



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
BIOLÓGICA

Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs: caso de estudo

Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Autor

Ângelo Manuel Simões de Almeida Sacras

Orientadores

Ana Carla Vicente Vieira

José Luís Ferreira Martinho

Supervisor na empresa VentilaQUA

Paulo Ventura



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Outubro de 2024

RESUMO

Actualmente, vivemos num mundo cada vez mais competitivo, que exige das pessoas e das empresas uma capacidade de superação constante. A procura de elevados níveis de qualidade leva à preocupação com factores como a redução do erro e diminuição de custos e tempos de paragem.

Neste contexto, a gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas, como as ETARs, é crucial para garantir a optimização de recursos e minimização de custos.

Assim, o principal objectivo do trabalho apresentado neste documento consistiu no desenvolvimento de documentação com impacto directo na gestão da qualidade e na manutenção dos activos físicos da estação em estudo. Através de uma análise de práticas de gestão de activos, foram identificadas as oportunidades de melhoria com potencial para influenciar positivamente a qualidade dos efluentes tratados, a eficiência dos equipamentos e a formação de recursos humanos capazes.

O resultado final consiste em documentação com diferentes propósitos. O primeiro documento é relativo a procedimentos de monitorização da ETAR, de maneira a promover a sistematização de actividades adequadas às necessidades da instalação em estudo, resultantes do conhecimento histórico. O planeamento de manutenção foi desenvolvido para concentrar toda a informação relativa à manutenção dos vários equipamentos em documentos destinados à sistematização de procedimentos. Consequentemente ao desenvolvimento do planeamento de manutenção, foram criados os documentos relativos aos procedimentos de manutenção, para a identificação do material necessário em determinadas acções de manutenção, e ao programa de manutenção.

Desta forma, é esperado que através desta documentação seja possível aumentar o ciclo de vida dos equipamentos, diminuir os recursos e acções relativos a manutenção correctiva e sistematizar, não só acções de manutenção preventiva, mas também a formação de trabalhadores responsáveis pelas infraestruturas em causa.

Palavras-chave: Gestão de Activos, Manutenção, Gestão da Qualidade, ETAR

ABSTRACT

Currently, we live in an increasingly competitive world which demands constant overcoming from individuals and companies. The pursuit of high levels of quality leads to concerns related to error decreasing, cost reduction and stoppage time minimization.

Therefore, asset management in sustainable operation of equipment and infrastructure, such as wastewater treatment plants (WWTPs), is crucial to ensure resource optimization and cost minimization.

Thus, this work's main objective was to develop documentation with a direct impact on quality management and physical assets maintenance. Through asset management practices analysis, improvement opportunities with potential to positively influence effluent treatment, equipment efficiency and capable human resources training, were identified.

The project's final goal consists of documentation with different purposes. The first document pertains to monitoring procedures for the client's WWTP, in order to promote appropriate activities systemization suited to the facility's needs, resulting from historical knowledge. Maintenance planning was developed to consolidate all information related the various equipment's maintenance in documents designed to systematize procedures. Finally, as a consequence of maintenance planning development, documents like maintenance procedures and the maintenance program were created.

This way, it is expected that through this documentation it will be possible to increase equipment's life cycle, reduce resources and actions related to corrective actions and systematize, not only preventive maintenance actions but also human resources training.

Keywords: Asset Management, Maintenance, Quality Management, WWTP

EPÍGRAFE

“And once the storm is over, you won’t remember how you made it through, how you managed to survive. You won’t even be sure, whether the storm is really over. But one thing is certain. When you come out of the storm, you won’t be the same person who walked in. That’s what this storm’s all about.”

Haruki Murakami, *Kafka on the Shore*

AGRADECIMENTOS

A realização deste projecto tornou-se possível devido a uma conjugação de vários factores que materializaram, assim, todo o esforço e trabalho investidos ao longo destes últimos anos e que, sem dúvida nenhuma, contribuíram para que eu pudesse atingir um patamar profissional e pessoal superior.

Aos Professores José Luís Martinho e à Professora Ana Vieira, pela forma como aceitaram fazer parte desta caminhada, por toda a paciência para com as minhas várias dúvidas e, acima de tudo, pela forma como me deram liberdade máxima para desenvolver o projecto à minha imagem.

Aos meus colegas da VentilAQUA, pela forma acolhedora e amigável como me receberam na empresa e por toda a ajuda que me têm dado ao longo destes 2 anos. Um agradecimento em especial ao Engenheiro Paulo Ventura e ao Engenheiro Carlos Oliveira por terem acreditado em mim e me terem dado esta oportunidade para aprender e trabalhar com eles.

Mais uma vez, um grande obrigado a todos os amigos que fiz ao longo destes anos em Coimbra, aos velhos amigos de Mortágua, aos não tão velhos amigos da Orxestra Pitagórica e da República dos Fantasmas.

Um agradecimento especial à Orxestra Pitagórica, que sem a qual a minha vida teria sido muito diferente e, certamente, muito menos rica.

À Xana, por todas as vezes que partilhei ideias que só faziam sentido na minha cabeça e por todos os fins de semana que tive de ficar em casa a trabalhar.

À minha família, que sempre me apoiou em todas as decisões que tomei até ao dia de hoje. Um agradecimento especial à minha avó por me ter ensinado muito sobre a vida, amizade e família. A saudade provocada pela ausência física das pessoas de quem gostamos não é nada comparado com os valores e o amor que ficam.

O meu sincero obrigado.

ÍNDICE

Resumo	i
Abstract.....	ii
Epígrafe.....	iii
Agradecimentos	iv
Índice.....	5
Índice de tabelas	7
Índice de figuras.....	8
Lista de Equações	10
Lista de siglas e acrónimos	11
1 Introdução	12
1.1 Âmbito e Motivação	12
1.2 Objectivos	12
1.3 Organização do Projecto.....	13
2 Revisão Bibliográfica	14
2.1 Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs).....	14
2.2 Manutenção Industrial.....	16
2.2.1 Custos da manutenção	18
2.3 Gestão de Activos	20
2.3.1 ISO 55001 – Sistemas de Gestão de Activos.....	21
2.4 ISO 9001 – Sistemas de Gestão da Qualidade	23
2.5 NP 4483:2009 – Guia de Implementação do Sistema de Gestão da Manutenção	27
3 Descrição da Empresa.....	29
3.1 Áreas de actuação.....	29
3.2 Oportunidades e Desafios.....	30
3.3 Equipamentos e Tecnologias.....	30
3.3.1 Principais sistemas e equipamentos	33
3.3.1.1 Gradagem	33
3.3.1.2 Tanques de Homogeneização.....	34
3.3.1.3 VAMEF	35

3.3.1.4	SBRs (Sequential Batch Reactor).....	36
3.3.1.5	Tanque de saída	38
3.3.1.6	Espessador/Parafuso de lammas.....	39
3.3.2	Equipamentos secundários.....	40
3.3.2.1	Sopradores/Rede difusora	40
3.3.2.2	Misturadores.....	43
3.3.2.3	Bombas	43
3.3.2.4	Depósitos de produtos químicos	44
3.3.2.5	Sondas	45
3.3.2.6	Compressor	46
3.3.2.7	Bóias de nível e níveis hidrostáticos	46
3.3.2.8	Quadro eléctrico	47
3.3.2.9	Electroválvulas.....	48
4	Trabalho Desenvolvido.....	49
4.1	Análise da Situação Actual	49
4.2	Proposta de Melhoria	50
4.2.1	Procedimentos de Monitorização da ETAR.....	50
4.2.2	Planeamento de Manutenção.....	51
4.2.3	Procedimentos de Manutenção	51
4.3	Caso Piloto.....	51
4.3.1	Procedimento de Monitorização da ETAR	52
4.3.2	Plano de Manutenção.....	55
4.3.3	Procedimentos de Manutenção	59
4.3.4	Programa de Manutenção.....	62
5	Conclusões e Perspectivas Futuras.....	65
5.1	Conclusões	65
5.2	Perspectivas Futuras	66
	Referências bibliográficas	67
	Anexos	69
	Anexo A – Documentação Descritiva de Processo e Etapas de Monitorização da ETAR.....	69
	Anexo B – Plano de Manutenção.....	77
	Anexo C – Procedimentos de Manutenção.....	91
	Anexo D – Programa de Manutenção	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Equipamentos produzidos pela Ventilaqua e a sua respectiva função ...	32
Tabela 2 - Equipamentos principais e secundários contemplados no Plano de Manutenção	57
Tabela 3 - Nomenclatura utilizada no planeamento de manutenção	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema representativo de uma ETAR e respectivo processo de tratamento de águas, adaptado de (Rout et al., 2021)	16
Figura 2 - Tipos de manutenção, adaptado de (NP 13306:2021)	17
Figura 3 - Custos da manutenção representado com a analogia do <i>iceberg</i> , adaptado de (Jorge Fernandes Correia, 2014).....	20
Figura 4 - Modelo conceptual de Gestão de Activos, adaptado de (The Institute of Asset Management, 2015).....	21
Figura 5 - Sequência lógica da implementação da ISO 55001, adaptado de (Pais et al., 2019).....	22
Figura 6 - Representação da estrutura da ISO 55001 num ciclo PDCA, adaptado de (Favarão da Silva & Martha de Souza, 2020)	23
Figura 7 - Representação esquemática dos elementos base de um processo simples, adaptado de (ISO 9001:2015)	24
Figura 8 - Ciclo PDCA para a NP EN ISO 9001:2015, adaptado de (ISO 9001:2015)	25
Figura 9 - Modelo de um sistema de manutenção orientado por processos, adaptado de (NP 15341:2009).....	28
Figura 10 - Logotipo da VentilAQUA.....	29
Figura 11 - Esquema Simplificado do Processo e respectivos equipamentos	31
Figura 12 - Tamisagem por Parafuso Compactador, vista lateral (à esquerda) e vista frontal (ao centro); Parafuso instalado no cliente (à direita)	34
Figura 13 - Tanque de Homogeneização Primária (à esquerda) e Tanque de Homogeneização Total (à direita)	35
Figura 14 - Flotador (VAMEF) e respectivos raspadores de lamas	36
Figura 15 - Etapas de tratamento biológico descontínuo sequencial. A) Etapa de enchimento; B) Etapa de arejamento; C) Etapa de sedimentação de lamas; D) Etapa de descarga de efluente tratado.....	37
Figura 16 - SBR1 (à esquerda) e SBR2 (à direita)	38
Figura 17 - Tanque de Saída da água tratada.....	38
Figura 18 - Representação esquemática de uma centrífuga decantadora	39
Figura 19 - Espessador (à esquerda) e Estação de desidratação de lamas com centrífuga e contentor de lamas desidratadas (à direita)	40
Figura 20 - Sopradores dos SBRs 1 e 2 e de reserva, vista frontal (à esquerda) e vista do fundo (à direita).....	41

*Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs:
caso de estudo*

Figura 21 - Soprador do Espessador.....	42
Figura 22 - Redes difusoras dos SBR1 e SBR2.....	42
Figura 23 - Misturadores presentes nos tanques de homogeneização	43
Figura 24 - Exemplos de bombas instaladas para a transferência de efluente entre as diferentes etapas; Bomba pneumática de lamas (à esquerda), bombas centrifugas de descarga dos SBRs (à direita) e bomba centrífuga da desidratação de lamas (ao fundo)	44
Figura 25 - Depósitos de produtos químicos para os SBRs e VAMEF	45
Figura 26 - Sonda de pH instalada no reactor do tratamento físico-químico.....	45
Figura 27 - Compressor abastecedor de todo o sistema de ar comprimido	46
Figura 28 - Bóias de nível (à esquerda) e nível hidrostático (à direita).....	47
Figura 29 - Quadro eléctrico da ETAR fechado (à esquerda) e aberto (à direita)...	47
Figura 30 - Electroválvula pequena do preparador do floculante (à esquerda) e electroválvula grande da descarga do SBR1 (à direita).....	48
Figura 31 - Excerto exemplificativo do Procedimento de Monitorização da ETAR	53
Figura 32 - Procedimento de Monitorização da ETAR, registo de acções de manutenção correctiva.....	55
Figura 33 - Excerto exemplificativo do Plano de Manutenção	58
Figura 34 - Excerto exemplificativo do Procedimento de Manutenção.....	60
Figura 35 - Procedimento de Manutenção, para o caudalímetro, representado no Plano de Manutenção pelo código 3.1.3 – acção de limpeza.....	61
Figura 36 - Procedimento de Manutenção, para os depósitos de produtos químicos, representado no Plano de Manutenção pelo código 7.1.3 – acção de verificação e limpeza.....	62
Figura 37 - Excerto exemplificativo do Programa de manutenção para o ano de 2025	63
Figura 38 - Excerto exemplificativo do Programa de manutenção para o mês de Junho de 2025	64

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Transformação de matéria orgânica biodegradável em dióxido de carbono e água.....	36
---	----

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

A	Anual
AAV	Assistência Após Venda
AMP	<i>Asset Management Plan</i>
B	Bienal
D	Diário
DAF	<i>Dissolved Air Flotation</i>
EN	<i>European Norm</i>
EPI	Equipamentos de Protecção Individual
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
F/Q	Físico-Químico
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
M	Mensal
MBBR	<i>Moving Bed Biofilm Reactor</i>
MBR	Membrane Bioreactor
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
NP	Norma Portuguesa
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
S	Semanal
SAMP	<i>Strategic Asset Management Plan</i>
SBR	<i>Sequential Batch Reactor</i>
SGA	Sistemas de Gestão Ambiental
SGQ	Sistemas de Gestão da Qualidade
SM	Semestral
SST	Sólidos Suspensos Totais
T	Trienal
TM	Trimestral
VABEC	VentilAQUA Bateria Electro Coagulação
VADOF	VentilAQUA Dissolved Ozono Flotation
VAMEC	VentilAQUA Monobloco Especial Contínuo
VAMED	VentilAQUA Monobloco Especial Descontínuo
VAMEF	VentilAQUA Monobloco Especial Flotação
WWTP	<i>Wastewater Treatment Plant</i>

1 INTRODUÇÃO

1.1 Âmbito e Motivação

No presente documento é relatado o trabalho levado a cabo pelo autor, no âmbito de um projecto realizado na empresa VentilAQUA, cuja actividade está relacionada com o tratamento de águas residuais de outras organizações, privadas ou públicas.

A necessidade que, actualmente, as empresas possuem em melhorar e otimizar a sua actividade segue no enquadramento daquilo que é a excelência empresarial e a sua capacidade de adaptação àquilo que os clientes e o próprio mercado procuram.

Desta forma, foi identificada a oportunidade de desenvolver algumas ferramentas, até agora inexistentes, que possam dar suporte a um processo de melhoria contínua e optimização relativamente às temáticas posteriormente identificadas como objecto de estudo.

O primeiro passo deve ser então a definição dos objectivos do projecto a ser desenvolvido.

1.2 Objectivos

O presente projecto tem como objectivo principal, desenvolver ferramentas para dar suporte às actividades de manutenção e ao registo das mesmas, facilitando a operacionalidade tanto da empresa que presta o serviço como da empresa que requisita os serviços prestados.

Desta forma, com base nas oportunidades de melhoria identificadas, está a criação de manuais de acompanhamento, planos e programas de manutenção. Neste relatório é apresentada a efectivação destes documentos para um cliente considerado caso piloto, de maneira a retirar conclusões e, posteriormente, realizar noutros clientes.

A primeira ferramenta remete a sua finalidade para a introdução do colaborador às instalações, e aos respectivas etapas de monitorização. O impacto desta documentação é direccionado à VentilAqua que neste caso é a empresa prestadora do serviço

Já a segunda ferramenta, tem como objectivo fornecer ao cliente um planeamento de acções de manutenção preventiva, relativo a todos os equipamentos e infraestruturas, para tratamento de águas residuais, presentes nas suas instalações para que se possa diminuir os tempos de paragem da estação e, conseqüentemente, aumentar a eficiência de todo o processo da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

1.3 Organização do Projecto

Este documento encontra-se dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta o âmbito e os objectivos do projecto desenvolvido em capítulos posteriores. O segundo capítulo é relativo à revisão bibliográfica sobre o objecto de estudo (ETAR) e os conceitos e normas utilizados no processo de desenvolvimento do projecto. No caso do terceiro capítulo, é feito um enquadramento relativamente à empresa onde o estudo foi efectuado, à sua área de actividade e aos equipamentos que esta fábrica desenvolve. O quarto capítulo destina-se à explanação do trabalho ao qual o presente projecto se propõe a efectuar, através de uma avaliação da actualidade da empresa e da respectiva proposta de melhoria. No quinto capítulo encontra-se uma explicação do estudo efectuado, complementado com a documentação produzida nos anexos A, B, C e D, bem como uma breve descrição da empresa onde se encontra a instalação desenhada pela VentilAQUA, e que no contexto deste trabalho se apresenta como caso de estudo. Em último lugar, no sexto capítulo são apresentadas algumas conclusões relativamente a todo o trabalho efectuado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como referido anteriormente, o trabalho desenvolvido tem como objectivo, o desenvolvimento de ferramentas para o suporte a actividades de manutenção. Posto isto, o presente capítulo tem a finalidade de efectuar uma introdução teórica de maneira a criar uma familiaridade com conceitos como Estação de Tratamento de Águas Residuais, Manutenção Industrial e seus custos, Gestão de Activos, Sistemas de Gestão de Qualidade, e com as normas responsáveis pela implementação e gestão de alguns destes conceitos.

A metodologia e princípios contemplados nas normas abordadas, foram o ponto de partida para o desenvolvimento das ferramentas posteriormente apresentadas. Como tal, é de extrema importância que, uma vez criada a documentação de sistematização de acções, a continuidade da aplicação do ciclo Plan-Do-Check-Act seja mantida e que várias iterações sejam realizadas para que essa mesma documentação se apresente cada vez mais adequada à realidade da sua instalação.

Desta forma, é esperado que a aplicação da documentação criada tenha um impacto directo, e positivo, no tipo de manutenção realizada e nos custos que dela advêm.

2.1 Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs)

A água é uma substância química, essencial à vida, que cobre cerca de 71% da superfície da terra e representa 65% do corpo humano. A necessidade de recursos hídricos limpos e tratados, prende-se com factores recreativos, de consumo ou simplesmente estéticos (Sonune & Ghate, 2004).

A poluição da água traduz-se numa perda de valor económico e estético, bem como numa ameaça à saúde pública e à vida que nela existe e dela depende. A poluição de rios e lençóis freáticos com contaminantes químicos é um dos maiores problemas ambientais, sendo, portanto, a poluição química estrutural da água um acontecimento bastante destrutivo.

Desta forma, e devido aos impactos das águas residuais, quer sejam elas municipais, industriais, hospitalares, domésticas ou agrícolas, é necessário efectuar o tratamento destas águas e das respectivas lamas originadas nesse processo de tratamento (Aghalari et al., 2020).

Este tratamento das águas residuais, que ocorre nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs), pode ser realizado através de um variado leque de opções, que deverá ser escolhido consoante o tipo de efluente produzido. Posto isto, os tratamentos podem ser de origem biológica, físico-química ou mista de maneira que a depuração obtida seja o mais eficaz e eficiente possível.

*Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs:
caso de estudo*

Os processos e as operações unitárias encontram-se agrupados de maneira a providenciar vários níveis de tratamento. Estes níveis de tratamento são (Metcalf & Eddy et al., 2003):

- Tratamento preliminar (Gradagem);
- Tratamento primário (Tratamento F/Q);
- Tratamento secundário (Tratamento Biológico);
- Tratamento terciário (Filtração e Desinfecção).

O tratamento preliminar consiste na remoção de materiais de maiores dimensões presentes nas águas residuais como pedaços de têxteis, paus, materiais flutuantes, areia e gorduras que podem causar problemas de manutenção ou de funcionamento das operações de tratamento, dos processos e dos respectivos sistemas auxiliares.

No tratamento primário, ocorre a remoção de uma porção de sólidos suspensos e matéria orgânica das águas residuais. Esta remoção normalmente ocorre pela adição de produtos químicos, como coagulantes e floculantes, ou através de filtração.

De seguida, existe o tratamento secundário onde ocorre a remoção de matéria orgânica biodegradável (em solução ou suspensão), dos sólidos em suspensão e de nutrientes como azoto, fósforo ou ambos (Metcalf & Eddy et al., 2003). Neste nível de tratamento, são utilizados reactores biológicos onde a matéria orgânica é consumida por microorganismos (aeróbios e/ou anaeróbios) e é, conseqüentemente, transformada em água e dióxido de carbono (digestão anaeróbia) ou é transformada em metano e dióxido de carbono (digestão anaeróbia).

Por último, existe o nível de tratamento terciário que consiste na remoção de sólidos suspensos residuais, após tratamentos anteriores, que pode ocorrer, geralmente, por filtração em meio granular ou por microfiltração. A desinfecção também é um tipo de tratamento terciário que tem como objectivo remover agentes patogénicos (Metcalf & Eddy et al., 2003).

Na Figura 1, encontra-se uma representação esquemática do percurso da água desde que é produzida pelas diversas actividades humanas, até ao momento em que é devolvida ao meio ambiente.

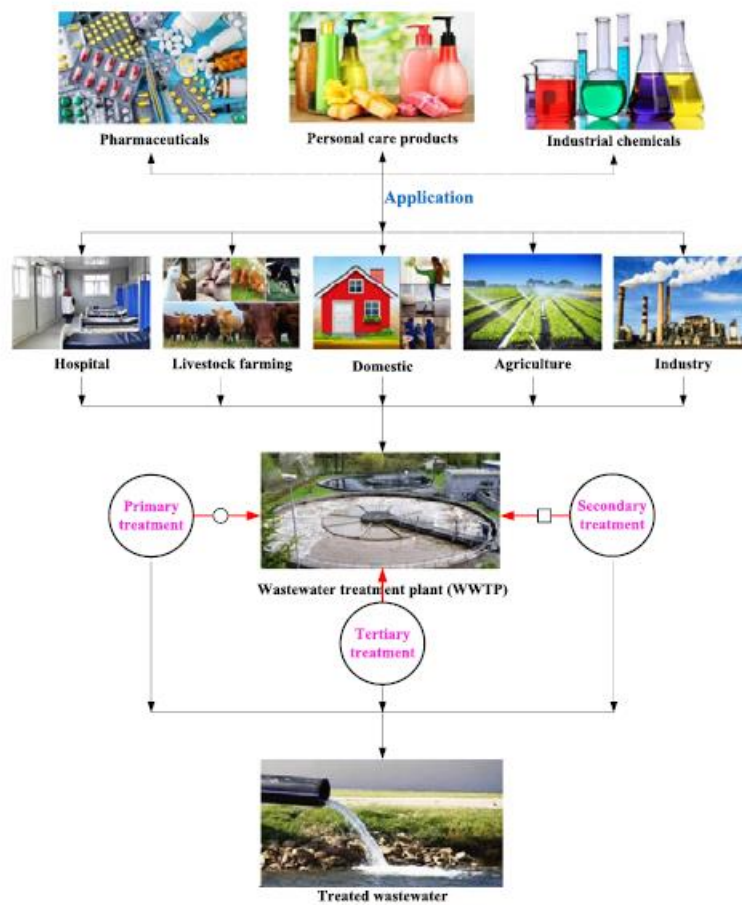


Figura 1 - Esquema representativo de uma ETAR e respectivo processo de tratamento de águas, adaptado de (Rout et al., 2021)

2.2 Manutenção Industrial

Segundo a norma EN 13306:2007 a definição de manutenção consiste na “combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida” cujos objectivos são metas fixadas e aceites para as respectivas actividades de manutenção.

As actividades relativas à manutenção têm um peso relevante nos custos de operação das empresas. Contudo, o consumo, e o custo, de serviços de manutenção encontra-se em aumento constante.

Esta procura e, conseqüente, aumento das exigências relativas à optimização de custos e disponibilidade de equipamentos leva à procura de um equilíbrio entre os constrangimentos orçamentais, promovido pela administração, e a qualidade de

Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs: caso de estudo

serviços que é esperada pelos utilizadores dos equipamentos (NP 4492:2010). (Instituto Português da Qualidade, 2010)

A reduzido acesso a informação e falta de capacidade de actuação por parte de alguns compradores de serviços de manutenção, aliada à ausência de qualidade de alguns prestadores de serviços de manutenção provoca o insucesso das intervenções/organizações e deterioram as acções de manutenção, aumento o seu risco. Desta forma, as empresas que prestam estes serviços necessitam de melhorar continuamente a sua organização, dinamizar e formar as suas equipas, de ter em conta as solicitações, carências e fragilidades dos seus clientes e, conseqüentemente melhorar o seu desempenho (NP 4492:2010). (Instituto Português da Qualidade, 2010)

A Figura 2 consiste numa representação esquemática dos diferentes tipos de manutenção.

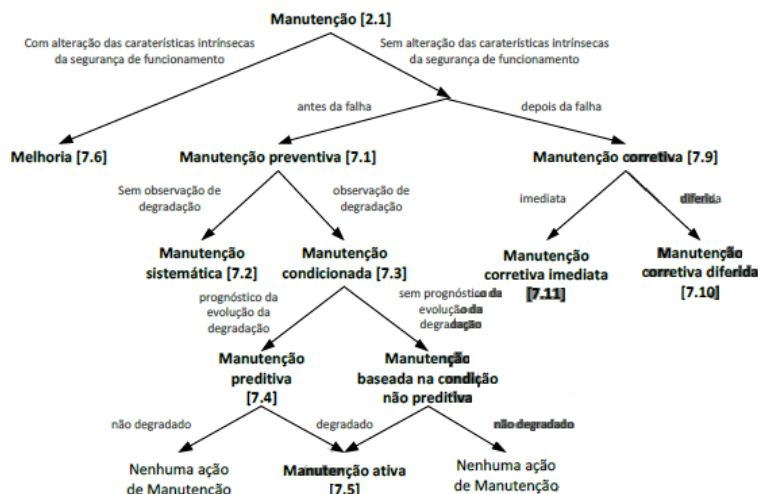


Figura 2 - Tipos de manutenção, adaptado de (NP 13306:2021)

Através da análise da Figura 2, é possível observar que o conceito de Manutenção é dividido em dois conceitos diferentes, consoante a acção de manutenção é efectuada antes (Manutenção Preventiva) ou depois da falha (Manutenção Correctiva).

A Manutenção Preventiva pode ser definida como a manutenção efectuada em intervalos de tempo pré-estabelecidos, cujo objectivo é o de reduzir a probabilidade de avaria ou de deterioração do funcionamento de determinado bem. Pode ainda dividir-se em dois tipos de manutenção diferentes (Manutenção Condicionada e Manutenção Sistemática).

A Manutenção Sistemática é efectuada em intervalos de tempo pré-estabelecidos, ou mediante um número definido de unidades de utilização, mas sem um conhecimento

ou controlo prévio do estado do activo. Já a Manutenção Condicionada, baseia-se vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos do seu funcionamento, integrando as acções daí decorrentes (NP 13306:2021).

A Manutenção Condicionada pode ainda dividir-se em Manutenção Preditiva e Manutenção baseada na condição não preditiva, que dependendo do estado do activo pode ser efectuada: Manutenção activa se este se encontrar degradado ou, por oposição, não é efectuada nenhuma acção de manutenção, caso o activo não se encontre degradado (NP 13306:2021). (Instituto Português da Qualidade, 2021)

Em contraste com a Manutenção Preventiva, a Manutenção Correctiva é um tipo de manutenção efectuada após a detecção de uma avaria, cujo objectivo é o de repor um bem num estado em que lhe seja possível realizar determinada função. A Manutenção Correctiva pode ainda ser classificada como Manutenção Correctiva Diferida, efectuada com um atraso temporal de acordo com regras de manutenção determinadas, ou Manutenção Correctiva Imediata, ou de urgência, que é efectuada imediatamente após a detecção de um estado de falha, para evitar consequências graves (NP 13306:2021).

Por último, ainda é possível medir o desempenho da manutenção sob a influência de factores económicos, técnicos e organizacionais. Utiliza-se para tal, indicadores que permitem a avaliação e consequente melhoria da eficiência e eficácia para que seja possível o alcance da excelência da manutenção dos bens imobilizados (NP 15341:2009). (Instituto Português da Qualidade, 2009b)

Cada um destes grupos de indicadores está estruturado em níveis representativos da sua estrutura arborescente (nível 1, 2 e 3). Os indicadores abaixo do nível 1 (nível 2 e 3) são descrições detalhadas de indicadores de nível mais elevado. Desta forma, o número de níveis e a sua amplitude devem ser estabelecidos para cada empresa individualmente.

É necessário ter também em conta a actuação de factores de influência externa (localização, cultura da sociedade, custo de mão de obra, situação do mercado, legislação e área de actuação da organização), bem como factores de influência interna (cultura da empresa, severidade do processo, gama do produto, dimensão da instalação, taxa de utilização, idade da instalação e criticidade) (NP 15341:2009).

2.2.1 Custos da manutenção

Todo o processo de manutenção exige o controlo de variados factores empresariais, sendo um deles os custos relacionados com o processo de planeamento e realização dos procedimentos de manutenção. Desta forma é necessário, para efeitos de gestão de rendimento empresarial, estimar os valores aproximados dos “Custos Directos”. Estes custos estão relacionados com a contabilização dos materiais utilizados, mão-de-obra e outros serviços realizados com as intervenções de manutenção.

*Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs:
caso de estudo*

Existem, também, custos associados aos processos de manutenção cuja quantificação é difícil e que são designados de “Custos Indirectos”. A difícil contabilização deste tipo de custos prende-se com um conjunto de aspectos de carácter imprevisível e incontrolável pelo responsável de manutenção.

Desta forma, os custos relativos à manutenção de bens de uma empresa, ou organização, podem ser divididos em três grupos distintos como (Jorge Fernandes Correia, 2014):

- Custos Directos – custos relativos à contabilização de mão-de-obra realizada, materiais de substituição/consumíveis que tenham sido utilizados, bem como serviços realizados, como deslocações e reparações encomendadas a empresas de *outsourcing*;
- Custos Indirectos – custos de carácter imprevisível e de contabilização difícil. Estes custos podem advir de aspectos variados, como paragens na linha de produção, quer seja por avaria ou manutenção, indemnizações relativas a acidentes de trabalho, baixo rendimento do equipamento utilizado, produto com defeito, entre outros motivos;
- Custos de Stock – custos relativos ao aluguer do espaço ocupado em armazém, à acumulação de stock no mesmo, bem como a posterior dificuldade em escoar esse mesmo stock armazenado.

Portanto, é possível efectuar a analogia, amplamente utilizada e representada na Figura 3, do *iceberg* com os custos da manutenção, onde são apresentados “Custos Visíveis”, que podem ser contabilizados e facilmente identificados, mas onde existe uma parte considerável, com impacto na gestão dos equipamentos e das organizações, que não é possível visualizar ou de fácil contabilização (“Custos Invisíveis”).



Figura 3 - Custos da manutenção representado com a analogia do *iceberg*, adaptado de (Jorge Fernandes Correia, 2014)

2.3 Gestão de Activos

Um activo é um item, coisa, ou entidade que possui valor potencial ou real para uma organização. Este valor varia mediante as diferentes organizações, e os seus accionistas, e pode ser de natureza tangível ou intangível, financeiros ou não-financeiros (ISO 55000:2014). (International Standard, 2014c)

Activos físicos, de uma forma geral, são relativos a equipamento, inventário e propriedades detidas pela empresa. Este tipo de activos são o oposto dos activos intangíveis que representam activos não-físicos como arrendamentos, marcas, activos digitais, propriedade intelectual, licenças, reputação ou acordos.

O período desde a criação de um activo até ao momento em que o mesmo é removido/abatido, é denominado como o tempo de vida do activo. O período de vida desse activo pode, ou não, coincidir com o tempo que determinada organização é responsável pela sua utilização, podendo ter um valor potencial ou real para uma ou mais organizações ao longo da sua “vida” e o seu valor para uma dada organização pode variar ao longo do tempo (ISO 55000:2014).

As organizações podem, portanto, gerir os seus activos como um grupo, em vez de individualmente, de acordo com as suas necessidades ou de maneira a obter determinados benefícios. Este agrupamento pode ser efectuado por tipos de activos, sistemas de activos ou carteiras de activos (ISO 55000:2014).

De maneira a explorar oportunidades e a reduzir os riscos, até a um nível aceitável, associados aos seus activos, accionistas, empregados responsáveis e a administração

Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs: caso de estudo

de organizações deve implementar planeamento, actividades de controlo e de monitorização. Esta gestão de activos envolve o equilíbrio entre os custos, oportunidades e riscos relativos ao desempenho dos activos, de maneira a atingir os objectivos organizacionais. Equilíbrio este, que pode ser reajustado ao longo do tempo.

Segundo o Institute of Asset Management, não existe um modelo perfeito para descrever a gestão de activos e encoraja a que as instituições explorem as vastas opções de modelos de maneira que encontrem aquele que melhor se adequa ao seu modelo de negócio (The Institute of Asset Management, 2015). A Figura 4 é uma sugestão para a representação gráfica do modelo conceptual desenvolvido pelo Institute of Asset Management.

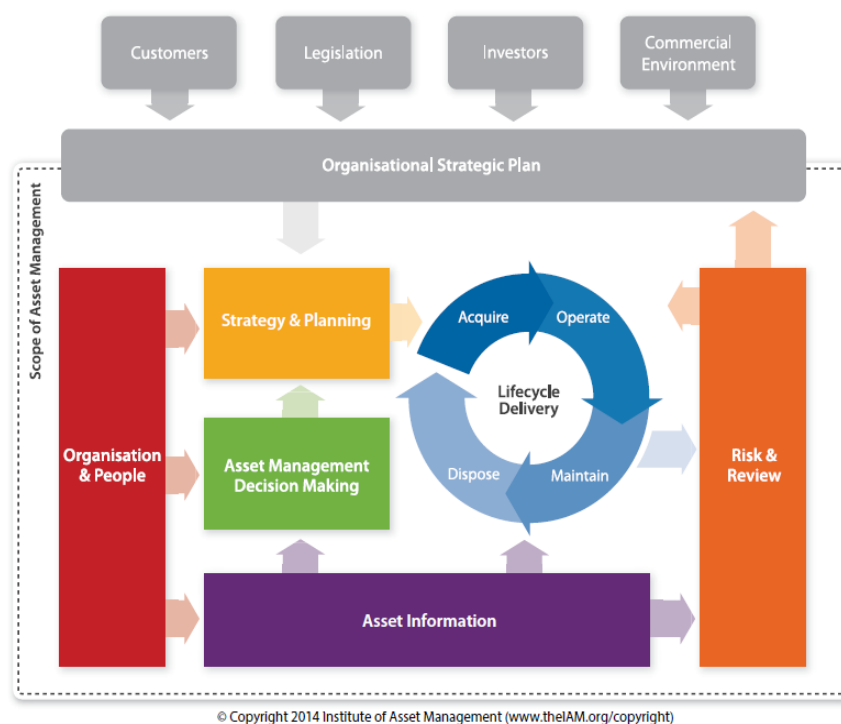


Figura 4 - Modelo conceptual de Gestão de Activos, adaptado de (The Institute of Asset Management, 2015)

Desta forma, surgiu a necessidade de ser criada uma norma para sistematizar a implementação destes sistemas/modelos de gestão de activos.

2.3.1 ISO 55001 – Sistemas de Gestão de Activos

A ISO 55001 especifica os requisitos, necessários a uma organização, para a instalação, implementação, manutenção e melhoria de sistema de gestão para a gestão de activos (ISO 55001:2014(E)).(International Standard, 2014b)

Esta norma é baseada em 4 pilares: Valor, Alinhamento, Liderança e Fiabilidade.

O activo físico existe para providenciar valor à organização e aos seus accionistas, sendo o entendimento deste “valor”, e o seu impacto, bastante importante. A clara visão dos objectivos organizacionais, relativamente a planos táticos e medidas, conferem o alinhamento da instituição com o objectivo final. A liderança e a cultura empresarial são cruciais para a implementação desejada e para a percepção de valor. E, por último, esta gestão assegura-se que os activos vão ao encontro dos objectivos necessários, obrigando a organização a avaliar o progresso e o desempenho com disciplina e objectividade, recorrendo-se a medições de desempenho, revisões periódicas e a auditorias (Pais et al., 2019).

Na Figura 5, encontra-se representada a necessidade lógica para a determinação, estabelecer, garantir e rever os procedimentos requerimentos, de maneira a cumprir com a ISO 55001.



Figura 5 - Sequência lógica da implementação da ISO 55001, adaptado de (Pais et al., 2019)

A certificação da ISO 55001, é baseada em três documentos:

- *Asset Management Policy* – APC (Política de Gestão de Activos);
- *Strategic Asset Management Plan* - SAMP (Plano Estratégico de Gestão de Activos);
- *Asset Management Plans* – AMPs (Planos de Gestão de Activos).

O *Asset Management Policy* é uma breve declaração que estabelece princípios pelos quais a entidade pretende aplicar a gestão de activos para atingir os seus objectivos organizacionais. Este documento deve ser autorizado pela direcção da organização demonstrando, assim, o seu compromisso com a gestão de activos (ISO 55002:2014(E)).(International Standard, 2014a)

Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs: caso de estudo

No caso do SAMP (*Strategic Asset Management Plan*), consiste na documentação da relação entre os objectivos organizacionais e os objectivos da gestão de activos e deve definir o enquadramento necessário para que esses objectivos sejam atingidos (ISO 55002:2014(E)).

Por último, a documentação AMP (*Asset Management Plan*) é elaborada no âmbito do SAMP, providenciando a ligação essencial entre os objectivos organizacionais e o(s) plano(s) de gestão de activos, descrevendo como esses objectivos serão atingidos.

É, portanto, possível afirmar que a base da abordagem aos sistemas de gestão de normas ISO, assenta no conceito cíclico de Planear-Fazer-Verificar-Actuar (*Plan-Do-Check-Act* (PDCA)). Assim, a estrutura da norma ISO 55001 pode ser representada de forma análoga à apresentada para os requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) na norma ISO 9001 e do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) na norma 14001 (Favarão da Silva & Martha de Souza, 2020), representado na Figura 6.

