua implementação. 1ª Edição. Lisboa: Edições Sílabo, Lda, 2005. ISBN 972-618-387-1.

RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS n.º 98/1997. D. R. I Série-B. 144 (25-06-1997) 3106-3108.

ROCHA, M. - Contribuição para o estudo da implementação de Sistemas de Gestão ambiental na perspetiva do desenvolvimento sustentável. Lisboa: FCT – UNL (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa), 2006. 165 p. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Sanitária.

RODRIGUES, C. S. D. - Tratamento de Efluentes Têxteis por Processos Combinados de Oxidação Química e Biológica. Porto: Universidade do Porto, 2007. 219 p. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

RORIZ, A.; MACHADO, I.; CUNHA, J. - Tratamento de Efluentes de uma Indústria do Ramo Têxtil. [s.n]: Universidade do Minho, 2007. 10 p. Relatório do Mini-Anteprojecto de Mestrado Integrado em Engenharia Biológica.

- ROSLI, N. H. B. M. – Development of Biological Treatment System for Reduction of COD from Textile Wastewater. Malaysia: Universiti Teknologi, 2006. 80 p. A project report submitted in partial fulfillment of the requirements for the award of the degree of Master of Science (Chemistry).
- SIEGRIST, R.L., URYNOWICZ, M.A., WEST, O.R., CRIMI, M.L., and LOWE, K.S. 2001. Principles and Practices of In Situ Chemical Oxidation Using Permanganate. Columbus, OH: Battelle Press.
- SILVA, Dora Maria Nunes Gonçalo Moreira da – Adopção de SGA nas Organizações Portuguesas – Motivações, Benefícios e Dificuldades. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006. 152 p. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em Engenharia do Ambiente (Ramo de Gestão e Tratamento de Resíduos Industriais).
- SOARES, T. F. L. S. – Remoção da carga orgânica afluyente à ETAR de Tolosa por coagulação-floculação química. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2009. 131 p. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia Sanitária.
- SOUSA, P. M. B. T. - Identificação de perigos, análise, avaliação e controlo de riscos na *Borgstena* Textile Portugal. 2010. 118 p. Projecto de final de curso de Técnico Superior de Higiene e Segurança no Trabalho da Pós Graduação em Sistemas Integrados de Gestão do Ambiente, Qualidade e Segurança. ADIV.
- TRINDADE, T.; MANUEL, R. – Ensaio de Tratabilidade em Águas Residuais (Tratamentos Físico-químicos: Coagulação/Floculação). Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2006. 33 p. Protocolo experimental de Laboratórios Integrados do Departamento de Engenharia Química.
- URYNOWICZ, M. A. - In Situ Chemical Oxidation with Permanganate: Assessing the Competitive Interactions Between Target and Nontarget Compounds. *Soil & Sediment Contamination*. 17 (2008) 53–62.
- WALDEMER, R.; TRATNYEK, P. P. – Kinetics of Contaminant Degradation by Permanganate. *Environment Science & Technology*. Department of Environmental and Biomolecular Systems, OGI School of Science and Engineering, Oregon Health and Science University,: American Chemical Society. 40 : 3 (2006) 1055-1061.
- WANG, Y.; GAO, B-Y.; YUE, Q-Y.; WEI, J-C.; ZHOU, W-Z.; GU, R. – Color Removal from Textile Industry Wastewater Using Composite Flocculants. *Environmental Technology*: Selper Ltd. 28 (2007) 629-637.
- WONG, P.; TENG, T. T.; NORULAINI, N. - Efficiency of the Coagulation-Flocculation Method for the Treatment of Dye Mixtures Containing Disperse and Reactive Dye. *Water Qual. Res. J. Canada: CAWQ*. 42 : 1 (2007) 54-62.

VANCE, D. B. - A Review of Chemical Oxidation Technology [Em linha]. Cop. 2002. Disponível em WWW: < <http://2the4.net/html/chemoxwp.htm>>.

VILLA, A. T. – Avaliação Ambiental de Qualidade da Água do Lago do Parque Barigüi: Potencial de Poluição Orgânica. [s.n]: Universidade Federal do Paraná. 2005. 204p. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

ANEXOS