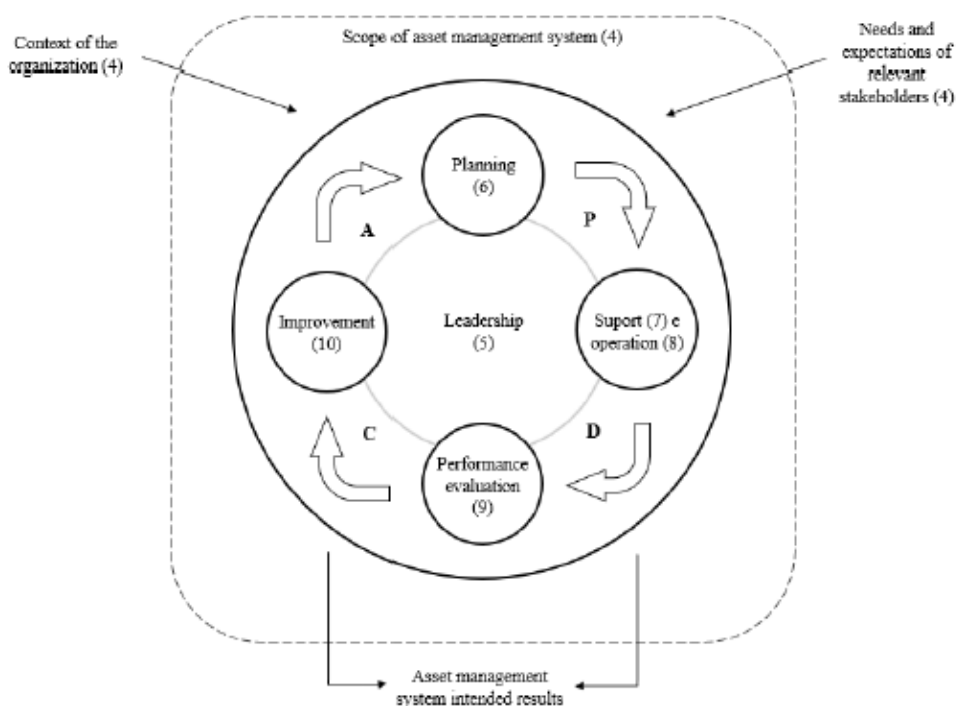


Figura 6 - Representação da estrutura da ISO 55001 num ciclo PDCA, adaptado de (Favarão da Silva & Martha de Souza, 2020)

2.4 ISO 9001 – Sistemas de Gestão da Qualidade

A adoção de um sistema de gestão de qualidade permite a uma organização a melhoria do seu desempenho global e também proporciona uma base sólida para

iniciativas de desenvolvimento sustentável. Os benefícios da sua implementação prendem-se com a facilitação de oportunidades e aumento da satisfação do cliente, tratar riscos e oportunidades associados ao seu contexto organizacional e os seus objectivos, a aptidão de fornecer de maneira consistente produtos e/ou serviços que satisfaçam os requisitos dos clientes e as suas exigências estatutárias e regulamentares e a aptidão de demonstrar a conformidade com requisitos especificados do sistema de gestão da qualidade (ISO 9001:2015).(Instituto Português da Qualidade, 2015)

Esta norma adopta a abordagem por processos, que incorpora o ciclo PDCA, anteriormente referido, e o pensamento baseado em risco. Esta abordagem permita à organização, o planeamento dos seus processos e das respectivas interacções.

O ciclo PDCA irá conferir à organização a gestão adequada dos recursos e a determinação e implementação de oportunidades de melhoria (ISO 9001:2015).

A importância atribuída pela norma aos processos encontra-se sistematizada na Figura 7, onde é representado um processo genérico com evidência sobre as interacções existentes e acabando por enaltecer a importância dos pontos de controlo.

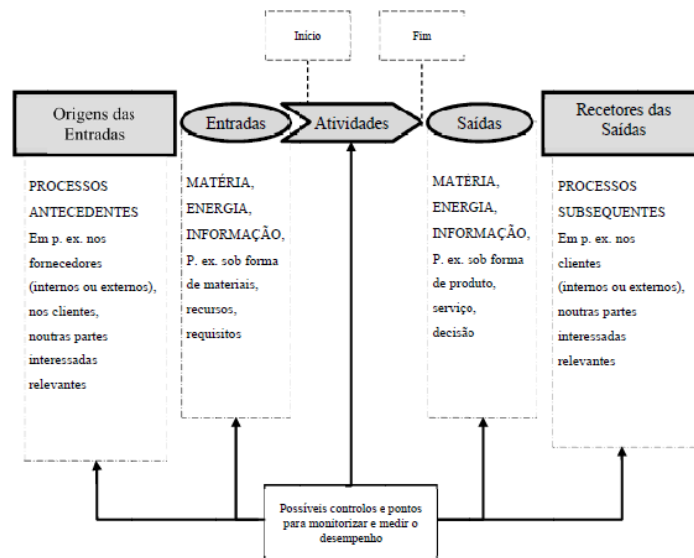


Figura 7 - Representação esquemática dos elementos base de um processo simples, adaptado de (ISO 9001:2015)

O planeamento baseado no risco, terminologia adicionada pela primeira vez na presente revisão, é visto com um pilar basilar da norma e considera que a organização tem a necessidade de identificar todos os riscos associados às suas actividades de forma que estes sejam minimizados, tornando-os em possíveis oportunidades de melhoria.

Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs: caso de estudo

Tendo este objectivo bem vincado, todos os processos do SGQ são geridos com base neste princípio, utilizando para tal o ciclo PDCA (também denominado por ciclo Demming).

A Figura 8 representa o ciclo PDCA especificamente concebido para a NP EN ISO 9001:2015.

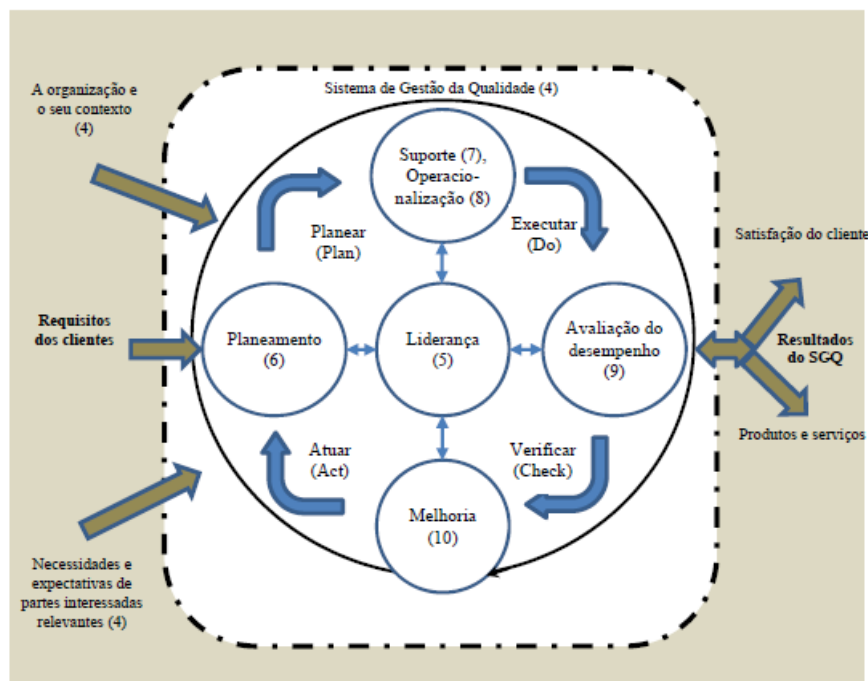


Figura 8 - Ciclo PDCA para a NP EN ISO 9001:2015, adaptado de (ISO 9001:2015)

O ciclo PDCA, já referido anteriormente, tem como “matéria-prima”, a organização e o seu contexto, os requisitos dos clientes dessa organização e as necessidades e expectativas de partes interessadas relevantes e pretende, através dos Sistemas de Gestão da Qualidade, acrescentar valor através da satisfação do cliente e a melhoria do produto e/ou serviços.

Este Sistema de Gestão da Qualidade pode ser descrito da seguinte forma:

Planear (*Plan*) → Etapa de estabelecimento dos objectivos e processos a serem empregues, de maneira a corresponderem aos requisitos dos clientes e às políticas da organização;

A etapa do “*Plan*” contempla as seguintes acções (Sokovic et al., 2010):

- Definição de conceitos objectivos de qualidade;
- Considerações estatutárias;

- Definição riscos e seguranças do produto;
- Formação para a qualidade;
- Controlo de design.

Executar (*Do*) → Implementar o previamente planeado;

As acções contempladas na etapa “*Do*” são (Sokovic et al., 2010):

- Aquisições;
- Fornecimentos *Just-in-Time*;
- Capacidade do processo;
- Fiabilidade do produto;
- Manuseamento dos materiais;
- Acções de manutenção;
- Qualidade do serviço;
- Documentação e registos;
- Controlo de alterações;
- Padrões, padronizações, conformidade e compatibilidade;

Verificar (*Check*) → Monitorização e medição dos processos e produtos e/ou serviços quando comparados com os objectivos, requisitos, actividades e políticas planeadas e reportar resultados;

Desta forma, os pontos-chave desta etapa são (Sokovic et al., 2010):

- Introdução à estatística;
- Gráficos de controlo;
- Inspeções;
- Testagem funcional;
- Equipamento de inspecção e medição;
- Metrologia;
- Auditorias e revisões de qualidade;
- Custo relativos a qualidade e segurança;
- *Benchmarking*.

Actuar (*Act*) → Empreendimento de acções que promovam a melhoria continua através de um desempenho adequado dos processos.

Relativamente à última etapa “*Act*” os pontos-chave são (Sokovic et al., 2010):

- Gestão de não-conformidades;
- Acções de melhoria;
- Certificação ISO 9001;
- Aspectos organizacionais e culturais;
- Gestão da qualidade total;
- Sistemas de gestão ambiental;
- Integração dos sistemas de gestão.

2.5 NP 4483:2009 – Guia de Implementação do Sistema de Gestão da Manutenção

Tendo em conta a competitividade dos mercados actuais, tanto na prestação de serviços ou confecção de produtos, é necessário conferir aos mesmos qualidade e robustez. Estes tópicos representam factores de diferenciação entre os vários *players* presentes no mercado.

A cadeia de valor baseia-se num conjunto de equipamentos, processos, parâmetros e controlos. A manutenção dos mesmos representa um papel essencial no sucesso de toda a actividade realizada, conferindo assim, a capacidade necessária para que estes desempenhem as suas funções ao nível que lhes é exigido (NP 15341:2009).

Desta forma, é essencial a implementação de sistemas que permitam melhorar a organização e a gestão da manutenção dos sectores e organizações que pretendam atingir certos níveis de excelência. (Instituto Português da Qualidade, 2009a)

Posto isto, a Norma NP 4483:2009 – Guia de Implementação do Sistema de Gestão tem como objectivo a assistência e o aconselhamento para a concepção de um sistema de gestão da manutenção de determinada empresa através de meios próprios e/ou subcontratados, capacitar as associações de políticas de manutenção que lhes permita alcançar os objectivos de desempenho dos seus processos, oferecer títulos não exaustivos para a empresa incluir, excluir, modificar ou adaptar consoante o âmbito do sistema de gestão de manutenção e proporcionar uma dinâmica eficaz na organização de um sistema de gestão da manutenção (NP 15341:2009).

Tal como a abordagem aos sistemas de gestão de normas ISO e os processos do SGQ, o sistema de gestão de manutenção segue a abordagem PDCA (Planear,

Executar, Verificar e Actuar), e encontra-se alinhado com a NP EN ISO 9001:2008 “Sistemas de gestão de qualidade – Requisitos” e com a NP EN ISO 14001:2004 “Sistemas de gestão ambiental – Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização”.

A Figura 9, representa o modelo de melhoria contínua aplicado nos sistemas de manutenção proposto pela (NP 15341:2009).

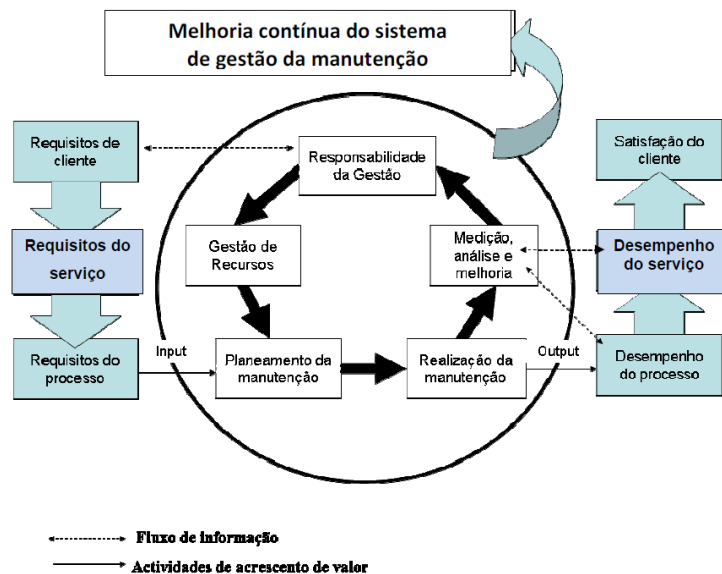


Figura 9 - Modelo de um sistema de manutenção orientado por processos, adaptado de (NP 15341:2009)

A empresa deve estabelecer, documentar, implementar e manter um sistema de gestão de manutenção, bem como melhorar a sua eficácia tendo em conta os requisitos presentes da Norma.

Tendo em vista esse objectivo, a organização deverá:

- Identificar os processos necessários ao sistema de gestão da manutenção e a respectiva aplicação na restante organização;
- Determinar a sequência e interacção dos respectivos processos;
- Averiguar os equipamentos, métodos e critérios para que o controlo e a manutenção destes processos sejam o mais fiáveis possível;
- Providenciar disponibilidade de recursos e informação necessários para suportar a operação, monitorização e manutenção destes processos;
- Monitorização, manutenção, medição e análise destes processos;
- Implementar acções adequadas para que os resultados planeados sejam obtidos.

3 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa, onde o presente projecto foi desenvolvido, foi a VentilAQUA S.A.

A VentilAQUA é uma empresa de engenharia especializada no tratamento de efluentes industriais, criada em 1997, cujo objectivo consiste no fornecimento de um serviço totalmente vertical, apoiado no investimento constante em I&D de modo a promover o desenvolvimento de soluções de alta tecnologia, totalmente desenvolvidas internamente.

Na Figura 10 encontra-se o actual logotipo utilizado pela VentilAQUA.



Figura 10 - Logotipo da VentilAQUA

3.1 Áreas de actuação

Os sistemas desenvolvidos encontram-se espalhados por uma vasta área geográfica, devido à estratégia de ampla presença internacional. Esta área de actuação é traduzida em mais de 60 países espalhados pelos cinco continentes.

Actualmente, conta com mais de 700 instalações em funcionamento, acompanhadas por uma equipa em constante evolução, dotada de soluções e tecnologias capazes de dar resposta às necessidades dos seus parceiros, independentemente do sector que actuem.

No que à variedade do portefólio de parceiros diz respeito, a empresa encontra-se em sectores tão distintos como processamento de alimentos, metalurgia, automóvel, químico, saúde, turismo, vinícola, vidro, têxtil e cortiça.

3.2 Oportunidades e Desafios

Apesar do elevado grau de conhecimento no que diz respeito a Estações de Tratamento de Água Residual, e dada a dimensão e idade da própria empresa, é possível observar uma falta de sistematização e documentação relativa a algumas áreas importantes de trabalho. Neste sentido, áreas como a manutenção ou a qualidade possuem uma larga margem de evolução de maneira a assegurar uma maior uniformidade dos vários equipamentos bem como da sua longevidade.

Tendo em conta a dimensão da empresa e a sua capacidade para reter determinadas informações e dados, o maior desafio prende-se com a recolha do máximo de informação possível para que seja desenvolvido um trabalho, o mais preciso possível.

Posto isto, e de uma forma muito breve, estão identificadas as oportunidades e desafios para o presente projecto.

3.3 Equipamentos e Tecnologias

De forma a ser obtido o tratamento de águas residuais mais eficiente possível, são escolhidos os equipamentos consoante o tipo de efluente a tratar. Com essa mesma escolha, todo o tipo de equipamento que assiste os equipamentos principais tem de ser adaptado, traduzindo-se numa mudança do tipo e da frequência com que as acções de manutenção devem ser realizadas.

O processo de tratamento de águas residuais, como pode ser observado na Figura 11, encontra-se então dividido nas seguintes etapas (cada uma com equipamentos distintos):

- Tratamento preliminar – etapa onde são separados os sólidos de maiores dimensões (papeis, plásticos, gorduras) e os equipamentos consistem maioritariamente em sistemas de gradagem da água de entrada e bombagem para a etapa seguinte;
- Homogeneização – nesta etapa ocorre a homogeneização da água após o tratamento preliminar. Ocorre também o controlo de nível dos tanques, o controlo do pH da água que entra para o processo físico-químico, bem como a bombagem de água para o mesmo;
- Tratamento primário (ou físico-químico) – esta etapa promove a separação da matéria suspensa e dissolvida na água, onde são utilizados equipamentos como o VAMEC (Decantador), VAMED (F/Q Bathc), VABEC (Electroquímico) e o VAMEF (Flotador);
- Tratamento secundário (ou biológico) – ocorre a oxidação de matéria orgânica ainda presente no efluente e apresenta eficiências de remoção

Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs: caso de estudo

superiores ao tratamento anterior. Os equipamentos podem ser: SBR (Reactor Biológico Sequencial), MBBR (Leito Móvel), MBR (Membranas) ou SmartSBR;

- Tratamento de lamas – na etapa de tratamento de lamas, ocorre o armazenamento, num espessador, e consequente desidratação do líquido onde pode ser utilizado um filtro prensa, uma centrífuga, entre outros equipamentos;
- Tratamento terciário (ou desinfecção) – por último, o processo de tratamento terciário consiste na desinfecção da água anteriormente tratada e pode ser efectuada com equipamentos específicos para o efeito (STERIO3, OzonAQUA, entre outros), doseando hipoclorito de sódio através da acção de uma bomba doseadora, ultrafiltros de osmose inversa (RO UF) ou através da aplicação de agentes oxidantes como o ozono e raios ultravioleta.

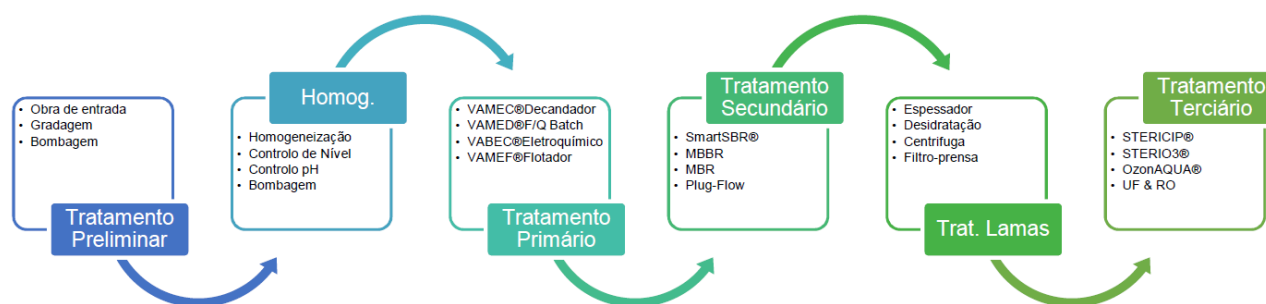


Figura 11 - Esquema Simplificado do Processo e respectivos equipamentos

Na Tabela 1, é feita a relação entre o nome comercial do equipamento, produzido pela VentilAQUA, e a sua respectiva função e aplicação nas respectivas etapas de tratamento da ETAR.

Tabela 1 - Equipamentos produzidos pela Ventilaqua e a sua respectiva função

Equipamento	Etapa de tratamento	Descrição
VABEC®	Primário	Unidade de oxidação electroquímica, que consiste numa estrutura com placas de alumínio, ou ferro, onde a geração de reagentes por via electroquímica vai permitir a remoção de contaminantes ou moléculas de baixa biodegradabilidade
VADOF®	Primário	Unidade de tratamento físico-químico com um reactor agitado para promover a reacção de coagulação/floculação, regulação de pH, sistema de recirculação e de dissolução de ozono num vaso saturador pressurizado, para a remoção de sólidos suspensos totais, e um flotador
VAMEC®	Primário	Unidade de tratamento físico-químico com reactor agitado para promover a coagulação, regulação de pH e floculação, com a posterior deposição do efluente na base de um decantador
VAMED®	Primário	Unidade de tratamento físico-químico com um reactor, que também funciona como decantador, baseado numa reacção de coagulação/floculação, regulação de pH, dosagem de produtos químicos mas com a particularidade de funcionar em descontínuo
VAMEF®	Primário	Unidade de tratamento físico-químico com um reactor agitado para promover a reacção de coagulação/floculação, regulação de pH, sistema de recirculação e de dissolução de ar num vaso saturador pressurizado, para a remoção de sólidos suspensos totais, e um flotador
STERI CIP®&/STERIO O ₃ ®/ OzonAQUA®	Terciário	Equipamentos que efectuem a desinfecção do efluente recorrendo ao uso de ozono, obtido por descarga de energia eléctrica sobre o oxigénio do ar atmosférico ou concentrado para adicionar um terceiro átomo de oxigénio ao O ₂ diatómico padrão

Todas as etapas possuem equipamentos adequados às suas especificidades.

De maneira a facilitar a separação do equipamento e a promover uma organização lógica dos mesmos, o equipamento foi separado em equipamentos primários (que se pode traduzir em tanques de homogeneização, VAMEF, SBRs, Tanque de saída e Espessador) e em equipamentos secundários (Sopradores, Misturadores, Bombas, Depósitos de produtos químicos e sondas).

3.3.1 Principais sistemas e equipamentos

Por equipamentos principais, são entendidos todos os equipamentos que desempenham uma função directa no tratamento físico-químico da água que entra na ETAR. Quer seja ela de homogeneização, depuração, armazenamento de água ou desidratação de lamas.

3.3.1.1 Gradagem

O tratamento preliminar consiste na primeira etapa do tratamento onde decorrem as operações unitárias de gradagem, remoção de areias e desengorduramento. O objectivo desta primeira fase é impedir a passagem dos resíduos para as fases seguintes, de maneira a evitar entupimentos das condutas e bloqueios de equipamentos mecânicos.

Existem vários equipamentos passíveis de serem escolhidos para o tratamento preliminar do efluente à entrada da ETAR, sendo que o utilizado nas presentes instalações foi o parafuso compactador.

Este equipamento consiste num compactador de parafuso com uma malha de 5 mm e um dispositivo de lavagem e compactagem, imediatamente a jusante da grelha automática. O tamisador é instalado directamente no canal da obra de entrada e as águas residuais atravessam a malha deste equipamento. Encontra-se instalado com uma inclinação de cerca de 35%, permitindo uma óptima separação entre o efluente e as partículas que serão retiradas na malha. A limpeza do tamisador é assegurada por uma escova periférica integrada na base do parafuso transportador.

Por último, os gradados são transportados no tubo através do parafuso de elevação, com passo variável, e posteriormente compactados e desidratados antes da descarga no contentor.

A Figura 12 apresenta uma esquematização do funcionamento do equipamento, através da vista lateral (à esquerda) e da vista frontal (à direita).

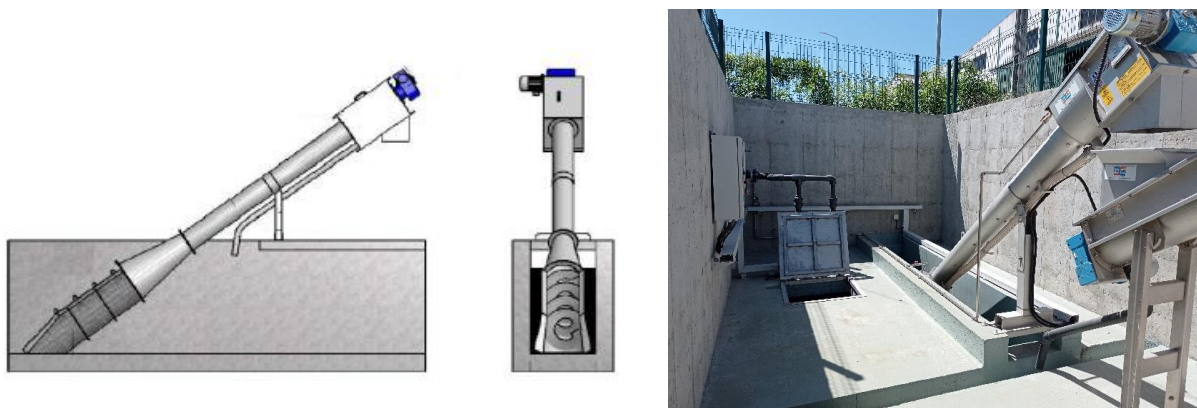


Figura 12 - Tamisagem por Parafuso Compactador, vista lateral (à esquerda) e vista frontal (ao centro); Parafuso instalado no cliente (à direita)

3.3.1.2 Tanques de Homogeneização

A instalação de um tanque de equalização/homogeneização para os efluentes, prende-se com a necessidade de controlar dinamicamente o caudal de entrada no sistema de tratamento, permitindo uma operação controlada e suave da ETAR.

De forma a garantir um correcto funcionamento do sistema a jusante e o cumprimento das boas regras de engenharia para este tipo de aplicações, é recomendado que o tanque de homogeneização tenha um volume que assegure os picos volumétricos, variações de pH e cargas orgânicas da operação normal diária. No caso da presença de tratamento biológico, e na ausência de produção de efluente de base diária, deverá ser contemplado um volume adicional que permita a acumulação diária de parte do efluente de modo a ser tratado durante períodos de ausência de produção de efluente, assegurando a alimentação contínua desta fase de tratamento.

Na Figura 13 são apresentados os Tanques de Homogeneização instalados na ETAR em estudo. À esquerda é possível observar a Homogeneização Primária que consiste no efluente que chega à ETAR e apenas sofreu um tratamento preliminar, neste caso a Gradagem. À direita é visível o Tanque de Homogeneização Total onde se encontra um efluente que já sofreu, para além do tratamento preliminar, um tratamento físico-químico e apresenta uma redução quantitativa considerável dos parâmetros analisados.



Figura 13 - Tanque de Homogeneização Primária (à esquerda) e Tanque de Homogeneização Total (à direita)

3.3.1.3 VAMEF

A tecnologia empregue no equipamento VAMEF, assenta nos princípios de flotação DAF (Dissolved Air Flotation) e tem como objectivo a remoção de óleos, gorduras e sólidos suspensos totais (SST) recorrendo a um processo físico. Este processo consiste na dissolução de ar num vaso saturador pressurizado e na libertação do mesmo na forma de micro-bolhas que aderem aos sólidos particulados promovendo a sua remoção na superfície da fase líquida, por via de um raspador motorizado.

Este sistema está integrado com um sistema reaccional químico que permite potenciar a remoção da contaminação do efluente convertendo-a em SST. Este equipamento integra um sistema de dosagem, automatizada, de produtos químicos processada por bombas doseadoras com regulação de caudal, onde os reagentes doseados se encontram em depósitos apropriados para o efeito, em material adequado a cada um dos tipos de reagente.

Esta etapa engloba a adequação do valor de pH reaccional e garante a separação dos sólidos suspensos contidos no efluente, resultantes do processo de coagulação e floculação e eventuais matérias em suspensão não coaguladas, como elementos coloidais ou óleos e gorduras.

Na Figura 14, é possível observar (à esquerda) o flotador do VAMEF, onde são separados os SST do efluente líquido, e os respectivos raspadores de lamas químicas (à direita).



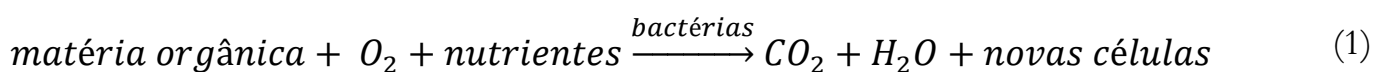
Figura 14 - Flotador (VAMEF) e respectivos raspadores de lamas

3.3.1.4 SBRs (Sequential Batch Reactor)

Os efluentes industriais apresentam, na sua maioria, uma composição baseada em carbono, azoto, fósforo e enxofre. Os processos biológicos são metodologia eficazes para o tratamento de efluentes com elevado grau de biodegradabilidade, como é o exemplo efluentes provenientes da indústria alimentar.

Como é possível observar pela Equação 1, a digestão aeróbia consiste num processo bioquímico que permite a depuração dos efluentes pela acção de microrganismos que, na presença de oxigénio, transformam a matéria orgânica biodegradável em dióxido de carbono e água.

Equação 1 - Transformação de matéria orgânica biodegradável em dióxido de carbono e água



Num reactor biológico sequencial, todas as etapas são efectuadas no mesmo tanque. Na primeira etapa (A), o reactor encontra-se com volume disponível para ser carregado com águas residuais bombeadas do tanque de homogeneização, ou de outro depósito instalado para o efeito. A etapa seguinte (B) consiste na etapa de arejamento onde será promovida a oxidação de carbono biológico e a nitrificação de compostos azotados (oxidação bioquímica do azoto amoniacal) utilizando o oxigénio dissolvido resultante da difusão de microbolhas de ar pela rede difusora instalada no fundo do tanque.

*Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs:
caso de estudo*

Após a etapa anterior estar concluída, o arejamento é interrompido e a mistura da fase líquida com lamas é deixada assentar para promover a separação da biomassa do líquido tratado (etapa C).

Por último, segue-se a etapa de descarga (D), na qual o efluente tratado é descarregado com recurso a descarregadores flutuantes instalados nos tanques biológicos. Contudo, o efluente tratado é encaminhado para um tanque de saída de maneira a evitar a descarga de alguns sólidos que podem permanecer na linha de descarga e, posteriormente, descarregada para a saída.

A Figura 15 representa o esquema de funcionamento deste tipo de tanques.

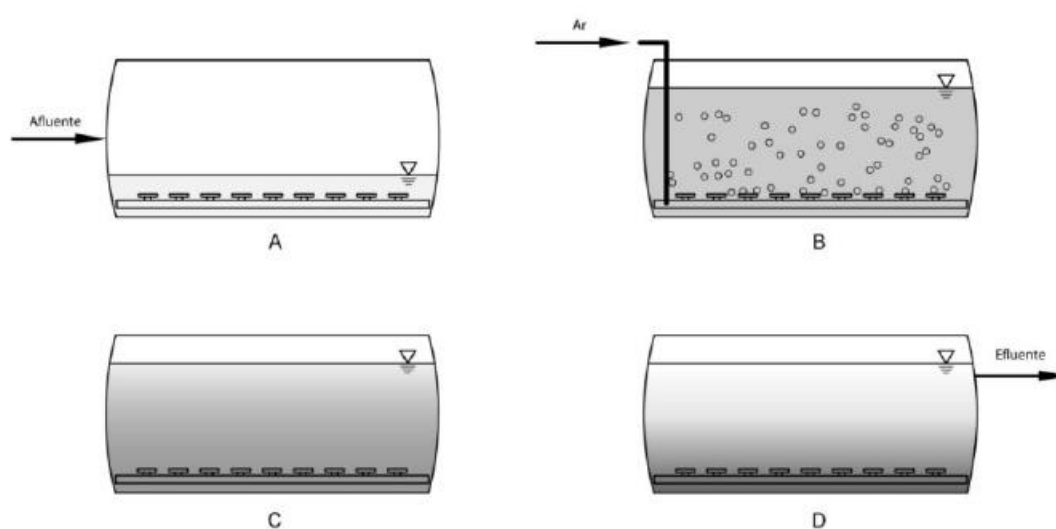


Figura 15 - Etapas de tratamento biológico descontínuo sequencial. A) Etapa de enchimento; B) Etapa de arejamento; C) Etapa de sedimentação de lamas; D) Etapa de descarga de efluente tratado

Na Figura 16, é possível observar os SBRs presentes na instalação. À esquerda, é visível o SBR1 em fase de arejamento e à esquerda encontra-se o SBR2 em fase de sedimentação de lamas para posterior descarga da água tratada.



Figura 16 - SBR1 (à esquerda) e SBR2 (à direita)

3.3.1.5 Tanque de saída

A água tratada nos SBRs é directamente descarregada para o tanque de saída que é, consequentemente, o último tanque por onde a água passa antes de ser descarregada em recurso hídrico.

Este tanque tem como função, a equalização da água tratada para que se encontre o mais homogénea possível e para que a sedimentação de eventuais lamas presentes no momento da descarga. Esta etapa não apresenta tecnologia de tratamento por opção de projecto, sendo que nesta etapa seria possível a instalação de um sistema básico de desinfeção da água através do doseamento de hipoclorito de sódio.

A Figura 17 apresenta uma visão generalista do tanque de acumulação de água tratada.



Figura 17 - Tanque de Saída da água tratada

3.3.1.6 Espessador/Parafuso de lamas

Esta etapa da estação de tratamento prende-se com a separação sólido-líquido com o objectivo de formar lamas e recircular o volume máximo de água que se encontra presente no espessador, de volta para as etapas de tratamento.

O espessamento, como operação unitária de separação sólido-líquido baseada na sedimentação, é utilizada para a recuperação de água de polpas contendo rejeitados de concentrados, preparação de lamas e rejeitados para descarga, preparação de polpas com densidades mais adequadas para operações subsequentes e separação das espécies dissolvidas dos resíduos lixiviados.

A desidratação de lamas é um processo físico, cujo objectivo é a remoção de parte da humidade das lamas de modo a reduzir volume e os custos relacionados com o seu transporte e despejo.

Podem ser escolhidas várias tecnologias para a desidratação das lamas, sendo os mais usuais os dispositivos mecânicos, de desidratação mais rápida, menor espaço ocupado, mas com aumento dos custos de exploração. A escolha para o presente trabalho recaiu sobre separação centrífuga.

A centrifugação é um método de espessamento de lamas, geralmente aplicado na desidratação de lamas biológicas ou lamas que contenham matérias gordurosas ou oleosas. As centrífugas mais utilizadas são as centrífugas decantadoras. Na Figura 18, encontra-se um esquema representativo de uma centrífuga.

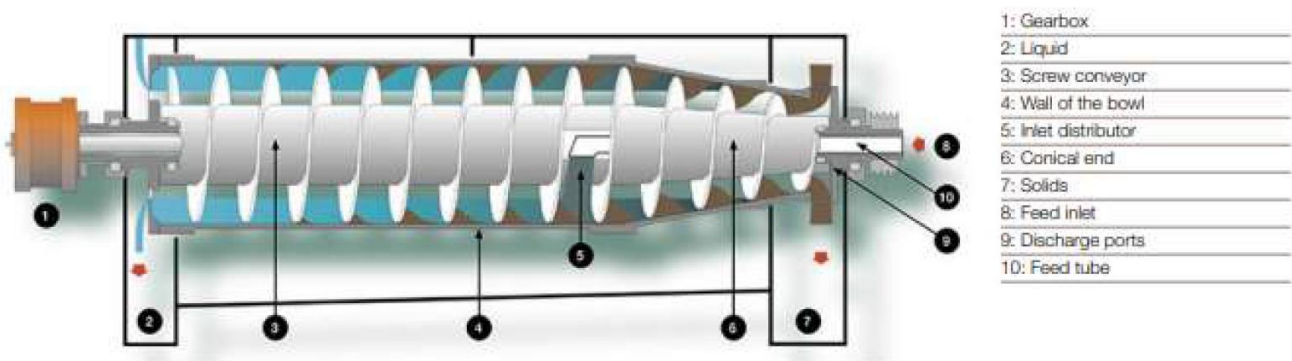


Figura 18 - Representação esquemática de uma centrífuga decantadora

A Figura 19 apresenta o espessador, onde a água resultante da purga das lamas biológicas dos SBRs e dos sólidos removidos do VAMEF é acumulada, bem como o conjunto de equipamentos responsável pela desidratação das lamas (centrífuga e contentor de lamas).



Figura 19 - Espessador (à esquerda) e Estação de desidratação de lamas com centrífuga e contentor de lamas desidratadas (à direita)

3.3.2 Equipamentos secundários

Por equipamentos secundários, são entendidos todos os equipamentos que não desempenham um papel central, ou directo, no tratamento do efluente mas que auxiliam e promovem o bom funcionamento da ETAR como um todo. São exemplos de equipamentos secundários os sopradores, equipamento responsável pela injeção de ar nos reactores biológicos para promover a actividade microbiológica e pela agitação do espessador de lamas, os misturadores submersos nos tanques de homogeneização, que promovem a equalização do efluente presente em cada um dos tanques, as bombas, que transferem o efluente de uma etapa de tratamento para a seguinte, os depósitos de produtos químicos, onde os produtos utilizados na ETAR se encontram armazenados, a sonda de pH, responsável pela leitura e controlo dos valores de pH no reactor do tratamento físico-químico, e o compressor que é o equipamento responsável pelo abastecimento de ar de toda a estação.

3.3.2.1 Sopradores/Rede difusora

Os sopradores são equipamentos que desempenham um papel importante naquilo que é a saúde do reactor biológico. São responsáveis pela injeção de ar nos dois SBRs presentes nas instalações, para que a oxidação da matéria orgânica seja feita pelos microrganismos aeróbios que neles se encontram. Este ar injectado pelo soprador é difundido por uma rede difusora, que se encontra no fundo dos tanques, para que o ar seja adicionado de forma homogénea, provocando também a sua equalização.

*Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs:
caso de estudo*

Na Figura 20, é possível observar os três sopradores presentes nas instalações. O soprador do lado esquerdo apresenta-se associado ao SBR1, o da direita ao SBR2 e o do meio é um equipamento de reserva que pode estar associado aos dois SBRs com a função de substituir um soprador que esteja parado por motivos de manutenção.



Figura 20 - Sopradores dos SBRs 1 e 2 e de reserva, vista frontal (à esquerda) e vista do fundo (à direita)

A Figura 21 apresenta o soprador do espessador das lamas. Este equipamento tem o objectivo de agitar as lamas presentes no espessador para que não ocorra a deposição de materiais sólidos no fundo do tanque provocar o entupimento de tubagens na linha de remoção e desidratação de lamas.



Figura 21 - Soprador do Espessador

Por último, na Figura 22 é observável o aspecto da rede difusora aquando do momento de arranque da estação de tratamento.

Esta rede encontra-se distribuída pelo tanque de forma homogénea e o número de difusores encontra-se directamente relacionado com a capacidade do soprador e com o caudal de ar que este é capaz de gerar. A difusão de ar está também dependente da altura da coluna de água uma vez que quanto maior for a pressão manométrica, maior será a difusão do ar no tanque.



Figura 22 - Redes difusoras dos SBR1 e SBR2

3.3.2.2 Misturadores

Os misturadores, tal como os sopradores, possuem a função de agitação e equalização dos tanques onde se encontram instalados. Contudo, possuem a diferença, em relação aos sopradores, de não injectarem grandes quantidades de ar no efluente.

A Figura 23 demonstra a instalação de dois misturadores, no fundo de cada um dos tanques, antes do arranque da ETAR e consequente enchimento das homogeneizações.



Figura 23 - Misturadores presentes nos tanques de homogeneização

3.3.2.3 Bombas

As bombas possuem a função de transportar o efluente bruto, as lamas, produtos químicos e o efluente tratado dos seus respectivos tanques e depósitos de origem para as etapas de tratamento seguintes.

Posto isto, são utilizados bombas de tipologias variadas como, por exemplo, bombas centrífugas para carga e descarga de efluente com características mais líquidas nos vários tanques, bombas pneumáticas para a o transporte de líquidos com grande presença de sólidos como é o caso das lamas químicas e produtos químicos, como a cal, bombas submersíveis para a purga de lamas biológicas, devido à sua colocação no fundo do tanque, e bombas doseadoras de produtos químicos, que são bombas com muito menos capacidade do que as anteriormente referenciadas.

Na Figura 24 encontram-se representadas algumas tipologias de bombas, utilizadas para as diferentes funções referenciadas anteriormente, presentes nas instalações.



Figura 24 - Exemplos de bombas instaladas para a transferência de efluente entre as diferentes etapas; Bomba pneumática de lamas (à esquerda), bombas centrífugas de descarga dos SBRs (à direita) e bomba centrífuga da desidratação de lamas (ao fundo)

3.3.2.4 Depósitos de produtos químicos

Os depósitos de produtos químicos são equipamentos que permitem a conservação, preparação e separação de todos os produtos químicos auxiliares que são essenciais ao bom funcionamento da ETAR. Nas instalações do cliente, encontram-se depósitos para produtos como o coagulante, o floculante, a soda, o ácido fosfórico e o sais nutritivos auxiliares.

Na Figura 25 é representado o aspecto genérico destes depósitos, podendo ser maiores ou menores consoante o volume de água a ser tratada e podendo também ser feitos de material diferente tendo em conta o produto que vai conter.



Figura 25 - Depósitos de produtos químicos para os SBRs e VAMEF

3.3.2.5 Sondas

As sondas de pH possuem um papel fundamental naquilo que é a eficiência do tratamento físico-químico uma vez que a separação dos sólidos dissolvidos, e outros contaminantes, do meio aquoso está altamente dependente do pH a que se encontra a solução. Esta reacção apresenta um ponto óptimo perto de um $\text{pH} = 9$ e, portanto, a saúde do eléctrodo da sonda de pH está directamente ligada à saúde do processo reaccional.

É possível observar, na Figura 26, o aspecto da sonda aplicada na estação.



Figura 26 - Sonda de pH instalada no reactor do tratamento

3.3.2.6 Compressor

O compressor é responsável pelo abastecimento de ar de toda a estação, dele estão dependentes acções como a abertura e o fecho de electroválvulas, funcionamento de bombas pneumáticas, funcionamento de filtro prensas, entre outros equipamentos que dependem do ar para o seu funcionamento.

Na Figura 27, é apresentado o compressor que abastece toda a ETAR.



Figura 27 - Compressor abastecedor de todo o sistema de ar comprimido

3.3.2.7 Bóias de nível e níveis hidrostáticos

As bóias de nível e os níveis hidrostáticos são responsáveis pelo controlo dos níveis dos tanques onde se encontram instalados. Na presente instalação, as bóias de nível encontram-se instaladas na Homogeneização Primária e no Espessador das lamas.

A escolha do equipamento para o respectivo tanque onde é aplicado, é baseada no princípio de funcionamento e, uma vez que a bóia de nível apenas dá a informação se existe nível, ou não, na altura onde foi instalada, é um equipamento seleccionado para um controlo menos rigoroso.

Relativamente ao nível hidrostático, este é seleccionado para que seja possível efectuar um controlo mais rigoroso do nível que cada um dos tanques possui. Após a devida calibração do equipamento, à medida que a altura do tanque oscila, e é obtido um valor analógico, é possível saber a percentagem de volume a ser utilizado em determinado momento.

Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs: caso de estudo

Na Figura 28, encontram-se representados exemplos visuais da aplicação de bóias de nível (à esquerda) e de níveis hidrostáticos (à direita).



Figura 28 - Bóias de nível (à esquerda) e nível hidrostático (à direita)

3.3.2.8 Quadro eléctrico

O quadro eléctrico é responsável pela activação e desactivação de todos os equipamentos, abastecidos eléctricamente, que se encontram instalados na ETAR e coordenados pela programação/sinóptico.

É constituído por vários tipos de equipamentos, entre eles: motores disjuntores, contactores, variadores de corrente, barramento, etc.

Na Figura 29, é apresentado o quadro eléctrico instalado na estação, fechado e aberto, de maneira que a sua dimensão possa ser percebida e a importância da sua manutenção compreendida.



Figura 29 - Quadro eléctrico da ETAR fechado (à esquerda) e aberto (à direita)

3.3.2.9 Electroválvulas

Electroválvulas são equipamentos responsáveis pela passagem ou retenção do efluente entre as diferentes etapas do tratamento. Estes equipamentos estão dependentes do abastecimento de ar comprimido para funcionarem e é através da acção eléctrica que abrem ou fecham, consoante a função que foi previamente definida. Podem, portanto, assumir um funcionamento NA (Normalmente Aberto) ou NF (Normalmente Fechado).

A Figura 30, representa duas configurações diferentes de electroválvulas, mas cujo princípio de funcionamento é exactamente o mesmo.



Figura 30 - Electroválvula pequena do preparador do floculante (à esquerda) e electroválvula grande da descarga do SBR1 (à direita)

4 TRABALHO DESENVOLVIDO

A elaboração deste trabalho, foi efectuada do ponto de vista dos desafios e oportunidades que se apresentam perante um técnico de Assistência Após Venda (AAV), no contexto de Estações de Tratamento de Águas Residuais.

Desta forma, consiste na área de negócio de prestação de serviços de apoio técnico, bem como na condução e gestão de ETARs e ETAs, de instalação efectuada pela VentilAQUA ou de instalações já existentes e instaladas por outras empresas.

É, portanto, a prestação de serviços, por contracto ou avulso, de consultoria e apoio técnico à gestão das ETARs nas áreas de tratamento químico e biológico, regulação de dosagens, controlo de parâmetros, tomada de decisões de controlo e realização de análises de caracterização.

Primeiramente, o trabalho realizado pelos elementos da equipa de AAV consiste na marcação das visitas e conseqüente marcação da recolha de amostras das instalações dos clientes, nos pontos de maior relevo.

Posteriormente, é efectuada a monitorização de ETARs Físico-Químicas (F/Q) e Biológicas. Para o caso das ETARs F/Q, a monitorização consiste nas seguintes etapas: recolha de amostras nos pontos relevantes, medição de parâmetros de controlo local (pH, temperatura, cloretos, etc), verificação do correcto funcionamento electromecânico do sistema de tratamento, verificação de caudais e consumo de reagentes, fornecimento de instruções de operação da ETAR, emissão do relatório técnico por visita e disponibilidade permanente, via telemóvel, mensagem ou email, para a resolução imediata de problemas pontuais e prestação de esclarecimentos. No que às ETARs Biológicas diz respeito, para além da variação nos parâmetros de controlo local, é efectuada uma ordem de trabalhos idêntica com o acréscimo da análise microscópica à biomassa.

Todo este trabalho é desenvolvido para que o compromisso assumido com o cliente, em manter a ETAR em boas condições de funcionamento e eficiência, possa ser cumprido.

Posto isto, neste capítulo será efectuada uma análise crítica de pontos passíveis de estudo com posterior implementação de melhorias

4.1 Análise da Situação Actual

Actualmente, fruto da variedade de sectores e dimensões dos clientes, as várias ETARs não apresentam o mesmo nível de acompanhamento interno, KPIs (eficiência de depuração, consumo de reagentes, tempo de paragem provocado pelos mais diversos factores, etc) ou manutenção, quanto o que seria desejado para a potenciação do activo.

Posto isto, os factores detectados e com maior impacto no bom funcionamento das instalações são os seguintes:

- Falta de acompanhamento crítico e adequado por parte do operador, provocado pelo desconhecimento do funcionamento dos equipamentos e processos, que poderá levar à desregulação do normal funcionamento das instalações;
- Ausência de registos, da parte do cliente, em relação ao funcionamento das suas próprias instalações (processo e equipamentos), o que não permitirá avaliar padrões, prever anomalias e rectificá-las com antecedência;
- Carência de planeamento de manutenção que minimize o tempo de paragens causado por anomalias de equipamento.

4.2 Proposta de Melhoria

De modo a corrigir estes constrangimentos, são sugeridas as seguintes propostas de melhoria:

- Organização de documentação descritiva relativa aos processos e etapas de manutenção/monitorização da ETAR;
- Formulação de um plano de manutenção, e respectivo programa de manutenção;

Em seguida, estas propostas são explicadas mais extensivamente.

4.2.1 Procedimentos de Monitorização da ETAR

Devido não só à necessidade de formação de novos funcionários de uma forma rápida e eficiente, mas também à mais-valia que advém da sistematização de procedimentos, foi identificada a necessidade da criação de um documento que facilitasse a recolha dos dados e amostras, em pontos relevantes aquando da visita mensal efectuada ao cliente.

Deste modo, é sugerido um documento com o objectivo de orientar o colaborador, ou alguém estranho à instalação, naquilo que é o normal funcionamento da ETAR. Este documento para além de possuir as etapas a realizar no momento da visita, com todas as acções e dados de monitorização, contempla também uma tabela para registo de acções de manutenção correctiva efectuadas.

4.2.2 Planeamento de Manutenção

Com a intenção de apresentar uma proposta que não traga só uma melhoria à empresa prestadora do serviço, mas também à empresa que contrata o serviço, é sugerida a criação de planos de manutenção e respectiva documentação, onde se encontrem acções relevantes de manutenção prescritas para cada equipamento.

Posto isto, foi desenvolvido um plano de manutenção, com todas as acções a serem realizadas na ETAR. A partir do plano efectuado, foi projectado o programa para o próximo ano, com o propósito de pôr em prática as acções de manutenção sugeridas.

De forma, foi projectado um programa de manutenção para o ano de 2025, com acções que variam desde a periodicidade mensal e a trienal, e um programa para o mês de Junho de 2025, onde se encontram todas as acções previstas para esse mês.

4.2.3 Procedimentos de Manutenção

Dada a regularidade com que algumas das acções de manutenção/monitorização são realizadas, foi considerado relevante a criação de procedimentos escritos e sistematizados, onde estas acções são descritas de maneira a facilitar a sua realização.

Este documento contempla o nome do equipamento, juntamente com uma representação visual para facilitar a sua identificação, informações relativas a EPIs, ferramentas necessárias para a realização da tarefa, responsável pela acção e o código relativo ao plano de manutenção.

4.3 Caso Piloto

O cliente seleccionado é uma empresa do ramo alimentar com várias décadas de actividade. Possui instalações industriais de dimensões consideráveis, com 30 linhas de embalagem, capacidade de armazenagem de 8000 paletes e uma produção anual de cerca de 15 mil toneladas de vinagre e 17 mil toneladas de molhos. A distribuição das suas marcas encontra-se espalhada por 3 continentes e está presente em países como Portugal, Marrocos, Espanha, Arábia Saudita, Finlândia, Moçambique e Angola. As suas parcerias contemplam marcas como Lidl, McDonald's, Intermarché, SONAE, entre outros.

O cliente apresenta uma considerável produção diária de efluente para tratamento, devido à elevada actividade de produção. Posto isto, o normal funcionamento de todas as suas instalações encontra-se sobre uma necessidade elevada de monitorização e manutenção para que não ocorram contratemplos que se revelem limitadores daquilo que é o processo de produção.

Como tal, a ETAR não poderia estar sujeita a condições diferentes e, portanto, necessita de uma manutenção regular e eficiente. Neste caso piloto, são desenvolvidas algumas propostas de manutenção específicas para a ETAR, bem como medidas com maior transversalidade e que podem ser aplicadas em clientes futuros.


4.3.1 Procedimento de Monitorização da ETAR

Foi desenvolvido um documento com a descrição das acções normalmente efectuadas numa visita, e executadas pela VentilAQUA, de maneira a facilitar o processo de aprendizagem e o encadeamento dessas mesmas acções por novos colaboradores.

Este documento apresenta, para todos os passos, um texto informativo do que deve ser efectuado em cada etapa da visita, seguido da explicação do objectivo da respectiva etapa. Após a execução da acção para cada uma das etapas, é necessário registar os valores obtidos de maneira que esta informação seja armazenada e utilizada em documentação contractual, enviada pela VentilAQUA aos seus clientes todos os meses.

Na Figura 31, encontra-se representado um excerto daquilo que é a documentação “Procedimento de Monitorização da ETAR”, passível de ser consultado na sua íntegra em Anexo A – Documentação Descritiva de Processo e Etapas de Monitorização da ETAR.

Como referido anteriormente, é possível observar a instrução de trabalho nº1, relativa à colheita de amostras para análise em laboratório interno, bem como uma imagem representativa do aspecto dessa colheita e, em último lugar, uma tabela onde o colaborador deve registar os dados recolhidos após a execução da instrução de trabalho nº1.



Procedimento de Monitorização da ETAR (Cliente XX)

1- Recolha de amostras das etapas mais relevantes do processo de tratamento do efluente (Homogeneização Primária, Homogeneização Total, SBR1 e 2 e Saída Final) seguida da leitura dos valores das variáveis relevantes (pH, Condutividade, Temperatura, Cloretos, Nitratos e Nitritos). A leitura de valores permite uma monitorização imediata e rápida do funcionamento geral da ETAR, enquanto que a recolha de amostras irá permitir uma análise mais profunda do funcionamento da ETAR através de parâmetros como CQO, CBO, Azoto Total, Fósforo Total, etc.




Figura 1 - Amostras recolhidas nas diferentes etapas para avaliação da eficiência do tratamento

Tabela 1 - Valores recolhidos, *in situ*, relativamente às variáveis monitorizadas nas assistências

	pH	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Cl ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)
Homogeneização Primária						
Homogeneização Total						
SBR1						
SBR2						
Saída						



1

Figura 31 - Excerto exemplificativo do Procedimento de Monitorização da ETAR

Nas páginas seguintes da documentação apresentada, é possível observar as restantes instruções de trabalho:

- “Limpeza do eléctrodo da sonda de pH recorrendo a uma solução ácida, vinagre de limpeza p.e., removendo resíduos do efluente que se tenham agregado à mesma. Posteriormente a sonda é colocada numa solução padrão de 7,01 (Offset) e numa solução padrão de 4,01 (Slope), onde a calibração da sonda é efectuada. Por último, é removida a pilha da sonda de pH e averiguada a sua bateria, utilizando um multímetro, para que o bom funcionamento do sistema seja garantido” (Instrução de trabalho n.º 2);
- “É efectuada uma recolha do licor misto do SBR1 e do SBR2 para averiguação do volume das lamas biológicas e da respectiva capacidade de sedimentação. A hora do ciclo dos reactores biológicos é registada para a identificação da etapa (enchimento, arejamento, desnitrificação e descarga)

que se encontra em curso no momento da visita” (Instrução de trabalho n° 3);

- “A recolha dos valores, do volume de água, dos caudalímetros de entrada e saída, possui grande importância para que exista um registo da água tratada na ETAR mensalmente” (Instrução de trabalho n° 4);
- “Para que o bom funcionamento do tratamento físico-químico seja garantido, é necessário controlar e monitorizar os parâmetros da recirculação uma vez que esta possui um papel central na flotação dos sólidos presentes no flotador” (Instrução de trabalho n° 5);
- “Por último, e com o objectivo de criar um registo da quantidade de produto químico utilizado ao longo do tempo, é efectuado o registo dos valores da regulação das bombas doseadoras” (Instrução de trabalho n°6).

Foi também criada uma tabela para acções de manutenção correctiva que possam ser efectuadas durante a visita, de maneira a facilitar o armazenamento desses dados, uma vez que actualmente não existe um aproveitamento desta informação.

A tabela encontra-se representada na Figura 32, onde é possível observar que é composta por colunas como: Data da acção, Equipamento intervencionado, Tipo de reparação, Estado final do equipamento após a intervenção, Data de paragem e arranque, se for o caso, e o Técnico responsável pela intervenção.

adquirida noutras estações de tratamento e nas especificidades do equipamento utilizado no caso piloto.

Na Tabela 2, encontra-se representada a numeração efectuada para a criação dos códigos de acções para os equipamentos principais e secundários.

A ordenação dos equipamentos principais foi baseada na ordem pela qual o efluente passa, desde a sua entrada até à sua saída da ETAR, a ordenação dos equipamentos secundários foi consoante a existência desses mesmos equipamentos secundários naquilo que foi considerado o equipamento primário. Já a ordenação das acções foi baseada na periodicidade com que têm de ser realizadas (da maior para a menor).

*Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs:
caso de estudo*

Tabela 2 - Equipamentos principais e secundários contemplados no Plano de Manutenção

Equipamentos principais	Equipamentos secundários
1- Gradagem	<ul style="list-style-type: none"> 1- Parafuso compactador 2- Bombas 3- Filtro do parafuso
2- Homogeneização Primária e Total	<ul style="list-style-type: none"> 1- Misturadores 2- Tubagem 3- Bombas 4- Nível hidrostático 5- Bóias de nível
3. VAMEF	<ul style="list-style-type: none"> 1- Bombas 2- Tubagem 3- Raspador 4- Sonda de pH 5- Sistema de recirculação 6- Flotador 7- Reactor 8- Agitador do reactor 9- Câmara de água tratada
4. SBR	<ul style="list-style-type: none"> 1- Sopradores 2- Nível hidrostático 3- Rede difusora 4- Bombas 5- Tubagem
5. Tanque de Saída	<ul style="list-style-type: none"> 1- Bombas 2- Tubagem
6. Espessador/Parafuso de lamas	<ul style="list-style-type: none"> 1- Soprador 2- Rede difusora 3- Bombas 4- Boias de nível 5- Tubagem 6- Centrífuga Decantador
7- Outros equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> 1- Depósitos químicos 2- Quadro eléctrico 3- Preparadores automáticos de floculante 4- Compressor 5- Bombas doseadoras de produto químico 6- Electroválvulas

Foi então necessário atribuir uma nomenclatura à periodicidade das acções reunidas, com o propósito de facilitar a organização do documento. As periodicidades utilizadas foram então: Diário (D), Semanal (S), Mensal (M), Trimestral (TM), Semestral (SM), Anual (A), Bienal (B) e Trienal (T), como é possível observar na Tabela 3.

Tabela 3 - Nomenclatura utilizada no planeamento de manutenção

Diário	Semanal	Mensal	Trimestral	Semestral	Anual	Bienal	Trienal
D	S	M	TM	SM	A	B	T

Na Figura 33, é possível observar um excerto do Plano de Manutenção (anexado em Anexo B – Plano de Manutenção) com a esquematização relativa aos equipamentos principais e secundários, à acção de manutenção a realizar, e respectiva periodicidade com que deve ser efectuada, e à atribuição dos códigos de acções.

Plano de manutenção (Cliente XX)

Tabela 1 - Plano de manutenção para os equipamentos da gradagem

		Acção	D	S	M	TM	SM	A	B	T	#	
Gradagem	Parafuso compactador	1 Verificação do correcto transporte da matéria	1	X							1.1.1	
		2 Verificação da presença de possíveis fugas de óleo	2	X								1.1.2
		3 Verificação do funcionamento do botão de paragem de emergência	3		X							1.1.3
		4 Verificação da presença de fugas de óleo do motor da engrenagem	4		X							1.1.4
		5 Manutenção do motor da engrenagem	5				X					1.1.5
		6 Limpeza geral do equipamento	6				X					1.1.6
		7 Verificação do estado do fundo deslizante	7				X					1.1.7
		8 Verificação do estado do parafuso	8				X					1.1.8
		9 Abertura para limpeza sem fim para evitar que os detritos sólidos possam danificar a equipamento	9						X			1.1.9
		10 Verificação dos rolamentos do motor do sem fim	10						X			1.1.10
		11 Verificação das bobinas do motor do sem fim	11						X			1.1.11
Bombas	2 Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos	1			X						1.2.1	
	2 Lubrificação química/selo mecânico (bombas centrífugas)	2					X				1.2.2	
	3 Verificação dos rotores (centrífuga)	3						X			1.2.3	
	4 Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)	4							X		1.2.4	
Filtro do parafuso	3 Verificação do correcto descarteamento do material filtrado	1	X								1.3.1	
	2 Verificação do estado de limpeza da superfície filtrante	2	X								1.3.2	
	3 Verificação de possíveis fugas de óleo	3	X								1.3.3	
	4 Verificação do funcionamento do botão de paragem de emergência	4		X							1.3.4	

VENTIL
AQUA

Figura 33 - Excerto exemplificativo do Plano de Manutenção

Desta maneira, é possível constatar que para o código 1.1.1, o primeiro número é referente à acção “Verificação do correcto transporte da matéria” para o primeiro equipamento secundário (Parafuso compactador) listado para o equipamento principal “Gradagem”, correspondente ao primeiro equipamento por onde o

efluente passa. Da mesma forma que o código 1.3.4 é referente à acção “Verificação do funcionamento do botão de paragem de emergência” para o equipamento secundário “Filtro do parafuso” do equipamento principal “Gradagem”. Resumidamente, o código pode ser traduzido por #(equipamento principal, equipamento secundário, acção).

4.3.3 Procedimentos de Manutenção

Nos vários equipamentos presentes nas instalações, identificam-se acções comuns de manutenção que são realizadas com bastante regularidade, e que cuja necessidade é transversal. Temos como exemplo acções de limpeza e verificação.

No que diz respeito às acções de limpeza, estas são realizadas numa quantidade alargada de equipamentos tais como:

- Limpeza de caudalímetros segundo os manuais dos fornecedores – código de acção 3.1.3, 3.5.6 e 5.1.2;
- Limpeza de sondas instaladas na estação (pH, condutividade, ORP) – código de acção 3.4.1;
- Limpeza de filtros de ar dos sopradores – código de acção 4.1.7 e 6.1.6;
- Limpeza dos depósitos de produtos químicos – código de acção 7.1.3;
- Limpeza da tubagem em zonas críticas (junções, tubagem de tanques com alto teor de gorduras, etc) – código de acção 2.3.2, 3.2.2, 4.5.2 e 6.5.2;











Foram também identificadas as seguintes acções de verificação:

- Verificação dos injectores e chupadores dos produtos químicos – código de acção 7.1.2;
- Verificação dos níveis dos produtos químicos – código de acção 7.1.3;
- Verificação do bom funcionamento da centrífuga e desidratação de lamas – código de acção 6.6.1;
- Verificação do bom funcionamento das diferentes bombas – código de acção 1.2.1, 2.3.1, 3.1.2, 4.4.1, 5.1.1 e 6.3.1;
- Verificação do bom funcionamento dos vários sopradores – código de acção 4.1.2 e 6.1.1;

De seguida, e após a identificação de alguns tipos de acções que são repetidas regularmente, foi desenvolvida uma documentação cujo objectivo é evidenciar os equipamentos com este tipo de acções, bem como EPIs necessários, Ferramentas, Responsável pela execução da acção e respectivos Códigos de acção.

Através da Figura 34 é possível observar a documentação em causa, anexada em Anexo C – Procedimentos de Manutenção.

Procedimentos de Manutenção (Cliente XX)

Descrição	Equipamento	EPIs	Ferramentas	A efectuar por:	Código da acção
Caudalímetros		- Óculos de protecção; - Máscara de protecção; - Luvas de nitrilo;	- Chave de canos; - Líquido de limpeza (ácido, soda, água); - Estreção;	Operador	3.1.3 3.5.6 5.1.2
Sondas		- Luvas de nitrilo;	- Vinagre de limpeza; - Escova;	Operador	3.4.1
Filtros de sopradores		- Luvas de nylon;	- Ar comprimido;	Operador	4.1.7 6.1.6
Depósitos de produtos químicos		- Luvas de nitrilo; - Óculos de protecção;	- Líquido de limpeza (água);	Operador	7.1.3
Tubagem		- Luvas nylon/nitrilo;	- Chave de canos;	Operador	2.2.2 3.2.2 4.5.2 6.5.2
Injector		- Luvas de nitrilo;	- Chave inglesa;	Operador	7.1.2
Chupador		- Luvas de nitrilo;	- Chave inglesa;	Operador	7.1.2
Centrífuga		- Luvas de nitrilo;	- Chave de canos; - Chave inglesa; - Chave de estrela; - Chave de fendas;	Operador	6.6.1
Bombas		- Luvas nylon/nitrilo; - Óculos de protecção;	- Chave de canos; - Chave inglesa; - Chave de estrela; - Chave de fendas;	Operador	1.2.1 2.3.1 3.1.2 4.4.1 5.1.1 6.3.1
Soprandores		- Luvas de nylon;	- Chave inglesa;	Operador	4.1.2 6.1.1

VENTIL
AQUA

1

Figura 34 - Excerto exemplificativo do Procedimento de Manutenção

Desta forma, e complementando com o documento criado anteriormente, cada um destes Procedimentos de Manutenção tem um código atribuído que se encontra também no Plano de Manutenção.

Na Figura 35, encontra-se representado o Procedimento de Manutenção associado ao respectivo código de acção (3.1.3) definido no Plano de Manutenção. Neste caso, o código de acção é referente à limpeza do caudalímetro, instalado na tubagem de alimentação do VAMEF.

Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs: caso de estudo

		Acção										#
		D	S	M	TM	SM	A	B	T			
Bombas		Verificação do funcionamento da bomba pneumática de lamas e actuação do respectivo nível do depósito de transfeça	X									3.1.1
		Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos			X							3.1.2
		Limpeza do caudalímetro segundo o manual do fornecedor					X					3.1.3
		Lubrificação chumaceira/selo mecânico (centrifugas)					X					3.1.4
		Limpeza esferas (bomba pneumática)					X					3.1.5
		Limpeza silenciador (bomba pneumática)					X					3.1.6
		Verificação das partes (bomba pneumática)						X				3.1.7
									X			3.1.8
					X							3.2.1
						X						3.2.2
					X						3.2.3	
Raspador		Verificação do funcionamento das telas, correias e cremalheira	X									3.3.1
		Lubrificar rolamentos e corrente				X						3.3.2
		Limpar rolamentos e corrente				X						3.3.3
		Verificação do estado geral das borrachas do raspador					X					3.3.4
		Lubrificação /remoção de excesso de lubrificação dos rolamentos e do eixo de transmissão					X					3.3.5
		Inspeção visual do motor					X					3.3.6
		Troca de borracha do raspador						X				3.3.7
		Limpeza ou troca dos parafusos							X			3.3.8
		Troca dos anéis de vedação do eixo a cada mudança de óleo							X			3.3.9


Descrição	Equipamento	EPIs	Ferramentas	A efectua por:	Código da acção
Caudalímetros		- Óculos de protecção; - Máscara de protecção; - Luvas de nitrilo;	- Chave de canos; - Líquido de limpeza (ácido, soda, água); - Esfregão;	Operador	3.1.3 3.5.6 5.1.2

Figura 35 - Procedimento de Manutenção, para o caudalímetro, representado no Plano de Manutenção pelo código 3.1.3 – acção de limpeza

Para esta acção de manutenção 3.1.3 – “Limpeza do caudalímetro segundo o manual do fornecedor”, será necessário que o Operador utilize como EPIs: óculos de protecção, máscaras de protecção e luvas de nitrilo; tal como utilize para esta acção de limpeza, ferramentas como: chave de canos, líquido de limpeza (ácido, soda ou água) e um esfregão. Esta acção possui uma periodicidade semestral e, portanto, deve ser realizada de 6 em 6 meses.

No caso da Figura 36, está representado o Procedimento de Manutenção associado ao código de acção 7.1.3, previamente definido no Plano de Manutenção, referente a uma acção de verificação e limpeza dos depósitos de produtos químicos.


		Acção						D	S	M	TM	SM	A	B	T	#		
Depósitos químicos		Verificação do nível dos produtos químicos						X									7.1.1	
		Verificação e limpeza de injectores e chupadores dos produtos químicos								X							7.1.2	
		Verificação e limpeza dos depósitos de produtos químicos										X					7.1.3	
		Verificação e limpeza da tubagem dos produtos químicos										X					7.1.4	
		Verificação e limpeza das sondas de nível mínimo										X					7.1.5	
Outros Equipamentos	Quadros elétricos	Reaperto contactos eléctricos											X				7.2.1	
		Aplicação spray anti-corrosão											X				7.2.2	
	Depósitos de produtos químicos		- Luvas de nitrilo; - Óculos de protecção;	- Líquido de limpeza (água);	Operador	7.1.3							X				7.2.3	
																		7.3.2
		Verificação de deformações evidentes							X								7.3.3	
		Limpeza da superfície da sonda de nível								X								7.3.4
		Apreciação geral do motor do doseador								X								7.3.5
		Apreciação geral do motor do agitador								X								7.3.6
	Preparadores automáticos de floculante	Verificar obstruções no rotâmetro dispersor									X							7.3.7
		Limpeza de grumos nas paredes do copo doseador									X							7.3.8
		Verificação da anilha de fixação do motor do doseador									X							7.3.9
		Verificação da anilha de fixação do motor do agitador									X							7.3.10
		Verificação da presença de fugas de óleo no motor do agitador									X							7.3.11
Fixação das hélices do motor do agitador											X					7.3.12		
Limpeza dos agitadores dos preparadores/depósitos de floculante e verificação do estado do rolamento											X					7.3.13		

Figura 36 - Procedimento de Manutenção, para os depósitos de produtos químicos, representado no Plano de Manutenção pelo código 7.1.3 – acção de verificação e limpeza

Já no caso da acção 7.1.3 – “Verificação e limpeza dos depósitos de produtos químicos”, é necessário que o operador utilize como EPIs, luvas de nitrilo e óculos de protecção, cuja ferramenta é um líquido de limpeza, neste caso a água. A periodicidade desta acção também é semestral e deve, portanto, ser efectuada de 6 em 6 meses.

4.3.4 Programa de Manutenção

Por último, foi aplicada a documentação relativa ao plano de manutenção de maneira a desenvolver um programa de manutenção anual e, posteriormente, outro programa de manutenção mensal.

Esta documentação, anexada em Anexo D – Programa de Manutenção, tem como objectivo distribuir as acções previamente identificadas no plano de manutenção, ao longo de um espaço temporal específico. Para este efeito, foi considerado o ano de 2025, para o programa anual, e o mês de Junho desse mesmo ano.

A Figura 37 é uma representação parcial do documento criado e, através da sua análise, é possível concluir que o programa de manutenção anual possui informação relativa aos equipamentos (principal e secundário) onde a acção será realizada, em que mês deverá ocorrer, qual a periodicidade da mesma e por quem deverá ser efectuada. Tal como o plano de manutenção, também o programa de manutenção possui um código para cada uma das acções, com o objectivo de facilitar a ordem de trabalhos, e um espaço para colocar eventuais observações que sejam pertinentes para quem irá realizar estes mesmos trabalhos.

Gestão de activos na operação sustentável de equipamentos e infraestruturas em ETARs: caso de estudo

Por último, as células que se apresentam a branco correspondem a meses em que não existirá nenhuma acção de manutenção e, por outro lado, as células cinzentas com a nomenclatura utilizada para a periodicidade, correspondem a meses onde será efectuada a acção de manutenção correspondente.

Programa de manutenção anual (Cliente XX)

		2025																
Equipamento	Ação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Observações	A efectuar por	#		
Gradagem	Parafuso compactador	Mantenção do motor da engrenagem			TM			TM			TM			TM		Mecânico/Equip a de manutenção	1.1.5	
		Limpeza geral do equipamento			TM			TM			TM			TM		Operador	1.1.6	
		Verificação do estado do fundo deslizante			TM			TM			TM			TM			1.1.7	
		Verificação do estado do parafuso			TM			TM			TM			TM			1.1.8	
		Abertura para limpeza sem fim para evitar que os detritos sólidos possam danificar a equipamento									A							1.1.9
		Verificação dos rolamentos do motor do sem fim									A						Mecânico/Equip a de manutenção	1.1.10
		Verificação das bobinas do motor do sem fim									A						Electricista	1.1.11
	Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		Operador	1.2.1	
		Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)			SM						SM				Semestral ou às 500 horas	Mecânico/Equip a de manutenção	1.2.2	
		Verificação dos rotores (bombas centrífuga)									A						1.2.3	
		Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífuga)									B*					1.2.4		
Filtro do parafuso	Mantenção do motor da engrenagem			TM			TM			TM			TM		Mecânico/Equip a de manutenção	1.3.6		
	Limpeza geral do equipamento			TM			TM			TM			TM		Operador	1.3.7		

VENTIL
AQUA

12

Figura 37 - Excerto exemplificativo do Programa de manutenção para o ano de 2025

Fazendo uma exemplificação de como o documento deverá ser utilizado, é possível observar que para o código de acção 1.2.2 – “Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)”, é correspondente a uma acção de manutenção nas bombas centrífugas que se encontram na etapa de gradagem e deverá ser realizada pelo mecânico (ou equipa de manutenção) com uma periodicidade semestral durante os meses de Março e Setembro, ou para um tempo de funcionamento de 500 horas

A Figura 38 é um excerto do programa de manutenção para o mês de Junho de 2025 e é possível observar que este documento contempla acções programadas para o mês em estudo.

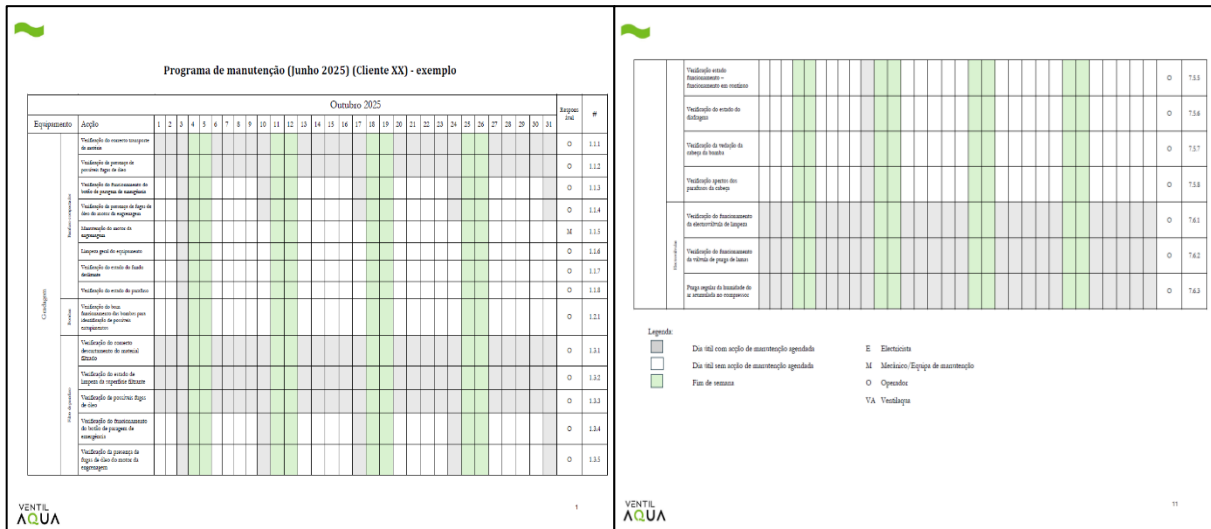


Figura 38 - Excerto exemplificativo do Programa de manutenção para o mês de Junho de 2025

Foi utilizado um código de cores para representar vários cenários, a branco encontram-se os dias úteis sem a respectiva acção de manutenção, a cinzento estão representados os dias onde as acções estão planeadas acontecerem e, por último, a verde estão representados os fins de semana.

Por outro lado, cada uma das acções tem um responsável pela sua realização. Este responsável pode então ser o electricista (E), o mecânico ou a equipa de manutenção (M), o operador (O) ou alguém vinculado à VentilAQUA (VA).

Desta forma, o responsável pela realização de cada uma destas acções, após a realização das mesmas, deve assinalar no documento que acções se encontram finalizadas.

Tal como nos documentos anteriormente referenciados, também este possui uma coluna para o código da acção de manutenção de maneira a facilitar a sua identificação.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

5.1 Conclusões

Nos dias de hoje, a sistematização de procedimentos e a manutenção possuem um papel cada vez mais importante para que as empresas, e os seus funcionários, possam não só atingir níveis de excelência na sua área de actividade mas também otimizar os recursos que possuem à sua disposição.

O objectivo principal deste projecto prende-se com a criação de ferramentas que permitam à empresa, e aos recursos humanos, uma maior sistematização de procedimentos relativa aos activos físicos constituintes de uma ETAR. Desta forma as áreas visadas, e com impacto directo destas ferramentas, são a assistência após venda e a manutenção.

Posto isto, foi desenvolvido um projecto piloto e criada documentação relativa às várias etapas de tratamento da ETAR e parâmetros relevantes a serem monitorizados. Este documento possui procedimentos e imagens para que os vários pontos relevantes possam ser facilmente identificados por colaboradores, mesmo sem experiência. Através da utilização do documento, é suposto que os colaboradores ganhem sensibilidade relativamente aos valores típicos da instalação e possam tomar medidas, ou contactar ajuda especializada, para que seja possível agilizar o processo de sistematização de procedimentos.

De seguida, foi desenvolvido um extenso plano de manutenção de todos os equipamentos presentes em cada uma das etapas de tratamento. Desta forma, será possível manter um registo das operações efectuadas aos equipamentos, com a respectiva descrição e data. A partir do plano de manutenção desenvolvido, foi criado um documento (Procedimentos de Manutenção) com as acções mais recorrentes para os mais variados equipamentos, onde se encontram identificados os EPIs, as ferramentas necessárias e o responsável por essas mesmas acções.

Em último lugar, foi criado um programa de manutenção anual e outro mensal, onde as acções contempladas no plano de manutenção se encontram distribuídas pelos respectivos meses e dias em que é suposto decorrerem.

Todos estes documentos representam uma primeira iteração e devem ser seguidos de uma adaptação e melhoria naquilo que é a abordagem PDCA, anteriormente referenciada. É esperado que através da sistematização destes procedimentos ocorra uma melhoria em factores como o aumento ciclo de vida dos equipamentos, redução de custos relativos a manutenção correctiva e a paragens provocadas por essa mesma manutenção correctiva, bem como uma melhoria da capacidade de transmissão de conhecimento para recursos humano.

Como trabalho futuro, e relativamente à documentação do Procedimento de Monitorização, deve ser feita uma avaliação crítica e regular, relativa aos parâmetros relevantes a serem monitorizados, para que essa mesma monitorização possa ser o mais abrangente possível, evitando ao máximo inconformidades provocadas pela desregulação de algum desses parâmetros.

Para a documentação relativa aos Procedimentos de Manutenção, é ideal que seja aumentado o leque de acções e equipamentos integrados nesta documentação.

No caso do Plano de Manutenção, e respectivo Programa de Manutenção, o aumento ou redução da periodicidade das acções de manutenção deve ser ajustada consoante as necessidades específicas da ETAR, para que seja dada uma maior atenção a acções que numa primeira iteração tenha sido atribuído um maior tempo entre intervenções e, por outro lado, aumentar o tempo entre intervenções para acções menos urgentes.

5.2 Perspectivas Futuras

A continuidade do projecto desenvolvido poderá passar pela aplicação de novas iterações, incluindo assim nova informação que se venha a revelar importante durante o normal funcionamento dos trabalhos, e pelo desenvolvimento de ferramentas que possam atribuir algum automatismo ao trabalho já desenvolvido. Esta ferramenta de automatização pode passar pela informatização dos registos de monitorização, bem como das acções de manutenção de maneira a auxiliar não só a sistematização dos processos, mas também o armazenamento de informação relevante para a tomada de decisões relativas ao equipamento e à infraestrutura.

Numa perspectiva futura de desenvolvimento de trabalho é, portanto, necessária uma abordagem de melhoria continua para que os processos sistematizados se encontrem o mais próximos das reais necessidades dos equipamentos/infraestrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aghalari, Z., Dahms, H. U., Sillanpää, M., Sosa-Hernandez, J. E., & Parra-Saldívar, R. (2020). Effectiveness of wastewater treatment systems in removing microbial agents: A systematic review. In *Globalization and Health* (Vol. 16, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12992-020-0546-y>
- Favarão da Silva, R., & Martha de Souza, G. F. (2020). Asset management system (ISO 55001) and Total Productive Maintenance (TPM): a discussion of interfaces for maintenance management. *Revista Gestão Da Produção Operações e Sistemas*, 15(2), 288–313. <https://doi.org/10.15675/gepros.v15i2.2528>
- Instituto Português da Qualidade. (2009a). *Guia para a implementação do sistema de gestão da manutenção (NP 4483:2009)*. Instituto Português da Qualidade. <https://www.ipq.pt>
- Instituto Português da Qualidade. (2009b). *Manutenção: Indicadores de desempenho da manutenção (KPI) (NP 15341:2009)*. <https://www.ipq.pt>
- Instituto Português da Qualidade. (2010). *Requisitos para a prestação de serviços da manutenção (NP 4492:2010)*. <https://www.ipq.pt>
- Instituto Português da Qualidade. (2015). *Sistemas de Gestão da Qualidade: Requisitos (ISO 9001:2015)*. <https://www.ipq.pt>
- Instituto Português da Qualidade. (2021). *Terminologia da manutenção (NP 13306:2021)*. <https://www.ipq.pt>
- International Standard. (2014a). *Asset management - Management systems: Guidelines for the application of ISO 55001 (ISO 55002:2014(E))*. <https://www.iso.org/>
- International Standard. (2014b). *Asset management - Management systems: Requirements (ISO 55001:2014(E))*. <https://www.iso.org/>
- International Standard. (2014c). *Asset management - Overview, principles and terminology (ISO 55000:2014)*. <https://www.iso.org/>
- Jorge Fernandes Correia, R. (2014). *Relatório de Estágio em Empresa de Manutenção Industrial* [[Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa]]. <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/4312>
- Metcalf & Eddy, George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, & H. David Stensel. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (McGraw-Hill, Ed.; 4th ed.).
- Pais, E., Raposo, H., Meireles, A., & Farinha, J. T. (2019). ISO 55001 – A Strategic Tool for the Circular Economy – Diagnosis of the Organization's State. *Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 2018(1), 89–108. <https://doi.org/10.13052/jiems2446-1822.2018.005>
- Rout, P. R., Zhang, T. C., Bhunia, P., & Surampalli, R. Y. (2021). Treatment technologies for emerging contaminants in wastewater treatment plants: A review. *Science of the Total Environment*, 753. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141990>

- Sokovic, M., Pavletic, D., KERN Pipan, K., Sokovic, M., Pavletic, D., & Kern Pipan, K. (2010). Quality Improvement Methodologies-PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. *Article in Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483. www.journalamme.org
- Sonune, A., & Ghatte, R. (2004). Developments in wastewater treatment methods. *DESALINATION A. Sonune, R. Ghatte / Desalination*, 167, 55–63. <https://doi.org/10.1016/3.desal.2004.06.113>
- The Institute of Asset Management. (2015). *An Anatomy of Asset Management Asset Management - an anatomy* (Version 3). https://theiam.org/media/1486/iam_anatomy_ver3_web-3.pdf

ANEXOS

Anexo A – Documentação Descritiva de Processo e Etapas de Monitorização da ETAR



Procedimento de Monitorização da ETAR (Cliente XX)

1- Recolha de amostras das etapas mais relevantes do processo de tratamento do efluente (Homogeneização Primária, Homogeneização Total, SBR1 e 2 e Saída Final) seguida da leitura dos valores das variáveis relevantes (pH, Conductividade, Temperatura, Cloretos, Nitratos e Nitritos). A leitura de valores permite uma monitorização imediata e rápida do funcionamento geral da ETAR, enquanto que a recolha de amostras irá permitir uma análise mais profunda do funcionamento da ETAR através de parâmetros como CQO, CBO, Azoto Total, Fósforo Total, etc.



Figura 1 - Amostras recolhidas nas diferentes etapas para avaliação da eficiência do tratamento

Tabela 1 - Valores recolhidos, *in situ*, relativamente às variáveis monitorizadas nas assistências

	pH	Conductividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Cl^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)
Homogeneização Primária						
Homogeneização Total						
SBR1						
SBR2						
Saída						



2- Limpeza do eléctrodo da sonda de pH recorrendo a uma solução ácida, vinagre de limpeza p.e., removendo resíduos do efluente que se tenham agregado à mesma. Posteriormente a sonda é colocada numa solução padrão de 7,01 (Offset) e numa solução padrão de 4,01 (Slope), onde a calibração da sonda é efectuada. Por último, é removida a pilha da sonda de pH e averiguada a sua bateria, utilizando um multímetro, para que o bom funcionamento do sistema seja garantido.



Figura 2 – Sonda de pH mergulhada em água para limpeza e soluções de calibração (à esquerda) e controlador conectado à sonda de pH onde é efectuada a calibração do equipamento (à direita)

Tabela 2 - Dados relativos à limpeza, calibração e pilha da sonda de pH

Limpeza da sonda de pH		
Offset		Solução padrão = 7,01
Slope		Solução padrão = 4,01
Pilha		VDC

3- É efectuada uma recolha do licor misto do SBR1 e do SBR2 para averiguação do volume das lamas biológicas e da respectiva capacidade de sedimentação. A hora do ciclo dos reactores biológicos é registada para a identificação da etapa (enchimento, arejamento, desnitrificação e descarga) que se encontra em curso no momento da visita.



Figura 3 – Cones Imhoff no início da análise do V30 (à esquerda), Cones Imhoff no final da análise do V30 (à direita)

Tabela 3 - Valores de V30 e Horas do ciclo para o SBR1 e SBR2

	SBR1	SBR2	Unidades
V30			mL/L
Hora de ciclo			Horas

4- A recolha dos valores, do volume de água, dos caudalímetros de entrada e saída, possui grande importância para que exista um registo da água tratada na ETAR mensalmente.



Figura 4 – Caudalímetro à entrada da ETAR (à esquerda), caudalímetro à saída da ETAR (à direita)

Tabela 4 - Valores dos Totalizadores à entrada e Saída da ETAR

	Valor	Unidades
VAMEF		m ³
Saída		m ³

5- Para que o bom funcionamento do tratamento físico-químico seja garantido, é necessário controlar e monitorizar os parâmetros da recirculação uma vez que esta possui um papel central na flotação dos sólidos presentes no flotador.



Figura 5 - Caudalímetro da entrada de ar comprimido na recirculação e manómetros para a medição da pressão antes e depois do Venturi (à esquerda), caudalímetro da entrada de efluente recirculado no equipamento VAMEF

Tabela 5 - Parâmetros da recirculação do VAMEF

	Valor	Unidades
Caudal de entrada		m ³ /h
Caudal de recirculação		m ³ /h
Caudal de ar		LPM
Pressão antes do Venturi		bar
Pressão depois do Venturi		bar

6- Por último, e com o objectivo de criar um registo da quantidade de produto químico utilizado ao longo do tempo, é efectuado o registo dos valores da regulação das bombas doseadoras.



Figura 5 - Caudalímetro da entrada de ar comprimido na recirculação e manómetros para a medição da pressão antes e depois do Venturi (à esquerda), caudalímetro da entrada de efluente recirculado no equipamento VAMEF

Tabela 5 - Parâmetros da recirculação do VAMEF

	Valor	Unidades
Caudal de entrada		m ³ /h
Caudal de recirculação		m ³ /h
Caudal de ar		LPM
Pressão antes do Venturi		bar
Pressão depois do Venturi		bar

6- Por último, e com o objectivo de criar um registo da quantidade de produto químico utilizado ao longo do tempo, é efectuado o registo dos valores da regulação das bombas doseadoras.



Figura 6 – Bombas doseadora utilizadas na ETAR para doseamento auxiliar de produtos químicos (à esquerda), regulação de bomba doseadora (à direita)

Tabela 6 - Regulação das bombas doseadoras


Bombas doseadoras	Speed (%)
Soda	
Coagulante	
Floculante VAMEF	
Sais Nutritivos	
Ácido Fosfórico	
Floculante Lamas	



Tabela 7 - Tabela de ações de manutenção

Data da ação	Equipamento intervencionado	Tipo de reparação	Estado	Data de paragem	Data de arranque	Técnico

Anexo B – Plano de Manutenção




Plano de manutenção (Cliente XX)

Tabela 1 - Plano de manutenção para os equipamentos da gradagem

		Ação	D	S	M	TM	SM	A	B	T	#	
Gradagem	Parafuso compactador	Verificação do correcto transporte da matéria	X								1.1.1	
		Verificação da presença de possíveis fugas de óleo	X									1.1.2
		Verificação do funcionamento do botão de paragem de emergência		X								1.1.3
		Verificação da presença de fugas de óleo do motor da engrenagem		X								1.1.4
		Manutenção do motor da engrenagem				X						1.1.5
		Limpeza geral do equipamento				X						1.1.6
		Verificação do estado do fundo deslizante				X						1.1.7
		Verificação do estado do parafuso				X						1.1.8
		Abertura para limpeza sem fim para evitar que os detritos sólidos possam danificar a equipamento						X				1.1.9
		Verificação dos rolamentos do motor do sem fim						X				1.1.10
		Verificação das bobinas do motor do sem fim							X			1.1.11
	Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos			X							1.2.1
		Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)					X					1.2.2
		Verificação dos rotores (centrífuga)						X				1.2.3
		Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)								X		1.2.4
Filtro do parafuso	Verificação do correcto descartamento do material filtrado	X									1.3.1	
	Verificação do estado de limpeza da superfície filtrante	X									1.3.2	
	Verificação de possíveis fugas de óleo	X									1.3.3	
	Verificação do funcionamento do botão de paragem de emergência		X								1.3.4	
	Verificação da presença de fugas de óleo do motor da engrenagem		X								1.3.5	

1





		Manutenção do motor da engrenagem				X					1.3.6
		Limpeza geral do equipamento				X					1.3.7
		Verificação do estado das barras planas aplicadas				X					1.3.8
		Verificação do estado das escovas				X					1.3.9



Tabela 2 - Plano de manutenção para os equipamentos na Homogeneização

		Acção	D	S	M	TM	SM	A	B	T	#
Homogeneização Primária e Total	Misturadores	Verificação do normal funcionamento dos misturadores para identificação de possíveis entupimentos			X						2.1.1
		Verificação estado do óleo					X				2.1.2
		Verificação estado dos suportes dos equipamentos					X				2.1.3
		Limpeza para remoção de corpos filamentosos/gorduras					X				2.1.4
		Inspecção estado geral						X			2.1.5
		Verificação do isolamento das bombas						X			2.1.6
		Verificação do estado dos cabos eléctricos						X			2.1.7
		Verificação do nível de desgaste dos rotores						X			2.1.8
		Verificação de partes externas das bombas (apertar parafusos e porcas, substituição de partes desgastadas ou danificadas)						X			2.1.9
		Substituição do óleo							X		2.1.10
		Revisão geral da bomba							X		2.1.11
		Substituição dos empanques e rolamentos dos misturadores							X		2.1.12
Tubagem	Verificação das condições gerais da tubagem			X						2.2.1	
	Limpeza da tubagem com produto de teor ácido				X					2.2.2	
	Verificação da tubagem para detecção de entupimentos				X					2.2.3	
Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos			X						2.3.1	
	Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)					X				2.3.2	
	Verificação dos rotores (bombas centrífugas)						X			2.3.3	
	Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)							X		2.3.4	
Nível hidrostático	Verificação visual do nível do tanque relativamente ao valor do sinóptico	X								2.4.1	
	Verificação estado de conservação, limpeza e funcionamento					X				2.4.2	



	Boias de nível	Verificação estado de conservação, limpeza e funcionamento					X				2.5.1
--	----------------	--	--	--	--	--	---	--	--	--	-------

Tabela 3 - Plano de manutenção para os equipamentos no VAMEF

		Ação	D	S	M	TM	SM	A	B	T	#		
VAMEF	Bombas	Verificação do funcionamento da bomba pneumática de lamas e actuação do respectivo nível do depósito de transfega	X									3.1.1	
		Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos			X								3.1.2
		Limpeza do caudalímetro segundo o manual do fornecedor					X						3.1.3
		Lubrificação chumaceira/selo mecânico (centrífugas)					X						3.1.4
		Limpeza esferas (bomba pneumática)					X						3.1.5
		Limpeza silenciador (bomba pneumática)					X						3.1.6
		Verificação dos rotores (bombas centrífugas)						X					3.1.7
		Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)								X			3.1.8
	Tubagem	Verificação das condições gerais da tubagem			X								3.2.1
		Limpeza da tubagem com produto de teor ácido				X							3.2.2
		Verificação da tubagem para detecção de entupimentos				X							3.2.3
	Raspador	Verificação do funcionamento das telas, correias e cremalheira	X										3.3.1
		Lubrificar rolamentos e corrente				X							3.3.2
		Limpar rolamentos e corrente				X							3.3.3
		Verificação do estado geral das borrachas do raspador					X						3.3.4
		Lubrificação/remoção de excesso de lubrificação dos rolamentos e do eixo de transmissão					X						3.3.5
		Inspecção visual do motor					X						3.3.6
		Troca de borracha do raspador						X					3.3.7
		Limpeza ou troca dos parafusos							X				3.3.8
		Troca dos anéis de vedação do eixo a cada mudança de óleo							X				3.3.9
Inspecção geral do motor										X		3.3.10	



Sonda de pH	Limpeza da sonda de pH	X												3.4.1
	Troca da sonda de pH colocada no reactor pela sonda em reserva colocada em solução KCl		X											3.4.2
	Verificação e calibração da sonda			X										3.4.3
	Calibração da sonda			X										3.4.4
	Verificação do estado do eléctrodo e cabo			X										3.4.5
Sistema de recirculação	Verificação do bom funcionamento do caudalímetro de recirculação	X												3.5.1
	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos	X												3.5.2
	Verificação do caudalímetro de ar	X												3.5.3
	Verificar o valor das pressões da recirculação (antes e depois do Venturi)	X												3.5.4
	Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)							X						3.5.5
	Limpeza do caudalímetro segundo o manual do fornecedor							X						3.5.6
	Verificação dos rotores (bomba centrífuga)								X					3.5.7
	Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bomba centrífuga)									X				3.5.8
Flotador	Verificação da câmara de flotação	X												3.6.1
	Drenagem e limpeza do flotador						X							3.6.2
Reactor	Verificação da reacção	X												3.7.1
	Drenagem parcial para evitar acumulação de lamas			X										3.7.2
Agitador do reactor	Limpeza do agitador e verificação do estado do rolamento							X						3.8.1
	Inspeção visual do motor							X						3.8.2
	Lubrificação/remoção de excesso de lubrificação dos rolamentos e do eixo de transmissão							X						3.8.3



		Verificação do óleo dos agitadores							X		3.8.4
		Limpeza ou troca dos parafusos							X		3.8.5
		Troca dos anéis de vedação do eixo a cada mudança de óleo							X		3.8.6
		Inspecção geral do motor								X	3.8.7
	Câmara de água tratada	Drenagem parcial para evitar acumulação de lamas			X						3.9.1



Tabela 4 - Plano de manutenção para os equipamentos nos SBRs

		Acção	D	S	M	TM	SM	A	B	T	#	
SBR	Sopradores	Verificação das pressões dos manómetros	X								4.1.1	
		Verificação do bom funcionamento dos sopradores dos SBR	X									4.1.2
		Limpeza dos filtros de aspiração dos sopradores		X								4.1.3
		Controlo periódico de parâmetros operacionais do equipamento (temperatura do caudal, pressão e/ou vácuo, vibrações consumo da corrente do motor)		X								4.1.4
		Limpeza dos depósitos de pó na superfície do equipamento		X								4.1.5
		Limpeza da grelha do motor			X							4.1.6
		Limpeza filtro cartucho			X							4.1.7
		Verificação estado do material isolante do silenciador						X				4.1.8
		Substituição filtro cartucho								X		4.1.9
		Substituição dos rolamentos dos sopradores									X	4.1.10
	Nível hidrostático	Verificação visual do nível do tanque relativamente ao valor do sinóptico	X									4.2.1
		Verificação estado de conservação, limpeza e funcionamento					X					4.2.2
	Rede difusora	Purga de condensados de rede difusora			X							4.3.1
	Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos			X							4.4.1
		Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)					X					4.4.2
		Verificação dos rotores (bombas centrífugas)						X				4.4.3
		Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)							X			4.4.4
	Tubagem	Verificação das condições gerais da tubagem			X							4.5.1
		Limpeza da tubagem com produto de teor ácido				X						4.5.2
		Verificação da tubagem para detecção de entupimentos				X						4.5.3



Tabela 5 - Plano de manutenção para os equipamentos no Tanque de saída

		Acção	D	S	M	TM	SM	A	B	T	#
Tanque de saída	Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos			X						5.1.1
		Limpeza do caudalímetro segundo o manual do fornecedor					X				5.1.2
		Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)					X				5.1.3
		Verificação dos rotores (bombas centrífugas)						X			5.1.4
		Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)							X		5.1.5
Tubagem		Verificação das condições gerais da tubagem			X						5.2.1
		Limpeza da tubagem com produto de teor ácido				X					5.2.2
		Verificação da tubagem para detecção de entupimentos				X					5.2.3



Tabela 6 - Plano de manutenção para os equipamentos no Espessador e no Parafuso de lamas

		Ação	D	S	M	TM	SM	A	B	T	#	
Espessador/ Parafuso de lamas	Soprador	Verificação do bom funcionamento do soprador do tanque de lamas	X								6.1.1	
		Limpeza dos filtros de aspiração dos sopradores		X								6.1.2
		Controlo periódico de parâmetros operacionais do equipamento (temperatura do caudal, pressão e/ou vácuo, vibrações consumo da corrente do motor)		X								6.1.3
		Limpeza dos depósitos de pó na superfície do equipamento		X								6.1.4
		Limpeza da grelha do motor			X							6.1.5
		Limpeza filtro cartucho			X							6.1.6
		Verificação estado do material isolante do silenciador						X				6.1.7
		Substituição filtro cartucho								X		6.1.8
		Substituição dos rolamentos dos sopradores									X	6.1.9
	Rede difusora	Purga de condensados de rede difusora			X							6.2.1
	Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos			X							6.3.1
		Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)						X				6.3.2
		Verificação dos rotores (bombas centrífuga)							X			6.3.3
		Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)								X		6.3.4
	Boias de nível	Verificação estado de conservação, limpeza e funcionamento						X				6.4.1
	Tubagem	Verificação das condições gerais da tubagem			X							6.5.1
		Limpeza da tubagem com produto de teor ácido				X						6.5.2
		Verificação da tubagem para detecção de entupimentos				X						6.5.3
	Centrífuga Decantadora	Verificação do bom funcionamento da centrífuga e da boa desidratação de lamas	X									6.6.1
		Verificação do alarme de temperatura dos sem-fim	X									6.6.2
Lubrificação do parafuso interior e exterior (bowl)					X						6.6.3	



		Substituição dos rolamentos e vedantes da centrífuga								X		6.6.4
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	-------

Tabela 7 - Plano de manutenção para outros equipamentos

		Ação	D	S	M	TM	SM	A	B	T	#	
Outros Equipamentos	Depósitos químicos	Verificação do nível dos produtos químicos	X								7.1.1	
		Verificação e limpeza de injectores e chupadores dos produtos químicos			X							7.1.2
		Verificação e limpeza dos depósitos de produtos químicos					X					7.1.3
		Verificação e limpeza da tubagem dos produtos químicos					X					7.1.4
		Verificação e limpeza das sondas de nível mínimo					X					7.1.5
	Quadro eléctrico	Reaperto contactos eléctricos						X				7.2.1
		Aplicação spray anti-corrosão						X				7.2.2
		Limpeza geral do quadro						X				7.2.3
	Preparadores automáticos de floculante	Verificação da superfície da sonda de nível	X									7.3.1
		Verificação de fugas no depósito	X									7.3.2
		Verificação de deformações evidentes	X									7.3.3
		Limpeza da superfície da sonda de nível		X								7.3.4
		Apreciação geral do motor do doseador		X								7.3.5
		Apreciação geral do motor do agitador		X								7.3.6
		Verificar obstruções no rotâmetro dispersor			X							7.3.7
Limpeza de grumos nas paredes do copo doseador				X							7.3.8	
Verificação da anilha de fixação do motor do doseador				X							7.3.9	
Verificação da anilha de fixação do motor do agitador				X							7.3.10	
Verificação da presença de fugas de óleo no motor do agitador				X							7.3.11	
Fixação das hélices do motor do agitador						X					7.3.12	
Limpeza dos agitadores dos preparadores/depósitos de floculante e verificação do estado do rolamento							X				7.3.13	




	Verificação do óleo dos agitadores dos preparadores/depósitos de floculante						X			7.3.14
Compressor	Verificação tensão correias			X						7.4.1
	Limpeza do filtro de aspiração				X					7.4.2
	Substituição óleo					X				7.4.3
	Substituição filtro do ar									7.4.4
	Substituição da correia de transmissão									7.4.5
	Substituição válvula de retenção									7.4.6
	Substituição da placa das válvulas									7.4.7
	Substituição do manómetro									7.4.8
	Substituição válvulas de segurança									7.4.9
	Substituição da torneira de descarga do depósito									7.4.10
Bombas doseadoras de produtos químicos	Verificação da fixação dos parafusos na cabeça da doseadora				X					7.5.1
	Verificação das tubagens de doseamento (chupador/injector)				X					7.5.2
	Verificação da fixação do chupador e do injector				X					7.5.3
	Controlo da existência de humidade no orifício de fugas da cabeça da doseadora				X					7.5.4
	Verificação estado funcionamento – funcionamento em contínuo				X					7.5.5
	Verificação do estado do diafragma				X					7.5.6
	Verificação da vedação da cabeça da bomba				X					7.5.7
	Verificação apertos dos parafusos da cabeça				X					7.5.8
	Limpeza da tubagem recorrendo a água						X			7.5.9
Electroválvulas	Verificação do funcionamento da electroválvula de limpeza	X								7.6.1
	Verificação do funcionamento da válvula de purga de lamas	X								7.6.2
	Purga regular da humidade do ar acumulada no compressor	X								7.6.3



		Verificação dos vedantes							X			7.6.4
--	--	--------------------------	--	--	--	--	--	--	---	--	--	-------

Anexo C – Procedimentos de Manutenção

 Procedimentos de Manutenção (Cliente XX)					
Descrição	Equipamento	EPIs	Ferramentas	A efectuar por:	Código da acção
Caudalímetros		- Óculos de protecção; - Máscara de protecção; - Luvas de nitrilo;	- Chave de canos; - Líquido de limpeza (ácido, soda, água); - Esfregão;	Operador	3.1.3 3.5.6 5.1.2
Sondas		- Luvas de nitrilo;	- Vinagre de limpeza; - Escova;	Operador	3.4.1
Filtros de sopradores		- Luvas de nylon;	- Ar comprimido;	Operador	4.1.7 6.1.6
Depósitos de produtos químicos		- Luvas de nitrilo; - Óculos de protecção;	- Líquido de limpeza (água);	Operador	7.1.3
Tubagem		- Luvas nylon/nitrilo;	- Chave de canos;	Operador	2.2.2 3.2.2 4.5.2 6.5.2
Injector		- Luvas de nitrilo;	- Chave inglesa;	Operador	7.1.2
Chupador		- Luvas de nitrilo;	- Chave inglesa;	Operador	7.1.2
Centrífuga		- Luvas de nitrilo;	- Chave de canos; - Chave inglesa; - Chave de estrela; - Chave de fendas;	Operador	6.6.1
Bombas		- Luvas nylon/nitrilo; - Óculos de protecção;	- Chave de canos; - Chave inglesa; - Chave de estrela; - Chave de fendas;	Operador	1.2.1 2.3.1 3.1.2 4.4.1 5.1.1 6.3.1
Sopradores		- Luvas de nylon;	- Chave inglesa;	Operador	4.1.2 6.1.1



Programa de manutenção anual (Cliente XX)


Equipamento		Acção	2025												Observações	A efectuar por	#
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez			
Gradagem	Parafuso compactador	Manutenção do motor da engrenagem			TM			TM			TM			TM		Mecânico/Equip a de manutenção	1.1.5
		Limpeza geral do equipamento			TM			TM			TM			TM		Operador	1.1.6
		Verificação do estado do fundo deslizante			TM			TM			TM			TM			1.1.7
		Verificação do estado do parafuso			TM			TM			TM			TM			1.1.8
		Abertura para limpeza sem fim para evitar que os detritos sólidos possam danificar a equipamento									A						1.1.9
		Verificação dos rolamentos do motor do sem fim									A					Mecânico/Equip a de manutenção	1.1.10
		Verificação das bobinas do motor do sem fim									A					Electricista	1.1.11
	Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		Operador	1.2.1
		Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)			SM						SM				Semestral ou às 500 horas	Mecânico/Equip a de manutenção	1.2.2
		Verificação dos rotores (bombas centrífuga)									A						1.2.3
		Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífuga)									B*						1.2.4
Filtro do parafuso	Manutenção do motor da engrenagem			TM			TM			TM			TM		Mecânico/Equip a de manutenção	1.3.6	
	Limpeza geral do equipamento			TM			TM			TM			TM		Operador	1.3.7	

VENTIL
AQUA

12




		Verificação do estado das barras planas aplicadas			TM			TM			TM			TM				1.3.8		
		Verificação do estado das escovas			TM			TM			TM			TM				1.3.9		
Homogeneização Primária e Total	Misturadores	Verificação do bom funcionamento dos misturadores para identificação de possíveis entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				Operador	2.1.1	
		Verificação estado do óleo			SM						SM								Operador	2.1.2
		Verificação estado dos suportes dos equipamentos			SM						SM								Operador	2.1.3
		Limpeza para remoção de corpos filamentosos/gorduras			SM						SM								Operador	2.1.4
		Inspecção estado geral									A				Annual ou às 2000 horas			Mecânico/Equip a de manutenção	2.1.5	
		Verificação do isolamento das bombas									A								Mecânico/Equip a de manutenção	2.1.6
		Verificação do estado dos cabos eléctricos									A								Operador	2.1.7
		Verificação do nível de desgaste dos rotores									A								Mecânico/Equip a de manutenção	2.1.8
		Verificação de partes externas das bombas (apertar parafusos e porcas, substituição de partes desgastadas ou danificadas)									A								Mecânico/Equip a de manutenção	2.1.9
		Substituição do óleo			B*														Mecânico/Equip a de manutenção	2.1.10
		Revisão geral da bomba			B*														Mecânico/Equip a de manutenção	2.1.11
		Substituição dos empanques e rolamentos dos misturadores			B*														Mecânico/Equip a de manutenção	2.1.12
	Tubagem		Verificação da tubagem para detecção de entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M					Operador	2.2.1




		Limpeza da tubagem com produto de teor ácido			TM			TM			TM			TM				2.2.2	
		Verificação das condições gerais da tubagem			TM			TM			TM			TM					2.2.3
	Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			Operador	2.3.1
		Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)			SM						SM					Semestral ou às 500 horas		Mecânico/Equip a de manutenção	2.3.2
		Verificação dos rotores (centrífuga)									A								2.3.3
		Verificar manual para rolamentos, empanques e rebobinar bombas (centrífuga)									B*								2.3.4
	Nível hidrostático	Verificação estado de conservação, limpeza e funcionamento			SM						SM							Operador	2.4.2
	Bóias de nível	Verificação estado de conservação, limpeza e funcionamento			SM						SM							Operador	2.5.1
	VAMEF	Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			Operador	3.1.2
			Limpeza do caudalímetro segundo o manual do fornecedor						SM						SM				
Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)					SM						SM				Semestral ou às 500 horas		Mecânico/Equip a de manutenção	3.1.4	
Limpeza esferas (bomba pneumática)					SM						SM							Operador	3.1.5
Limpeza silenciador (bomba pneumática)					SM						SM								3.1.6
Verificação dos rotores (bombas centrífugas)											A							Mecânico/Equip a de manutenção	3.1.7
Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)											B*								3.1.8



Tubagem	Verificação da tubagem para detecção de entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			Operador	3.2.1
	Limpeza da tubagem com produto de teor ácido			TM			TM			TM			TM			Operador	3.2.2
	Verificação das condições gerais da tubagem			TM			TM			TM			TM			Operador	3.2.3
Raspador	Lubrificar rolamentos e corrente			TM			TM			TM			TM			Operador	3.3.2
	Limpar rolamentos e corrente			TM			TM			TM			TM			Operador	3.3.3
	Verificação do estado geral das borrachas do raspador						SM						SM			Operador	3.3.4
	Lubrificação/remoção de excesso de lubrificação dos rolamentos e do eixo de transmissão						SM						SM			Operador	3.3.5
	Inspeção visual do motor						SM						SM			Operador	3.3.6
	Troca de borracha do raspador													A		Operador	3.3.7
	Limpeza ou troca dos parafusos													B*	Bienal ou às 10000 horas	Operador	3.3.8




	Troca dos anéis de vedação do eixo a cada mudança de óleo																		B*	Bienal ou às 10000 horas	Mecânico/Equip a de manutenção	3.3.9	
	Inspeção geral do motor																		T**			3.3.10	
Sonda de pH	Verificação e calibração da sonda	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M								3.4.3	
	Calibração da sonda	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M								3.4.4	
	Verificação do estado do eléctrodo e cabo	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M								3.4.5	
Sistema de Recirculação	Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)				SM														SM		Semestral ou às 500 horas	Mecânico/Equip a de manutenção	3.5.5
	Limpeza do caudalímetro segundo o manual do fornecedor				SM														SM			Operador	3.5.6
	Verificação dos rotores (centrífuga)																		A			Mecânico/Equip a de manutenção	3.5.7
	Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bomba centrífuga)																		B*			Mecânico/Equip a de manutenção	3.5.8
Flotador	Drenagem e limpeza do flotador								SM													Operador	3.6.2
Reactor	Drenagem parcial para evitar acumulação de lamas	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M								Operador	3.7.2



Tânque de saída	Rede difusora	Purga de condensados de rede difusora	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Operador	4.2.1	
	Nível hidrostático	Verificação estado de conservação, limpeza e funcionamento			SM							SM						Operador	4.3.2	
	Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			Operador	4.4.1	
		Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)			SM								SM			Semestral ou às 500 horas		Mecânico/Equip a de manutenção	4.4.2	
		Verificação dos rotores (centrífuga)											A						4.4.3	
		Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)											B*						4.4.4	
	Tubagem	Verificação da tubagem para detecção de entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				4.5.1	
		Limpeza da tubagem com produto de teor ácido			TM			TM			TM			TM					Operador	4.5.2
		Verificação da tubagem para detecção de entupimentos			TM			TM			TM			TM						4.5.3
	Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				Operador	5.1.1
Limpeza do caudalímetro segundo o manual do fornecedor							SM							SM					5.1.2	
Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)							SM							SM	Semestral ou às 500 horas		Mecânico/Equip a de manutenção	5.1.3		
Verificação dos rotores (centrífuga)												A							5.1.4	



Tubagem	Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)										B*							5.1.5	
	Verificação das condições gerais da tubagem	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				5.2.1	
	Limpeza da tubagem com produto de teor ácido			TM						TM				TM				Operador	5.2.2
	Verificação da tubagem para detecção de entupimentos			TM						TM				TM				Operador	5.2.3
Soprador	Limpeza da grelha do motor	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				Operador	6.1.5
	Limpeza filtro cartucho	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				Operador	6.1.6
	Verificação estado do material isolante do silenciador			SM							SM							Mecânico/Equip a de manutenção	6.1.7
	Substituição filtro cartucho									B*					20000 horas			Operador	6.1.8
	Substituição dos rolamentos dos sopradores									T**					25000 horas ou três anos			Mecânico/Equip a de manutenção	6.1.9
Rede difusora	Purga de condensados de rede difusora	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				Operador	6.2.1	
Bombas	Verificação do bom funcionamento das bombas para identificação de possíveis entupimentos	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				Operador	6.3.1	
	Lubrificação chumaceira/selo mecânico (bombas centrífugas)			SM							SM				Semestral ou às 500 horas			Mecânico/Equip a de manutenção	6.3.2
	Verificação dos rotores (centrífuga)										A							Mecânico/Equip a de manutenção	6.3.3
	Substituição de rolamentos, empanques e rebobinar bombas (bombas centrífugas)										B*							Mecânico/Equip a de manutenção	6.3.4



Outros Equipamentos	Boias de nível	Verificação estado de conservação, limpeza e funcionamento											SM	SM	Operador	6.4.1													
	Tubagem	Verificação da tubagem para detecção de entupimentos											M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Operador	6.5.1		
		Limpeza da tubagem com produto de teor ácido													TM			TM			TM			TM			Operador	6.5.2	
		Verificação das condições gerais da tubagem													TM			TM			TM			TM			Operador	6.5.3	
	Centrífuga decantadora	Lubrificação do parafuso interior e exterior (bowl)													TM			TM			TM			TM			Operador	6.6.3	
		Substituição dos rolamentos e vedantes da centrífuga														B*											Mecânico/Equip a de manutenção	6.6.4	
	Depósitos químicos	Verificação e limpeza de injectores e chupadores dos produtos químicos											M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Operador	7.1.2		
		Verificação e limpeza dos depósitos de produtos químicos																SM							SM			Operador	7.1.3
		Verificação e limpeza da tubagem dos produtos químicos																SM							SM			Operador	7.1.4
		Verificação e limpeza das sondas de nível mínimo																SM							SM			Operador	7.1.5
Quadro eléctrico	Reaperto contactos eléctricos																A									Electricista	7.2.1		
	Aplicação spray anti-corrosão																A									Electricista	7.2.2		
	Limpeza geral do quadro																A									Electricista	7.2.3		
Preparadores automáticos de floculante	Verificar obstruções no rotâmetro dispersor											M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Operador	7.3.7			
	Limpeza de grumos nas paredes do copo doseador											M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Operador	7.3.8			



Compressor	Verificação da anilha de fixação do motor do doseador	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				7.3.9
	Verificação da anilha de fixação do motor do agitador	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				7.3.10
	Verificação da presença de fugas de óleo no motor do agitador	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M				7.3.11
	Fixação das hélices do motor do agitador						SM							SM			7.3.12
	Limpeza dos agitadores dos preparadores/depósitos de floculante e verificação do estado do rolamento						SM							SM			7.3.13
	Verificação do óleo dos agitadores dos preparadores/depósitos de floculante													A	Substituição quando houver necessidade	Mecânico/Equip a de manutenção	7.3.14
	Verificação tensão correias	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			Operador	7.4.1
	Limpeza do filtro de aspiração			TM			TM			TM				TM			7.4.2
	Substituição óleo			SM						SM					On 300 horas	Mecânico/Equip a de manutenção	7.4.3
	Substituição filtro do ar																7.4.4
	Substituição da correia de transmissão													600 horas	Necessidad e de substituição determinad a mediante o nível de desgaste verificado na avaliação periódica	Mecânico/Equip a de manutenção	7.4.5
	Substituição válvula de retenção																7.4.6
	Substituição da placa das válvulas													600 horas			7.4.7
	Substituição do manómetro																7.4.8
Substituição válvulas de segurança																7.4.9	



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra