



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Lilian Heeren Raschle

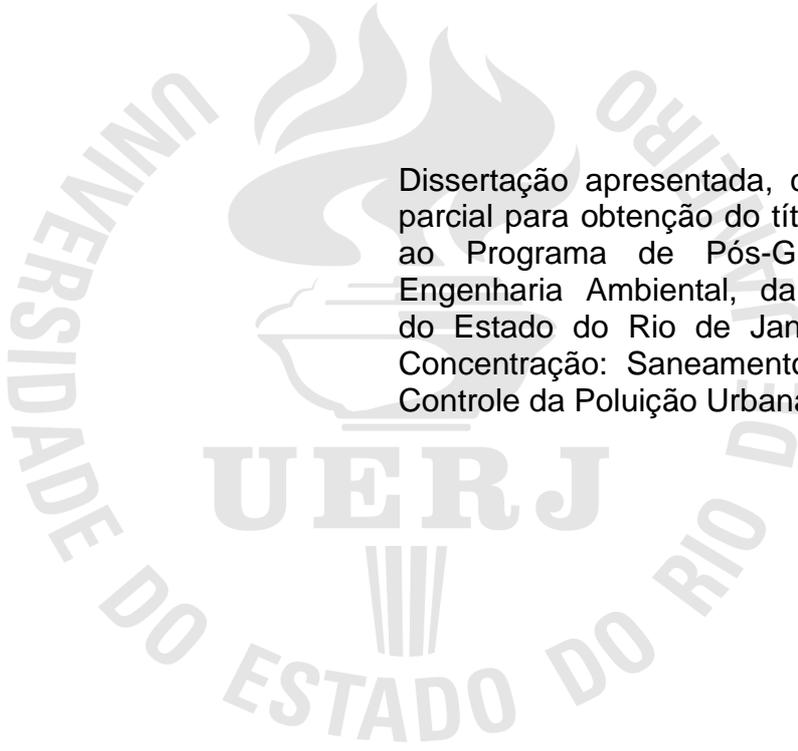
**Avaliação de desempenho para estações de tratamento de
efluentes industriais**

Rio de Janeiro

2013

Lilian Heeren Raschle

**Avaliação de desempenho para estações de tratamento
de efluentes industriais**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Gandhi Giordano

Coorientador: Prof. Dr. Olavo Barbosa Filho

Rio de Janeiro

2013

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

R223 Raschle, Lilian Heeren.
Avaliação de desempenho para estações de
tratamento de efluentes industriais / Lilian Heeren
Raschle. - 2013.
199 f.

Orientador: . Gandhi Gandhi.
Coorientador: Olavo Barbosa Filho.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do
Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Ambiental. 2. Resíduos industriais -
Aspectos ambientais – Dissertações. I. Giordano,
Norberto. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
III. Título.

CDU 628.54

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial
desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Lilian Heeren Raschle

**Avaliação de desempenho para estações de tratamento
de efluentes industriais**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovada em: 12 de abril de 2013.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Gandhi Giordano (Orientador)
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Olavo Barbosa Filho (Coorientador)
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof^a. Dr^a. Débora Cynamon Kligerman
Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ

Rio de Janeiro

2013

DEDICATÓRIA

*À minha família, que me apoia em todos os momentos.
Em especial a minha mãe que sempre demonstra ser uma grande guerreira.*

AGRADECIMENTOS

À Mãe Gaia que por mais que sofra por causa de nós, sempre se recompõe de um jeito ou de outro.

Ao Santo Francisco de Assis, pois tenho uma profunda admiração pela sua trajetória.

À minha avó Ruth e avô Leopoldo por terem sido pessoas grandiosas. Saudades eternas.

À minha grande família que sempre me apoia em todos os momentos. Mãe, pai, irmã, tios, tias, primas e primos, amo muito vocês.

Ao meu amor Eduardo Snel Vianna pela compreensão e carinho que foram fundamentais nessa trajetória.

Ao prof. Gandhi Giordano a quem sou eternamente grata. Além de ser absurdamente competente no seu trabalho é um ótimo professor, pesquisador e, principalmente, um grandioso ser humano. Obrigada pelas várias oportunidades que o senhor me concedeu, espero retribuí-las com muita competência e seriedade no meu trabalho.

Ao Prof. Olavo Barbosa Filho pelo apoio na realização deste trabalho, colaboração e paciência. Muito obrigada.

Ao meu professor e grande amigo Luiz Prado pelos grandes ensinamentos e reflexões. Devo muito do que sei de meio ambiente a você, muito obrigada!

Ao pessoal da TECMA que sempre me acolheu muito bem.

À Mônica Medeiros pelos ensinamentos que servirão para a minha caminhada profissional e por ser uma grande amiga.

Ao pessoal da chefia e gerência da SMAC, Magda, Vera, Sérgio, Vito, Marcos e Marilene, que me acolheu com muito carinho.

Aos queridos amigos Sílvia, Carol, Gustavo, Rodrigo S., Mariana, Patrícia, Rodrigo M., Jéssica, Bruno e Felipe por sempre alegrarem o ambiente de trabalho!

Aos meus amigos queridos do mestrado Nathalie, Iara, Érica, Rafael, Catharina e Brenda, vocês são demais!

Aos queridos professores do PEAMB.

Aos meus amigos do Colégio Cruzeiro, UFRJ e UNIRIO que, apesar de não vê-los rotineiramente, estarão sempre no meu coração.

Nós só conseguimos alcançar os nossos objetivos com muito trabalho, muita dedicação e, principalmente, muito amor. (Sílvia Maria – Minha grande professora de matemática).

RESUMO

RASCHLE, Lilian Heeren. **Avaliação de desempenho para estações de tratamento de efluentes industriais**. 2013. 199f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

O processo produtivo industrial pode gerar uma grande quantidade de efluentes líquidos. Esses efluentes, quando não tratados, podem poluir o solo e a água, podendo causar grande impacto ambiental. Nesse sentido é imprescindível que todas as indústrias que geram efluentes líquidos possuam uma estação de tratamento. Porém, para que a estação esteja permanentemente funcionando de acordo com seu objetivo, essa deve ser rotineiramente avaliada. Dessa forma, a avaliação de desempenho para Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI) se torna uma ferramenta importante para a manutenção da eficiência da estação, pois se justifica por procurar pontos vulneráveis da planta de tratamento fornecendo os subsídios necessários à elaboração do diagnóstico e projetos de adequação dos sistemas, permitindo que os efluentes tratados fiquem em conformidade com as exigências estabelecidas pela legislação ambiental. Neste trabalho, foi elaborada uma proposta metodológica, formada por um roteiro, composto por níveis de questionamentos, que auxilia o avaliador na análise de desempenho da ETEI. Complementando esse roteiro foram elaboradas algumas listas de verificação que contribuem para guiar o avaliador em suas análises. Na elaboração das listas, manuais desenvolvidos em diversos países foram considerados. As listas de verificação incluem perguntas para a avaliação dos dados gerais da indústria, para seu Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e para alguns sistemas e unidades operacionais da estação de tratamento. Para exemplificar um dos níveis de questionamento do roteiro foi incluído um estudo de caso, no qual o afluente e o efluente de uma indústria mineradora foram avaliados através da técnica estatística multivariada Análise de Componentes Principais (ACP), para demonstração do desempenho da estação de tratamento. O resultado da avaliação realizada demonstrou um bom desempenho da ETEI em tratar os efluentes líquidos. Espera-se, portanto, que este trabalho seja útil para a avaliação de desempenho em plantas de tratamento de efluentes industriais.

Palavras-chave: Avaliação de desempenho; Listas de verificação; ETEI; ACP; Efluentes industriais; SGA.

ABSTRACT

The industrial production process can generate large amounts of wastewater. These effluents, when untreated, can pollute soil and water, causing great environmental impact. In this sense it is essential that all industries that generate wastewater own a treatment plant. In order to keep the treatment plant permanently functioning according to its purpose, it should be routinely evaluated. Therefore the performance evaluation for Industrial Wastewater Treatment Plants (IWTP) becomes an important tool for maintaining its efficiency, and justifies itself by seeking vulnerable points on the treatment plant and providing subsidies needed to produce diagnosis and projects to adequate the systems, allowing treated effluent to remain in compliance with the requirements established by the environmental legislation. In this work, a methodological proposal was designed, formed by a road map composed of levels of questioning, which assists the evaluator in the performance analysis of IWTP. In complement to this road map some checklists were developed to help guide the evaluator in his analyzes. While preparing these lists, manuals developed in several countries were considered. The checklists include questions to assess the general data of the industry, its Environmental Management Systems (EMS) and some systems and operations of the treatment plant. To illustrate one of the road map questioning levels a case study was included, in which the influent and effluent of a mining industry are evaluated by multivariate statistical technique called Principal Component Analysis (PCA), to demonstrate the performance of the IWTP. The result of the assessment showed a good performance by the IWTP while treating wastewater. It is expected, therefore, that this study is useful for evaluating the performance in plants where industrial effluents are treated.

Keywords: Performance evaluation; Checklists; IWTP; PCA; Industrial wastewater; EMS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Principais séries das normas 14.000 (ABNT): Foco na Organização e no Produto/Processo	28
Figura 1.2	PDCA espiralado	30
Figura 1.3	Histórico dos certificados emitidos até 2011 no Brasil	31
Figura 1.4	Histórico dos certificados emitidos no mundo, por continente, até 31 de dezembro de 2006	32
Figura 1.5	Avaliação de desempenho ambiental	33
Figura 2.1	Esquema demonstrando a porcentagem efetiva de recursos hídricos no estado líquido, disponível para as atividades humanas	41
Figura 2.2	Usos da água na indústria	44
Figura 4.1	Roteiro para auxiliar uma avaliação de desempenho para ETEI's.....	72
Figura 4.2	Estrutura em etapas do método de trabalho proposto	77
Figura 4.3	Matriz 'X': Matriz de dados de ordem 'n x p'	83
Figura 4.4	Matriz 'Y': Matriz de dados padronizados	84
Figura 4.5	Representação dos dados como um elipsóide e suas componentes principais. Fonte: Lopes (2001)	86
Figura 5.1	Roteiro para auxiliar uma avaliação de desempenho de ETEI	87
Figura 5.2	Tanques de equalização de efluentes oleosos sem guarda-corpos adequados	100
Figura 5.3	Vista do poço de monitoramento com a grade de proteção quebrada e enferrujada.....	101
Figura 5.4	Ponto de coleta de amostra com derramamento de efluente no solo	105
Figura 5.5	Vista superior de elevatória de efluentes oleosos com algumas irregularidades apontadas	106

Figura 5.6	Vista superior de um canal com caixa de areia, grade e Calha Parshall. A Calha Parshall encontra-se muito abaixo do solo, inviabilizando a medição correta de vazão	107
Figura 5.7	Vista frontal de uma peneira estática com acúmulo de resíduos e contaminação do solo	108
Figura 5.8	Vista superior de uma grade instalada de forma incorreta. As incorreções estão apontadas na figura	109
Figura 5.9	Vista superior do SAO com suas placas coalescentes instaladas no sentido perpendicular ao fluxo (sentido incorreto) e com barras fixas sobrepostas que inviabilizam a limpeza do equipamento	110
Figura 5.10	Sentido longitudinal (sentido correto) das placas coalescentes do SAO	110
Figura 5.11	Vista de um tanque de aeração com aeradores mecânicos superficiais apresentando espuma branca densa	113
Figura 5.12	Vista de um tanque de aeração não homogêneo, apresentando espuma oriunda de bactérias filamentosas	114
Figura 5.13	Vista de um aerador improvisado	114
Figura 5.14	Vista superior de um tanque com aeração com seu sistema de aeração paralisado, provocando a proliferação de algas	115
Figura 5.15	Vista de um decantador secundário com tempo de retenção muito longo, causando a proliferação de algas	116
Figura 5.16	Vista frontal da lâmina do vertedouro com acúmulo de lodo, provocando o mau escoamento de efluente no vertedor. Na figura estão indicados os pontos de acúmulo de resíduos	117
Figura 5.17	Efluente final com coloração amarelada	117
Figura 6.1	Fluxograma resumido do processo de tratamento da ETEI da indústria mineradora. Pontos de coleta de amostras - PA (Efluente industrial bruto equalizado); PF (Esgoto sanitário bruto); PE (Efluente tratado)	121

Figura 6.2	Variância das Componentes Principais para os dados de 2009, 2010 e 2011	123
Figura 6.3	Coordenadas dos parâmetros nas duas primeiras componentes	124
Figura 6.4	Novas coordenadas das amostras de 2009, 2010 e 2011 nas duas primeiras componentes principais.....	125
Figura 6.5	Redução da DQO pelo tratamento do efluente em 2009	126
Figura 6.6	Redução da DQO pelo tratamento do efluente em 2010	127
Figura 6.7	Redução da DQO pelo tratamento do efluente em 2011	128
Figura 6.8	Redução da DBO pelo tratamento do efluente em 2009	129
Figura 6.9	Redução da DBO pelo tratamento do efluente em 2010	129
Figura 6.10	Redução da DBO pelo tratamento do efluente em 2011	130
Figura 6.11	Redução da SST pelo tratamento do efluente em 2009	131
Figura 6.12	Redução da SST pelo tratamento do efluente em 2010	131
Figura 6.13	Redução da SST pelo tratamento do efluente em 2011	132
Figura 6.14	Classificação das amostras pelo mês quente (Janeiro) e frio (Julho).....	133
Figura 6.15	Classificação das amostras pela precipitação pluviométrica mensal	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Grupos e respectivas séries ISO 14000	29
Tabela 2.1	Agrupamentos por classes dos possíveis contaminantes presentes nos efluentes industriais.....	48
Tabela 2.2	Fatores limitantes de desempenho para uma estação de tratamento de efluentes líquidos.....	50
Tabela 2.3	Tipos de tratamentos e suas principais funções	52
Tabela 2.4	Alguns métodos de tratamento avançados.....	60
Tabela 3.1	Remoções mínimas para carga orgânica biodegradável de efluentes industriais	66
Tabela 3.2	Concentrações máximas de DQO em efluentes de indústrias com vazão	67
Tabela 4.1	Divisão dos sistemas da ETEI e suas respectivas unidades inseridas nas listas de verificação propostas.....	74
Tabela 4.2	Manuais selecionados para a produção das listas de verificação.....	78
Tabela 4.3	Conteúdos abordados nos manuais pesquisados	79
Tabela 4.4	Variação de dois dos parâmetros medidos.....	84
Tabela 6.1	Resultados da ACP.....	123
Tabela 6.2	Classificação das amostras pela precipitação mensal.....	134

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 4.1	Equação de transformação dos dados	84
Equação 4.2	Equação utilizada para a obtenção da matriz de correlação	85
Equação 4.3	Equação que inclui os autovalores e autovetores.....	85
Equação 4.4	Equação utilizada para a obtenção dos autovetores	85
Equação 4.5	Equação utilizada para a obtenção dos autovalores.....	85
Equação 4.6	Multiplicação matricial.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACP	Análise de Componentes Principais
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ANA	Agência Nacional de Águas
APHA	<i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i>
BSI	<i>British Standards Institution</i>
CECA	Comissão Estadual de Controle Ambiental
CIT	Cloreto Total
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP's	Componentes principais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DZ	Diretriz
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
ETEI	Estação de tratamento de efluente industrial
FISPQ	Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos
FMI	Fundo Monetário Internacional
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IVL	Índice Volumétrico de Lodo

ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
OMS	Organização Mundial da Saúde
PA	Efluente industrial bruto equalizado
PE	Efluente tratado
PF	Esgoto sanitário bruto
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PGAE	Programa de Gestão ambiental da ETEI
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
SAO	Separador água-óleo
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SST	Sólidos Suspensos Totais
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
T	Temperatura da amostra
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
WBCSD	<i>World Business Commission For Sustainable Development</i>

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	19
1.	GESTÃO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA	24
1.1	Normas da Série ISO 14000 para Sistemas de Gestão Ambiental	27
1.1.1	<u>Norma ISO 14001 no Brasil</u>	30
1.1.2	<u>Norma ISO 14001 no mundo</u>	31
1.2	Avaliação de desempenho ambiental	32
1.3	Auditoria ambiental	34
1.4	Prevenção da poluição	36
1.4.1	<u>Benefícios da implantação dos programas de prevenção de poluição</u>	36
1.5	A gestão eficiente dos insumos industriais	39
2.	O RECURSO ÁGUA NO SETOR INDUSTRIAL	41
2.1	Água: Um recurso cada vez mais escasso	41
2.2	Usos e caracterização das águas e efluentes industriais	42
2.2.1	<u>Usos da água na indústria</u>	43
2.2.2	<u>Caracterização das águas e efluentes industriais</u>	46
2.3	Gestão ambiental em estações de tratamento de efluentes industriais	49
2.3.1	<u>Reuso de água na indústria</u>	50
2.4	Métodos de tratamento: Processos e operações unitárias	51
2.4.1	<u>Operações unitárias</u>	52
2.4.1.1	Gradeamento.....	53
2.4.1.2	Peneiramento.....	53
2.4.1.3	Desarenação.....	54
2.4.1.4	Separação água/óleo.....	55
2.4.1.5	Equalização.....	55
2.4.1.6	Sedimentação.....	56
2.4.1.7	Filtração.....	57
2.4.1.8	Flotação.....	57
2.4.2	<u>Processos Químicos</u>	58
2.4.3	<u>Processos Biológicos</u>	58
2.4.4	<u>Outros Processos</u>	59
2.5	Características desejáveis para o efluente tratado	60
3.	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA	62

3.1	Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)	63
3.2	Legislação aplicável ao lançamento de efluentes líquidos industriais	64
3.2.1	<u>Legislação Estadual do Rio de Janeiro</u>	65
3.2.2	<u>Legislação Estadual Paulista</u>	69
3.2.3	<u>Controle da carga orgânica de efluentes líquidos em outros Estados Brasileiros</u>	70
4.	METODOLOGIA	71
4.1	Descrição do roteiro para avaliação de desempenho em ETEI	71
4.1.1	<u>Primeiro nível: Coleta e análise de informações sobre a indústria e a ETEI</u>	72
4.1.2	<u>Segundo nível: Análise das unidades operacionais da ETEI</u>	73
4.1.3	<u>Terceiro nível: Coleta e análise de dados do monitoramento da ETEI</u>	75
4.1.4	<u>Quarto nível: Preparação do relatório final de Desempenho</u>	75
4.2	Metodologia para elaboração das listas de verificação	76
4.2.1	<u>Etapa um: Seleção dos manuais sobre tratamento de efluentes líquidos</u>	77
4.2.2	<u>Etapa dois: Análise comparativa dos manuais</u>	79
4.2.3	<u>Etapa três: Utilização dos conteúdos dos manuais para a proposição de listas de verificação</u>	80
4.2.4	<u>Etapa quatro: Análise e comparação das listas de verificação presentes nos manuais pesquisados</u>	80
4.2.5	<u>Etapa cinco: Definição do modelo e estrutura das listas de verificação propostas</u>	81
4.3	Metodologia para o estudo de caso	81
4.3.1	<u>Técnica estatística - Análise dos Componentes Principais (ACP)</u>	83
4.3.1.1	Padronização dos dados	83
4.3.1.2	Matriz de Correlações.....	85
4.3.1.3	Cálculo de autovalores e autovetores.....	85
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
5.1	Primeiro nível: Coleta e análise de informações sobre a indústria e a ETEI	88
5.1.1	<u>Informações gerais sobre a indústria</u>	88
5.1.2	<u>Informações gerais sobre a ETEI</u>	93
5.2	Segundo Nível: Preparação das listas de verificação para análise das unidades operacionais da ETEI	102
5.2.1	<u>Sistema de Bombeamento (Lista de verificação do Apêndice D)</u>	105

5.2.2	<u>Sistema de Medição de Vazão (Lista de verificação do Apêndice E)</u>	106
5.2.3	<u>Sistema Preliminar (Lista de verificação do Apêndice F)</u>	108
5.2.4	<u>Sistema Primário (Lista de verificação do Apêndice G)</u>	111
5.2.5	<u>Sistema Secundário (Lista de verificação do Apêndice H)</u>	112
5.3	Terceiro Nível: Coleta e análise de dados quantitativos de monitoramento da ETEI	118
5.4	Quarto nível: Preparação do relatório de desempenho final .	119
6.	ANÁLISE PELA TÉCNICA ACP: UM ESTUDO DE CASO	120
6.1	Monitoramento e caracterização da ETEI da indústria mineradora	120
6.2	Processamento estatístico dos dados	122
6.2.1	<u>Parâmetros de influência da CP1</u>	124
6.2.1.1	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	126
6.2.1.2	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	128
6.2.1.3	Sólidos Suspensos Totais (SST)	130
6.2.2	Parâmetros de influência da CP2	132
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	137
7.1	Conclusões	137
7.2	Recomendações para estudos futuros	138
	REFERÊNCIAS	140
	APÊNDICE A - Lista de verificação para coleta de informações gerais da indústria.....	153
	APÊNDICE B - Lista de verificação para coleta de informações gerais da ETEI	156
	APÊNDICE C - Lista de verificação para a coleta de informações sobre o Programa de Gestão Ambiental da ETEI	159
	APÊNDICE D - Lista de verificação para o sistema de bombeamento e tubulações da ETEI.....	166
	APÊNDICE E - Lista de verificação para o sistema de medição de vazão da ETEI	170
	APÊNDICE F - Lista de verificação para o sistema preliminar da ETEI	172
	APÊNDICE G - Lista de verificação para o sistema primário da ETEI.....	180
	APÊNDICE H - Lista de verificação para o sistema secundário da ETEI.....	187
	APÊNDICE I - Resultados das análises dos parâmetros de qualidade dos efluentes de entrada (E) e de saída (S) da indústria mineradora - De Janeiro de 2009 a Dezembro de 2011	197

INTRODUÇÃO

Muitos dos grandes problemas que a humanidade está enfrentando no século XXI estão relacionados com quantidade de água e/ou com problemas de qualidade da água (UNESCO, 2009).

A água é fundamental para a manutenção da vida. Segundo Shiklomanov (2000), a hidrosfera é composta pela água livremente disponível, nos estados líquido, sólido ou gasoso, porém, apenas 2,5% desse volume são de água doce, dos quais 68,7% são permanentemente congeladas e 29,9% são de águas subterrâneas. Logo, apenas 0,26% da água doce líquida na Terra estão em lagos, reservatórios e rios. Esses valores ressaltam a grande importância de se preservarem os recursos hídricos na Terra, e de se evitar a contaminação da pequena fração mais facilmente disponível (VON SPERLING, 2005).

As captações de água pelos seres humanos têm finalidades diversas, podendo-se citar, agricultura (76% ou volume de, aproximadamente, $3,81 \times 10^3 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$), indústrias (15% ou volume de, aproximadamente $0,77 \times 10^3 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) e consumo doméstico (9% ou volume de, aproximadamente $0,38 \times 10^3 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) (OKI, 2006). Entretanto, a maior parte da água retirada para a agricultura é transferida para a atmosfera no estado de vapor, enquanto que a maior parte da água retirada para uso industrial e doméstico é devolvida aos fluxos hídricos de superfície podendo, assim, poluir ou não esses fluxos (CARPENTER, 2011).

O Brasil é bastante privilegiado no tocante à disponibilidade hídrica, pois em seu território se localizam grandes bacias hidrográficas, totalizando aproximadamente 16% das águas doces do planeta, distribuídas desigualmente (TUNDISI, 2008). No entanto, boa parte desses recursos encontra-se com a qualidade comprometida, em alguns casos devido ao lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais de origens diversos, não tratados ou sem tratamento adequado. Os poluentes descartados nos corpos hídricos são variados, tais como: metais pesados, óleos, pesticidas, corantes e tensoativos (BRAILE; CAVALCANTI, 1993). Tais poluentes são extremamente complexos do ponto de vista físico, químico e biológico, sendo fontes de grande diversidade de impactos para o ambiente aquático (BERTOLETTI; ZAGATTO, 2006).

De acordo com Giordano (2003), os efluentes líquidos ao serem despejados, com os seus poluentes característicos, causam a alteração de qualidade nos corpos receptores e, conseqüentemente, a sua poluição (degradação).

A poluição hídrica gerada pelo excesso de matéria orgânica e nutriente lançados nos corpos d'água realiza alterações na biodiversidade, principalmente devido à maior disponibilidade de nitrogênio, carbono e fósforo. Além disso, provoca mudanças no ambiente natural dos rios, reduzindo a disponibilidade de oxigênio. As entradas orgânicas não relacionadas com a produtividade natural do sistema criam condições tais que uma corrente ou lago podem se tornar anóxicos por longos períodos e inadequados para muitas formas de vida (RICKLEFS, 2003).

Portanto, um problema ambiental óbvio e fundamental de qualquer localidade é a disposição e tratamento de seus efluentes líquidos. É imperativo que corporações nacionais e internacionais adotem práticas contínuas de gerenciamento ambiental objetivando a prevenção da poluição nas unidades de processo que elas possuem ou operam. Quando uma indústria ou qualquer fonte geradora não consegue minimizar a geração de tais resíduos na fonte até níveis aceitáveis, uma ou mais unidades de tratamento devem ser instaladas (ESQUERRE et al., 2003).

Dessa forma, o saneamento ambiental é atualmente reconhecido como fundamental para o desenvolvimento econômico e social, para a manutenção da saúde humana, assim como proteção e melhoria da qualidade ambiental (RAMOS; CORDEIRO, 2003). Para que isso ocorra, se torna imprescindível o adequado manuseio de instrumentos e de técnicas voltados para o controle quantitativo e qualitativo do recurso água, exigindo o desenvolvimento de políticas públicas claras e consistentes, bem como perfeita compreensão da legislação correspondente (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Neste contexto, organizações de todos os tipos estão cada vez mais preocupadas em atingir e demonstrar um desempenho ambiental correto, por meio do controle dos impactos de suas atividades, produtos e serviços sobre o meio ambiente, coerente com sua política e seus objetivos ambientais. Agem assim dentro de um contexto de legislação cada vez mais exigente, do desenvolvimento de políticas econômicas e outras medidas visando adotar a proteção ao meio ambiente e de uma crescente preocupação expressa pelas partes interessadas em relação às questões ambientais a ao desenvolvimento sustentável.

O tratamento eficaz dos efluentes gerados dentro de uma indústria, tema

desse trabalho, é só uma das medidas que ajudam na garantia de desempenho ambiental satisfatório de uma empresa e que faz parte da gestão ambiental da corporação. Portanto, a gestão ambiental pode então ser definida como um conjunto de ações que visam atingir um determinado padrão de desempenho ambiental (LA ROVERE et al., 2002).

Entender o tratamento de efluentes como um processo industrial é o primeiro passo para refletir sobre o papel dele na sociedade. O que antes era visto como um “meio de diminuir um incômodo” passa a representar um processo de produção de um bem, de um produto (LA ROVERE et al., 2002). Dessa forma, esse “processo de produção” precisa passar por constante avaliação para que possa cumprir seu papel satisfatoriamente, retirando e/ou tratando os poluentes que seriam despejados em corpos hídricos ou no sistema de saneamento público.

Dentro da lógica de que podemos enquadrar o processo de tratamento de efluentes líquidos como um processo industrial, a análise de desempenho ambiental se torna um instrumento adequado à gestão ambiental de uma atividade como uma Estação de Tratamento de Efluente Industrial (ETEI) em operação. A aplicação eficaz do instrumento, por equipe multidisciplinar de profissionais capacitados, envolve o uso de uma metodologia apropriada, que permita avaliar e analisar os métodos, as técnicas e os procedimentos nas ETEI's, resultando num julgamento quanto ao atendimento ao conjunto de normas, regulamentos e padrões ambientais que esta atividade deve respeitar.

Desse modo, esse trabalho visa auxiliar na avaliação de desempenho de ETEI's, criando um roteiro, composto por níveis de questionamentos, para a realização da mesma e fornecendo algumas listas de verificação como ferramentas para esses níveis. Também é apresentado um estudo de caso, em que se aplica um método quantitativo, do qual pode servir como apoio para a avaliação do desempenho de uma ETEI ao longo dos anos, através da qualidade de seus afluentes e efluentes líquidos.

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Elaborar uma proposta metodológica de avaliação de desempenho em Estações de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI's).

Objetivos Específicos:

- Propor um roteiro, composto por níveis de questionamentos, para auxiliar na realização da avaliação de desempenho em Estações de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI's);
- Elaborar listas de verificação para coleta dos dados gerais de indústrias e das suas respectivas ETEI's e que auxiliam na investigação de determinado nível de questionamento;
- Elaborar uma lista de verificação para avaliação do programa gestão ambiental em ETEI e que auxilia na investigação de determinado nível de questionamento;
- Elaborar de listas de verificação aplicadas às unidades operacionais em ETEI, que auxiliam na investigação de determinado nível questionamento;
- Aplicar a metodologia estatística Análise de Componentes Principais (ACP) em dados de monitoramento de uma ETEI, com o objetivo de auxiliar na identificação dos principais fatores que interferem no desempenho da ETEI.

Metodologia e estrutura do trabalho:

Para atender aos objetivos propostos foi realizada uma ampla pesquisa de base bibliográfica. Cabe ressaltar que a bibliografia pesquisada consistiu em grande

medida de manuais e relatórios técnicos de instituições nacionais e internacionais, como empresas privadas, órgãos ambientais e universidades. Além desses, foram utilizados artigos científicos e livros acadêmicos. Essa bibliografia ajudou na elaboração do roteiro e seus níveis de questionamentos, como, também na elaboração das perguntas das listas de verificação para avaliação de desempenho em Estações de Tratamento de Efluentes industriais (ETEI).

Para auxiliar em um nível de questionamento do roteiro proposto, foi indicada, entre várias disponíveis, uma ferramenta estatística chamada de Análise de Componente Principais (ACP) com o objetivo de avaliar o desempenho de uma ETEI, inserida em uma indústria mineradora, em tratar seus efluentes líquidos industriais. Essa ferramenta estatística se mostrou útil neste tipo de avaliação.

Para descrever todas as etapas desta pesquisa, o trabalho foi estruturado em sete capítulos, além da introdução. O primeiro capítulo apresenta um panorama atual sobre a gestão ambiental em indústrias, demonstrando sua importância no contexto atual de desenvolvimento sustentável.

No segundo capítulo o foco é apresentar a importância e os usos do recurso água no setor industrial e os principais métodos e operações utilizados no tratamento de efluentes industriais. Já o terceiro capítulo apresenta as principais legislações ambientais para o tema deste trabalho.

No quarto capítulo é fornecido todo o detalhamento da metodologia empregada no trabalho. Assim sendo, foi realizada a descrição de um roteiro de avaliação de desempenho ETEI's, com seus respectivos questionamentos e as metodologias para a formulação das listas de verificação e da técnica estatística ACP utilizada no estudo de caso.

No quinto capítulo são verificados os resultados e as discussões do trabalho, dissertando sobre os níveis de questionamentos do roteiro até a preparação do relatório de desempenho prescrito no final de uma avaliação de desempenho.

Já o sexto capítulo aborda o estudo de caso. Primeiramente, é realizada a caracterização da ETEI da indústria mineradora estudada e explicado como é realizado o monitoramento de seus afluentes e efluentes. Logo, são apresentados os resultados do processamento estatístico dos dados.

O sétimo capítulo apresenta as conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

1. GESTÃO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA

O setor industrial é um dos maiores responsáveis pelo aumento da poluição, como resultado das características do processo de produção e os padrões de produção e de consumo (BELLAS; NENTL, 2007).

Dentro deste contexto, sistemas de gestão ambiental emergem como uma alternativa importante para melhorar esta situação. Sistemas estes que estão sendo adotados cada vez mais por gestores de todo o mundo, a fim de resolver as mais diversas questões ambientais, evitar e ter controle dos impactos de suas atividades, melhorar a utilização dos recursos naturais, obter a conscientização ambiental da força de trabalho, a padronização de processos e cumprimento da legislação (GAVRONSKI et al., 2008), sendo que tudo isso coerente com a política e os objetivos ambientais da corporação. Agem assim, dentro de um contexto de legislação cada vez mais exigente, no desenvolvimento de políticas econômicas e de outras medidas visando adotar a proteção do meio ambiente e de uma crescente preocupação expressa pelas partes interessadas em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável (ABNT, 2004).

Segundo Peter Bakker (2012), presidente do Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, “Há 20 anos o mundo corporativo não tinha a menor ideia do que era sustentabilidade. Hoje, a maior parte dos empresários têm departamentos e estratégias de sustentabilidade em suas empresas”. Isso é reflexo, principalmente, do aumento da competição global que tem forçado as organizações a se atualizarem constantemente na área da ecoeficiência, a fim de diferenciar-se tecnicamente, bem como gerencialmente de seus concorrentes e, conseqüentemente, trazendo uma imagem positiva da corporação na sociedade. Essa imagem positiva consegue manter as corporações competitivas no atual cenário de incertezas (RADONJIC; TOMINC, 2006).

Segundo o WORLD BUSINESS COMMISSION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD) (2001), os principais objetivos da ecoeficiência industrial são:

- Redução do consumo de recursos: minimizar a utilização de energia, materiais, água e solo, favorecendo a reciclabilidade e a durabilidade do produto e fechando o ciclo dos materiais;
- Redução do impacto na natureza: minimização das emissões gasosas, descargas líquidas, eliminação de desperdícios e a dispersão de substâncias tóxicas, assim como impulsionar a utilização sustentável de recursos renováveis;
- Melhoria do valor do produto ou serviço: serviços adicionais com funções de que, de fato, os clientes necessitam ou a mesma necessidade funcional, com menos materiais e menor utilização de recursos.

A implantação da ecoeficiência na gestão das indústrias pode ser feita através da reengenharia de processos, revalorização de subprodutos, redesenho dos produtos e repensar de novos mercados (VALLE, 2011). Já as medidas políticas sugeridas pela WBCSD (2001) são: Identificação e eliminação de subsídios perversos; internalização dos custos ambientais (incluí-los no preço dos produtos e serviços), desenvolvimento e implementação de instrumentos econômicos (comércio de emissões) e promoção de iniciativas voluntárias e acordos negociados, dentre outros.

Um elemento fundamental para assegurar o desempenho econômico, produtivo e ambiental de uma indústria é a utilização de tecnologias mais eficientes do ponto de vista do uso de recursos ambientais. O uso da tecnologia já vem se mostrando um fator importante nas últimas décadas para assegurar a rentabilidade e a competitividade da maioria das empresas. De acordo com Sanches (2000), no caso da proteção ambiental, as tecnologias ambientais envolvem:

- Tecnologias de controle de poluição (*end-of-pipe*), cujo principal objetivo é combater as saídas indesejáveis de resíduos do processo produtivo, sem realizar intervenções no próprio processo. Trata-se de equipamentos de controle de emissões e efluentes, tais como filtros

purificadores, incineradores e redes de tratamento de água e esgoto, entre outros, que removem os resíduos poluentes ou reduzem sua toxicidade;

- Tecnologias de prevenção da poluição, centradas no processo produtivo para torná-lo mais eficiente. Essas tecnologias permitem não só reduzir os resíduos e poluentes na fonte, mas também reutilizar ou reciclar os resíduos produzidos, preferencialmente ainda na planta industrial, voltando diretamente ao processo produtivo, e, em último caso, tratar os resíduos que não podem ser eliminados, reutilizados ou reciclados.
- Tecnologias de produtos e processos dentro do que foi conceituado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), como a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva, integrada aos processos e produtos, para reduzir riscos aos seres humanos e ao meio ambiente. Para os processos produtivos, a estratégia ambiental inclui a conservação de matérias-primas e energia, a eliminação de matérias-primas tóxicas e a redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos antes de deixarem o processo. Para os produtos, a estratégia concentra-se na redução de impactos por todo o ciclo de vida do produto, da extração das matérias-primas até a disposição final do produto.

Alguns setores industriais se caracterizam por um elevado potencial de degradação ambiental quando comparado com outras atividades industriais, como o setor de bens intermediários (minerais não metálicos, metalurgia, papel e celulose, petróleo e química) seja pelo potencial de alteração da qualidade do ar e corpos hídricos, seja como consumidores diretos de recursos naturais e energia. Este potencial poluidor está relacionado ao nível das tecnologias adotadas e à intensidade das restrições legais (GUSMÃO; DE MARTINI, 2009).

Dessa forma, embora o objetivo principal de cada empresa seja o lucro, as questões ambientais têm se tornado cada vez mais importantes como resultado do aumento da conscientização dos consumidores e o crescente interesse de como os

produtos e serviços são produzidos, utilizados e descartados e como eles afetam o meio ambiente (DELMAS, 2001). Logo, dentro de algumas organizações iniciaram-se mobilizações visando o atingimento de um determinado padrão de desempenho ambiental sendo integrada ou não a outras ações gerenciais e que é chamada gestão ambiental (LA ROVERE et al., 2002).

1.1 Normas da Série ISO 14000 para Sistemas de Gestão Ambiental

A Inglaterra, berço dos sistemas de qualidade, também foi precursora dos Sistemas de Gestão Ambiental normalizados, dando origem à Norma BS-7750, cuja versão preliminar foi publicada em 1992 pela BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). Com o crescente interesse pelas questões ambientais em outras regiões, foi implantado pela Organização Internacional para Padronização (ISO), em 4 de março de 1993, o Comitê Técnico 207, com a incumbência de elaborar uma série de normas direcionadas para o meio ambiente, dando origem à série ISO 14000. Segundo Braga (2005), Com o desenvolvimento das normas da Série ISO 14000, a implantação dos sistemas de gestão ambiental baseados na BS7750 ficou restrita a poucas empresas, as quais devem ter convertido o seu sistema para o sistema baseado na Norma ISO 14001, resultando na superação da BS7750.

Ora encarada por alguns autores como barreira comercial não tarifária, a série de normas ISO 14000 é um marco histórico na evolução dos sistemas de gestão ambiental (SGA) voluntário e é fruto dos caminhos percorridos pela sociedade na busca de soluções capazes de ordenar a produção, de modo a possibilitar uma convivência harmoniosa com o meio ambiente (BRAGA, 2005).

Além de abordar os Sistemas de Gestão Ambiental, as normas da Série ISO 14000 também tratam das diretrizes para auditoria ambiental, rótulos e declarações ambientais, avaliação do desempenho ambiental e análise do ciclo de vida.

A rotulagem ambiental, de acordo com a norma ISO 14020, é um conjunto de instrumentos informativos que procura estimular a procura de produtos e serviços com baixos impactos ambientais através da disponibilização de informação relevante sobre os seus desempenhos ambientais (START-IPP, 2012).

De acordo com Jones (2009), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é o estudo do impacto ambiental de um produto, cobrindo não apenas a produção, mas todo o seu ciclo de vida, envolvendo a sequencia completa desde a extração das matérias

primas, fabricação, distribuição, uso, reciclagem e descarte final. A ACV é também conhecida com o termo “Do Berço ao Túmulo”.

De acordo com Lovins (2008), o termo “Do Berço ao Túmulo” (*Cradle to Cradle*) de forma simplificada é uma estrutura holística econômica, industrial e social, que visa à criação de sistemas que não são apenas eficientes economicamente, mas, também, que não criam desperdícios.

Ao contrário da Norma BS7750, as normas da Série ISO 14.000 podem ser consideradas como normas internacionais, pois foram desenvolvidas por uma organização composta por representantes de 120 países membros, dentre os quais o Brasil – representado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004).

Se, no começo, a preocupação com a série 14.000 era apenas de multinacionais e grandes corporações, hoje são as micros, pequenas e médias empresas que buscam obter a certificação. A **figura 1.1** representa os focos do SGA.



Figura 1.1 - Principais séries das normas 14.000 (ABNT): Foco na Organização e no Produto/Processo (MORAES, 2012).

Basicamente, a série ISO 14000 é um grupo de normas que fornece ferramentas e estabelece um padrão de SGA, abrangendo as seguintes áreas (**Tabela 1.1**).

Tabela 1.1 - Grupos e respectivas séries ISO 14000.

GRUPO		NORMAS ABNT Série ISO 14000
ORG.	Sistemas de Gestão Ambiental	NBR ISO 14001:2004 NBR ISO 14004:2007 NBR ISO 14063:2009 NBR ISO 14064:2007 NBR ISO 14050:2004
	Avaliação de Desempenho Ambiental	NBR ISO 14031:2004
	Auditoria Ambiental	NBR ISO 19011: 2002 NBR ISO 14015: 2003
Prod./ Proc.	Rotulagem Ambiental	NBR ISO 14020: 2002 NBR ISO 14021: 2004 NBR ISO 14024: 2004
	Avaliação do Ciclo de Vida	NBR ISO 14040: 2009 NBR ISO 14044: 2009
	Aspectos Ambientais na Padronização de Produtos	ISO/TR 14062: 2004 ISO GUIA 64: 2010

Fonte: Baseado em Moraes (2012); Seiffert (2011).

A norma ISO 14001 estabelece requisitos para o gerenciamento de sistemas de gestão ambiental (SGA) sem definir como fazê-lo, permitindo assim as empresas a desenvolver suas próprias soluções para cumprir as exigências da norma. Isto dá-lhe um carácter universal, uma vez que poderão ser adaptadas por empresas em qualquer região e, independentemente do tamanho (CORBETT; KIRSCH, 2001).

Há ainda uma falta de estudos científicos que discutem os benefícios e as dificuldades de certificação ISO 14001 em termos quantitativos, revelando assim a necessidade e a importância de estudos (BABAKRI et al, 2004; MELNYK et al, 2002). Como exemplo, um estudo quantitativo pode efetivamente verificar os benefícios e dificuldades na utilização de sistemas ISO 14001 o que permitiria a proposição de ações nos setores públicos, privados e acadêmicos, com base em um panorama mais amplo e atual, para aumentar o uso deste padrão e melhorar os resultados do seu uso.

Segundo Gusmão e De Martini (2009) é fundamental ressaltar que possuir um SGA conforme a ISO 14001 não significa que a empresa é perfeita em meio ambiente, significa que ela é gerenciada.

O modelo de gestão ambiental com base na Norma ISO 14001 utiliza um ciclo PDCA espiralado (Plan - Planejar, Do – Executar, Check - Verificar e Act - Agir) (**Figura 1.2**) com o objetivo de introduzir a melhoria contínua.

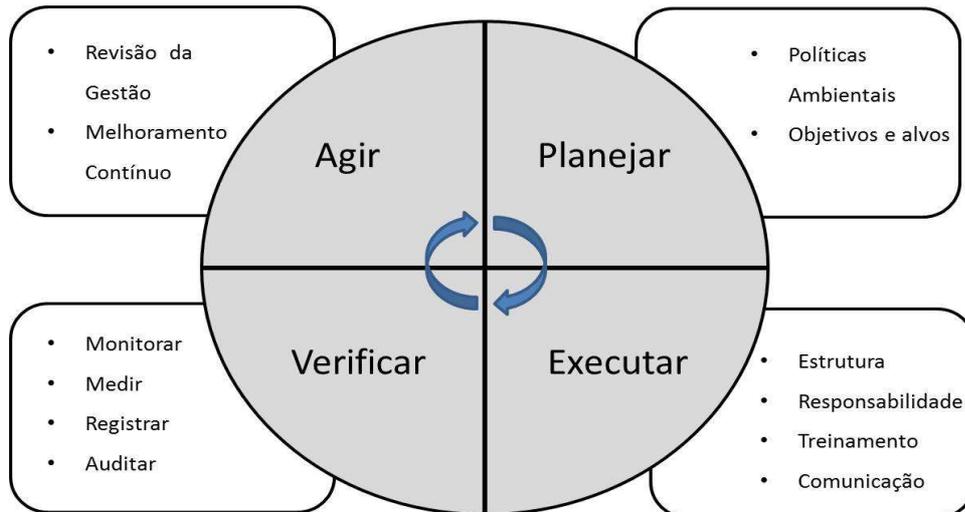


Figura 1.2 - PDCA espiralado. Fonte: Adaptado do site: <http://ec.europa.eu> (2012).

- **Planejar:** Estabelecer os objetivos e processos necessários para atingir os resultados em concordância com a política ambiental da organização;
- **Executar:** Implementar os processos;
- **Verificar:** Monitorar e medir os processos em conformidade com a política ambiental, objetivos, metas, requisitos legais e outros, e relatar os resultados;
- **Agir:** Agir continuamente para melhorar o desempenho do sistema de gestão ambiental.

1.1.1 Norma ISO 14001 no Brasil

O Fundo Monetário Internacional - FMI (2011) prevê que o Brasil será a quinta economia em 2015. Essa perspectiva de crescimento se traduz também na expansão do setor industrial brasileiro. Com o acelerado crescimento desse setor ressalta-se a importância de medidas de controle da poluição bem como mecanismos de eficiência da produção e a respeito às restrições legais.

O Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) é o organismo acreditador brasileiro, ou seja, aquele que credencia as empresas habilitadas a emitir as certificações. O Brasil obteve 389 certificados ISO 14001 no ano de 2009 até 11 de março de 2013 (**Figura 1.3**). Nesse período, o Rio de Janeiro obteve 18 desses certificados, o que representa, aproximadamente, 4,6% do total nacional (INMETRO, 2013).

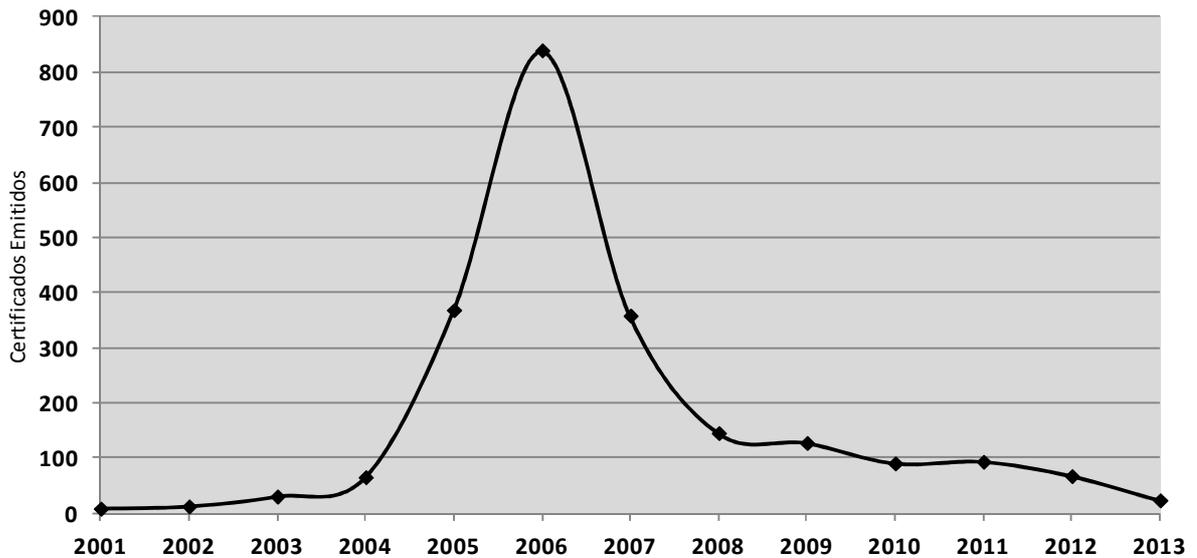


Figura 1.3 - Histórico dos certificados emitidos até 11 de março de 2013 no Brasil. Fonte: INMETRO (2013).

1.1.2 Norma ISO 14000 no mundo

Até 2006 foram emitidos um total de 130.012 certificados no mundo, segundo dados da Organização Internacional para Padronização (**Figura 1.4**).

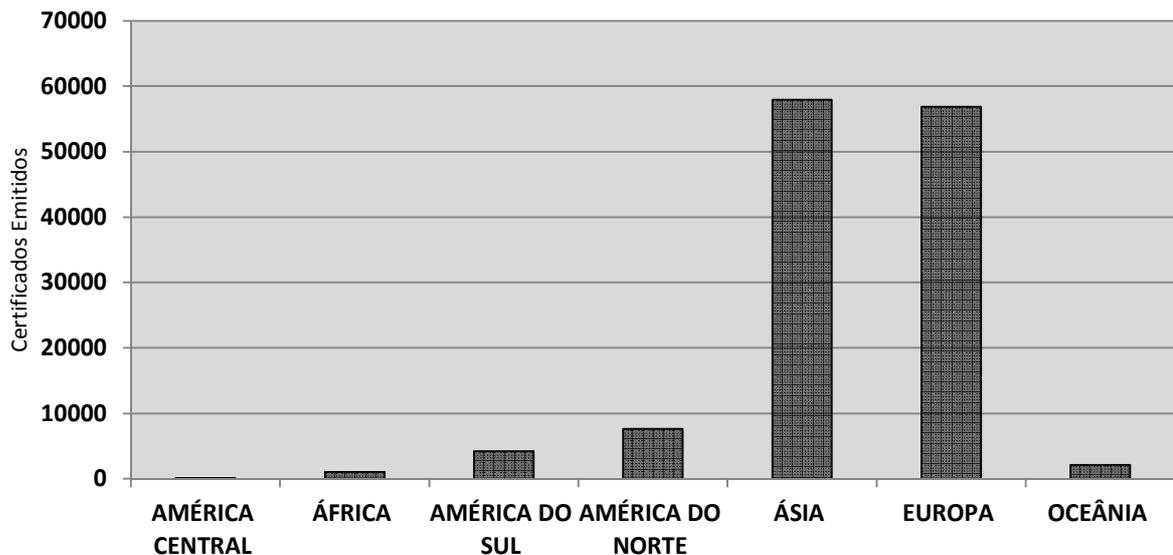


Figura 1.4 - Histórico dos certificados emitidos no mundo, por continente, até 31 de dezembro de 2006. Fonte: INMETRO (2013).

A implantação da ISO 14001 no país contribuiu para fortalecer o conceito de sustentabilidade. As empresas passaram a realizar iniciativas que contemplam tanto a qualidade ambiental quanto a responsabilidade social corporativa, além da segurança e da saúde ocupacional. Práticas socioambientais corretas foram assim disseminadas no setor corporativo.

1.2 Avaliação de Desempenho Ambiental

A Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) é uma ferramenta importante na busca do desenvolvimento sustentável, à medida que permite uma melhor compreensão dos aspectos ambientais de uma atividade, política ou inovação tecnológica, capazes de provocar alterações no meio ambiente (EMBRAPA, 2009).

Na norma ISO 14031 a ADA é apresentada como um processo interno de gestão e uma ferramenta concebida para fornecer aos gestores informações confiáveis e verificáveis, numa base contínua, de forma a determinar se o desempenho ambiental de uma organização está cumprindo os critérios estabelecidos pela administração da organização (ABNT NBR ISO 14031).

Esta norma propõe duas categorias gerais de indicadores a serem considerados na condução da ADA: Indicador de Condição Ambiental (ICA) e o Indicador de Desempenho Ambiental (IDA) (<http://www.furb.br>).

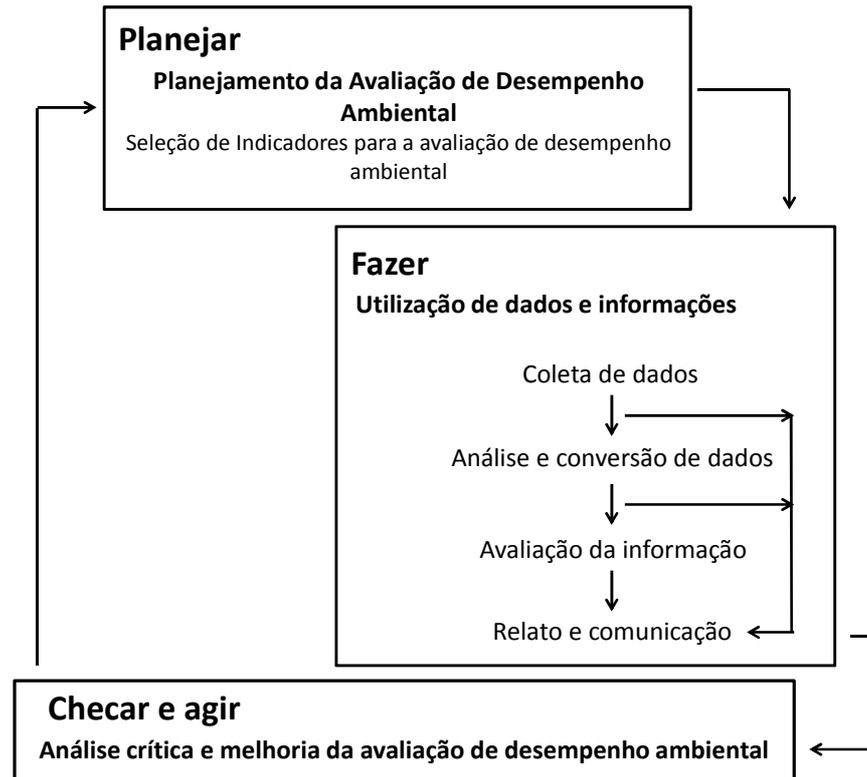


Figura 1.5 – Avaliação de desempenho ambiental. Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 14031:2004.

O ICA fornece informações sobre a qualidade do meio ambiente de onde se localiza a indústria sob a forma de resultados de medições efetuadas de acordo com os padrões e regras ambientais estabelecidos pelas normas e dispositivos legais. Já, o IDA analisa a eficiência da empresa em relação a seus principais aspectos ambientais (Consumo de Energia, de matéria prima, de materiais e a geração de resíduos), é subdividido em dois tipos de indicadores (FISESP/CIESP, 20 —?):

I) Indicadores de desempenho de gestão (IDG): Fornecem informações relativas a todos os esforços de gestão da empresa que influenciam positivamente no seu desempenho ambiental, por exemplo, reduzindo o consumo de materiais e/ou melhorando a administração de seus resíduos sólidos, mantendo os mesmos valores de produção.

II) Indicadores de desempenho operacional (IDO): proporcionam informações relacionadas às operações do processo produtivo da empresa com reflexos no seu desempenho ambiental, tais como o consumo de água, energia ou matéria-prima.

A ETEI é exemplo de uma unidade ou setor que deve ser avaliado periodicamente por uma equipe multidisciplinar para que se garanta a eficácia do tratamento do efluente e para fiscalizar/limitar o risco ambiental que é a junção do risco tecnológico e do impacto ambiental, isto é, a probabilidade de ocorrência de impacto ambiental, por falha de equipamento ou de processo (ROVERE et al, 2002).

1.3 Auditoria Ambiental

A utilização de auditorias ambientais em empresas industriais originou-se nos EUA e Inglaterra, em meados da década de 70 (KOCHEN, 2000). As auditorias foram concebidas como instrumentos para verificar, de forma objetiva, os níveis de conformidade das atividades produtivas em relação a normas ambientais vigentes, e fornecer dados que permitissem aprimorar a gestão ambiental da empresa como um todo (THOMPSON E WILSON, 1994).

A Auditoria Ambiental é uma ferramenta muito valiosa para a avaliação do SGA de uma indústria. No Brasil, as normas para Auditoria Ambiental foram publicadas pela ABNT (1996) e define Auditoria do Sistema de Gestão Ambiental — SGA como um processo sistemático e documentado de verificação, executado para obter e avaliar, de forma objetiva, evidências que determinem se o sistema de gestão ambiental de uma organização está em conformidade com os critérios de auditoria do sistema de gestão ambiental estabelecido pela organização, e para comunicar os resultados desse processo à administração.

Basicamente, auditorias ambientais devem observar quatro aspectos principais, na empresa e nas suas instalações (KOCHEN, 2003):

- Atendimento a requisitos legais e requisitos de órgãos ambientais;
- Conformidade com a política ambiental da empresa;
- Gestão dos aspectos ambientais da empresa;
- Plano de ação para correção de deficiências identificadas nos itens anteriores.

Normalmente, as auditorias ambientais encaixam-se em três categorias principais de acordo com Thompson e Wilson (1994): I) auditoria de instalações físicas (plantas industriais - verificação de atendimento a requisitos, conformidade e gestão ambiental; II) auditoria do meio físico (*site assessment* - avaliação de problemas ou riscos ambientais em determinado local, como, por exemplo, contaminação do solo ou da água subterrânea etc.); III) auditoria de resíduos (análise do processo de geração de resíduos, sua disposição, atendimento a requisitos legais, conformidade, oportunidades para redução, reuso e reciclagem de resíduos etc.).

Há muitas vantagens na prática da auditoria ambiental (REIS, 1996), entre as quais é possível citar as seguintes:

- Identificação de passivos ambientais existentes ou potenciais;
- Minimização de conflitos com órgãos ambientais;
- Uniformização de práticas e procedimentos nas diversas unidades operacionais da empresa;
- Priorização de investimentos para eliminação das não conformidades mais graves;
- Avaliação de passivos ambientais da empresa;
- Redução de custos pelo controle de perdas de matéria-prima, minimização de resíduos e conservação de energia;
- Melhoria do posicionamento e da imagem da empresa em mercados com fortes requisitos ambientais.

Os elementos para o sucesso de um projeto de auditoria ambiental foram identificados em 1986 pela United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2001). Alguns desses elementos são: suporte de gestão para a auditoria; independência da auditoria; qualificação dos auditores; objetivos, escopo, recursos e

frequências explícitas; coletas de informações suficientes, confiáveis, relevantes e úteis; preparação de relatórios completos com propostas de ações corretivas e horários definidos.

1.4 Prevenção da Poluição

De acordo com Duncan (1994), o conceito de prevenção da poluição é: qualquer prática que reduz a quantidade ou impacto ambiental e na saúde, de qualquer poluente antes da sua reciclagem, tratamento ou disposição final, incluindo modificação de equipamentos ou tecnologias, reformulação ou redesign de produtos, substituição de matérias-primas e melhoria organizacional (housekeeping), treinamento ou controle de inventário.

Pelo conceito de Prevenção da poluição (P2), em vez de ficarmos tentando resolver os problemas de poluição após os mesmos terem sido originados, o melhor é procurarmos reduzir, de todas as maneiras, a geração de poluição, almejando promover mudanças ou modificações de planos, práticas e hábitos, incluindo-se, também, as atividades que protegem os recursos naturais, pela conservação ou uso mais eficiente dos recursos disponíveis (EPA, 2002).

O foco da maior parte das pesquisas, atenção pública e ações governamentais relacionadas às atividades de prevenção da poluição recaem sobre as indústrias, já que essas são algumas das principais responsáveis pelos problemas de degradação da qualidade ambiental (PHIPPS, 1995).

1.4.1 Benefícios da implantação dos Programas de Prevenção de Poluição em Empresas

A justificativa para a implantação de práticas de prevenção à poluição parte da premissa básica de que a prevenção não irá requerer no futuro, o consumo de recursos e energia para controlar (isto é tratar e dispor) a poluição hoje gerada. A prevenção à poluição traz benefícios para o meio ambiente e para a indústria, como redução do desperdício de recursos naturais, matérias-primas e insumos; redução da poluição associada à extração de matérias primas e manufatura dos produtos; redução de substâncias tóxicas nos resíduos, redução de custos com tratamento,

transporte e disposição de resíduos; aumento nos lucros e na produtividade (SANTOS, 2005).

Os principais benefícios resultantes da adoção de práticas de prevenção à poluição segundo a USEPA (2001) são sumarizados nos tópicos a seguir:

- Redução de custos operacionais: As práticas de prevenção à poluição geralmente resultam na redução dos custos decorrentes da diminuição do consumo da água e energia e do aumento da produtividade (USEPA, 2001);
- Melhoria das condições de trabalho: A redução do uso de substâncias tóxicas e materiais perigosos proporciona melhoria nas condições de trabalho, que também resulta na redução do uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) obrigatórios. Esta redução no uso de EPI's por sua vez resulta nos seguintes benefícios: aumento da satisfação e conforto do trabalhador; redução de gastos com aquisição dos EPI's; Redução na geração de resíduos sólidos (USEPA, 2001);
- Redução dos custos com a conformidade ambiental: Estes custos envolvem todos os gastos relacionados ao cumprimento da legislação aplicável à atividade industrial, processo produtivo, produto ou serviço em questão. A adoção de práticas de prevenção à poluição pode reduzir a vulnerabilidade daquele empreendimento em relação aos órgãos de controle e fiscalizações ambientais e em alguns casos eliminar a necessidade de autorizações, manifestos, monitoramento, e relatórios, que demandam tempo e dinheiro (USEPA, 2001);
- Aumento da produtividade: As práticas de prevenção à poluição resultam em aumento da produtividade uma vez que promovem o uso mais eficiente de matérias-primas, através de melhorias nos processos e nas práticas operacionais. De maneira geral, indústrias que geram grandes volumes de resíduos (efluentes, emissões gasosas, produtos defeituosos, perda de material por contaminação etc.) usam

tecnologias de produção ultrapassadas ou seus processos são mal controlados ou operados de maneira ineficiente. Nestes casos, melhorias nos processos (algumas vezes muito pequenas e de baixo custo) que envolvem a substituição de material e modificações de procedimentos operacionais podem resultar no aumento da produtividade e na melhoria da qualidade do produto (USEPA, 2001);

- Melhoria da qualidade ambiental: Algumas formas de tratamento e disposição de resíduos resultam em uma proteção ambiental menor do que aquela que havia sido previamente estipulada nas etapas de projeto das instalações de tratamento. O tratamento e a disposição final de resíduos (apesar de fundamentais e imprescindíveis), quase sempre atuam no sentido de transferir um contaminante de um meio para outro, e podem apresentar riscos ambientais futuros. A prevenção à poluição reduz a geração de contaminantes na fonte, logo, assegura a proteção do meio ambiente em longo prazo (USEPA, 2001);
- Redução de custos e responsabilidades futuras: As responsabilidades decorrentes da disposição de resíduos em aterros industriais, emissões e descargas de efluentes têm se tornado recentemente uma grande preocupação. Algumas formas de disposição utilizadas no passado, embora legais na época, causaram danos ambientais pelos quais as indústrias foram responsabilizadas, resultando em despesas com recuperação ambiental e no comprometimento da imagem da empresa perante os órgãos ambientais e a opinião pública. A prevenção à poluição pode reduzir o risco de responsabilidades futuras através da redução do volume e toxicidade dos resíduos (USEPA, 2001);
- Melhoria contínua: A implantação de um programa ou de práticas de prevenção à poluição pode se tornar parte integrante do sistema de gestão ambiental ou de programas de melhoria contínua ou de qualidade da companhia. A redução de perdas do processo (resíduos) e o aumento da eficiência são metas comuns da prevenção à poluição,

da melhoria contínua da qualidade e dos sistemas de gestão ambiental (USEPA, 2001);

- **Conservação de recursos:** As práticas de prevenção à poluição sempre levam a redução do consumo de recursos (água, energia e matérias-primas). Tradicionalmente as companhias em programas distintos para a conservação de recursos (conservação de água e energia) e de prevenção à poluição. Ao unir estes programas, aumentam as chances de melhoria da eficiência e de se alcançar as metas de sustentabilidade da companhia (USEPA, 2001);
- **Melhoria da imagem corporativa:** A adoção de programas de prevenção da poluição também pode ser considerada uma excelente ferramenta de relações públicas, pois uma empresa que apresenta um comprometimento para reduzir os impactos negativos sobre o meio ambiente, em razão de suas atividades, poderá desenvolver um relacionamento mais amigável com a comunidade local e com seus consumidores (USEPA, 2001).

1.5 A gestão eficiente dos insumos industriais

A gestão ambiental industrial, discutida anteriormente, visa, claramente, à utilização eficiente dos recursos e insumos utilizados na produção industrial. Para essa utilização eficiente dos recursos, técnicas de otimização são largamente utilizadas no mundo todo para resolver os mais diversos problemas que exijam a maximização ou minimização de uma dada função (ADISSI et al., 2013).

Podem-se distinguir dois tipos de insumos industriais: matéria-prima e energia. No Brasil, as crescentes dificuldades da questão energética são, principalmente, referentes ao acesso à energia elétrica barata e garantida, pois as dificuldades apresentadas na expansão da hidroeletricidade e o custo marginal crescente na inserção de alternativas baseadas em gás natural, outros combustíveis fósseis e alternativos trazem incerteza para o setor. Já a disponibilidade de recursos naturais parece garantir ao Brasil vantagens internacionais que permitem assumir liderança estratégica (BICALHO et al., 2009).

Um insumo de importância significativa para a indústria é a água. Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), as indústrias são grandes consumidoras de água devido às diversas atividades desenvolvidas pelo ser humano, principalmente aquelas relacionadas à produção de bens de consumo a partir da transformação e do processamento dos recursos naturais. Dependendo do processo industrial, a água pode ser tanto matéria-prima, incorporada ao produto final, como um composto auxiliar na preparação de matérias-primas, fluido de transporte, fluido de aquecimento e/ou refrigeração ou nos processos de limpeza de equipamentos. Dessa forma, a importância da água será comentada no capítulo seguinte.

2. O RECURSO ÁGUA NO SETOR INDUSTRIAL

2.1 Água: Um recurso cada vez mais escasso

Segundo Tundisi (2008), a água é um recurso natural fundamental para a sobrevivência de todos os seres vivos, primordial para a sustentabilidade dos ciclos no planeta e praticamente para todas as atividades humanas tais como: usos domésticos, irrigação, usos industriais e hidroeletricidade (**Figura 2.1**).

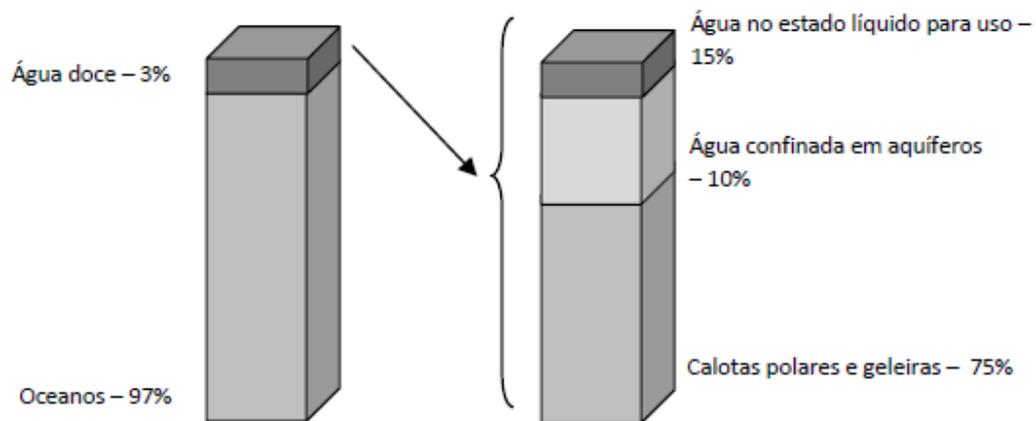


Figura 2.1 - Esquema apresentando a porcentagem efetiva de recursos hídricos no estado líquido, disponível para as atividades humanas (TUNDISI, 2008).

De acordo com alguns especialistas, a crise da água no século XXI é muito mais de gerenciamento do que uma crise real de escassez e estresse (ROGERS, 2006). Entretanto, para outros especialistas, é resultado de um conjunto de problemas ambientais agravados com outros problemas relacionados à economia e ao desenvolvimento social (GLEICK, 2000). Para Somlyody e Varis (2006), o agravamento e a complexidade da crise da água decorrem de problemas reais de disponibilidade e aumento da demanda, e de um processo de gestão ainda setorial e de resposta a crises e problemas sem atitude preditiva e abordagem sistêmica.

A América do Sul produz cerca de 30% dos recursos hídricos no mundo. A média anual de precipitação é 1.600 mm, que é heterogeneamente distribuída, variando de 20 mm/ano no deserto de Atacama a até 4.000 mm/ano no norte do Chile. Bacias hidrográficas importantes que pertencem a esta região são:

Amazonas, a maior no mundo, Orinoco e o rio De la Plata. Os recursos hídricos subterrâneos também são muito importantes. Um bom exemplo é o aquífero Guarani, um dos reservatórios mais importantes de água fresca de alta qualidade (CIRELLI; MORTIER, 2005).

A idéia de que a água seja um recurso renovável, tem sido substituída pela percepção, cada vez mais generalizada, de que o modelo atual de desenvolvimento da economia, a degradação do meio ambiente e as políticas associadas ao recurso água, têm aproximado a sua disponibilidade de uso ao limite imposto pela natureza.

2.2 Usos e caracterização das águas e efluentes industriais

As indústrias químicas, petroquímicas, farmacêuticas, papel e celulose, de metais e minerais, de energia e de alguns alimentos e produtos representam a maior porção da economia mundial, com produções anuais excedendo a 5 trilhões de dólares. A produção de somente os segmentos químicos e petroquímicos excedeu 1,2 trilhões de dólares em 1997 (MANN E LIU, 1999).

Efluentes líquidos industriais representam uma parcela significativa do total de águas residuárias descartadas no mundo. Aproximadamente, 11.172 m³/s de efluentes industriais são descartados diariamente nos corpos hídricos dos Estados Unidos (Water Environment Federation, 2013). Desse modo, vários setores industriais apresentam um considerável consumo de água e geram grande quantidade de efluentes, sendo necessário seu tratamento antes do lançamento em qualquer corpo d'água (JORDÃO; PESSÔA, 1995; RICKLEFS, 2003) ou no sistema de esgotamento sanitário.

De acordo com a ANA - Agência Nacional de Águas (2002) a evolução dos padrões demográficos e o tipo de crescimento econômico observado no Brasil aumentaram a pressão sobre os recursos hídricos, provocando situações de escassez de água ou de conflitos de utilização em várias regiões do País. No mesmo período, houve progressiva piora das condições de qualidade das águas dos rios que atravessam cidades e regiões com intensas atividades industriais, agropecuárias e de mineração. Assim, em situações onde não havia restrições de natureza quantitativa, a piora na qualidade da água tem inviabilizado seu uso para determinados fins. Esta é a situação nos grandes centros urbanos brasileiros em diferentes regiões do país.

Os lançamentos de efluentes líquidos podem ocasionar variações das características do curso d'água, tais como pH, temperatura, composição e concentração de componentes constituintes do meio líquido. Essas frequentes variações trazem consequências drásticas para os seres vivos que dependem direta ou indiretamente dos cursos d'água (NASCIMENTO, 1996).

Pode-se destacar a eutrofização provocada pelo excesso de N e P lançado pelo esgoto *in natura*, assim como a proliferação de algas e de cianobactérias que podem causar sérios desequilíbrios ecológicos. Estes, por sua vez, podem provocar efeitos tóxicos sobre espécies aquáticas, comprometendo a biodiversidade local e os usos múltiplos da água (CONLEY, 2000).

Dessa forma, a capacidade de tratamento de uma Estação de efluentes de uma indústria é de suma importância para garantir que o efluente não impacte e/ou polua o meio hídrico a sua volta. De acordo com Giordano (2007), a eficiência industrial é o primeiro passo para a eficiência ambiental.

2.2.1 Usos da água na Indústria

Na mostra-se de forma resumida a geração de efluentes líquidos industriais. Esse resíduo líquido industrial é o esgoto resultante dos processos industriais que dependendo do tipo de indústria, possui características físico-químicas e bioquímicas bastante diversificadas podendo também agregar constituintes biológicos como bactérias; daí a necessidade de se estudar, com o objetivo de tratamento e disposição, cada tipo de despejo isoladamente (BRAGA et al., 2005).

Através da figura, a seguir, é possível observar que após o tratamento da água bruta, a água doce limpa é dirigida ao setor de processos, ao setor de utilitários e para outros usos. A figura 2.2 também ilustra fontes comuns de águas residuárias.

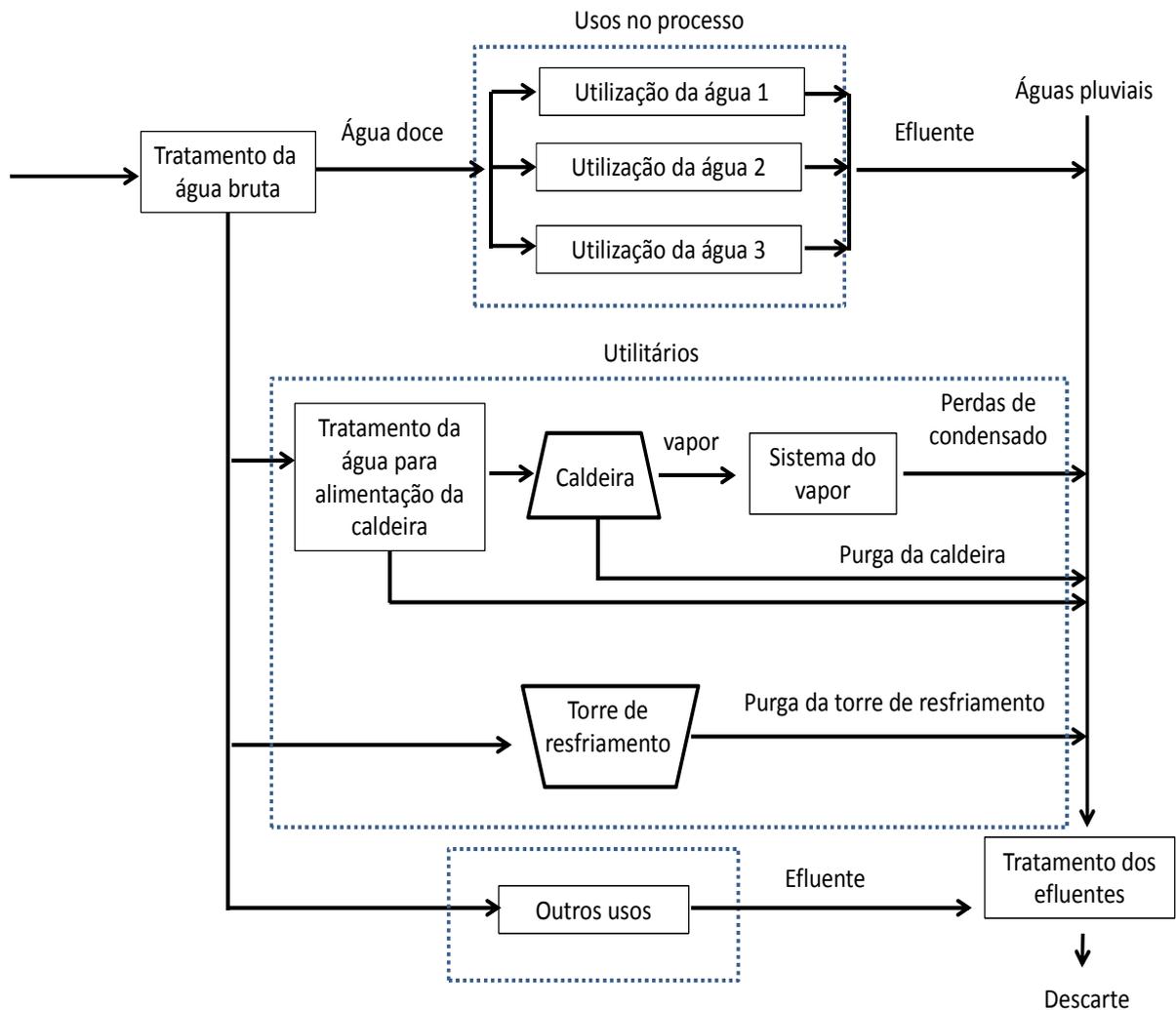


Figura 2.2 - Usos da água na indústria. Fonte: Adaptado de Mann e Liu (1999).

Segundo Nordell (1961); Shreve; Brink Jr. (1980); Nalco (1988); Silva; Simões (1999); In: Mierzwa; Hespanhol (2005), a água na indústria pode ter as seguintes aplicações:

- **Matéria-prima:** Como matéria-prima, a água é incorporada ao produto final, a exemplo do que ocorre nas indústrias de bebidas, produtos de higiene pessoal e limpeza doméstica, cosméticos, alimentos e farmacêutica. A água também pode ser utilizada para gerar outros produtos, como o hidrogênio, por meio de eletrólise.

- Uso como fluido auxiliar: A água pode ser o fluido auxiliar de diversas atividades, como a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, como veículo ou em operações de lavagem.
- Uso para hidroeletricidade: A água é utilizada em estado natural, para que se aproveite sua energia potencial ou cinética. Ambas fazem com que um dispositivo gire em torno de um eixo central, e a energia de rotação acione um gerador elétrico. Também pode ser utilizada no processo de geração de energia mecânica ou elétrica a partir da energia térmica, que consiste no aquecimento da água que se converte em vapor a alta pressão, expande em um conjunto mecânico e movimenta um embolo ou uma turbina, ou seja, a energia térmica transforma-se em energia mecânica.
- Uso como fluido de aquecimento e/ou resfriamento: A água para aquecimento é utilizada, principalmente, na forma de vapor. Já para resfriamento ela é utilizada em dispositivos que exijam resfriamento devido à geração de calor ou às condições de operação estabelecidas.
- Transporte e assimilação de contaminantes: Embora não seja uma das aplicações mais nobres, a maioria das indústrias inevitavelmente utiliza a água para esta finalidade, seja em suas instalações sanitárias, na lavagem de equipamentos e instalações ou para incorporação de subprodutos sólidos, líquidos ou gasosos gerados pelos processos industriais.

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), as indústrias mais modernas, que utilizam novas tecnologias e métodos de produção, aproveitam melhor a água e os outros recursos naturais. Já numa instalação mais antiga, com tecnologias ultrapassadas, o desgaste de componentes e equipamentos pode ocasionar paradas constantes para manutenção e perdas devido a vazamentos.

Segundo Cavalcanti (2009), o conhecimento da distribuição de água por atividade industrial é essencial para o gerenciamento de águas na indústria, ainda mais, se associados ao grau de poluentes gerados, possibilitam formular a melhor estratégia para o desenvolvimento de um sistema de tratamento de efluentes industriais, com as técnicas mais adequadas para o tratamento.

2.2.2 Caracterização das águas e efluentes industriais

Despejos industriais, também denominados águas residuárias ou efluentes industriais, são correntes líquidas ou suspensões originárias de processos e/ou utilidades, podendo vir acompanhadas também de águas pluviais contaminadas e esgotos sanitários CAVALCANTI (2009).

As características dos efluentes industriais são inerentes à composição das matérias primas, das águas de abastecimento e do processo industrial (GIORDANO, 2007), dessa forma, os despejos industriais apresentam uma ampla variabilidade das suas características qualitativas (características físicas, químicas e biológicas) (VON SPERLING, 2005), como, também, dos seus aspectos quantitativos (vazão, periodicidade e frequência) (CAVALCANTI, 2009).

Segundo Eckenfelder (2000) os efluentes líquidos industriais podem possuir:

- Compostos orgânicos solúveis que causam depleção de oxigênio no corpo hídrico em que o efluente líquido é despejado;
- Sólidos suspensos que causam assoreamento e impedem o fluxo normal da vida aquática. Esse material também pode sofrer decomposição resultando na depleção do oxigênio dissolvido e produção de gases tóxicos em corpos hídricos em que o efluente líquido é despejado. Um exemplo comum de material em suspensão é o rejeito mineral;
- Impurezas dissolvidas. Típicas substâncias dissolvidas podem ser ácidos, álcalis, metais pesados e inseticidas. Em geral, essas substâncias deixam a água imprópria para beber e destroem a vida aquática como, por exemplo, fenóis que mesmo em baixas

concentrações (0,001 mg/L), deixam um gosto e um odor perceptível na água;

- Metais pesados que bioacumulam em seres vivos aquáticos presentes no corpo receptor;
- Coloração e turbidez que causam problemas estéticos no corpo receptor;
- Nitrogênio e fósforo que causam eutrofização e estimula o crescimento de algas no corpo receptor;
- Substâncias/ materiais flutuantes que podem ser óleos e graxas. Essas substâncias causam uma modificação visual na água; Ajudam a inibir o crescimento de algas através do bloqueamento da incidência solar e interfere na aeração natural; Destroem a vegetação natural ao longo das margens; São frequentemente tóxicas para os peixes e outros organismos aquáticos; Trazem problemas para as aves aquáticas; Podem induzir incêndios.
- Materiais voláteis que criam problemas de poluição do ar.

Segundo Giordano (2012), a complexidade das águas residuárias fez com que pesquisadores ficassem mais concentrados nos efeitos das águas nos corpos hídricos e não na composição química detalhada. Conjuntos de testes biológicos que cobrem toxicidade, biodegradação e bioacumulação combinado com a caracterização físico-química basal permite a avaliação das propriedades ecotoxicológicas de um efluente. Programas de testes ecotoxicológicos de complexidades diferentes têm diversas aplicações no controle da poluição industrial.

De um modo geral, todos os contaminantes existentes dividem-se em seis classes, conforme mostra a **tabela 2.1** (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). Para cada uma destas classes há técnicas de tratamento próprias. Contudo, na maior parte dos casos, apenas a combinação de duas ou mais técnicas de tratamento é eficiente.

Tabela 2.1 - Agrupamentos por classes dos possíveis contaminantes presentes nos efluentes industriais.

Classe	Contaminantes	Exemplos
1	Sais dissolvidos inorgânicos	Íons metálicos e não metálicos (Cl ⁻ , F ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Ca ²⁺ , Cr ⁶⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , CN ⁻ , HCO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ etc)
2	Gases dissolvidos	NH ₃ , H ₂ S
3	Compostos orgânicos dissolvidos	Solventes, pesticidas, herbicidas, tensoativos e açúcares, entre outros
4	Partículas em suspensão	Areia, sílica coloidal, sais insolúveis, sólidos suspensos diversos
5	Microorganismos	Bactérias, vírus, protozoários, fungos, leveduras
6	Óleos e graxas	Mineral, vegetal e animal

Fonte: Adaptado Parekh (1988). In: Mierzwa e Hespanhol (2005).

Os parâmetros escolhidos para a caracterização dos efluentes devem ser representativos da carga poluidora, servirem para definição do processo de tratamento, servirem para o dimensionamento da estação de tratamento e atenderem ao programa de monitoramento estabelecido para o atendimento à legislação ambiental (GIORDANO, 2011).

De acordo com Jordão (1995), a caracterização das fontes poluidoras e dos poluentes em uma indústria deve obedecer a uma metodologia objetiva, para qual se recomenda:

- Definição de uma estratégia de investigação;
- Conhecimento de todas as atividades de fabricação, fluxograma de processo, matéria prima, produtos consumidos, consumo de água;
- Conhecimento dos produtos fabricados e respectivas quantidades;
- Identificação das diversas localizações de saída dos efluentes líquidos, águas de processo, de utilidades, pluviais, e esgotos sanitários;

- Medição de vazão e amostragem das diversas fontes de efluentes, de acordo com metodologia adequada;
- Preparo de balanço de massa das descargas na indústria para os vários processos de geração de efluentes;
- Verificação das variações diárias, horárias, sazonais típicas.

De acordo com Cavalcanti (2009), as associações entre indústria e tipo/caracterização do efluente/despejo permitem fazer extrapolações no caso de aumento de produção ou mesmo estimar vazões e cargas poluidoras de efluentes de indústrias que estão ainda em fase de implantação. O estabelecimento destes índices pode também servir como base para a comparação entre efluentes de indústrias que produzem produtos similares.

2.3 **Gestão ambiental em estações de tratamento de efluentes industriais**

O controle de efluentes industriais visa diminuir o impacto ambiental causado pela produção. No entanto, a produção não consegue evitar totalmente uma influência prejudicial sobre o ambiente, dessa forma, alguns critérios para diminuir esse impacto são necessários (HOGETSU et al., 2003).

O sistema de controle ambiental corporativa faz parte da gestão ambiental da empresa, que será continuamente atualizado pelo ciclo PDCA, que foi apresentado no primeiro capítulo desse trabalho.

Hoje em dia, entende-se que uma ETEI faz parte do processo de produção de uma indústria. Essa percepção está cada vez mais entranhada, pela grande responsabilidade da empresa em explicar para a população o porquê de ela estar poluindo ou modificando o ambiente. Estas questões são refletidas na formação de programas de gestão ambiental, reciclagem, aquisição da certificação ISO 14001, dentre outros (HOGETSU et al., 2003).

Isto significa que o tratamento de águas residuais deve ser amplamente considerado como parte das questões ambientais a serem abordados, que incluem o efeito estufa, destruição da camada de ozônio, chuva ácida, a contaminação do solo, cheiros, vibração e outros problemas importantes.

De acordo com o Manual de Otimização de Plantas de Estações de Tratamento de Efluentes Líquidos (GRANT et al., 2003) há alguns fatores limitantes para o desempenho satisfatório de uma estação de tratamento de efluentes líquidos e estes estão descritos na **tabela 2.2**.

Tabela 2.2 - Fatores limitantes de desempenho para uma estação de tratamento de efluentes líquidos.

<i>Categoria</i>	<i>Fatores</i>
Operação	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoramento do processo; - Desperdício e descarte de lodo; - Suporte técnico;
Projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecimento dos funcionários; - Disponibilidade de equipamentos adequados para seleção química e uso. - Capacidade de tratamento do lodo; - Capacidade de estocagem do lodo; - Capacidade de disposição/descarte do lodo; - Equipamento de processo; - Projeto não modular; - Configuração do processo de tancagem.
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> - Carga hidráulica; - Carga orgânica; - Transferência de oxigênio; - Infiltração; - Instrumentação e controle; - Carga industrial; - Falta de flexibilidade;
Administração	<ul style="list-style-type: none"> - Mão de obra qualificada; - Idade do equipamento; - Conhecimento e treinamento do quadro de funcionários; - apoio dos órgãos administrativos; - Políticas; - Treinamento do operador.

Fonte: Adaptado de Grant et al. (2006).

2.3.1 Reuso de água na indústria

Uma postura proativa deve ser assumida pelas indústrias para garantir elevados padrões de desempenho ambiental. Dentro desse tipo de postura pode-se ressaltar a prática de reuso de água nas indústrias que é um instrumento para a preservação dos recursos naturais e controle da poluição ambiental. Contudo esta prática deve estar vinculada a outras medidas que busquem a racionalização do uso da água e demais recursos naturais. De acordo com Mancuso e Santos (2003), os usos industriais que apresentam possibilidade da utilização da água de reuso são, por exemplo: Torres de resfriamento; Caldeiras; Lavagem de peças e equipamentos, principalmente nas indústrias mecânica e metalúrgica; Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e veículos.

2.4 Métodos de tratamento: Processos e operações unitárias

Segundo Cavalcanti (2009), a remoção dos contaminantes dos efluentes industriais se dá através de métodos físicos, químicos e biológicos envolvendo processos e operações unitárias de natureza física, química e biológica utilizadas isoladamente ou em uma multiplicidade de combinações. A opção por uma determinada técnica de tratamento ou por uma combinação entre duas ou mais técnicas é o que define um sistema de tratamento, e deve fundar-se no conhecimento potencial de cada técnica e dos mecanismos envolvidos na redução do contaminante de interesse (KIANG; METRY, 1982; MARTIN; JOHNSON, 1987; NALCO, 1988; IDAHO, 1992). Segundo Eckenfelder (2000), a definição do processo de tratamento de águas residuárias ou uma combinação dos processos dependem:

- Das características das águas residuárias. Isto é, considerando o tipo dos poluentes (ex: coloidal, suspenso ou dissolvido; a biodegradabilidade e a toxicidade dos componentes orgânicos e inorgânicos);
- Do atendimento a legislação ambiental. Qualidade do efluente requerido pela legislação, considerando a possibilidade de futuras restrições, como limitação para ecotoxicidade;
- Do custo e a viabilidade da estação de tratamento.

Além disso, para decidir sobre o tipo de tratamento tecnicamente mais apropriado tem-se que levar em conta a natureza do corpo receptor, o clima e as possibilidades de reuso (KIANG; METRY, 1982).

De acordo com Giordano (2011), para a definição do processo de tratamento dos efluentes industriais são testadas e utilizadas diversas operações unitárias (estudos de tratabilidade). No geral podem-se dispor os processos físicos, químicos e biológicos em etapas de tratamentos que detêm funções diferentes **tabela 2.3**.

Tabela 2.3 - Etapas de tratamentos e suas principais funções.

Etapa Preliminar
Remoção física de sólidos grosseiros e óleos (com gradeamento, caixas de areia e de gordura).
Etapa Primária
Equalização, Correção de pH, Remoção de sólidos por sedimentação ou flotação, ou pela associação de coagulação e floculação química.
Etapa Secundária
Tratamento biológico do efluente, com remoção de matéria orgânica biodegradável dissolvida ou coloidal. Pode ocorrer a remoção dos nutrientes, nitrogênio e/ou fósforo.
Etapa Terciária ou Polimento Final
Melhoria da qualidade dos efluentes tratados pelas remoções de nutrientes residuais (N e P), redução da cor residual, turbidez, metais pesados, compostos orgânicos refratários e desinfecção do efluente tratado.

Fonte: Adaptado de Giordano (2011).

Em seguida, são comentados de forma breve os processos físicos, químicos e biológicos de acordo com Giordano (2011), Cavalcanti (2009) e Jordão e Pessôa (1995). Alguns dos processos e dispositivos comentados a seguir são temas das listas de verificação das quais fazem parte dos resultados desse trabalho.

2.4.1 Operações unitárias

As operações físicas unitárias são métodos de tratamento caracterizados pela predominância de forças físicas de remoção de substâncias, através da separação de corpos flutuantes, resíduos, partículas diversas e sólidos sedimentáveis (LEME, 2007). Basicamente, a finalidade é de separar as substâncias em suspensão das águas residuárias (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

Segundo Von Sperling (1996) os processos de remoção ocorrem através da utilização de gradeamento/peneiramento, de mecanismos de mistura, floculação, sedimentação, flotação, filtração, aeração, stripping e adsorção sendo normalmente aplicados nas etapas de tratamento preliminar e primário.

Logo a seguir, são abordadas as operações físicas principais utilizadas em ETEI's em operação de acordo com Giordano (2011), Cavalcanti (2009), Jordão e Pessôa (1995) e La Rovere et al. (2008).

2.4.1.1 Gradeamento

Trata-se efetivamente da primeira unidade em plantas de tratamento de efluentes.

Os dispositivos de retenção são, geralmente, barras de ferro ou aço que são dispostas paralelamente, verticais ou inclinadas, de modo a permitir o fluxo normal dos efluentes, através do espaçamento entre as barras, adequadamente projetadas para reter o material que se pretende remover, com baixa perda de carga. O espaçamento entre as barras é fixado em função das dimensões dos sólidos grosseiros que se pretende remover, normalmente esse espaçamento varia entre 0,5 e 2 cm.

Os sólidos grosseiros podem ser tijolos, garrafas, pedaços de madeira, capazes de causar entupimentos e, dessa forma, protege bombas, válvulas, tubulações etc.

Podem ser grades mecanizadas ou de limpeza manual. A remoção mecanizada pode ser automaticamente controlada por temporizador (timer), ou através de flutuadores adequadamente instalados para comandar o mecanismo de limpeza, sempre que o diferencial de níveis, entre montante e jusante, exceder o valor máximo recomendado para operação de limpeza.

2.4.1.2 Peneiramento

O peneiramento é utilizado para a remoção de sólidos normalmente com diâmetros superiores a 1 mm, capazes de causar entupimentos ou com considerável carga orgânica. As peneiras mais utilizadas têm malhas com barras triangulares com espaçamento variando entre 0,5 a 2 mm, podendo a limpeza ser mecanizada (jatos de água ou escovas) ou ser estática. No caso de serem utilizadas peneiras em efluentes gordurosos ou com a presença de óleos minerais devem-se utilizar as peneiras com limpeza mecanizada por escovas.

As informações básicas para especificação de peneiras são as seguintes: Identificação do material a ser filtrado (tipo de sólidos, peso, dimensões médias e máximas); Vazão mínima e máxima; Presença de óleo, gordura ou material aderente; Porcentagem de sólidos; Abertura de tela; Material de tela; Forma como o

material adentra a peneira (bombeando ou por gravidade) e Posição do tubo de saída.

2.4.1.3 Desarenação

A finalidade da caixa de areia é remover material inorgânico não putrescível, que se caracteriza por uma partícula que não floclula, de tamanho em geral superior a 0,2 mm, e por uma velocidade de sedimentação maior que a das partículas orgânicas, em geral 0,02 m/s. Areias, pó de pedra e terras filtrantes (diatomita e similares) se encaixam nesse padrão de material e devem ser removidos no início do sistema de tratamento, evitando-se o desgaste de bombas e entupimento de tubulações e tanques do processo. O uso da caixa de areia também facilita o manuseio e transporte das fases líquida e sólida, ao longo dos componentes da ETEI.

A forma correta de remoção destes materiais é com a utilização de caixas de areias ou tanques elevados. Estas caixas ou tanques devem ser dimensionados apenas para reterem materiais inertes acima citados, nunca para reterem matéria orgânica. A limpeza pode ser manual ou mecanizada.

As unidades de caixa de areia podem ser classificadas em função das seguintes características:

- De acordo com a forma: prismática (seção retangular ou quadrada), cilíndrica (seção circular);
- De acordo com a separação solida-líquida: por gravidade (natural e aerada), por centrifugação (vórtex e centrífuga);
- De acordo com a remoção: manual, ciclone separador e mecanizada (raspador, bombas centrífugas, parafuso, *air lift*, caçambas transportadoras; e
- De acordo com o fundo: plano (prismática com poço), inclinado (prismática aerada) e cônico (vórtex).

2.4.1.4 Separação água/óleo

A separação de óleo livre, a exemplo dos sólidos grosseiros, constitui também em uma das primeiras providências no tratamento de efluentes.

A necessidade da remoção da gordura contida nas águas residuárias está condicionada aos problemas que esse material trará às unidades de uma estação de tratamento, se presente em grandes proporções. Assim sendo, a remoção de gordura tem as seguintes finalidades:

- Evitar obstruções dos coletores;
- Evitar aderência nas peças especiais da rede;
- Evitar acúmulo nas unidades de tratamento provocando odores desagradáveis e perturbações no funcionamento dos dispositivos de tratamento; e
- Evitar aspectos desagradáveis nos corpos receptores.

O processo de separação ocorre por diferença de densidade, sendo normalmente as frações oleosas mais leves recolhidas na superfície. No caso de óleos ou borras oleosas mais densas que a água, esses são sedimentados e removidos por limpeza de fundo do tanque. Este processo não é capaz de remover óleo emulsionado.

2.4.1.5 Equalização

Os tanques de equalização têm a função de reduzir a variação das vazões e aumentar a homogeneização das características físico-químicas dos efluentes a serem tratados, e controlar a temperatura afluente. Para isso esses tanques devem ter resistência química e térmica.

Em alguns tanques são instalados dispositivos misturadores e em outros também são necessários aeradores, quando houver matéria orgânica putrescível.

Durante a equalização podem ocorrer diversas alterações nas características dos efluentes, algumas desejáveis e outras não, tais como: neutralização biológica da matéria orgânica e redução da temperatura.

A equalização de vazão pode melhorar significativamente a performance de sistemas de tratamento a jusante, inclusive reduzindo o consumo dos agentes neutralizantes, produtos químicos na floculação e principalmente o tamanho das unidades de tratamento subsequentes.

2.4.1.6 Sedimentação

O processo de sedimentação é um processo natural de separação de fases, sólido-líquido, que tem por princípio a ação da gravidade. É uma das etapas de clarificação, devendo ser aplicado conforme as características de cada efluente e do processo de tratamento. Nessa etapa deve-se evitar as condições para ocorrência de atividade microbiana.

A sedimentação em tratamento de efluentes é utilizada na separação de areia, sólidos sedimentáveis, lodos biológicos e lodos químicos quando floculados. Também proporciona adensamento de lodos.

No caso dos processos que geram lodos orgânicos deve-se evitar a permanência exagerada desses no fundo dos decantadores, reduzindo-se, assim, sua anaerobiose e a consequente formação de gases que causam a flutuação de aglomerados de lodos. Isto pode ocorrer por simples anaerobiose com a formação de metano e gás carbônico e pela desnitrificação com a redução dos íons nitratos a gás nitrogênio. Pode ocorrer também a formação de gás sulfídrico pela redução do íon sulfato.

Nos casos de lodos originados nos processos químicos ou com efluentes originados nos processos industriais inorgânicos pode-se admitir um tempo de retenção maior dos lodos no fundo dos decantadores.

Os decantadores apresentam diversas formas construtivas e de remoção de lodo, com ou sem mecanização. Eles podem ser circulares ou retangulares, com limpeza de fundo por pressão hidrostática ou com remoção de lodo mecanizada por raspagem ou sucção. No caso da presença de escumas (materiais flutuantes), é necessário um removedor de espuma.

2.4.1.7 Filtração

A filtração é o processo pelo qual as substâncias insolúveis são separadas e retidas quando a corrente líquida passa por um meio ou barreira permeável, denominada meio filtrante. O processo de separação é por retenção das partículas no meio filtrante, e todo o efluente precisa passar através do meio poroso para que a separação ocorra.

Antes de escolher um sistema de filtração deve-se realizar a análise granulométrica dos sólidos em suspensão nos efluentes. Em função da distribuição granulométrica pode-se estabelecer quais os diâmetros de corte dos filtros e pré-filtros a serem instalados.

Em razão do acúmulo de material sólido na superfície do filtro e nos vazios no meio filtrante, a resistência à passagem do fluido aumenta, a perda de carga eleva-se e o fluxo de líquido diminui. Por esta razão, os sistemas de filtração são projetados para operar com valores pré-definidos de perda de carga, que estabelecem o momento em que o processo de filtração deve ser interrompido para a limpeza ou substituição do meio filtrante.

Atualmente, o mercado oferece vários tipos de sistemas de filtração, com meios filtrantes descartáveis ou reutilizáveis, destacando-se os seguintes (OSMONICS, 1997): Filtros tipo cartucho; Filtros com meio granular; Filtros a vácuo; Filtros prensas.

2.4.1.8 Flotação

A flotação é muito utilizada para a clarificação de efluentes e a consequente concentração de lodos, tendo como vantagem a necessidade reduzida de área, tendo como desvantagem um custo operacional mais elevado devido a mecanização. O processo de flotação pode ser utilizado para muitos propósitos, como: Separação de óleos, graxas, fibras e outros sólidos de baixa densidade contidos nas águas residuárias; Adensamento de lodo biológico excedente oriundo do processo de lodos ativados; Adensamento de lodos químicos provenientes do processo de coagulação; e como substituto do decantador secundário em processos de lodos ativados.

A flotação consiste em pressurizar uma fração clarificada do efluente e dissolver parte do oxigênio no líquido. Posteriormente, o efluente pressurizado é liberado no interior de um dispositivo adequado e formam-se pequenas bolhas de ar, em razão da expansão do oxigênio, que aderem as partículas e as fazem flutuar. Na superfície do dispositivo há um sistema que remove o material sólido flotado, e o líquido sai pelo fundo do equipamento. Esse mecanismo não é aplicado aos efluentes com óleos emulsionados, a não ser que os efluentes tenham sido coagulados (quebra e emulsão) previamente.

Existem flotadores a ar dissolvido (FAD), a ar ejetado e a ar induzido.

2.4.2 Processos Químicos

Os processos químicos são aqueles que utilizam substâncias químicas no processo de tratamento, tais como: agentes de coagulação, floculação, neutralização de pH, oxidação, redução e desinfecção em diferentes etapas dos sistemas de tratamento; Através de reações químicas promovem a remoção de poluentes ou condicionem a mistura de efluentes a ser tratada aos processos subsequentes. Esses processos raramente são adotados isoladamente.

Via de regra, é utilizado quando os empregos de processos físicos e biológicos não atendem ou não atuam eficientemente nas características que se deseja reduzir ou remover. A remoção de sólidos por simples sedimentação, por exemplo, poderá alcançar níveis elevados se for auxiliada por uma precipitação química; a remoção da unidade do lodo por centrifugação ou por filtração terá resultados nitidamente superiores com o auxílio de polieletrólitos.

Alguns dos processos químicos comumente adotados são: Floculação; Coagulação; Precipitação química; Oxidação química; Cloração; Neutralização ou correção do pH.

2.4.3 Processos biológicos

A degradação biológica de águas residuárias de constituições predominantemente orgânica e biodegradável se dá pela ação de micro-organismos, os quais metabolizam a matéria orgânica carbonácea e nitrogenada (coloidal, em

suspensão ou dissolvida) estabilizando-a sob a forma de subprodutos (gases e tecidos celulares).

Os principais objetivos do tratamento biológico são os seguintes: Remoção do conteúdo orgânico dos despejos, especialmente a matéria orgânica carbonácea, usualmente medida em termos de DBO, DQO e TOC; Remoção de nutrientes, tais como nitrogênio e fósforo; Redução parcial ou total de determinados compostos orgânicos de natureza tóxica.

De acordo com Imhoff (1986), os processos de tratamento biológico aeróbio ou anaeróbio podem falhar quando aplicados aos despejos industriais, por falta de determinadas substâncias nutritivas necessárias ao metabolismo dos microrganismos. Entretanto esta falta de nutrientes pode ser corrigida misturando o despejo industrial com esgoto doméstico ou adicionando nutrientes artificiais (nitrogênio, fosfatos).

Os principais processos biológicos são: Lagoas anaeróbias e fotossintéticas; lodos ativados e suas variantes; filtros biológicos; biodiscos; biocontactores; biodigestores.

2.4.4 Outros Processos

De acordo com Jordão e Pessoa (1995), além dos processos de tratamento citados, vários outros têm resultado de pesquisas ou são de implantação mais recente, constituindo, muitas vezes, o que se tem chamado de “tratamento avançado”. Alguns desses são: adsorção com carvão ativado, separação por membranas e oxidação por ozônio.

Tabela 2.4 – Alguns métodos de tratamento avançados.

Métodos de tratamento	
Adsorção com carvão ativado	<p>O processo de adsorção ocorre quando uma molécula, geralmente do contaminante a ser removido, atinge a superfície do carvão e lá permanece, por causa da ação de forças físicas e/ou químicas (Idaho, 1992).</p> <p>A superfície do carvão adsorve o contaminante por este apresentar uma baixa solubilidade no efluente e ter uma grande afinidade pelo carvão, e pela combinação entre os dois fatores (Idaho, 1992).</p>
Separação por membranas	<p>Após o tratamento físico-químico e biológico o efluente é submetido à filtração para retenção dos materiais em suspensão ainda presentes. O efluente da filtração é então submetido a um processo de separação por membranas (Giordano, 2012).</p> <p>Sistemas de separação por membrana: Microfiltração; Ultrafiltração; Nanofiltração; Osmose reversa. A seleção do tipo de membrana a ser aplicada é feita em função da qualidade necessária para a água a ser reutilizada na indústria (Giordano, 2012).</p>
Oxidação por ozônio	<p>O ozônio é um gás oxidante, reativo, instável e solúvel em água. Estas características permitem tratar os efluentes, através de oxidação, precipitação e desinfecção. Sua utilização está baseada em duas características principais: potente oxidante para poluentes e como agente desinfetante para microrganismos. (Giordano, 2012).</p> <p>Além disso, possibilita outras aplicações visando o meio ambiente: redução dos metais às suas formas insolúveis, quebra da cadeia dos hidrocarbonetos e solidificação dos compostos orgânicos dissolvidos, causando sua coagulação e precipitação (Giordano, 2012).</p>

Fonte: Adaptado de GIORDANO (2012) e IDAHO (1992).

2.5 Características desejáveis para o efluente tratado

Pela grande importância da água para o desenvolvimento das diversas atividades humanas, foi indispensável criar normas que disciplinassem a utilização dos recursos hídricos pelos diversos segmentos da sociedade, principalmente pelas indústrias. Assim, desde sua implantação, a nossa legislação tem como principal objetivo minimizar os problemas de poluição ambiental causados, por exemplo, pela emissão de efluentes para os corpos receptores (MIERZWA E HESPANHOL, 2005).

O efluente tratado deve apresentar, no mínimo, características que atendam à legislação ambiental. Segundo Giordano (2012), a legislação é a primeira condicionante para um projeto de uma estação de tratamento de efluentes

industriais, sendo importante ressaltar que as diferenças das legislações muitas vezes inviabilizam a replicação de uma estação de tratamento que apresente sucesso em um Estado para outro.

No capítulo a seguir, são abordadas as principais questões da legislação brasileira referentes à indústria e ao descarte das águas residuárias.

3. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

No Brasil, uma atividade modificadora do meio ambiente precisa obter licença ambiental, que é concedida pelo órgão ambiental competente, de acordo com a Resolução CONAMA nº 237/1997 (BRASIL, 1997). A licença ambiental é tratada como “ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadores dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental”.

A competência para se identificar o órgão licenciador, assim defendido tanto pela doutrina quanto pela jurisprudência, consiste na avaliação do âmbito de influência dos impactos diretos no ambiente do empreendimento. Assim se os impactos forem de extensão maior que de um Estado, competência será do órgão federal, se inferiores, mas maiores que o Município, será do Estado e, se forem apenas de âmbito local, será competente o órgão municipal (GUSMÃO; DE MARTINI, 2009).

No processo geral de licenciamento ambiental, três são as espécies de licenças ambientais a serem expedidas pelo poder público no exercício de sua atividade de controle ambiental (GUSMÃO; DE MARTINI, 2009):

- Licença Prévia (LP) – Concedida no início do planejamento da atividade, deve corresponder à fase de estudos para definição da localização e concepção do empreendimento, bem como estabelecer os requisitos mínimos necessários ao seu correto funcionamento;
- Licença de Instalação (LI) – Deve ser solicitada antes da instalação da atividade, pois visa autorizá-la através da análise de documentos, como o projeto técnico, o plano de monitoramento e os programas ambientais, incluindo também as medidas de controle ambiental e os demais condicionantes, que são tidas como ponto indispensável;

- Licença de Operação (LO) – É concedida antes da efetiva operação do empreendimento, após a análise, por parte do órgão licenciador, dos documentos solicitados nas licenças anteriores, bem como de uma vistoria detalhada das instalações e medidas de controle.

A auditoria ambiental deve verificar se a licença ambiental está dentro do prazo de validade, se foram cumpridas as formalidades decorrentes de sua emissão como, por exemplo, a sua publicação conforme a regulamentação aplicável. No Estado do Rio de Janeiro, a Deliberação CECA nº 1.174, de 19/10/87, aprovou a IT – 953 – Instrução Técnica para Regulamentar as Publicações das Licenças Obrigatórias dentro do sistema de licenciamento das atividades poluidoras e, em nível federal, a matéria é regulada na Resolução CONAMA nº 006, de 1986 (BRASIL, 1986), que instituiu e aprovou os modelos para publicação das licenças ambientais, bem como se há o cumprimento das restrições e condicionantes dessa licença (LA ROVERE et al., 2002).

É importante salientar que o Estado do Rio de Janeiro, como em outros estados, possui diferentes tipos de licenças ambientais que são utilizadas conforme a tipologia do empreendimento.

3.1 Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)

O processo de licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente dependerá da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) Segundo a Resolução CONAMA 001/1986 (BRASIL, 1986).

De acordo com La Rovere et al. (2002) as indústrias se enquadram neste tipo de atividade e, portanto, necessitam de estudos para avaliação da eficiência das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos. Deverão ainda constar do processo de licenciamento, obrigatoriamente, a certidão da prefeitura municipal declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo. E, quando for o caso, deverá

constar também a autorização para supressão de vegetação e a outorga para o uso da água, emitidas pelos órgãos competentes (CAVALCANTI, 2009).

3.2 Legislação aplicável ao lançamento de efluentes líquidos industriais

A primeira condicionante para um projeto de uma estação de tratamento de efluentes industriais é a legislação ambiental, sendo importante ressaltar que as diferenças das legislações muitas vezes inviabilizam a cópia de uma estação de tratamento que apresente sucesso em um estado para outro. Isto é, uma ETEI pode ser suficiente para atender a legislação de um Estado, mas não atender a todos os limites estabelecidos por outro Estado (GIORDANO, 2007).

Segundo Von Sperling (2005), os efluentes originados em estações de tratamento de efluentes industriais podem ter duas destinações: reutilização ou disposição no ambiente, através de descarga e diluição em ambientes aquáticos. Dessa forma, uma série de legislações ambientais, critérios e políticas procuram influir tanto na seleção dos locais de descarga quanto no nível de tratamento exigido para garantir que os impactos ambientais provocados pela disposição desses efluentes tratados sejam aceitáveis.

As diretrizes e recomendações são propostas por entidades de aceitação geral (como a OMS – Organização Mundial da Saúde), são genéricas por natureza, não tem força de lei e usualmente objetivam a proteção da saúde pública e do meio ambiente em termos mundiais (VON SPERLING, 2005).

No Brasil, as legislações federais e estaduais classificam seus corpos d'água em função dos seus usos preponderantes e estabelecem, para cada classe de água, os padrões de qualidade a serem obedecidos. Estes padrões de qualidade são utilizados principalmente para a proteção da qualidade da água, de forma a assegurar os usos previstos (FREIRIA, 2012).

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005), foi criada com o objetivo de assegurar os usos preponderantes previstos dos corpos d'água e nortear o controle dos efluentes líquidos. Os órgãos ambientais estaduais usualmente baseiam-se nos padrões desta Resolução, mantendo-os, complementando-os ou eventualmente aplicando padrões mais restritivos.

Em 2011 foi criada a Resolução CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011) que complementa e altera parcialmente a Resolução CONAMA nº 357/2005, no que diz respeito às condições e padrões de lançamento de efluentes. É importante ressaltar que o principal objetivo dessas resoluções é garantir que os efluentes não sejam descartados de forma a conferir ao corpo receptor características em desacordo com seu enquadramento e o ministério público está cada vez mais atento a isso.

De acordo com o artigo 29 da Resolução CONAMA 430/2011, aos empreendimentos e demais atividades poluidoras que, na data da publicação desta Resolução, contarem com licença ambiental expedida, poderá ser concedido, a critério do órgão ambiental competente, prazo de até três anos, contados a partir da publicação da presente Resolução, para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos estabelecidos nesta norma (BRASIL, 2011). Para tanto, o empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento da Resolução. O prazo previsto poderá ser prorrogado por igual período, desde que tecnicamente motivado (BRASIL, 2011).

As instalações de tratamento de efluentes existentes deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram às disposições desta Resolução (BRASIL, 2011). O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e em seu regulamento.

3.2.1 Legislação Estadual do Rio de Janeiro

A carga orgânica de um efluente líquido é controlada de forma diferente entre alguns estados brasileiros. No Estado do Rio de Janeiro cujo órgão estadual é o INEA (Instituto Estadual do Ambiente), a avaliação é feita utilizando-se os parâmetros DBO e DQO. Em relação à DBO (CECA, 2007) (**Tabela 3.1**):

- Para as unidades industriais com vazão de até 3,5 m³/dia de efluentes líquidos industriais e com carga orgânica menor ou igual a 2,0 kg de DBO/dia, será exigida a remoção de sólidos grosseiros, sedimentáveis e materiais flutuantes;

- Para carga orgânica maior que de 2,0 kg DBO/dia e menor ou igual a 10 kg de DBO/dia, será exigida tecnologia de remoção no Nível 1, ou seja, um mínimo de 40% de remoção de carga orgânica biodegradável;
- Para carga orgânica maior que 10 kg DBO/dia e menor ou igual a 100 kg DBO/dia, será exigida tecnologia de remoção no Nível 2, ou seja, um mínimo de 70% de remoção da DBO.
- Para unidades industriais de qualquer porte e tipologia, localizadas nas seguintes áreas relacionadas a seguir, será exigida a remoção mínima de 70% da carga orgânica biodegradável.
- Para efluentes industriais com carga orgânica superior a 100 kg DBO/dia, será exigida remoção de, no mínimo, 90% da DBO.

Tabela 3.1 - Remoções mínimas para carga orgânica biodegradável de efluentes industriais.

VAZÃO \leq 3,5 m³/dia	
CARGA (kg DBO/dia)	REMOÇÃO
carga \leq 2,0	Sólidos grosseiros, sedimentáveis e materiais flutuantes
VAZÃO $>$ 3,5 m³/dia	
CARGA (kg DBO/dia)	REMOÇÃO DE DBO (%)
2 < carga \leq 10	40
10 < carga \leq 100	70
carga $>$ 100	90

Fonte: CECA (2007).

Em relação à DQO o controle é realizado por concentração e a tipologia da indústria é o indicador (**Tabela 3.2**). Se o percentual encontrado for menor, as empresas deverão realizar mudanças no processo produtivo ou no controle de efluentes orgânicos, para adequar a DQO ao limite fixado. Os padrões por tipologia industrial são estabelecidos com base em estudos e na experiência relativos a cada ramo da indústria no Brasil e em outros países. O estabelecimento de tais padrões não implica necessariamente na exigência de implantação da tecnologia específica

utilizada como modelo, mas na exigência de que esses padrões de lançamento sejam respeitados. As exigências são as seguintes:

- Os efluentes de indústrias com vazão até 3,5 m³/dia somente poderão ser lançados nos corpos d'água, direta ou indiretamente, se sua carga de DQO for inferior a 3,5 kg/dia.
- Os efluentes de indústrias com vazão superior a 3,5 m³/dia somente poderão ser lançados nos corpos d'água, direta ou indiretamente, se atenderem aos limites de DQO estabelecidos.

Tabela 3.2 - Concentrações máximas de DQO em efluentes de indústrias com vazão superior a 3,5 m³/dia.

INDÚSTRIAS	DQO
Indústrias químicas, petroquímicas e refinarias de petróleo.	< 250 mg/L ou 5,0 kg/dia
Fabricação de produtos farmacêuticos e veterinários, exclusive unidades de fabricação de antibióticos por processo fermentativo.	< 150 mg/L ou 3,0 kg/dia
Fabricação de antibióticos por processo fermentativo.	< 300 mg/L ou 6,0 kg/dia
Fabricação de bebidas – cervejas, refrigerantes, vinhos, aguardentes, exclusive destilarias de álcool.	< 150 mg/L ou 3,0 kg/dia
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas, impermeabilizantes, secantes e resinas/massas plásticas.	< 300 mg/L ou 6,0 kg/dia
Curtume e processamento de couros e peles.	< 400 mg/L ou 8,0 kg/dia
Operações unitárias de tratamento de superfícies efetuadas em indústrias dos gêneros metalúrgico, siderúrgico, mecânico, material de transporte, material elétrico, eletrônico e de comunicações, editorial e gráfico, material plástico, borracha, aparelhos, instrumentos e materiais fonográficos, fotográficos e óticos.	< 200 mg/L ou 4,0 kg/dia
Indústrias alimentícias, exclusive pescado.	< 400 mg/L ou 8,0 kg/dia
Indústria de pescado.	< 500 mg/L ou 10 kg/dia
Fabricação de cigarros, charutos e preparação de fumo.	< 450 mg/L ou 9,0 kg/dia
Indústria têxtil	< 200 mg/L ou 4,0 kg/dia
Indústrias siderúrgicas e metalúrgicas, Coqueria, carboquímica e alto forno, Aciaria e laminação. Demais unidades, exceto setor de tratamento de superfícies.	< 200 mg/L < 150 mg/L < 100 mg/L
Papel e celulose	< 200 mg/L ou 4,0 kg/dia
Estações terceirizadas de tratamento de efluentes líquidos	< 250 mg/L ou 5,0 kg/dia

Percolado de aterro industrial	< 200 mg/L
--------------------------------	----------------------

Fonte: CECA (2007).

As principais Normas Técnicas e Diretrizes utilizadas para efluentes líquidos no Estado do Rio de Janeiro são:

- **NT-202. R-10** – Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos. Aprovada pela Deliberação CECA nº 1007, de 04 de dezembro de 1986.

OBJETIVO: Estabelecer critérios e padrões para o lançamento de efluentes líquidos, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SLAP.

- **NT-213. R-4** – Critérios e padrões para Controle da Toxicidade em efluentes líquidos industriais. Aprovado pela Deliberação CECA nº 1.948 de 04 de setembro de 1990.

OBJETIVO: Estabelecer critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais, utilizando testes de toxicidade com organismos aquáticos vivos, de modo a proteger os corpos d'água da ocorrência de toxicidade aguda ou crônica de acordo com a NT-202 e DZ-209, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras – SLAP.

- **DZ-209. R-2** – Diretriz de controle de efluentes líquidos industriais. Aprovada pela Deliberação CECA nº 1.079, de 25 de junho de 1997.

OBJETIVO: Definir a filosofia de controle de efluentes líquidos industriais que orientará o estabelecimento de padrões de lançamento por tipologia e as ações de controle da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - FEEMA e da Comissão Estadual de Controle Ambiental - CECA, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SLAP.

- **DZ-205.R-6** – Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial. Aprovada pela Deliberação CECA nº 4887, de 25 de setembro de 2007.

OBJETIVO: Estabelecer, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras – SLAP, exigências de controle de poluição

das águas que resultem na redução de: Matéria orgânica biodegradável de origem industrial; Matéria orgânica não biodegradável de origem industrial; e Compostos orgânicos de origem industrial que interferem nos mecanismos ecológicos dos corpos d'água e na operação de sistemas biológicos de tratamento implantados pelas indústrias e pelas operadoras de serviços de esgoto.

- **DZ-0703.R-4** – Roteiros para apresentação de projetos para tratamentos de efluentes líquidos. Aprovada pela Deliberação CECA n. 0019, de 16 de fevereiro de 1978.

OBJETIVO: Estabelecer critérios para apresentação de projetos para tratamento de efluentes líquidos de atividades poluidoras, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras.

3.2.2 Legislação Estadual Paulista

Em razão de sua vocação industrial, pode-se dizer que o estado de São Paulo é pioneiro no estabelecimento de normas de controle da poluição ambiental (HESPANHOL e MIERZWA, 2005). Destaca-se a Lei n° 997, de 31 de maio de 1973, regulamentada pelo decreto n° 8.468, de 8 de setembro de 1976, na qual se atribui à CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) a responsabilidade pela elaboração de normas, especificações e instruções técnicas relativas ao controle da poluição, fiscalização das emissões de poluentes feitas por entidades públicas e particulares, entre outras (CETESB, 1992)

De acordo com Hespanhol e Mierzwa (2005), o Decreto n° 8.468 também trata da classificação das águas do Estado de São Paulo, com seus respectivos padrões de qualidade e de emissão de efluentes. As águas interiores (situadas no território do Estado de São Paulo) são classificadas de acordo com seus usos preponderantes.

Para o controle da carga orgânica no estado de São Paulo, é realizado utilizando-se somente a DBO como parâmetro. É exigida a redução de carga orgânica de 80% ou que a DBO apresente concentração máxima de 60 mgO₂/L.

3.2.3 Controle da carga orgânica de efluentes líquidos em outros Estados Brasileiros

No Estado do Rio Grande do Sul, cujo órgão ambiental é o FEPAM, os valores limites de DBO e DQO variam inversamente com a carga orgânica. Sendo assim, quanto maiores as cargas orgânicas menores são as concentrações permitidas para lançamento.

No Estado de Minas Gerais o controle é realizado de duas formas. Por concentração tanto da DBO quanto da DQO, sendo aplicados indistintamente para quaisquer indústrias. Os limites são 60 e 90 mgO₂/L, respectivamente.

Já no Estado de Goiás limita-se a carga orgânica somente em relação à DBO, mas estabelecendo a concentração máxima de 60 mgO₂/L ou sua redução em 80%.

Nos outros Estados o conceito é o mesmo do CONAMA sendo o controle de matéria orgânica apenas no corpo receptor.

Em relação aos sólidos em suspensão, que na maior parte dos casos, podem ser relacionados diretamente com a DQO, somente os Estados de Minas Gerais e Rio Grande do sul estabelecem limites de concentração para os mesmos.

4. METODOLOGIA

O embasamento técnico e teórico-conceitual foi adquirido e/ou consolidado nas disciplinas do próprio curso de mestrado, através de aulas teóricas e práticas, exercícios, teses, visitas técnicas, trabalhos em grupos e estudos individuais.

4.1 Descrição do roteiro para avaliação de desempenho em ETEI

Um roteiro para avaliação de desempenho em ETEI foi estabelecido ao longo deste trabalho, com base em algumas referências: Apostila do curso de mestrado profissional da UERJ - Saneamento Básico e Tratamento de Efluentes Industriais escrita pelo professor Giordano (2012), dois manuais brasileiros e um estrangeiro sobre tratamento de efluentes líquidos: Manual de Auditoria Ambiental de Estações de Tratamento de Esgotos (LA ROVERE et al., 2008), Manual de Tratamento de Efluentes Industriais (CAVALCANTI, 2009) e o Manual para Inspeção de Plantas de Tratamento de Efluentes Industriais (EEAA, 2002). O livro Gestão Ambiental na Indústria (GUSMÃO e DE MARTINI, 2009) também foi utilizado. Além disso, foram realizadas discussões sobre o assunto com os mestres designados como orientador e coorientador, os quais militam na área de concentração escolhida.

A partir da pesquisa realizada foram estabelecidos tópicos gerais a serem abordados em uma avaliação de desempenho de ETEI's. Os tópicos estão relacionados a seguir:

- Coleta de dados e verificação do desempenho ambiental geral;
- Verificação do desempenho operacional da ETEI;
- Resultado da análise de desempenho da ETEI.

A partir desses tópicos elaborou-se um roteiro, dividido em quatro diferentes níveis (**Figura 4.1**). Cada nível tem um objetivo de avaliação distinto e, por isso, foram estabelecidas metodologias diferenciadas para cada um desses níveis. Essas metodologias são descritas neste capítulo, nos itens 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 e 4.1.4.

Os tópicos e perguntas que deverão ser abordados em cada nível de avaliação são explicados e discutidos sucintamente no Capítulo 5 (Resultados e Discussão).

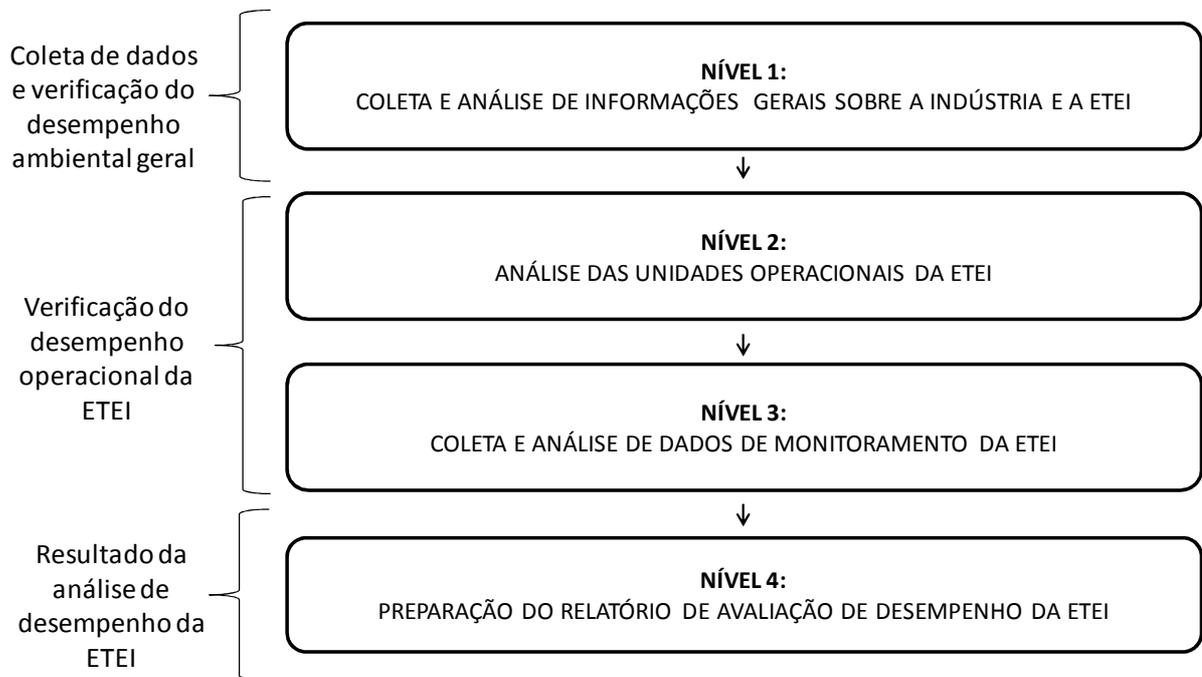


Figura 4.1 – Roteiro para auxiliar uma avaliação de desempenho para ETEI's.

A avaliação de desempenho para ETEI's teve como referência o método preconizado por Little (1983) para auditorias. No primeiro nível foram consideradas as fases de pré-avaliação e atividades *in loco*. Nos segundo e terceiro níveis foram considerados, somente, atividades *in loco*. O último nível (quarto nível) considera-se a fase de pós-avaliação.

Algumas fotografias de irregularidades encontradas em ETEI's estão dispostas ao longo do Capítulo 5 (Resultados e Discussão). Essas fotografias foram tiradas em diferentes ETEI's durante as visitas de auditorias realizadas pela empresa TECMA.

4.1.1 Primeiro nível: Coleta e análise de informações sobre a indústria e a ETEI

O primeiro nível, coleta e avalia as informações gerais da indústria e da sua planta de tratamento de efluentes líquidos. As listas de verificação elaboradas para este nível foram concebidas a partir da metodologia descrita no item 4.2 desse capítulo.

Nesta fase, devem ser realizados contatos com a gerência da empresa para levantamento de informações. O escopo e os tópicos prioritários, bem como as regulamentações relevantes devem ser definidos. Devem ser formuladas: as atribuições de responsabilidades para os membros da equipe; o repasse de material e informações sobre a empresa para a equipe visando à elaboração de protocolo a ser utilizado na entrevista e inspeção; a confirmação das datas para realização da avaliação; a reunião de planejamento com os membros da equipe; a obtenção dos nomes das pessoas da empresa à disposição dos avaliadores.

Logo, inicia-se a reunião de abertura na qual são apresentados os avaliadores e a programação prevista para o período da avaliação. Posteriormente é realizado o reconhecimento da área e aplicado o questionário através de entrevistas com os responsáveis pelas áreas avaliadas. Deve ser realizada também a inspeção, a análise de documentos, a identificação de pontos fortes e fracos (riscos inerentes e controles internos). Esse nível também auxilia no planejamento e na elaboração das listas de verificação das unidades operacionais que serão utilizadas no nível seguinte.

No capítulo 5, item 5.1.1, os tópicos importantes que devem ser analisados pelo avaliador são descritos e discutidos, para o correto julgamento desse nível de questionamento.

4.1.2 Segundo nível: Análise das unidades operacionais da ETEI

Com as informações gerais, da indústria e de sua planta de tratamento de efluentes líquidos, obtidas e analisadas no primeiro nível, pode-se preparar as listas para avaliação do desempenho das unidades operacionais da estação de tratamento.

Nesse trabalho são elaboradas algumas listas para avaliação de unidades operacionais que podem ser utilizadas para nortear uma avaliação de desempenho operacional em ETEI's. Foi utilizada a metodologia descrita no item 4.2 deste capítulo para a confecção dessas listas.

As listas para avaliação do desempenho das unidades operacionais aqui apresentadas foram divididas nos diferentes sistemas e que são constituídos de etapas (operações unitárias), como apresentado na **tabela 4.1**.

Tabela 4.1 - Divisão dos sistemas da ETEI e suas respectivas unidades inseridas nas listas de verificação propostas.

SISTEMA	UNIDADES / EQUIPAMENTOS
Sistema de Bombeamento	Equipamentos específicos (*1)
Sistema de Medição de Vazão	Equipamentos específicos (*2)
Sistema Preliminar	Caixa de areia
	Separador água-óleo (SAO)
	Grade
	Peneira
Sistema Primário	Tanque de Equalização
	Tanque de Ajuste de pH
	Tanque de Coagulação Química
	Tanque de Flocculação
	Tanque de Flotação
Sistema Secundário	Reator Biológico
	Decantador Secundário
*1 - Elevatórias; Bombas Dosadoras	
*2 - Calha Parshall, Vertedor Thompson; medidores automáticos	

Não foram propostas listas de verificação para algumas unidades dos sistemas. Além disso, o sistema terciário não foi abordado neste trabalho.

Com as listas de verificação em mãos os avaliadores podem inspecionar *in loco* todas as unidades operacionais dos sistemas presentes na estação de

tratamento de efluentes líquidos da indústria. A análise de documentos de cada unidade também deve ser realizada.

No capítulo 5, no item 5.1.2, são descritos e discutidos alguns tópicos importantes, abordados nas listas de verificação, para o julgamento desse nível de questionamento.

4.1.3 Terceiro nível: Coleta e análise de dados do monitoramento da ETEI

Esse nível objetiva esclarecer ao avaliador quanto à qualidade do efluente descartado após o tratamento. No caso desse trabalho é utilizada uma técnica da estatística multivariada em um estudo de caso disposto no capítulo 6 para a demonstração desse nível.

Os relatórios de monitoramento da ETEI contêm as informações necessárias para a completa verificação desse nível, pois possui os valores dos parâmetros físico-químicos e biológicos dos afluentes e efluentes obtidos ao longo do tempo e que deverão ser analisados para a verificação do histórico da qualidade do efluente gerado na indústria e descartado no corpo receptor ou sistema de esgotamento sanitário.

Entrevistas com os responsáveis e os operadores da estação também devem ser realizadas, pois são bons mecanismos para a coleta de informações importantes sobre o histórico da qualidade do efluente industrial.

A metodologia da técnica estatística multivariada, Análise de Componentes Principais (ACP), aplicada no estudo de caso, é explicada no item 4.3 deste capítulo.

No capítulo 5, item 5.1.3, realiza-se uma breve discussão da análise por esta técnica estatística em dados de estações de tratamento de efluentes líquidos.

4.1.4 Quarto nível: Preparação do relatório final de Desempenho

O grupo de avaliadores é responsável por preparar um relatório sobre a avaliação de desempenho da ETEI, depois da análise dos resultados coletados. Portanto, nesta fase é realizada a preparação de minuta de relatório, discussão com a equipe de avaliadores e apresentação da minuta a gerência da empresa para que, posteriormente, sejam realizadas a revisão e emissão do relatório final contendo as

não conformidades detectadas, suas evidências, propostas e recomendações para correção ou minimização dos problemas.

No capítulo 5, item 5.1.4, são expostos os tópicos importantes que poderão constar no relatório final da avaliação de desempenho da ETEI.

4.2 Metodologia para elaboração das listas de verificação

O Desempenho de uma ETEI pode ser verificado através de diversos tipos de metodologias. Será escolhida aquela que se adequar ao objetivo da avaliação e ao gosto dos avaliadores. No caso desse trabalho a metodologia abordada é de caráter qualitativo em forma de listas de verificação. Essas listas geradas são de natureza aplicada, uma vez que objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática dirigida à investigação de não conformidades.

O método de listagem de verificação (*checklist*), de acordo MOREIRA (1989) é um dos métodos mais utilizados, devido à sua facilidade de aplicação. Um *checklist* é uma tabela ou planilha simples utilizada para facilitar a coleta e análise de dados. O uso das folhas de verificação economiza tempo, eliminando o trabalho de se desenhar figuras ou escrever números repetitivos. São formulários planejados, nos quais os dados coletados são preenchidos de forma fácil e concisa. Registram os dados dos itens a serem verificados, permitindo uma rápida percepção da realidade e uma imediata interpretação da situação, ajudando a diminuir erros e confusões MOREIRA (1989). As listagens de verificação são frequentemente utilizadas como método auxiliar nos estudos de impacto ambiental (SIQUEIRA, 2007).

Para a proposição de listas de verificação foi elaborado o método de trabalho apresentado na **figura 4.2**. Cada etapa mostrada a seguir é descrita em detalhes nas seções desse capítulo.

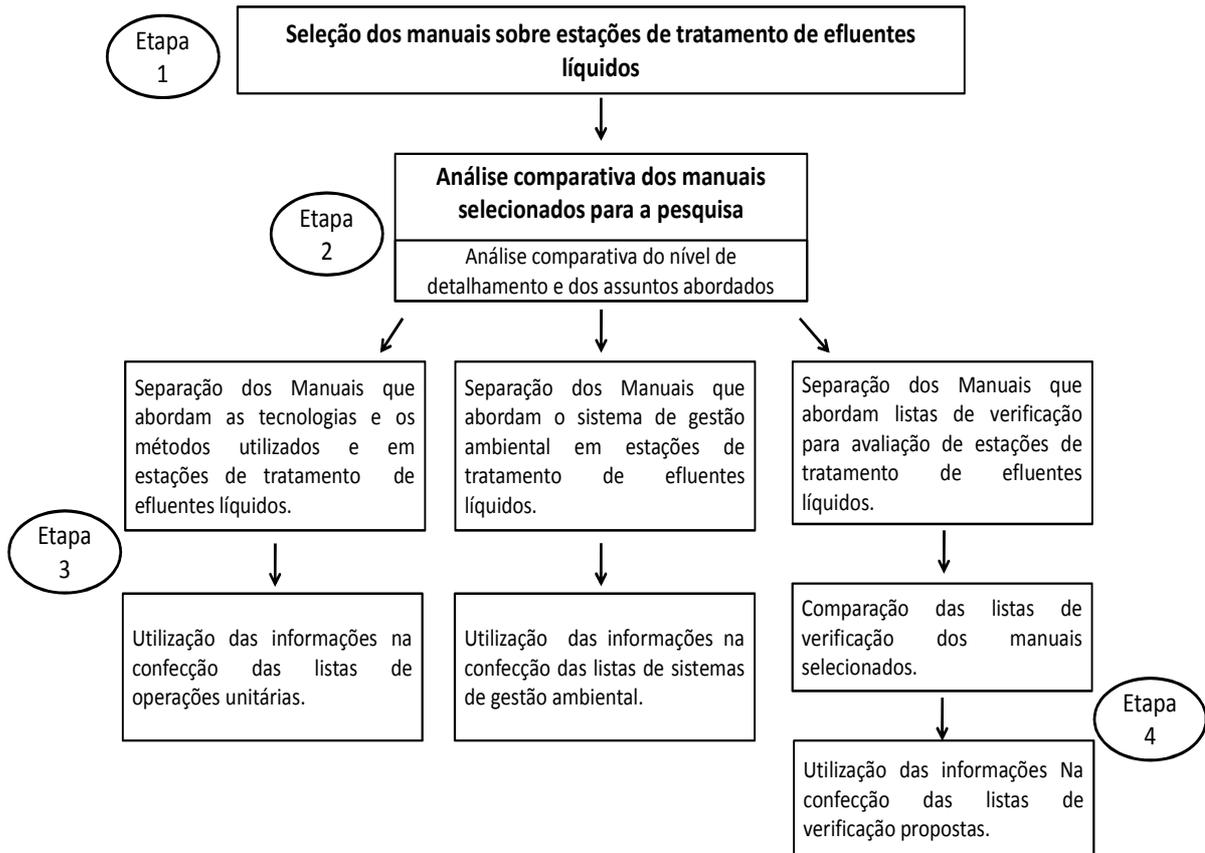


Figura 4.2 – Estrutura em etapas do método de trabalho proposto.

4.2.1 Etapa um: Seleção dos manuais sobre tratamento de efluentes líquidos

Inicialmente, fez-se uma pesquisa extensa sobre os manuais de tratamento de efluentes líquidos. A partir dessa pesquisa foi realizada uma seleção dos manuais que poderiam contribuir com o objetivo do trabalho, isto é, que continham partes sobre: Gestão ambiental em estações de tratamento de efluentes líquidos; Tecnologias e métodos utilizados na estação; Listas de verificação para avaliação do desempenho da estação. Na **tabela 4.2** são apresentados os manuais selecionados.

Tabela 4.2 - Manuais selecionados para a produção das listas de verificação.

Número do Manual	Manual /Apostila	Autor ou Instituição (ano) / País
1	Technology Transfer Manual of Industrial Wastewater Treatment.	Hogetsu et al. (2003) / Japão
2	Industrial Wastewater Treatment Plants Inspection Procedures Manual.	Egyptian Environmental Affairs Agency (2002) / Egito
3	Atlantic Canada wastewater guidelines manual for collection treatment and disposal.	Grant et al. (2000) / Canadá
4	Protocol for the verification of wastewater treatment technologies	United States Environmental Protection Agency - USEPA (2001) / Estados Unidos
5	Code of Practice on Odour Nuisance from Sewage Treatment Works.	Bradshaw e Jones (2006) / Inglaterra
6	Guide For Assessment of Effluent Treatment Plants.	Department of Environment (2008) / Bangladesh
7	Managing and Monitoring Effluent Treatment Plants from Small- and Medium-Scale Industries in Bangladesh.	Khan et al. (2004) / Suécia e Bangladesh
8	The STP Guide – Design, Operation and Maintenance.	Kodavasal (2011) / Índia
9	Wastewater treatments manuals primary, secondary and tertiary treatment.	EPA (1997) / Irlanda
10	Health Hazard Manual: Wastewater Treatment Plant and Sewer Workers.	Brown (1997) / Estados Unidos
11	NPDS Compliance Inspection Manual.	Environmental Protection Agency - EPA (2006) / Estados Unidos
12	Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines. Environmental Wastewater and Ambient Water Quality.	World Bank Group (2007) / Estados Unidos
13	Industrial wastewater management and disposal	Australian Government (2009) / Austrália
14	Water Quality Monitoring Manual - Manual on Effluent Quality Monitoring	Department of Environment and Natural Resources (2008) / Filipinas
15	Saneamento Básico e Tratamento de Efluentes Industriais.	Giordano (2012) / Brasil
16	Manual de Auditoria Ambiental de Estações de Tratamento de Esgotos.	La Rovere et al. (2008) / Brasil
17	Manual de Tratamento de Efluentes Industriais.	Cavalcanti (2009) / Brasil
18	Tratamento de Esgotos Domésticos.	Jordão e Pessoa (1995) / Brasil

Portanto, foram utilizados, no total, dezoito manuais de diferentes países, sendo que quatro manuais dos Estados Unidos, quatro do Brasil e dois de Bangladesh, para a confecção das listas de verificação propostas neste trabalho.

4.2.2 Etapa dois: Análise comparativa dos manuais

Os manuais pesquisados, desenvolvidos em países como, Japão, Canadá e EUA, variam quanto ao nível de detalhamento, quanto à forma de apresentação e, principalmente, quanto ao conteúdo, apesar de tratarem sobre o mesmo assunto. Dessa forma, foi realizado, primeiramente, um quadro comparativo dos conteúdos dos manuais. A **tabela 4.3** apresenta os conteúdos abordados por cada manual analisado.

Tabela 4.3 - Conteúdos abordados nos manuais pesquisados.

Número do Manual	Gestão Ambiental em Estações de Tratamento de Efluentes Líquidos.	Técnicas e Métodos Utilizados em Estações de Tratamento de Efluentes Líquidos.	Listas de Verificação
1	X	X	
2	X	X	X
3	X	X	
4	X	X	
5	X		
6	X		X
7	X	X	
8		X	X
9	X	X	X
10	X		
11	X		X
12	X	X	
13	X		
14	X		X
15	X		
16	X	X	X
17	X	X	
18		X	

É preciso destacar que alguns manuais citados nesse trabalho, também podem ser utilizados como suporte para a implantação, operação e avaliação de estações de tratamento de esgotos domésticos. Outros manuais, porém, tratam especificamente de plantas de estações de tratamento de efluentes líquidos em indústrias.

4.2.3 Etapa três: Utilização dos conteúdos dos manuais para a proposição de listas de verificação

Os conteúdos abordados em cada manual foram analisados de forma geral, para se conhecer as diferenças gerais entre cada uma delas. Logo, fez-se uma pesquisa mais refinada na busca de itens que poderiam ser úteis para as listas de verificação propostas. O aprimoramento das listas foi realizado através de reuniões com os orientadores do projeto.

O conteúdo de alguns manuais reflete o que os especialistas em estações de tratamento de efluentes líquidos de cada país acreditam serem os problemas e as características operacionais e ambientais mais comuns de uma estação de tratamento em operação. No entanto, estas listas são elaboradas de acordo com as características e legislações específicas dos países nas quais são desenvolvidas, não refletindo necessariamente, o contexto em que se inserem as ETEI's brasileiras.

4.2.4 Etapa quatro: Análise e comparação das listas de verificação presentes nos manuais pesquisados

A existência de alguns manuais que contêm listas de verificação para avaliação de estações de tratamento de efluentes líquidos auxiliou, também, na produção das listas de verificação propostas deste trabalho.

As listas de verificação pesquisadas são apresentadas de diferentes formas nos manuais. Nesta etapa as listas foram analisadas quanto a sua forma de apresentação, isto é, quanto ao seu aspecto visual, nas quais foram observadas características tais como utilização de cores, utilização de algum tipo de numeração para identificar os itens de verificação, a facilidade de manuseio e os dados (campos) que compõem as listas. A análise das características das listas pesquisadas contribuiu para a definição do formato das listas propostas neste trabalho.

4.2.5 Etapa cinco: Definição do modelo e estrutura das listas de verificação propostas

As listas para coleta das informações relevantes da indústria e de sua ETEI obtiveram um formato semelhante, porém, diferente das listas para avaliação de desempenho do programa de gestão ambiental da ETEI e para avaliação de desempenho das unidades operacionais. Essas, no entanto, obtiveram o mesmo formato/modelo de apresentação.

As listas para coleta das informações relevantes da indústria e de sua ETEI possuem campos alternados em que estão relacionadas às questões que deverão ser analisadas durante a avaliação. Já as listas do Programa de Gestão Ambiental da ETEI e dos sistemas operacionais com suas respectivas unidades possuem cinco campos - um campo em que estão relacionados os itens de verificação e as perguntas a serem respondidas pela análise, os campos do sim, do não, do não aplicável (N/A) e outro campo no qual as observações e comentários que o avaliador julgar pertinente possam ser anotados.

As listas de verificação têm cores diferenciadas e todos os itens de verificação são enumerados. Essas listas permitem que as mesmas sejam utilizadas separadamente, quando necessário, possibilitando que apenas uma unidade da ETEI seja revisada.

4.3 **Metodologia para o estudo de caso**

Para exemplificar o terceiro nível do roteiro apresentado no item 4.1 fez-se a coleta e um tratamento estatístico nos dados de monitoramento da ETEI de uma indústria mineradora.

A investigação e análise do histórico de desempenho das ETEI's no tratamento do efluente podem ser realizadas por técnicas de estatística básica e/ou por análises estatísticas um pouco mais sofisticadas, como é o caso da técnica estatística empregada no estudo de caso desse trabalho, a Análise de Componentes Principais (ACP).

A ACP é um método que tem por finalidade básica a análise dos dados usados visando sua redução, eliminação de sobreposições e escolha de formas

mais representativas de dados a partir de combinações lineares das variáveis originais (ANTON e RORRES, 2004).

Vários autores atualmente estão empregando a ACP como uma importante técnica na análise de dados multivariados em estudos de tratamento de efluentes líquidos e estudos ecológicos como: Ouyang (2005), Noori et al. (2010) e Parinet et al. (2004).

De acordo com Valentin (2012) a técnica estatística ACP estabelece, com base em uma matriz de semelhança (correlações, variâncias-covariâncias ou até mesmo de similaridades), um conjunto de eixos (componentes ou fatores) perpendiculares. Cada componente corresponde a um autovetor dessa matriz. Assim, com base em uma matriz de correlação entre m variáveis, serão calculados m autovetores (=eixos fatoriais) de comprimento $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_m$ decrescente em razão da sua contribuição à variância total dos dados. Esses comprimentos correspondem aos m autovalores da matriz. Desse modo, o primeiro eixo da ACP, sobre o qual serão ordenadas as amostras, representará a maior parte da variação dos dados. O resultado disso é um sistema reduzido de coordenadas, proporcionando informações sobre as semelhanças das amostras.

A análise das componentes principais é, portanto, uma técnica de transformação de variáveis. Se cada variável medida pode ser considerada como um eixo de variabilidade, estando usualmente correlacionada com outras variáveis, esta análise transforma os dados de tal modo a descrever a mesma variabilidade total existente, com o mesmo número de eixos originais, porém não mais correlacionados entre si. Graficamente pode ser descrita como a rotação de pontos existentes num espaço multidimensional originando eixos, ou componentes principais, que dispostos num espaço a duas dimensões representem variabilidade suficiente que possa indicar algum padrão a ser interpretado (KÜCHLER *et al.*, 2000).

Desse modo a determinação das componentes principais permite, com frequência, diminuir o número de variáveis a serem estudadas em função de sua importância relativa, isto é, pode-se desprezar as componentes de menor variação relativa (BERNARDI et al., 2001).

4.3.1 Técnica estatística - Análise dos Componentes Principais (ACP)

Considere a situação em que mede-se 'p' parâmetros, por exemplo, DBO, DQO etc., de 'n' amostras recolhidas nos dias estabelecidos para o monitoramento de um efluente industrial. As características observadas são representadas pelas variáveis $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$. A matriz de dados é de ordem 'n x p' e foi denominada matriz 'X' (**Figura 4.3**):

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2p} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \cdots & x_{3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x & x_{n3} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix}$$

Figura 4.3 - Matriz 'X': Matriz de dados de ordem 'n x p'.

Com base nesta matriz de dados (**Figura 4.3**), a ACP consiste na realização dos seguintes passos:

- Centralização e normalização dos dados (padronização) para obtenção da matriz de correlações entre as variáveis;
- Cálculo dos autovalores e autovetores (componentes principais) da matriz de correlações;
- Obtenção das novas coordenadas das amostras padronizadas em relação às componentes principais.

4.3.1.1 Padronização dos dados

A finalidade da padronização dos dados originais é expressar cada observação em termos de variações de mesma ordem de grandeza. Neste estudo, a importância deste pré-tratamento da matriz de dados pode ser vista na **tabela 4.4** a seguir, que apresenta a variação de alguns parâmetros medidos.

Tabela 4.4 - Variação de dois dos parâmetros medidos.

	06/01	20/01	03/02	17/02	03/03	17/03
pH	7,02	5,78	9,43	4,55	4,66	7,49
SST (mg/L)	184	85	86	139	40	96

Observam-se também nessa tabela que as unidades dos parâmetros são diferentes, o que ressalta ainda mais a importância da normalização. Uma forma de padronizar os dados, mantendo sua informação estatística, é realizar uma transformação sobre o conjunto original dos dados de modo que cada variável apresente média zero e variância igual a 1. Esta transformação é dada por (Equação 4.1).

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}, \text{ onde} \quad \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad \text{e}$$

$$s_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \quad (4.1)$$

A matriz de dados padronizados (**Figura 4.4**), isto é, centralizados e normalizados, é obtida por:

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & \cdots & y_{1p} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & \cdots & y_{2p} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & \cdots & y_{3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & y_{n3} & \cdots & y_{np} \end{bmatrix}$$

Figura 4.4 - Matriz 'Y': Matriz de dados padronizados.

4.3.1.2 Matriz de Correlações

Depois de obtida a matriz de dados padronizados, calculou-se a matriz de correlações que é dada por (**Equação 4.2**).

$$R = (1/(N-1))*Y'*Y \quad (4.2)$$

Essa matriz estabelece a relação de dependência entre os diferentes parâmetros analisados e foi utilizada para obtenção dos autovalores e autovetores, que são as componentes principais.

4.3.1.3 Cálculo de autovalores e autovetores

Dada a matriz de correlações R , os autovalores λ_i e autovetores V_i são, respectivamente, o número real e o vetor de p entradas que satisfazem conjuntamente a **equação 4.3**:

$$(S - \lambda_i I) V_i = 0, \text{ sendo } I \text{ a matriz identidade } p \times p. \quad (4.3)$$

Para achar a solução desta equação, primeiro acham-se os p autovalores λ_i resolvendo-se a **equação 4.4**:

$$\det(S - \lambda_i I) = 0. \quad (4.4)$$

Estes autovalores são então substituídos na **equação 4.5** para a determinação dos p autovetores V_i .

$$(S - \lambda_i I) V_i = 0 \quad (4.5)$$

Os autovetores são as componentes principais sobre os quais foram feitas análises e interpretações. Eles representam um novo conjunto de eixos perpendiculares em que a interpretação dos dados pode ser mais bem visualizada.

Além disso, os autovalores relacionados a cada autovetor representam a variância total dos dados na direção deste autovetor. Sendo assim, fazendo-se uma

ordenação dos autovalores $\lambda_1 \geq \lambda_2 \dots \geq \lambda_p$ as componentes associadas a cada um deles são as que descrevem melhor a variância total dos dados. Isto é ilustrado na **figura 4.5**, na qual foram obtidas as duas componentes para um problema de duas variáveis. A elipse destacada tem como eixos principais os autovetores obtidos, e o tamanho destes eixos correspondem aos autovalores associados e, portanto, às variâncias de cada uma destas componentes.

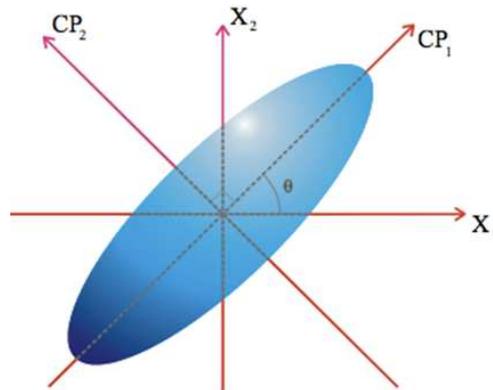


Figura 4.5 - Representação dos dados como um elipsóide e suas componentes principais. Fonte: Lopes (2001).

A partir do gráfico mostrado acima, pode-se aplicar uma rotação ao plano para que as componentes principais passem a ser os eixos horizontal e vertical. Isto gera uma transformação nos pontos do plano que estabelecem novas coordenadas aos pontos amostrais.

Definindo-se a matriz U como sendo a matriz cuja cada coluna é um autovetor normalizado, as novas coordenadas das amostras são dadas pela multiplicação matricial (**Equação 4.6**):

$$F = YU \quad (4.6)$$

Isto gera uma nova matriz de dados, na qual cada linha é uma amostra representada neste novo sistema de coordenadas. A partir desse novo sistema de coordenadas, pode-se obter os gráficos para a completa análise dos dados trabalhados estatisticamente.

Conforme já mencionado, a aplicação da ACP será exemplificada pelo estudo de caso apresentado no Capítulo 6.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão do presente trabalho são realizados em conjunto nos itens subsequentes e todas as listas de verificação elaboradas estão dispostas nos apêndices identificados ao longo deste capítulo. A apresentação dos resultados segue o roteiro para avaliação de desempenho em ETEI, já demonstrado no Capítulo 4 é mostrado na **figura 5.1**, a seguir.

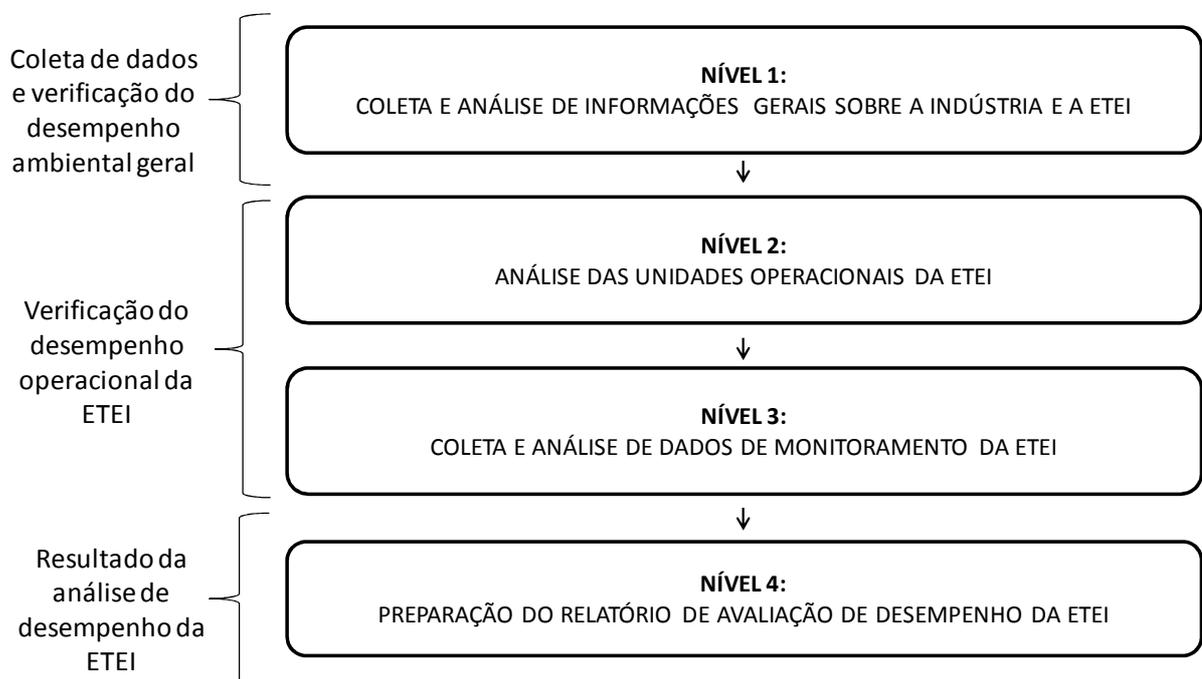


Figura 5.1 – Roteiro para auxiliar uma avaliação de desempenho de ETEI.

Resumidamente, o primeiro nível trata de coletar dados importantes tanto da indústria quanto da sua planta de tratamento de efluentes líquidos. Assim, foram elaboradas algumas listas para esse nível, pois este é bastante amplo.

O segundo nível de questionamento trata de verificar o desempenho das unidades operacionais da ETEI, portanto, foram elaboradas listas que abordam alguns dos sistemas de tratamentos e suas respectivas unidades operacionais mais comuns.

Já o terceiro nível questiona a qualidade do efluente que está sendo descartado pela indústria. A avaliação da qualidade do efluente pode ser medida de diversas maneiras. Nesse trabalho, aplicou-se, somente, uma ferramenta, a técnica

estatística Análise de Componentes Principais (ACP), em dados quantitativos de monitoramento de uma ETEI de uma indústria mineradora. O estudo de caso está disposto no capítulo 6.

O quarto nível aborda a preparação do relatório de avaliação de desempenho.

Ao longo deste capítulo foram dispostas fotografias que demonstram irregularidades comuns de algumas unidades que compõem diferentes ETEI's, observadas em visitas de auditoria.

5.1 **Primeiro nível: Coleta e análise de informações gerais sobre a indústria e a ETEI.**

Como visto na metodologia, este nível se refere à coleta de informações sobre a indústria e sua respectiva planta de tratamento de efluentes líquidos. Os tópicos aqui abordados são discutidos ao longo deste capítulo.

5.1.1 Informações gerais sobre a indústria

➤ **Informações para o processo de avaliação**

- Coleta de dados sobre o setor específico que a indústria atua;
- Nome do estabelecimento e seu endereço;
- Conhecimento dos responsáveis pela empresa e pelos setores.

➤ **Cumprimento da legislação:**

- Checagem das licenças ambientais e suas validades;
- Checagem do EIA/RIMA, se houver;
- Checagem do cadastro junto ao órgão ambiental;
- Verificação da atualização das alterações físicas e de processos junto aos órgãos ambientais;
- Checagem do atendimento às solicitações do órgão ambiental;
- Verificação da existência de TAC e outras exigências do Ministério Público;
- Autos de inspeção ou atuação de órgãos afins (meio ambiente, saúde, outros);

- Conhecimento e obtenção das legislações aplicáveis;
- Checagem do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) e o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA).

➤ **Caracterização da indústria:**

- Conhecimento dos setores e subsetores industriais;
- Verificação dos principais produtos e capacidade de produção;
- Conhecimento das unidades de serviço;
- Observação visual da infraestrutura e instalação geral da indústria;
- *Lay-out* da empresa;
- Mapa com a localização do empreendimento em relação ao recurso hídrico, comunidades vizinhas, dentre outros;
- Descrição e fluxograma do processo industrial indicando as fontes e geração de efluentes líquidos (industriais, domésticos e de serviços de saúde), de resíduos sólidos e poluição sonora.

➤ **Informações sobre o Sistema de Gestão Ambiental (SGA):**

- Verificação da existência de um SGA;
- Verificação de programas de reciclagem;
- Verificação do inventário de resíduos;
- Avaliação geral da tecnologia adotada;
- Verificação de equipamentos de controle da poluição;
- Checagem da existência de treinamento;
- Checagem da capacitação técnica dos empregados;
- Verificação de uma comunicação eficiente entre todos os setores;
- Verificação da existência de reclamações da comunidade;
- Verificação de um controle de qualidade;
- Checagem do plano de risco e/ou contingência;
- Verificação dos planos de coleta, armazenagem e disposição final de resíduos sólidos.

Primeiramente, o avaliador tem que conhecer a indústria que ele está avaliando, portanto, conhecer as características e particularidades da indústria é essencial para o começo de uma avaliação ou auditoria. O conhecimento dos responsáveis pela indústria e o acesso ao site são recursos favoráveis para se coletar informações que podem ser utilizadas durante o processo.

Com a obtenção da tipologia e das características da indústria, o avaliador saberá identificar a legislação aplicável à atividade ou ao empreendimento a ser verificado.

É necessário verificar, primeiramente, se a indústria está licenciada. O licenciamento ambiental é o “procedimento pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, a instalação, a ampliação e a operação de empreendimentos ou atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, ou daqueles que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais, regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso”. Há também a previsão do licenciamento ambiental nas legislações estaduais e do distrito federal, e em alguns municípios do país, que complementam as diretrizes contidas na legislação federal (CAVALCANTI, 2009).

Os relatórios dos processos de licenciamento como Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), que foram produzidos por técnicos contratados pelos empreendedores, contêm um conjunto de informações relevantes para o avaliador, podendo contemplar, em função da complexidade do projeto, a caracterização do empreendimento proposto, o diagnóstico do ambiente passível de ser alterado, as avaliações ambientais, as proposições de medidas de mitigação, de monitoramento e ações compensatórias de impactos adversos. Portanto, nestes documentos os avaliadores poderão se instruir melhor a respeito da indústria, identificando os principais aspectos ambientais relativos ao empreendimento, os principais impactos ambientais decorrentes da atividade e as medidas de controle a serem adotadas para cada um dos impactos.

Segundo Cavalcanti (2009), deverão ainda constar do processo de licenciamento, obrigatoriamente, a certidão da prefeitura municipal declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo. E, quando for o caso, deverá

constar também a autorização para supressão de vegetação e a outorga para o uso da água, emitidas pelos órgãos competentes.

Dessa forma é de suma importância que o processo de licenciamento ambiental da indústria, com suas três fases mais comuns (licença prévia, de instalação e de operação), seja analisado com cuidado, pois esse processo gera elementos que possibilitam ao auditor reconhecer estratégias de gestão ambiental do negócio, restrições e condicionantes, podendo, assim, significar um roteiro importante para orientar o processo de avaliação.

É importante saber se a indústria tem algum termo de ajustamento de conduta (TAC) que é um instrumento legal destinado a colher, do causador do dano, um título executivo extrajudicial de obrigação de fazer. O compromitente assume o dever de adequar sua conduta às exigências da lei, sob pena de sanções fixadas no próprio termo (MIU et al., 2005). Também é importante verificar se a corporação cumpre o termo nos prazos estipulados pelo órgão competente.

É importante o conhecimento, pelo avaliador, sobre o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) da indústria. Como o sistema é voluntário, primeiro deve-se saber se a indústria tem esse tipo de sistema e se cumpre todos os requisitos. Para isso se faz necessária à coleta de informações sobre a organização: estrutura de gestão legal da atividade; relação das unidades e atividades da empresa; organograma; estrutura de gestão interna – política, sistema de comunicação, cultura gerencial etc.; área de influência em que as unidades operam; fluxograma do processo; dados das emissões ambientais; relação dos produtos e/ou insumos utilizados; inventários dos resíduos; legislações, normas e regulamentos pertinentes; relatórios de auditorias ambientais anteriores (KLIGERMAN et al., 1999).

Na indústria deverá existir um plano de contingência formalizado e de conhecimento de todos os funcionários das mais diversas áreas para situações de emergências (usos de rotas de fuga, evacuação ordenada das áreas e outros procedimentos de emergência).

O Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) é um programa obrigatório, estabelecido pela NR-7, com o objetivo de promoção e preservação da saúde dos trabalhadores de uma instituição. Esta norma regulamentadora estabelece os parâmetros mínimos e diretrizes gerais a serem observadas na execução do PCMSO, podendo os mesmos ser ampliados mediante negociação coletiva de trabalho (<http://www010.dataprev.gov.br>). Já a NR- 9

estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais (<http://www.guiatrabalhista.com.br>).

Ambos os programas devem ser integrados, pois o PPRA trata dos agentes ambientais e o PCMSO, dos trabalhadores expostos a estes agentes. Os avaliadores devem verificar se os programas estão sendo realizados corretamente e se estão sendo atualizados.

A análise da operação e manutenção da indústria se dá, principalmente, na verificação da documentação que estabelece e especifica procedimentos e controles operacionais eficazes, como, por exemplo: Procedimentos técnicos de operação, Procedimentos técnicos de análises de laboratório, Instruções técnicas, Manuais de operação, Manuais de equipamentos, Relatórios, Laudos, Certificados, dentre outros.

Os questionamentos dessa etapa podem ser bastante complexos em auditorias de sistemas de gestão ambiental que avaliam o cumprimento dos princípios e requisitos estabelecidos nos sistemas de qualidade, segurança e meio ambiente visando o estabelecimento de relação contratual com outra empresa ou com vistas à certificação (SAROLDI, 2009). Porém, como nesse trabalho o foco é na avaliação do desempenho da ETEI, essa análise não será exaustiva.

Esse nível poderá influenciar a eficiência da ETEI, já que se os procedimentos realizados dentro da indústria não estiverem de acordo com as normas e/ou objetivos ambientais poderão estar despejando produtos sem necessidade no sistema de efluentes líquidos.

Além disso, esse nível ajuda na compreensão e nas respostas dos questionamentos dos níveis seguintes, pois o avaliador consegue obter as informações relevantes da indústria como um todo.

Elaborou-se uma lista de verificação geral simples, apresentada no **Apêndice A**, que contempla o primeiro nível aqui descrito.

No primeiro momento também se deve conhecer a planta de tratamento de efluentes líquidos e suas principais características. Para isso, elaborou-se uma lista

de verificação para a coleta de informações importantes sobre a ETEI. As listas estão dispostas nos **Apêndices B e C** desse trabalho e abordam os tópicos e assuntos seguintes:

5.1.2 Informações gerais sobre a ETEI

➤ **Informações para o processo de avaliação:**

- Análise do projeto da ETEI;
- Conhecimento e checagem da capacidade da planta de tratamento;
- Conhecimento da quantidade de efluente descartado (m^3/d);
- Verificação da compatibilidade do consumo de água pela indústria e sua geração de efluentes brutos e tratados;
- Informações sobre as unidades do processo produtivo conectadas à ETEI;
- Localização da planta de tratamento e caracterização de seu entorno;
- Tipo e descrição do processo de tratamento – Fluxograma do processo completo;
- Conhecimento dos equipamentos da planta de tratamento;
- Verificação das condições gerais de infraestrutura da ETEI;
- Observação visual do efluente tratado e da ETEI em operação;
- Limpeza e organização da planta de tratamento.

➤ **Cumprimento da legislação:**

- Conhecimento das diretrizes e legislação utilizadas;
- Verificação do cumprimento de condicionantes das licenças.

➤ **Informações sobre o Programa de Gestão ambiental da ETEI (PGAE):**

- Verificação da existência do PGAE;
- Conhecimento do PGAE por todos os trabalhadores;

Plano de treinamento e comunicação:

- Verificação da existência de programas de treinamento e comunicação regulares;
- Verificação de uma comunicação eficiente entre todos os envolvidos na ETEI, isto é, do supervisor ao pessoal de manutenção e operação;

Plano de monitoramento:

- Verificação de um plano de monitoramento da qualidade do efluente – Parâmetros indicadores da qualidade do efluente devem ser monitorados regularmente; plano de amostragem com locais estabelecidos;
- Checagem das anotações em relatórios e livros diários;
- Checagem da qualificação do técnico e do laboratório (pode ser internos ou externos à empresa), que realizam a coleta de amostras;
- Verificação da existência de protocolos de análises;
- Verificação dos locais de amostragens;
- Verificação da existência de relatórios internos de monitoramento;
- Checagem da existência de planos de manutenção e calibração dos instrumentos de monitoramento.

Plano de emergência:

- Verificação da existência de plano de emergência para a ETEI;
- Verificação da existência de tanques sobressalentes caso haja uma interrupção na rede de efluentes líquidos;
- Treinamento regular dos trabalhadores da ETEI em caso de emergência.

Programas de segurança e saúde do trabalhador:

- Possibilidades de alagamento da planta;

- Utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) pelos operadores;
- Checagem da existência de listas de verificação para a passagem de turno dos operadores;
- Sinalização adequada na ETEI;
- Existência de guarda corpo;
- Existência de Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) para a ETEI;
- Acompanhamento médico dos funcionários;
- Registro de acidentes e doenças operacionais;
- Existência de mapas de riscos.

Programas de inspeção, manutenção e operação:

- Existência de manual de operação e manutenção;
- Existência de software de controle de manutenção e calibração de equipamentos;
- Verificação do cumprimento do programa;
- Existência de lista de verificação para passagem do turno do operador da estação.

Emissão gasosa/odor:

- Verificação se há algum tipo de emissão gasosa;
- Caracterização da emissão gasosa;
- Checagem da existência de controle de emissões gasosas;
- Checagem das fontes de geração;
- Verificação se há algum tipo de emissão de odor;
- Caracterização das fontes de odor;
- Checagem da existência de controle de emissão de odor;
- Checagem das fontes de geração;
- Verificação da emissão de material particulado;
- Checagem da emissão de aerossóis.

Emissão de ruídos:

- Verificação da existência de algum tipo de ruído na ETEI em operação;
- Checagem da existência de controle de ruído;
- Caracterização das fontes de ruído.

Geração de lodo e resíduos:

- Verificação das fontes de geração de lodo;
- Tratamento do lodo;
- Caracterização e quantidade do lodo produzido;
- Checagem do método de disposição do lodo;
- Forma de coleta, armazenagem e disposição final dos resíduos gerados no tratamento do efluente.

Usos de substâncias químicas:

- Verificação dos tipos e quantidades de substâncias químicas utilizadas, lista das propriedades dos químicos utilizados (inflamáveis, tóxicos etc);
- Verificação das condições de armazenamento das substâncias químicas (compatibilidade dos produtos químicos, ventilação, iluminação e limpeza);
- Checagem da disponibilidade das Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ).

A coleta das informações gerais sobre a ETEI deverá ser realizada de forma a se entender da melhor e mais clara maneira possível, todo o processo de tratamento, portanto, todos os itens observados nessa etapa deverão ser questionados e respondidos de forma completa.

Primeiramente, os avaliadores deverão investigar se a ETEI está de acordo com o objetivo do tratamento do efluente. Essa investigação se dará pelas análises do projeto e dos documentos envolvidos na implantação da estação. A realização de entrevistas com os responsáveis pela elaboração do projeto e os operadores da estação é recomendado. Essa etapa é de suma importância, pois se o projeto

estiver incorreto, os responsáveis deverão ser informados para que tomem as medidas cabíveis para adequação da estação.

As características da planta de tratamento de efluentes líquidos como: quantidade de efluente descartado por dia, capacidade máxima da planta, qualidade da sua infraestrutura são observações importantes para a análise de desempenho. Obviamente, o fluxograma do processo de tratamento também é valioso, pois lá contém as unidades do processo e as características únicas daquela planta dos quais o avaliador deverá conhecer para uma correta análise.

Na questão da localização da ETEI o avaliador deverá ter em mente alguns itens que devem ser considerados na fase de implantação de uma estação: proximidade de áreas residenciais, direção dos ventos dominantes, acessibilidade, área disponível para a expansão, características do solo local, geologia, hidrologia e topografia do local (GRANT et al., 2006). Portanto, a caracterização da localização da ETEI e o seu entorno tem que ser observada de maneira crítica para poder estabelecer se a ETEI está ou não conforme para esse questionamento.

Verificar se a ETEI cumpre todas as condicionantes das licenças e conhecer as legislações e diretrizes aplicáveis (municipais, estaduais e federais) para aquele tipo de atividade é imprescindível para a obtenção de uma avaliação de desempenho.

Logo, pode-se realizar a verificação do Programa de Gestão Ambiental da ETEI (PGAE), se houver. Se não existir um PGAE o avaliador deverá recorrer somente às legislações pertinentes ao caso e analisar se essas estão sendo cumpridas. De qualquer forma, o avaliador deve recomendar para a indústria um plano de gestão ambiental no setor de tratamento de efluentes líquidos, pois é uma ferramenta que auxilia no cumprimento das normas e diminui os impactos ambientais e sociais da atividade.

Para a análise do PGAE é importante assegurar que todos os funcionários estejam devidamente qualificados e sejam regularmente reciclados e retreinados para as funções que exercem, assim como para as mudanças que sejam realizadas no setor. Também se deve verificar a existência de procedimentos para o repasse de informações entre os níveis funcionais, assim como estabelecidos em sistemas de comunicação com a comunidade externa à ETEI. Esses procedimentos estão descritos nos sistemas de gestão ISO 14001.

No plano de monitoramento deve-se garantir que o efluente lançado no corpo receptor esteja enquadrado nos limites e condições determinados pelos dispositivos legais aplicáveis. De acordo com Adissi et al. (2013) o efluente lançado no corpo receptor deve ser monitorado qualitativa e quantitativamente para que possa ser enquadrado nos parâmetros exigidos pelas diretrizes. Portanto, o monitoramento é um aspecto importante a ser abordado na avaliação do desempenho do tratamento de efluentes, preferencialmente com indicadores que permitam a quantificação deste desempenho.

A questão do monitoramento da qualidade dos efluentes depende de vários fatores que devem ser levados em conta pelo avaliador. A frequência de amostragem depende da variabilidade do fluxo de resíduos, assim como, as limitações práticas associadas com o tamanho da planta de tratamento, a carga pessoal e as horas de supervisão. No entanto, a amostragem de rotina deve monitorar continuamente a qualidade do efluente (GRANT et al., 2006). Além desses fatores, outros devem ser identificados pelo avaliador, como: a localização dos pontos de amostragem, que deve ser estabelecida de forma independente para cada estação de tratamento, pois as condições variam de uma planta para outra. No entanto, certos princípios gerais são comuns a todas - as amostras devem ser tomadas em locais onde o efluente ou lodo é homogêneo; Qualquer material flutuante coletado em um local de amostragem não deve ser incluído na amostragem; As amostras devem ser mantidas refrigeradas para retardar a ação bacteriana; Devem-se ter equipamentos de amostragem adequados; precauções de segurança devem ser exercidas durante toda a amostragem (GRANT et al., 2006).

É importante ressaltar que a questão do monitoramento está inserida na Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011), pois ela define que os responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos devem realizar o automonitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, com base em amostragem representativa dos mesmos. Reiterando ainda mais a importância de um plano de monitoramento eficaz.

As análises de monitoramento devem ser realizadas por laboratórios, internos ou externos à indústria, que estejam acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) ou por outro organismo signatário do mesmo acordo de cooperação mútua do qual o Inmetro faça parte, ou em laboratórios aceitos pelo órgão ambiental competente (ADISSI et al., 2013). As

coletas de amostras e as análises de efluentes líquidos devem ser feitas de acordo com normas específicas, sob responsabilidade do laboratório.

A concepção e construção de todos os componentes da ETEI deverão estar em conformidade com as disposições regulamentares de segurança e saúde ocupacionais pertinentes. As instalações da planta de tratamento deverão ter instruções de combate a incêndio, por exemplo.

É imprescindível que o avaliador fique atento à questão da segurança dos trabalhadores. Os itens de equipamento de proteção individual (EPI) devem estar disponíveis para todas as operações ou procedimentos onde a sua utilização irá evitar a lesão que poderá ser causada, como, por exemplo, óculos de proteção química do trabalhador, máscaras, luvas de borracha, aventais de borracha com tiras nas pernas, botas de borracha (roupas de couro e de lã devem ser evitadas), cinto de segurança e corda e máscara de pó para proteger os pulmões nas áreas químicas secas (BROWN, 1997).

O avaliador deve observar se a ETEI tem sinalização adequada para proteger eficazmente o operador e os visitantes dos perigos. Obviamente, as sinalizações devem atender às necessidades particulares de cada planta: locais perigosos da ETEI devem conter cercas e sinais desenhados para desencorajar a entrada de pessoas não autorizadas; Corrimões e fiscalização em torno dos tanques, trincheiras, poços, escadarias e outras estruturas perigosas; Grades nas unidades de tratamento, onde o acesso para a manutenção é necessário; Equipamentos de primeiros socorros; sinalização de "proibido fumar" em áreas de risco; Equipamentos de iluminação portátil; Detectores de gás; Sinalização apropriada em áreas escorregadias; Pisos antiderrapantes; Ventilação adequada nas áreas de armazenamento de produtos químicos, de armazenamento de combustíveis inflamáveis etc (GRANT et al., 2006).

Os tanques, de uma estação, que não possuem guarda-corpos, são uma ameaça para os trabalhadores de uma ETEI. A **figura 5.2** apresenta tanques de equalização de efluentes oleosos sem guarda-corpos adequados.



Figura 5.2 – Tanques de equalização de efluentes oleosos sem guarda-corpos adequados.

Os programas de inspeção, manutenção e operação da planta de tratamento de efluentes líquidos deverão ser verificados. Em geral a manutenção é classificada em três categorias: Manutenção preventiva: manutenção diária, inspeção regular, prognóstico para a programação da reparação; Manutenção corretiva: correção para evitar a ocorrência de mais algum problema; Manutenção da falha: reparar uma falha depois que ele ocorre (HOGETSU et al., 2003). O avaliador deverá analisar o histórico de manutenções que deverão estar registrados.

A má manutenção dos equipamentos do entorno da ETEI pode ocasionar transtornos para a indústria. A **figura 5.3** apresenta um poço de monitoramento com sua grade de proteção quebrada e enferrujada, sem a devida sinalização, podendo ocasionar acidentes. Além disso, sem a proteção eficiente da grade, podem ser jogados objetos para dentro do poço, causando entupimentos que podem levar ao alagamento do entorno da estação em dias de chuva e transtornos como a quebra de equipamentos da estação.



Figura 5.3 – Vista do poço de monitoramento com a grade de proteção quebrada e enferrujada.

Os odores primários ou típicos de plantas de tratamento de efluentes líquidos são de origem biológica devido à degradação da matéria orgânica por microrganismos sob condição de anaerobiose. A atividade anaeróbia conduz à produção, principalmente, de metano, H_2S , amoníaco (NH_3), de enxofre orgânico, tióis (mercaptans), aminas, indol, escatol. Durante a fermentação também podem ser produzidos ácidos graxos voláteis, alcoóis, aldeídos e cetonas (BRADSHAW E JONES, 2006). No entanto, o que não é o odor típico de condições anaeróbias pode também ser gerado por outros mecanismos na planta de tratamento de efluente industrial. O principal fator para odores atípicos é consequência da gama extensa de contaminantes potenciais presente no efluente industrial, como exemplos pode-se citar compostos orgânicos voláteis, tais como solventes e derivados de petróleo. Esses odores podem afetar os próprios trabalhadores da indústria, como, também, o entorno da planta industrial. Além dos incômodos causados pelos odores, existe também a toxicidade inerente a cada substância emitida (GIORDANO, 2012). Saber se existem reclamações de pessoas que moram no entorno é importante para o avaliador analisar a situação e propor medidas de controle.

A emissão de ruídos de forma exagerada pela ETEI pode ser causada por uma manutenção inadequada dos equipamentos ou por equipamentos ruidosos, tais como os sopradores de ar. No caso dos equipamentos que emitem ruídos, esses deverão estar alocados em ambientes com proteção acústica. Existem limites para a intensidade sonora, portanto, deve-se verificar se existem reclamações dos

moradores do entorno da ETEI e dos próprios funcionários da estação. No momento da inspeção deve-se prestar atenção nesse fator.

Deve-se ter na ETEI um gerenciamento eficaz do escoamento de águas pluviais para evitar inundações ou contaminação dos recursos hídricos do entorno da indústria. O avaliador deverá identificar se existem estes tipos de prevenção pelos responsáveis da estação.

Vários tipos de substâncias químicas são utilizados no tratamento do efluente industrial, alguns exemplos são: sulfato de alumínio, sulfato ferroso, sulfato férrico, cal e cloreto férrico. Muitas dessas substâncias devem ficar estocadas em almoxarifados com condições para armazenar produtos químicos. Os produtos devem ser alocados em bombonas resistentes e que contenham identificação do produto, o chão dos almoxarifados devem ser construídos com materiais de baixa permeabilidade, tais como, concreto, argila de baixa permeabilidade ou forros sintéticos. Além disso, esses locais também devem ter boa ventilação, iluminação e boa organização (EEAA, 2002).

Se a ETEI lida com quantidades significativas de substâncias químicas tóxicas ou perigosas, o responsável pela estação deve preparar um plano de resposta de emergência para lidar com eventos como o derramamento químico, desastres naturais, incêndios, vandalismo e mau funcionamento do equipamento. Ele deve fornecer protocolos de resposta que limitem o impacto dos incidentes previsíveis. Os funcionários designados devem ser treinados nos procedimentos de bloquear as vias de escape das substâncias químicas e limpar os vazamentos.

Após a realização dos questionamentos anteriormente comentados e outros que podem surgir, o avaliador poderá começar os segundo nível de questionamento.

5.2 Segundo Nível - Preparação das listas de verificação para análise das unidades operacionais da ETEI.

O segundo nível é realizado após a conclusão do primeiro nível, pois o avaliador irá preparar as listas de verificação para avaliação das unidades operacionais a partir da análise das informações coletadas no nível anterior. Nesse trabalho foram concebidas exemplos de listas de verificação para algumas unidades operacionais. Obviamente, essas listas podem ser adaptadas e aperfeiçoadas

conforme as características e particularidades da planta de tratamento de efluentes líquidos da indústria.

As listas, como descrito na metodologia, foram divididas em seus distintos sistemas e que são constituídos de etapas (operações unitárias), como verificado na **tabela 4.1**.

Ressalta-se que foram escolhidas para esse trabalho somente algumas unidades operacionais que compõem uma ETEI. Para o sistema secundário foi elaborada, somente, as listas para reator biológico e decantador secundário, sendo que, o tratamento biológico contém uma gama de tipos de tecnologias e métodos diferentes. O sistema terciário não foi abordado.

É importante reconhecer que as listas têm um nível de detalhamento baixo, o que não possibilita profissionais com pouca experiência conduzirem auditorias de desempenho operacional em ETEI. Além disso, elas precisam ser adaptadas, pois as plantas de tratamento de efluentes líquidos são diferentes para cada tipologia industrial. Dessa forma, é necessário que o avaliador tenha em mente que as listas poderão ajudar no norteamto da avaliação, mas não trará todas as perguntas que deverão ser respondidas.

É imprescindível que durante a auditoria de desempenho operacional um engenheiro especialista em unidades operacionais de estações de tratamento de efluentes líquidos esteja presente.

Fatores importantes para esse nível da auditoria é garantir que todas as linhas de produção estejam operando no momento da inspeção e que a planta da estação de tratamento esteja com capacidade maior que 50% de sua capacidade de projeto, para que não haja nenhuma dúvida em relação à sua eficiência.

Os casos típicos de perturbações operacionais dos sistemas e falhas no processo devem ser conhecidos pelo avaliador. Obviamente, o avaliador vai poder detectar os mais significantes erros durante a visita. Exemplos destes tipos de perturbações estão descritos a seguir:

- Emissão de odores desagradáveis. Pode ser devido: a) condição séptica, principalmente nos tanques de sedimentação; b) acumulação de sujeiras na grade; c) mau funcionamento e manutenção precária dos filtros biológicos, dos processos de clarificação do efluente, do tanque de aeração (deficiência de aeração), do processo de desaguamento de lodo etc.

- Coloração preta do efluente bruto com odor séptico indica que parte das águas residuárias está sendo retida, por causa de um fluxo lento, devido ao acúmulo de sujeira no lodo ou na areia;
- Camadas de escumas espessas, escuras e gordurosas, e espuma marrom cobrindo a superfície do tanque de aeração sempre indicam que o lodo está muito velho e pode ser oxidado;
- Excessos de espuma branca nos tanques de aeração indicam lodo novo. A idade do lodo pode ser aumentada pela redução da quantidade média de retirada do lodo;
- A presença de bolhas de ar na superfície no tanque de aeração é uma indicação da própria atividade da biomassa;
- A cor extremamente marrom escura com odor de H_2S no tanque de aeração indica uma oxidação deficiente;
- A sobrecarga em torno das unidades de tratamento devido, principalmente, ao bloqueio das grades, entope a canalização para a etapa biológica e como resultado pode-se observar crescimento de algas e desenvolvimento de limo;
- Insetos em volta do tratamento biológico. Isso é devido à distribuição não homogênea das águas residuárias no tanque e pela insuficiente carga hidráulica;
- Altos níveis de barulho são causados pela precária manutenção dos equipamentos mecânicos.

Os avaliadores devem também checar a relação entre a capacidade de produção atual e o desempenho da planta de tratamento durante o tempo da inspeção.

As listas de verificação propostas para este nível estão dispostas nos **apêndices D** - Sistema de bombeamento; **E** - Sistema de medição de vazão; **F** - Sistema preliminar – caixa de areia, peneira, grade, separador água-óleo (SAO); **G** - Sistema primário – Tanque de equalização, Tanque de ajuste de pH, Tanque de coagulação química, Tanque de flotação, Tanque de floculação; **H** - Sistema secundário – Tanque de aeração e Decantador secundário.

5.2.1 Sistema de Bombeamento (Lista de verificação do Apêndice D)

- Verificação do estado de conservação e limpeza das bombas;
- Verificação de ruídos nas bombas;
- Conhecimento da manutenção das bombas – periodicidade de manutenção;
- Checagem de vazamentos nas tubulações.

A **figura 5.4** apresenta um ponto de coleta com inadequações, deixando derramar o efluente líquido no solo. Esse derramamento causa a contaminação do solo, pois este não está impermeabilizado.



Figura 5.4 – Ponto de coleta de amostra com derramamento de efluente no solo.

5.2.2 Sistema de Medição de Vazão (Lista de verificação do **Apêndice E**)

- Verificação do tipo de dispositivo utilizado;
- Verificação dos locais para a medição;
- Checagem do conhecimento sobre o sistema por parte dos operadores;
- Verificação dos equipamentos de medição de vazão.

Na **figura 5.5** pode-se observar uma elevatória com algumas irregularidades. A primeira irregularidade é em relação à disposição da bomba submersível, pois a mesma está sem tubo guia e base de acoplamento. A segunda irregularidade se refere à boia, pois a mesma está com os fios muito soltos podendo enrolar em outras partes, ficando com seu comprimento comprometido. A terceira irregularidade está relacionada à limpeza da elevatória, pois observa-se folhas e outros resíduos dentro da mesma.

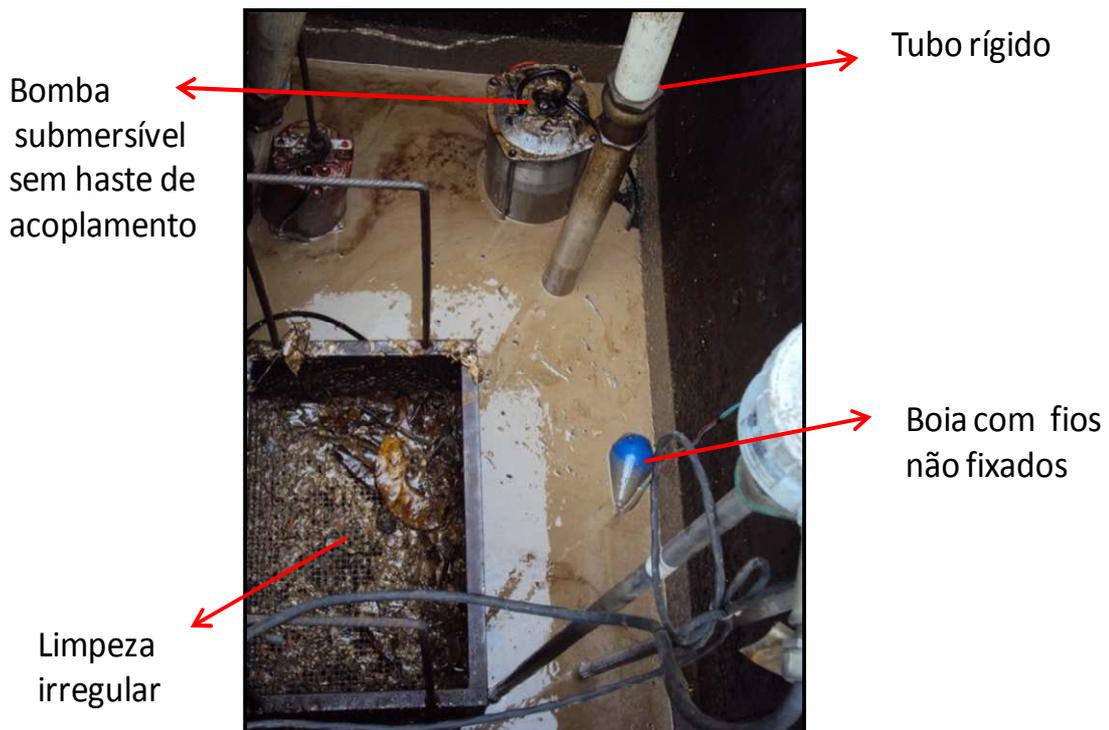


Figura 5.5 – Vista superior de elevatória de efluentes oleosos com algumas irregularidades apontadas.

A instalação errada da Calha Parshall pode acarretar na má funcionalidade da mesma. Na **figura 5.6** mostra-se a calha Parshall de uma ETEI instalada muito

abaixo do nível do solo, dificultando a sua limpeza, manutenção e, principalmente, inviabilizando a medição correta da vazão do efluente.



Figura 5.6 – Vista superior de um canal com caixa de areia, grade e Calha Parshall. A Calha Parshall encontra-se muito abaixo do solo, inviabilizando a medição correta de vazão.

5.2.3 Sistema Preliminar (Lista de verificação do **Apêndice F**)

- **Caixa de areia:**
 - Verificação da operação da unidade;
 - Verificação da presença de odor;
 - Verificação da destinação de resíduos;
 - Checagem da periodicidade de limpeza;

- **Peneira:**
 - Verificação da operação da unidade;
 - Verificação da presença de odor;
 - Destinação de resíduos;
 - Periodicidade de limpeza e manutenção;
 - Verificação de proliferação de insetos.

A limpeza irregular da peneira causa o acúmulo de resíduos na mesma. Isso causa a proliferação de insetos ao redor do equipamento e a contaminação do solo

no entorno do equipamento. A **figura 5.7** apresenta uma peneira sem a devida limpeza e manutenção.



Figura 5.7 – Vista frontal de uma peneira estática com acúmulo de resíduos e contaminação do solo.



Grade:

- Verificação da operação da unidade;
- Verificação da desobstrução do canal de acesso;
- Periodicidade de limpeza e manutenção;
- Verificação se há corrosão ou partes amassadas nas grades;
- Destinação de resíduos.

A grade que pode ser visualizada na **figura 5.8** caracteriza-se pela dificuldade de limpeza da mesma. A parte da grade à montante não deixa que os resíduos sejam retirados de forma eficiente. Na foto percebe-se um desnível entre os lados montante e jusante, que indica o acúmulo de resíduos.

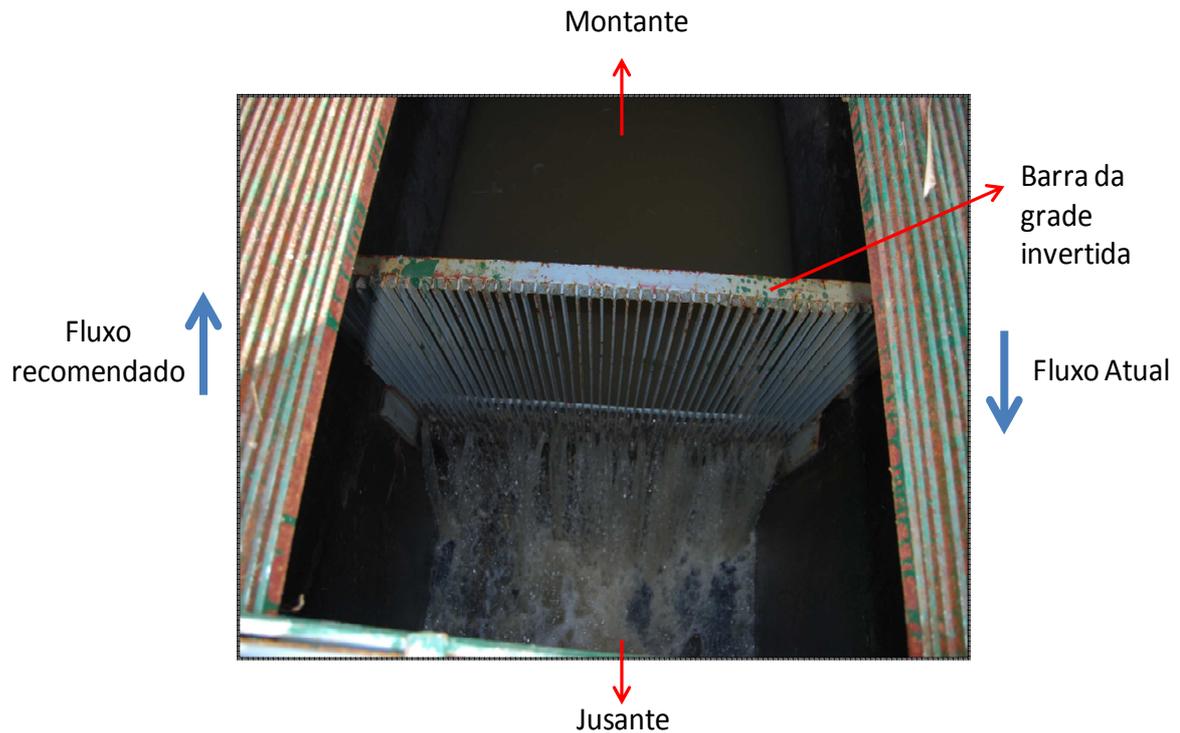


Figura 5.8 – Vista superior de uma grade instalada de forma incorreta. As incorreções estão apontadas na figura.

➤ **Separador água-óleo (SAO):**

- Checagem da operação;
- Verificação da desobstrução do canal de acesso;
- Periodicidade de limpeza e manutenção;
- Verificação da existência de condições de operação ergonomicamente apropriadas;
- Checagem da destinação de resíduos;
- Verificação da presença de odores atípicos;
- Verificação da presença de óleos ou graxas livres na saída e/ou no entorno do SAO.

As placas coalescentes do Separador água-óleo (SAO) foram instaladas de forma perpendicular ao fluxo (**Figura 5.9**), enquanto deveriam ser instaladas de forma longitudinal ao fluxo (**Figura 5.10**). Além disso, observa-se através da figura uma barra fixa que não permite a remoção do SAO para limpeza e, por isso, o óleo se acumula nas placas, diminuindo a eficiência do processo.

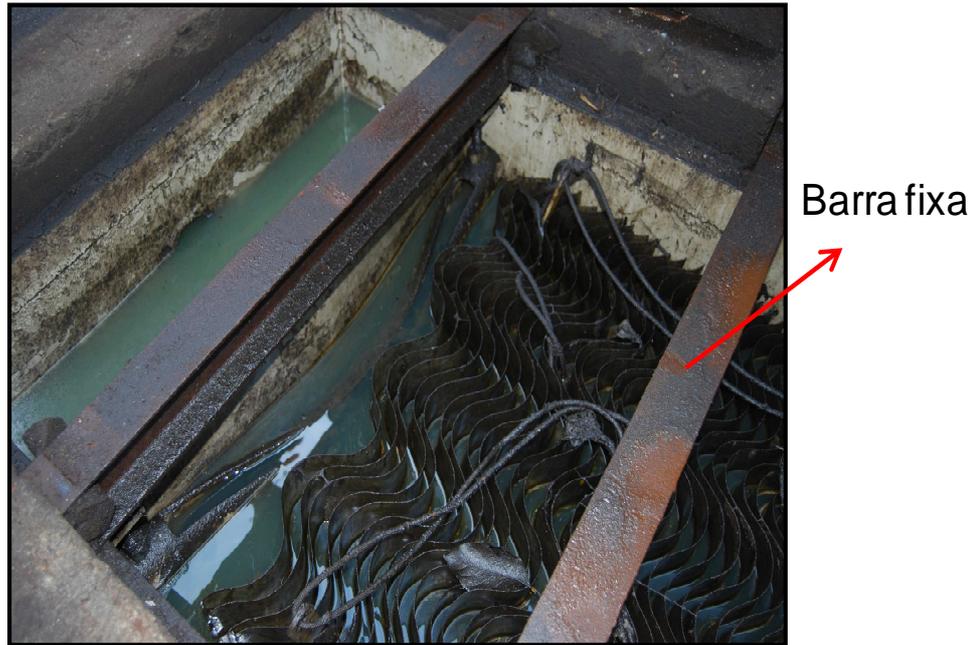


Figura 5.9 – Vista superior do SAO com suas placas coalescentes instaladas no sentido perpendicular ao fluxo (sentido incorreto) e com barras fixas sobrepostas que inviabilizam a limpeza do equipamento.

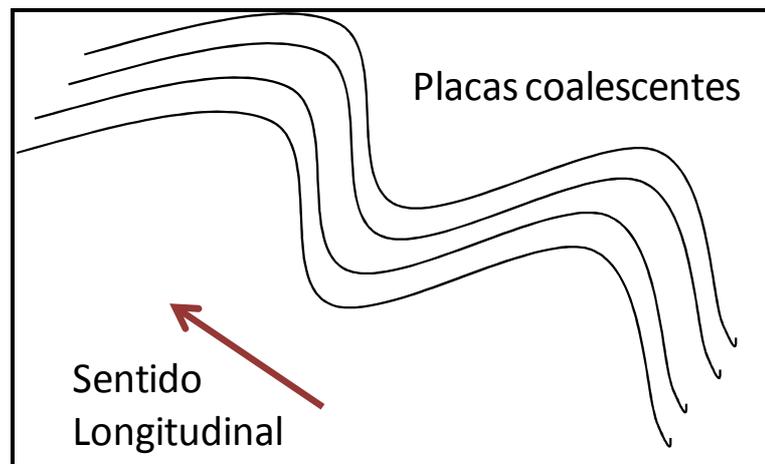


Figura 5.10 - Sentido longitudinal (sentido correto) das placas coalescentes do SAO.

5.2.4 Sistema Primário (Lista de verificação do **Apêndice G**)

- **Tanque de equalização:**
 - Checagem da operação;
 - Análise do monitoramento do efluente equalizado;
 - Verificação do sistema de distribuição do ar no tanque;
 - Percepção de insetos;

- Controle e proteção anticorrosiva;
- Controle e/ou presença de odor;
- Verificação dos produtos químicos utilizados;
- Verificação se há aparecimento de espuma e seu controle;
- Verificação do tempo de retenção.

➤ **Tanque de ajuste de pH:**

- Checagem da operação;
- Verificação do sistema de agitação no tanque;
- Verificação e controle dos produtos químicos (acidulantes ou alcalinizantes) utilizados;
- Verificação se há curto-circuito hidráulico.

➤ **Tanque de coagulação química:**

- Checagem da operação;
- Verificação do coagulante utilizado – aplicação de forma profunda;
- Verificação sobre a realização de *jar test*;
- Verificação dos agitadores;
- Conhecimento do tempo de retenção.

➤ **Tanque de floculação:**

- Checagem da operação;
- Verificação sobre a realização de *jar test* para o conhecimento da dosagem do polímero;
- Verificação se todos os operadores sabem a concentração do polímero utilizado;
- Checagem da eficiência da floculação e suas particularidades.

➤ **Tanque de flotação:**

- Checagem da operação;
- Caracterização das bolhas de ar presentes no tanque;
- Checagem da eficiência do processo;

- Verificação sobre a realização de *jar test*;
- Verificação da eficiência na remoção de sólidos;
- Checagem dos registros de avaliação do efluente na saída do flotador.

5.2.5 Sistema Secundário (Lista de verificação do **Apêndice H**)

➤ **Tanque de aeração:**

- Caracterização do sistema do tanque (contínuo ou batelada);
- Caracterização do sistema de aeração;
- Verificação da eficiência da aeração;
- Verificação da homogeneização do efluente presente no tanque;
- Checagem da existência de espuma no tanque;
- Verificação da rotina de coleta de amostras e análise;
- Checagem da existência de controle de nível;
- Verificação da existência de emissão gasosa;
- Verificação dos resultados dos parâmetros de controle para a comparação com o que está prescrito em projeto;
- Checagem da existência de controle por caracterização de microrganismos;
- Checagem da dosagem regular de micronutrientes;
- Checagem dos produtos químicos utilizados e suas dosagens;
- Checagem do índice volumétrico de lodo (IVL);
- Checagem da idade do lodo;
- Verificação do fator de carga;
- Verificação da cor do efluente do tanque;
- Verificação da presença de odor;
- Checagem da existência de plataformas de manutenção para facilitar o acesso aos difusores;
- Verificação da existência de procedimentos para prevenir e/ou remediar vazamentos no tanque.

A **figura 5.11** apresenta um tanque de aeração com grande quantidade de espuma, dificultando a transferência do oxigênio do ar para as águas residuárias. Dessa forma, a eficiência do tratamento é muito prejudicada.



Figura 5.11 – Vista de um tanque de aeração com aeradores mecânicos superficiais apresentando espuma branca densa.

A **figura 5.12** mostra um tanque de aeração com grande quantidade de espuma, causada pela proliferação da bactéria filamentosa *Nocardia sp.* Dessa forma, a eficiência do tratamento é muito prejudicada. Apesar das bactérias filamentosas terem grande importância na estrutura do floco e na degradação da matéria orgânica, seu crescimento deve ser controlado, pois quando ocorrem em grande excesso não permitem sedimentação do lodo no decantador secundário, resultando no fenômeno de intrumescimento filamentoso do lodo ou *bulking* (Martins et al., 2004). Além disso, a aeração não está homogênea.



Figura 5.12 – Vista de um tanque de aeração não homogêneo, apresentando espuma oriunda de bactérias filamentosas.

A **figura 5.13** apresenta um aerador improvisado. Esse aerador causa a baixa eficiência do tanque de aeração, dificultando de forma significativa o tratamento. A indústria deverá trocar os aeradores improvisados por aeradores convencionais. Além disso, pode-se observar na foto que as grades de proteção dos tanques estão improvisadas também, sendo um risco para os operadores e os visitantes da estação.

Furos dos difusores - Bolhas grossas



Figura 5.13 – Vista de um aerador improvisado.

A **figura 5.14** apresenta um tanque de aeração com a proliferação de algas, causada pelo não funcionamento do sistema de aeração.



Figura 5.14 – Vista superior de um tanque com aeração com seu sistema de aeração paralisado, provocando a proliferação de algas.

- **Decantador Secundário:**
- Verificação da especificação do decantador e se ele está operando de acordo com essas especificações;
 - Checagem do procedimento de recirculação do lodo;
 - Checagem se há flutuação do lodo no decantador;
 - Verificação da turbidez da água residuária do decantador;
 - Checagem da bomba de recirculação de lodo;
 - Verificação do nivelamento do decantador;
 - Checagem da inclinação da zona de lodo;
 - Verificação da capacidade do decantador em relação à vazão de operação;
 - Verificação do aspecto da superfície das águas residuárias do decantador;
 - Checagem do removedor de lodo;
 - Verificação da velocidade periférica;
 - Checagem da existência de ressuspensão de lodo;
 - Verificação da existência de emissão gasosa;

- Verificação do acompanhamento do IVL;
- Checagem de presença de turbulência das águas residuárias do decantador;
- Checagem de geração de ruídos e odor nas proximidades do decantador;
- Verificação de “zonas mortas”.

A **figura 5.15** apresenta um decantador secundário com proliferação de algas, causado pelo tempo de retenção do efluente, superior ao recomendado em norma.



Figura 5.15 – Vista de um decantador secundário com tempo de retenção muito longo, causando a proliferação de algas.

A limpeza ineficiente faz com que o lodo se acumule gerando “bolas de lodo” que podem entupir a lâmina de vertedouros dos decantadores, causando a má distribuição dos efluentes decantados. Na **figura 5.16** pode-se observar o acúmulo dessas “bolas de lodo”.



Figura 5.16 – Vista frontal da lâmina do vertedouro com acúmulo de lodo, provocando o mau escoamento de efluente no vertedor. Na figura estão indicados os pontos de acúmulo de resíduos.

Se o efluente líquido final tiver cor (**Figura 5.17**), mesmo após tratamento, deverá ser realizada a remoção da cor através de outros processos físicos após o tratamento convencional. Um dos processos que pode ser utilizado é a nanofiltração. O efluente não deverá ter cor, pois, dessa forma, não se enquadra nos limites estabelecidos pela legislação.



Figura 5.17- Efluente final com coloração amarelada.

5.3 Terceiro Nível - Coleta e análise de dados quantitativos de monitoramento da ETEI

A criação de indicadores para avaliação dos resultados das análises do monitoramento é fundamental por fornecerem informações sobre a eficiência da organização em tratar o efluente. O acompanhamento quantitativo do efluente pode ser realizado, por exemplo, ao longo do tempo e, assim, demonstrar a eficiência de seu tratamento (ADISSI et al., 2013).

Portanto, o histórico da qualidade das águas residuárias da indústria é um importante indicador do desempenho da ETEI. Dessa forma, no capítulo 6, é demonstrado um estudo de caso no qual são analisados e comparados os dados quantitativos de monitoramento dos afluentes e efluentes de uma indústria mineradora. Essa análise é realizada aplicando uma metodologia estatística chamada de análise de componentes principais (ACP).

Obviamente, outros tipos de metodologias quantitativas poderiam ser empregados neste nível de análise.

5.4 Quarto nível: Preparação do relatório de desempenho final

Este nível propõe os tópicos do relatório de desempenho que deverá ser concebido pelos avaliadores.

Primeiramente, o relatório deve incluir os nomes e as assinaturas dos avaliadores, a data e a hora da visita de inspeção.

Ele poderá ser composto pelos seguintes tópicos:

➤ **Descrição da indústria**

Essa parte inclui uma breve descrição da indústria, do seu processo de produção e, também, das fontes e os tipos de águas residuárias produzidas.

➤ **Caracterização da planta de tratamento**

Esse capítulo inclui uma breve descrição sobre o tipo de ETEI e seus componentes, a capacidade de tratamento, a eficiência do tratamento, dentre outros.

➤ **Resultado das análises**

O avaliador deverá discorrer sobre o resultado de sua análise contemplando as não conformidades encontradas. Poderá também avaliar a qualidade do efluente tratado utilizando técnicas estatísticas, como está demonstrado no capítulo 6 deste trabalho.

➤ **Conclusões/Recomendações e anexos.**

Este capítulo irá incluir comentários e observações do inspetor sobre a operação da estação de tratamento. Além disso, os resultados da inspeção e as violações detectadas com base na análise de laboratório devem ser apontados com clareza. Resultados de avaliação adicionais podem ser incluídos, por exemplo, a eficiência, calculada com base em amostras obtidas durante a avaliação. Finalmente, as recomendações relativas à manutenção e operação devem ser feitas.

6. ANÁLISE PELA TÉCNICA ACP: UM ESTUDO DE CASO

Para demonstração do nível três de questionamento, apresentado no item 4.1 “Coleta e análise de dados quantitativos da ETEI”, foi escolhida a ETEI de uma indústria mineradora, na qual seus efluentes de entrada e saída são monitorados. No capítulo 4, item 4.3, é demonstrado a metodologia da técnica estatística ACP.

6.1 Monitoramento e caracterização da ETEI da indústria mineradora

Os efluentes de entrada e saída da ETEI da indústria mineradora estudada são monitorados duas vezes por mês. Esse monitoramento consiste na realização de inspeções e medições de campo: coletas, preservação, acondicionamento e transporte das amostras para execução dos ensaios físico-químicos e microbiológicos no Laboratório.

O fluxograma resumido do processo de tratamento do efluente (**Figura 6.1**) mostra as principais etapas de tratamento e os pontos de coleta das amostras utilizadas nesse trabalho.

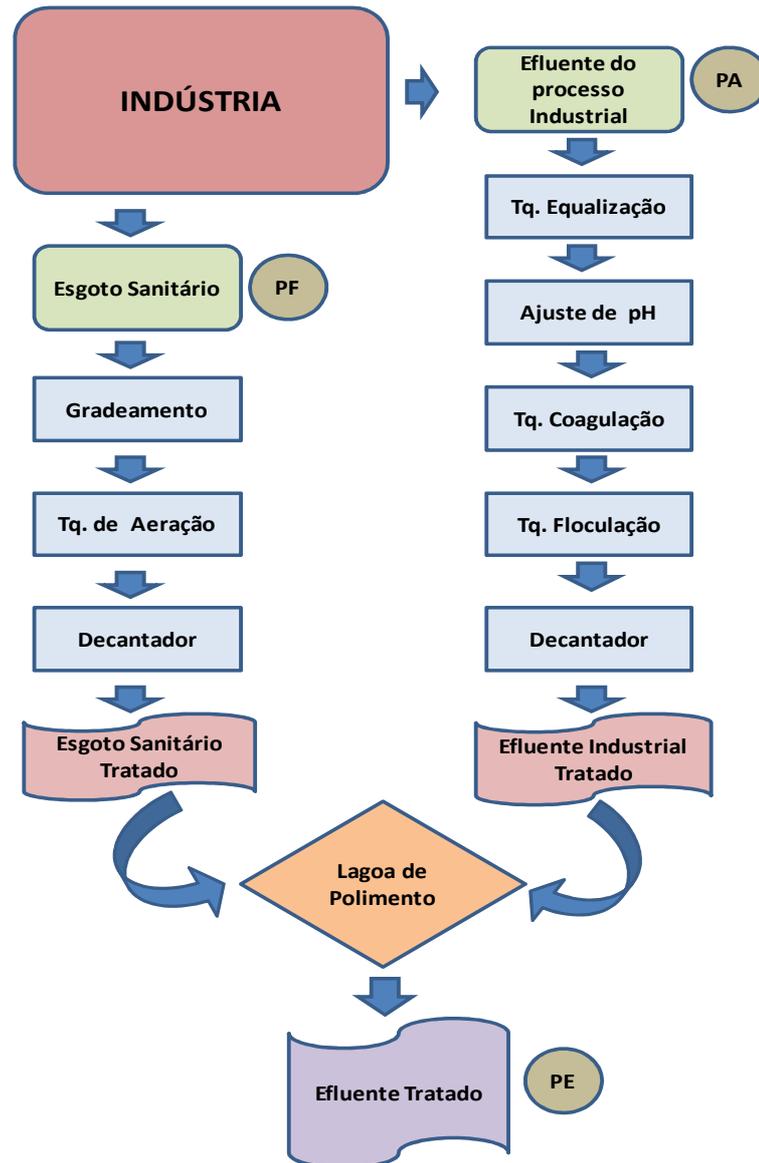


Figura 6.1 - Fluxograma resumido do processo de tratamento da ETEI da indústria mineradora. Pontos de coleta de amostras - PA (Efluente industrial bruto equalizado); PF (Esgoto sanitário bruto); PE (Efluente tratado).

No monitoramento, os dados de entrada foram calculados pela média ponderada das amostras dos pontos de coleta PA e PF e os dados de saída foram os resultados das análises das amostras do ponto de coleta PE. O ponto PA corresponde ao efluente industrial bruto equalizado, o ponto de coleta PF corresponde ao esgoto sanitário bruto e o ponto PE ao efluente tratado. As amostras foram coletadas duas vezes por mês durante três anos: 2009, 2010 e 2011.

As tabelas que apresentam os resultados dos parâmetros de qualidade obtidos no monitoramento da ETEI nos 70 dias diferentes analisados, com os parâmetros da resolução adotada, DN COPAM/CERH-MG Nº 1 de 05 de Maio de

2008, que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para a gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, se encontram no **apêndice I** desse trabalho. É importante destacar que foram utilizados os limites dos parâmetros de qualidade do efluente estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG N° 1 de 05 de Maio de 2008, pois essa deliberação normativa de Minas Gerais estabelece não somente a eficiência de remoção de cada parâmetro, mas, também, a sua concentração limite bruta, além de ser mais restritiva que a Resolução CONAMA n° 430 de 13 de maio de 2011.

Os seis parâmetros considerados neste estudo foram os seguintes: Cloreto Total - mg/L Cl⁻ (CIT); Demanda Química de Oxigênio - mgO₂/L (DQO); Demanda Bioquímica de Oxigênio - mgO₂/L (DBO); Sólidos Suspensos Totais - mg/L (SST); Temperatura - °C (T); pH. As metodologias de coleta e preservação de amostras (ou determinação instrumental *in situ*) foram aquelas preconizadas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA-AWMA-WPCF, 21ª Edição, 2005.

6.2 Processamento estatístico dos dados

Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos de amostras de entrada e saída do efluente da ETEI foram tratados estatisticamente pela técnica Análise de Componentes Principais (ACP) descrita no item 4.3.

Os dados de amostra foram centralizados para que o conjunto de amostras tivesse média zero (dados ficassem centrados na origem) e para que todos os parâmetros ficassem na mesma escala (entre -1 e 1). Foram então calculados a matriz de correlações e seus autovalores e autovetores usando funções pré-definidas no programa Matlab, versão 7.10.0 (R2010a).

A matriz de dados na qual a ACP foi feita possui 140 amostras e 6 variáveis. As três componentes principais (CP's) representam 72% da variância total dos dados de amostra, sendo a CP1 responsável por 30,5% da variância, a CP2 por 21,8% da variância e a CP3 por 19,7% da variância. Os pesos que cada parâmetro obteve nas respectivas CP's estão apresentados na tabela abaixo. Foram destacados os parâmetros mais importantes para a formação de cada uma das componentes principais (**Tabela 6.1**).

Tabela 6.1 - Resultados da ACP.

	CP1 (30,5%)	CP2 (21,8%)	CP3 (19,7%)
Cloreto total (CIT)	-0.21	0.82	0.11
DBO	-0.69	-0.33	-0.13
DQO	-0.88	-0.09	-0.05
pH	0.29	0.10	0.80
Sólidos em Suspensão Totais (SST)	-0.67	0.25	0.51
Temperatura da Amostra (T)	-0.01	-0.67	0.50

A utilização de somente as três primeiras componentes principais está justificada no gráfico a seguir, pois se observa uma diminuição significativa da variância da 3ª CP para a 4ª CP (**Figura 6.5**).

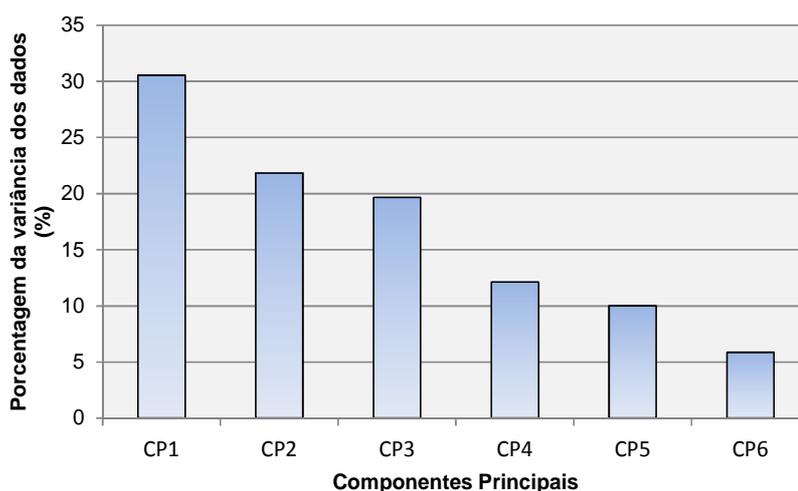


Figura 6.2 - Variância das Componentes Principais para os dados de 2009, 2010 e 2011.

A **figura 6.3** apresenta uma representação gráfica destas componentes em relação aos parâmetros. O valor do parâmetro representa a influência do parâmetro na formação do eixo. Dessa forma, o eixo CP1 possui maior influência dos parâmetros DBO, DQO e SST, enquanto a CP2 possui maior influência dos parâmetros T e CIT. No gráfico também se pode observar que a DQO foi o parâmetro que mais influenciou o eixo CP1, já a DBO e os SST têm praticamente a mesma influência na componente. Para a CP2, O CIT é mais influente enquanto a temperatura é menos.

Os pesos negativos e positivos de parâmetros físico-químicos em relação à determinada componente principal informam se os parâmetros tem uma relação direta ou inversa. Como exemplo pode-se citar os parâmetros SST, DQO e DBO, em relação a componente principal 1, que obtiveram uma relação direta, isto é, todos os pesos dos parâmetros obtiveram pesos negativos, já em relação à componente principal 2 os parâmetros CIT e T têm relação inversa, já que o peso do CIT é positivo e o peso da T é negativo.

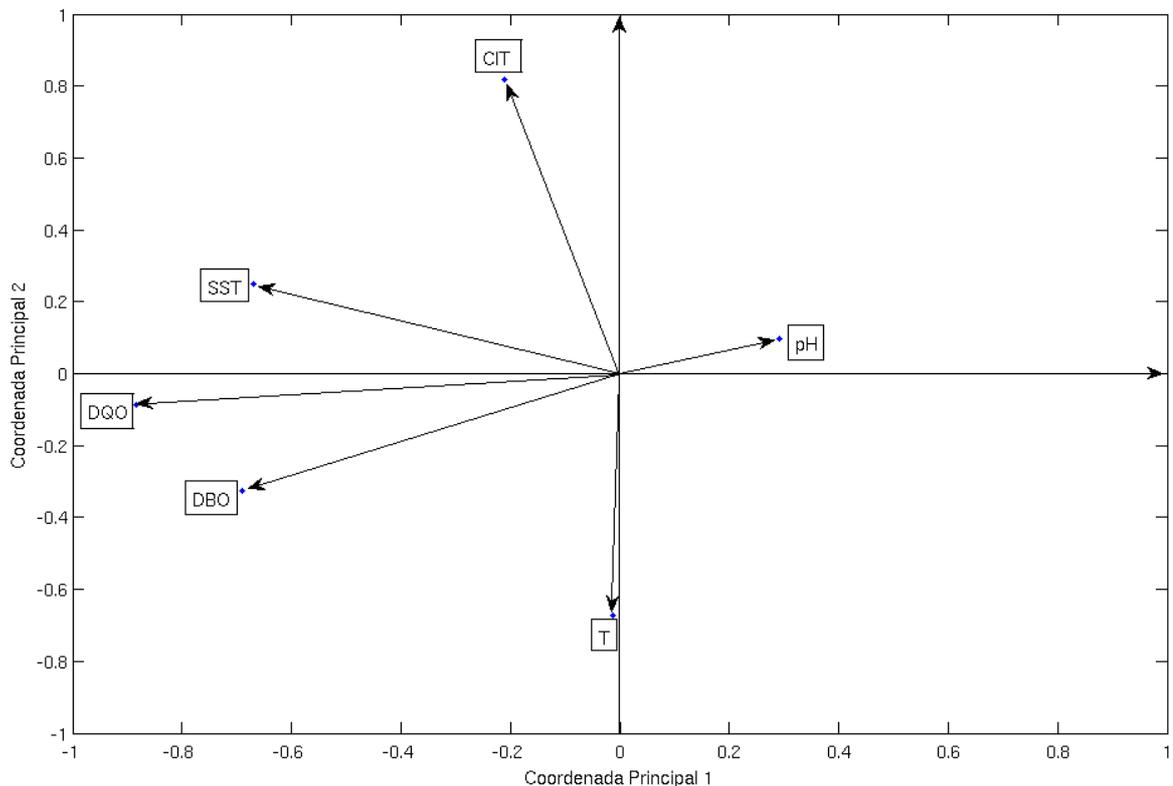


Figura 6.3 - Coordenadas dos parâmetros nas duas primeiras componentes.

6.2.1 Parâmetros de influência da CP1

Na **figura 6.4** é possível observar que foram plotadas as novas coordenadas das amostras em relação às duas componentes principais. As amostras de entrada são as indicadas na cor azul e as amostras de saída na cor vermelha e percebe-se uma clara separação das amostras em relação à direção horizontal, que corresponde a primeira componente principal. Isto mostra que a componente reflete o efeito do tratamento na ETEI e os parâmetros que a compõem são os mais afetados nesse tratamento. Nesse caso os parâmetros mais afetados são DBO,

DQO e SST, nesta ordem. A média ponderada entre PA e PF é o dado de entrada e o PE é o dado de saída.

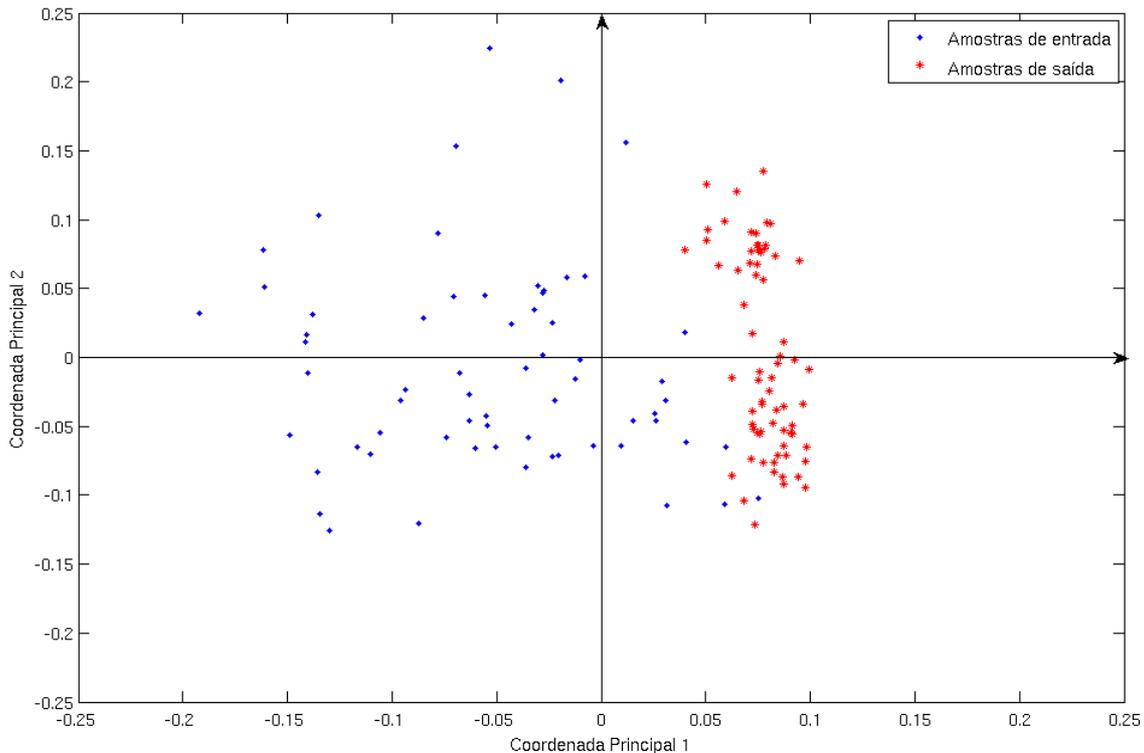


Figura 6.4 - Novas coordenadas das amostras de 2009, 2010 e 2011 nas duas primeiras componentes principais.

Pode-se perceber através desses resultados que o efluente está sendo tratado pela estação (diminuindo os valores de alguns parâmetros) fornecendo, assim, uma importante informação para a verificação da atuação da ETEI, como, também, mostra os parâmetros que realmente devem ser tratados estão sendo afetados de forma significativa.

Destaca-se que a análise de componentes principais pode ajudar a identificar outros parâmetros que são afetados no tratamento e que não são monitorados de forma contínua.

Confrontando os resultados da ACP com os dados do monitoramento observa-se que o resultado do ACP é informativo quanto ao tratamento e que, realmente, o efluente está sendo tratado. A seguir, estão os dados dos parâmetros utilizados no monitoramento da ETEI que estão influenciando o eixo da CP1.

6.2.1.1 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Com a análise de DQO obtém-se o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica e, conseqüentemente, o valor obtido indica indiretamente o teor aproximado de matéria orgânica presente.

Na indústria estudada o esgoto sanitário é o que mais contribui para o alto valor do parâmetro DQO do efluente não tratado, porém, no estudo de caso desse trabalho, o efluente industrial contém amidas e outros compostos orgânicos que são utilizados rotineiramente em indústrias e laboratórios metalúrgicos.

Comparando os valores de DQO do afluente (valores de entrada) com os valores do efluente (valores de saída) foi possível observar que houve uma significativa redução desse parâmetro, demonstrando que a ETEI está atuando de forma satisfatória no tratamento do efluente. Observa-se que os resultados do parâmetro de DQO do efluente para os anos analisados (2009, 2010 e 2011) estão abaixo do limite estabelecido pela legislação adotada (DN COPAM/CERH-MG N° 1 de 05 de Maio de 2008) que é de 180 mg/L.

Na **Figura 6.5** podem ser observados os resultados das análises de DQO do afluente (valores de entrada) e do efluente (valores de saída) realizados no ano de 2009.

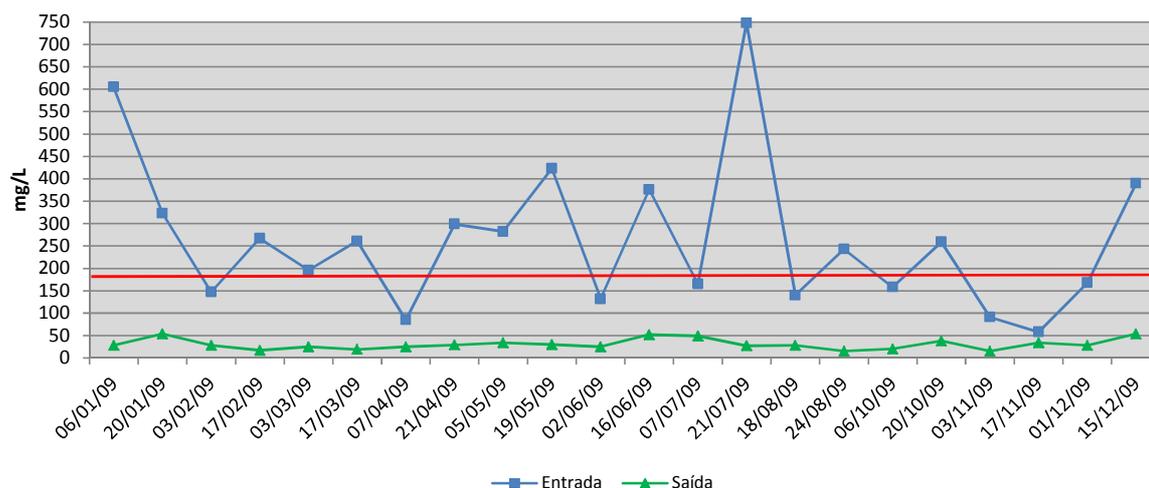


Figura 6.5 - Redução da DQO pelo tratamento do efluente em 2009.

Em 2009, a eficiência de remoção da matéria orgânica expressa em termos de DQO foi acima de 80% em 19 dias diferentes dos 22 dias totais analisados, isso representa uma alta eficiência no sistema de remoção da DQO.

Na **Figura 6.6** podem ser observados os resultados das análises de DQO do afluente (valores de entrada) e do efluente (valores de saída) realizados no ano de 2010.

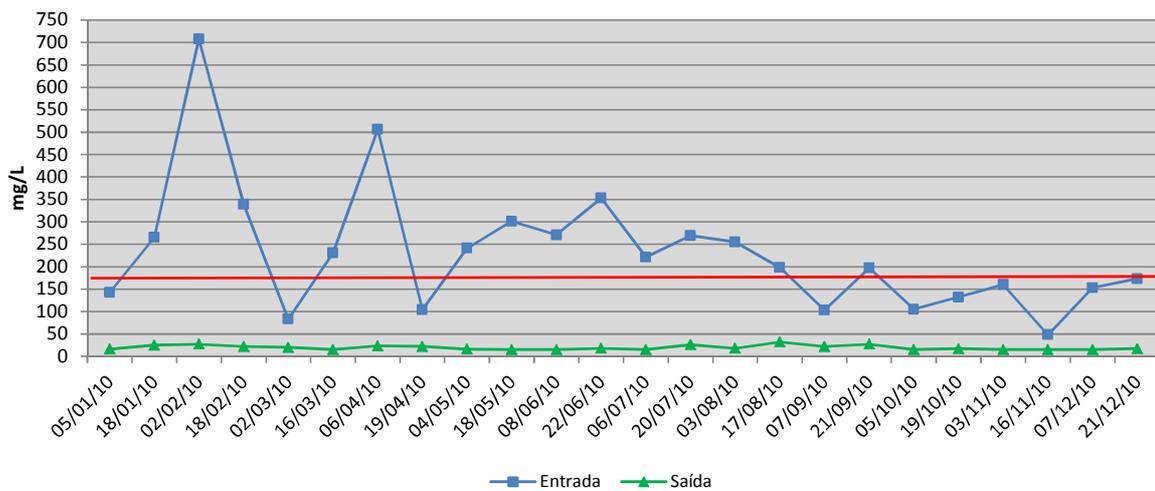


Figura 6.6 - Redução da DQO pelo tratamento do efluente em 2010.

Em 2010, a eficiência de remoção da matéria orgânica expressa em termos de DQO foi acima de 80% em 20 dias diferentes dos 24 dias totais analisados, isso representa uma alta eficiência no processo de remoção de DQO.

Na **Figura 6.7** podem ser observados os resultados das análises de DQO do afluente (valores de entrada) e do efluente (valores de saída) realizados no ano de 2011.

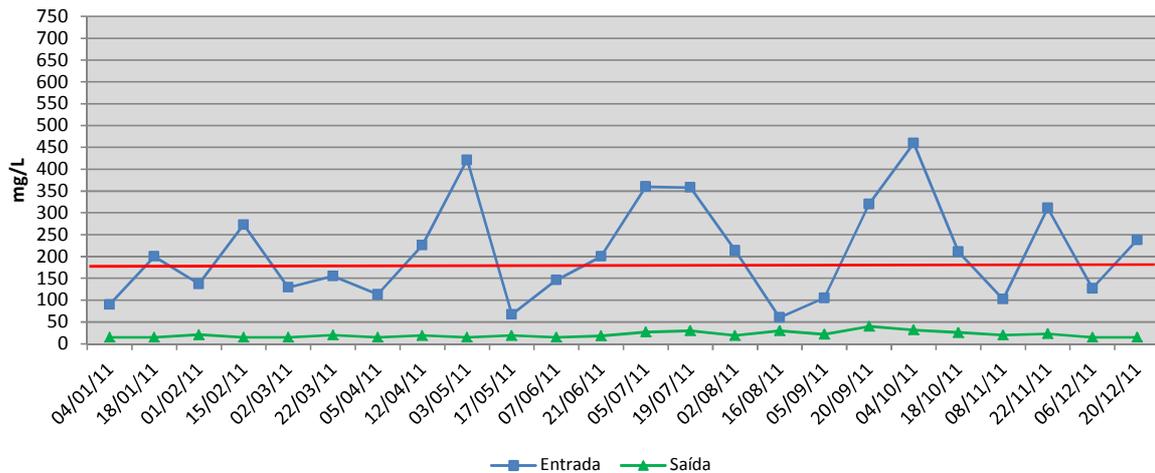


Figura 6.7 - Redução da DQO pelo tratamento do efluente em 2011.

Em 2011, a eficiência de remoção da matéria orgânica expressa em termos de DQO foi acima de 80% em 20 dias diferentes dos 24 dias totais analisados, isso representa uma alta eficiência no processo de remoção de DQO.

6.2.1.2 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Com a análise de DBO obtém-se o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica, conseqüentemente o valor obtido indica indiretamente o teor aproximado de matéria orgânica presente. Na indústria estudada o esgoto sanitário é o que mais contribui para o alto valor do parâmetro DBO do efluente não tratado, pois esgoto sanitário contém muito mais matéria orgânica biodegradável do que o efluente industrial. Nesse caso, o efluente industrial tem muito mais substâncias inorgânicas. O limite da DBO estabelecido pela legislação adotada (DN COPAM/CERH-MG Nº 1 de 05 de Maio de 2008) que é de 60 mg/L.

Comparando os valores de DBO do afluente (valores de entrada) e do efluente (valores de saída) foi possível observar que houve uma significativa redução da DBO, demonstrando que a ETEI está atuando de forma satisfatória no tratamento para esse parâmetro do efluente nos anos analisados.

Na **Figura 6.8** podem ser observados os resultados da análise de DBO do afluente (valores de entrada) e de efluente (valores de saída) realizados ao longo do ano de 2009.

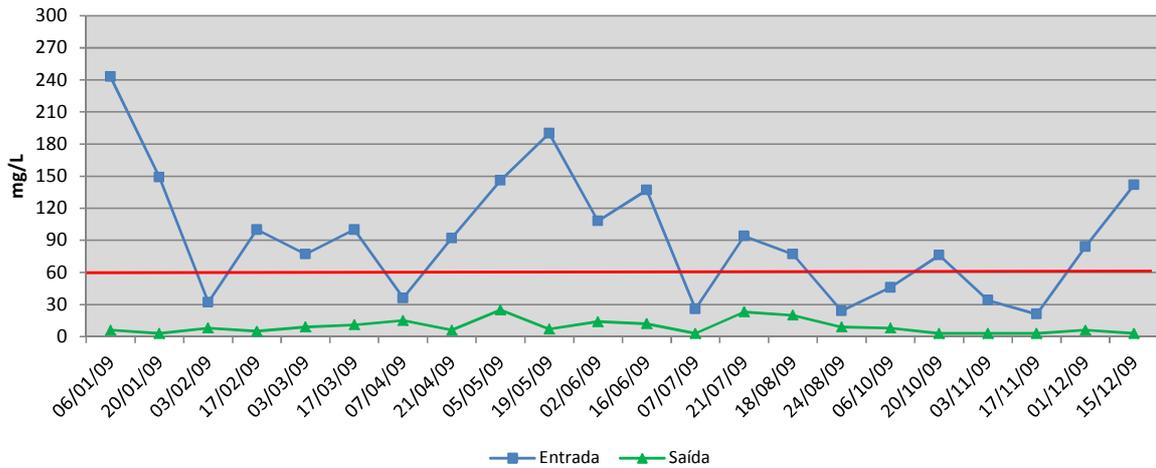


Figura 6.8 - Redução da DBO pelo tratamento do efluente em 2009.

Em 2009, a eficiência de remoção da matéria orgânica expressa em termos de DBO foi acima de 80% em 20 dias diferentes dos 22 dias totais analisados, isso representa uma alta eficiência no processo de remoção de DBO.

Na **Figura 6.9** podem ser observados os resultados da análise de DBO do afluente (valores de entrada) e de efluente (valores de saída) realizados ao longo do ano de 2010.

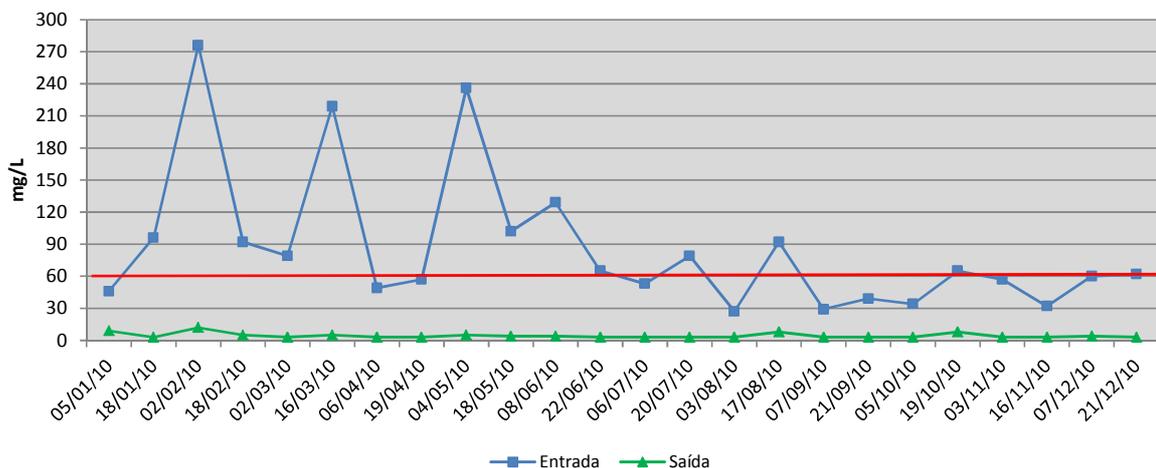


Figura 6.9 - Redução da DBO pelo tratamento do efluente em 2010.

Em 2010, a eficiência de remoção da matéria orgânica expressa em termos de DBO foi acima de 80% em todos os dias que foram feitas as análises, isso representa uma alta eficiência no processo de remoção de DBO nesse ano.

Na **Figura 6.10** podem ser observados os resultados da análise de DBO do afluente (valores de entrada) e de efluente (valores de saída) realizados ao longo do ano de 2011.

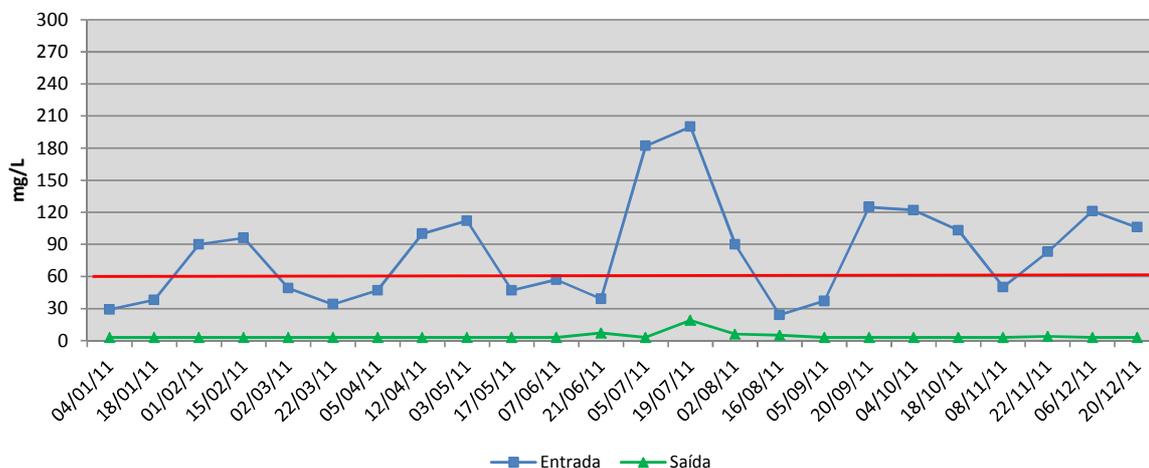


Figura 6.10 - Redução da DBO pelo tratamento do efluente em 2011.

Em 2011, a eficiência de remoção da matéria orgânica expressa em termos de DBO foi acima de 80% em 23 dias diferentes dos 24 dias totais analisados, isso representa uma alta eficiência no processo de remoção de DBO.

6.2.1.3 Sólidos Suspensos Totais (SST)

Os sólidos em suspensão totais (água com material coloidal) estão presentes tanto no efluente industrial quanto no esgoto sanitário. Para clarificar o efluente se faz a correção de pH, pois isto ajuda na sedimentação dos sólidos e consequente clarificação do efluente. É importante ressaltar que a lagoa de polimento atua também ajudando na clarificação do efluente.

A turbidez do efluente também serve como indicador da concentração de SST.

Comparando os valores de SST do afluente (valores de entrada) e do efluente (valores de saída) foi possível observar que houve uma significativa redução desse parâmetro, demonstrando que a ETEI está atuando de forma bastante satisfatória no tratamento. O limite dos SST estabelecido pela legislação adotada (DN COPAM/CERH-MG N° 1 de 05 de Maio de 2008) é de 100 mg/L.

Na **Figura 6.11** podem ser observados os resultados da análise de SST do afluente (valores de entrada) e de efluente (valores de saída) realizados ao longo do ano de 2009.

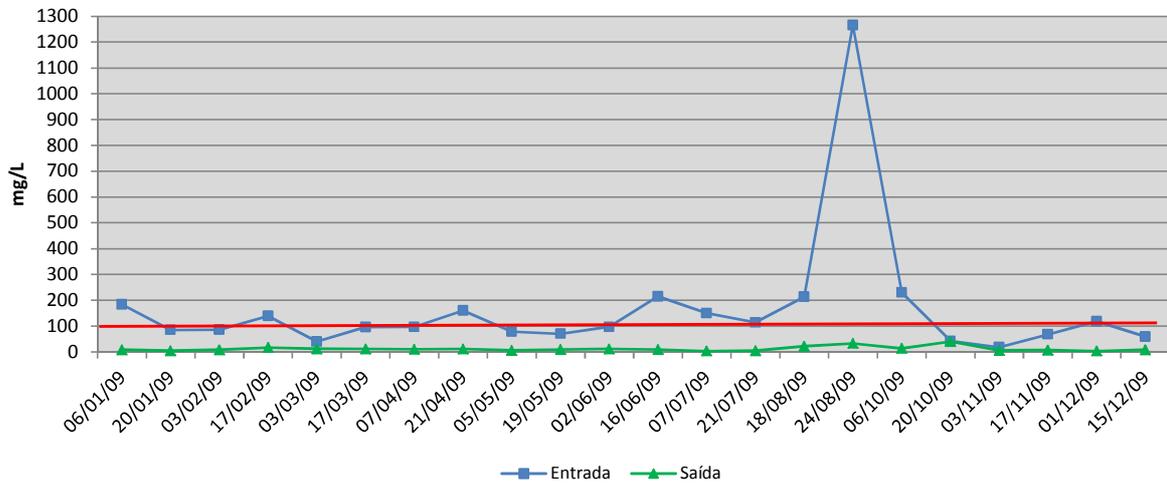


Figura 6.11 - Redução da SST pelo tratamento do efluente em 2009.

Em 2009, a eficiência de remoção dos sólidos suspensos totais (SST) foi acima de 80% em 19 dias diferentes dos 22 dias totais analisados, isso representa uma alta eficiência no sistema para redução de SST.

Na **Figura 6.12** podem ser observados os resultados da análise de SST do afluente (valores de entrada) e de efluente (valores de saída) realizados ao longo do ano de 2010.

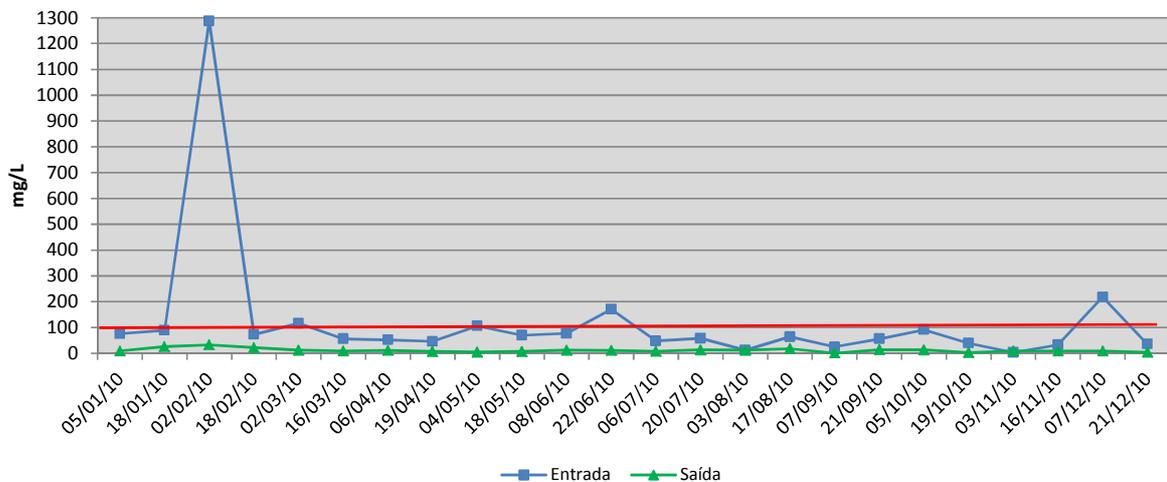


Figura 6.12 - Redução da SST pelo tratamento do efluente em 2010.

Em 2010, a eficiência de remoção dos sólidos suspensos totais (SST) foi acima de 80% em 15 dias diferentes dos 24 dias totais analisados, isso representa uma boa eficiência no sistema para redução de SST.

Na **Figura 6.13** podem ser observados os resultados da análise de SST do afluente (valores de entrada) e de efluente (valores de saída) realizados ao longo do ano de 2011.

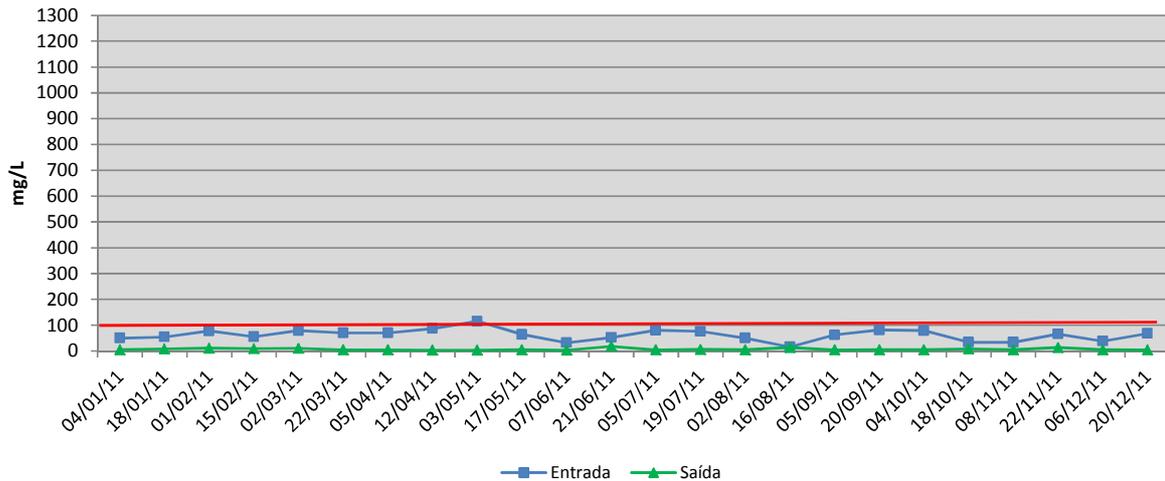


Figura 6.13 - Redução da SST pelo tratamento do efluente em 2011.

Em 2011, a eficiência de remoção dos sólidos suspensos totais (SST) foi acima de 80% em 20 dias diferentes dos 24 dias totais analisados, isso representa uma boa eficiência no sistema para redução de SST.

6.2.2 Parâmetros de influência da CP2

Separando os dados pelos meses frios e quentes, no caso, janeiro e julho, como no gráfico abaixo, observa-se uma separação dos dados em relação a componente principal 2 (CP2), que corresponde à direção vertical. As seis amostras de entrada e as seis amostras de saída da estação fria, que correspondem a julho/2009, julho/2010 e julho/2011, possuem valor positivo nessa componente, enquanto que as seis amostras de entrada e as seis amostras de saída da estação quente que correspondem a janeiro/2009, janeiro/2010 e janeiro/2011 possuem coordenada negativa (**Figura 6.14**). O parâmetro que mais influencia na CP2 é o cloreto total, seguido por temperatura.

Esta componente principal demonstra que fatores climáticos, como a temperatura, afetam a variância das amostras.

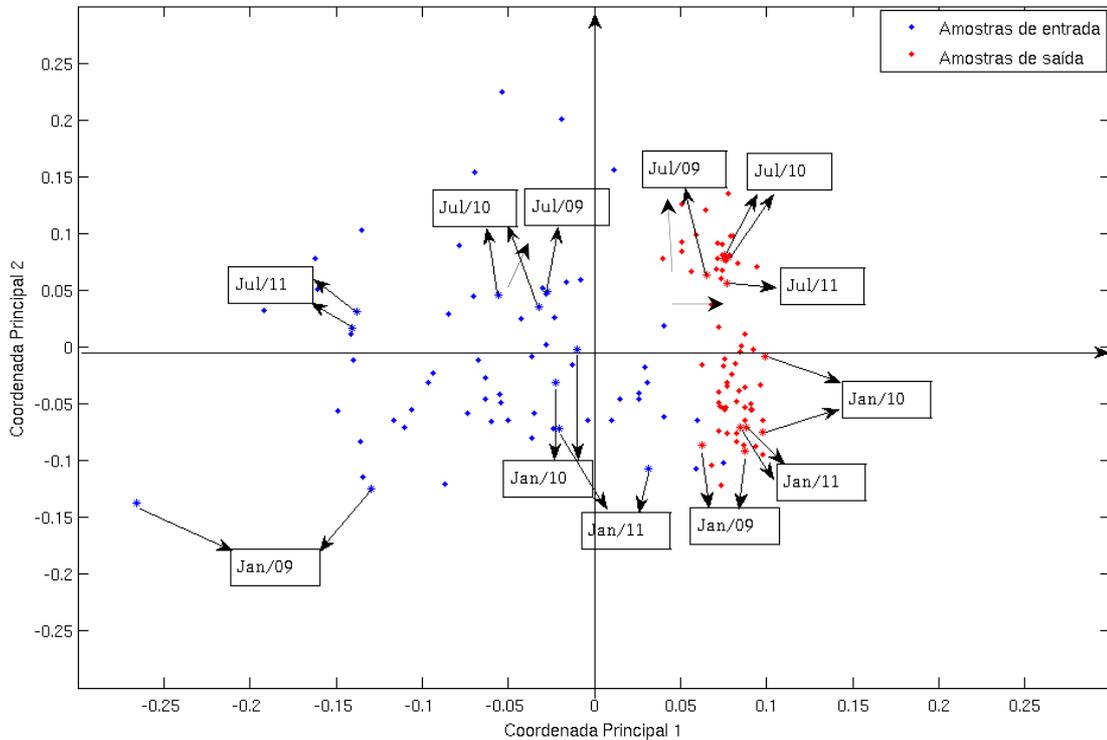


Figura 6.14 - Classificação das amostras pelo mês quente (Janeiro) e frio (Julho).

É importante salientar que a temperatura tem grande influência na capacidade metabólica dos microrganismos que ajudam na degradação da matéria orgânica. Em janeiro, a alta incidência solar e temperatura fazem com que haja uma alta concentração de algas na lagoa de polimento e isso aumenta a DQO do efluente que será descartado. Para que isso não se torne um problema, durante o período de verão a lagoa é coberta.

A concentração de cloreto total no efluente varia conforme a quantidade de chuvas, pois a substância não é modificada através do tratamento, mas pode ser diluída. Para isso foi feita a análise ACP juntando os parâmetros monitorados e os dados de precipitação mensais obtidos (**Tabela 6.2**).

Tabela 6.2 - Classificação das amostras pela precipitação mensal.

Precipitação e Temperatura			
Datas (meses)	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura média do Ar (°C)	Temperatura média da Lagoa (°C)
jan/09	228,5	23	23
fev/09	194,4	24	24
mar/09	226,8	24	23
abr/09	49,8	22	22
mai/09	12,9	12	18,5
jun/09	30,9	10	16,8
jul/09	0	9	17,6
ago/09	17,3	11	16,8
set/09	83,4	14	19
out/09	212,1	29	23,5
nov/09	84,46	30	25,2
dez/09	447,3	28	23,9
jan/10	195,4	29	27,7
fev/10	45,9	30	25,2
mar/10	227,7	28	24,5
abr/10	53,8	25	22,7
mai/11	56,4	12	15,8
jun/10	0,4	9	13,5
jul/10	0	9	13,4
ago/10	0	12	14,2
set/10	0,8	12	17,3
out/10	171,9	16	16,1
nov/10	475,8	30	22,1
dez/10	221	30	23,4
jan/11	241,7	28	24,7
fev/11	64	29	23,1
mar/11	327,2	28	22,6
abr/11	27,2	27	22,4
mai/11	0,7	12	15,2
jun/11	12,7	9	13,8
jul/11	0	12	12,4
ago/11	0	13	15,1
set/11	0,5	12	16,1
out/11	197,8	29	22,3
nov/11	253,9	28	21,4
dez/11	449,1	27	22,4

Através do gráfico estabelecido pela análise ACP foi observado que os dados são, novamente, separados em relação a CP2 que é influenciada também e principalmente, pelo cloreto total (**Figura 6.15**). De acordo com os dados do monitoramento da ETEI, o balanço hídrico traz uma variação de 10% para o cloreto total.

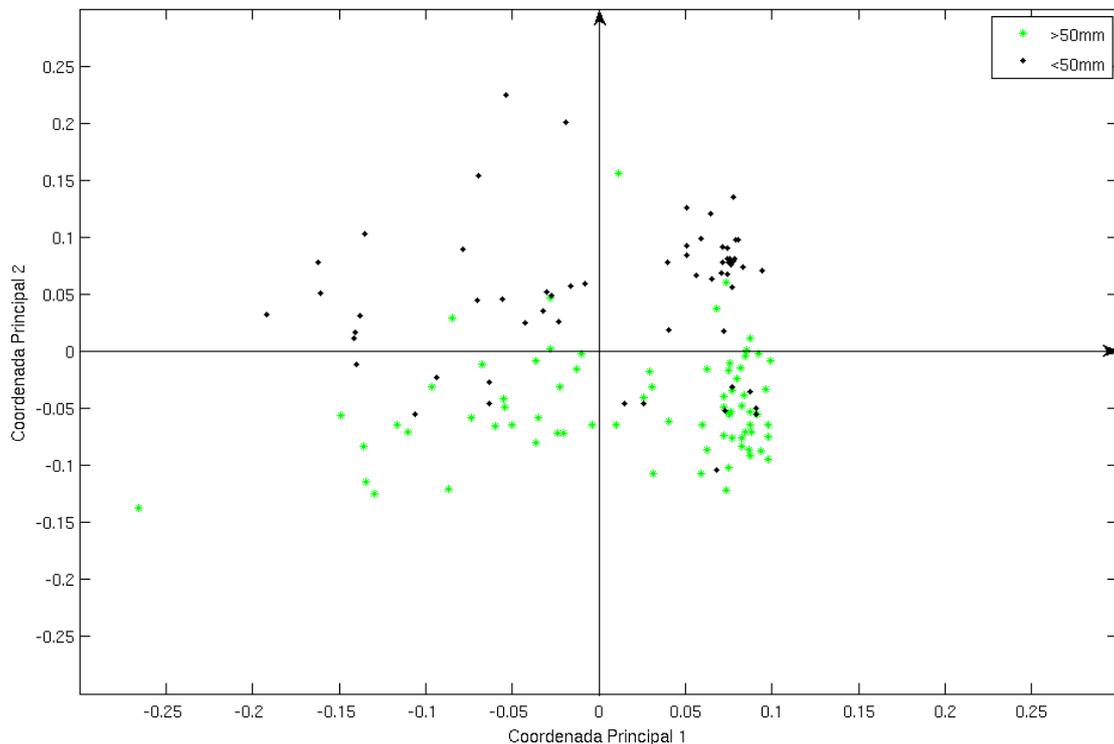


Figura 6.15 - Classificação das amostras pela precipitação pluviométrica mensal.

Apesar de não ser tóxico para os humanos, o cloreto, de acordo com CETESB (19---), provoca corrosão em estruturas hidráulicas, como, por exemplo, em emissários submarinos para a disposição oceânica de esgotos sanitários, que por isso têm sido construídos com polietileno de alta densidade (PEAD). O cloreto também interfere na determinação da DQO, embora esta interferência esteja atenuada pela adição de sulfato de mercúrio, e de nitratos.

Dessa forma, é visto que a diferença na quantidade de chuvas entre os meses analisados é um fator que também divide as amostras em relação à quantidade de cloreto, portanto, é um dado importante e que também deve ser levado em conta no monitoramento do afluente e efluente da ETEI.

É importante salientar que os dois parâmetros CIT e T influenciam a mesma componente principal (CP2), porém, eles têm uma relação inversa. Pode-se verificar que as amostras com temperaturas menores, isto é, amostras do mês de julho apresentaram concentrações maiores de cloreto, como consequência da menor precipitação pluviométrica (<50 mm) ocorrida durante esse período, isso pode ser mais bem observado juntando os gráficos das figuras 6.14 e 6.15. Já durante o período de janeiro, com a temperatura maior do efluente, ocorreu uma maior

precipitação pluviométrica (>50 mm), diluindo cloreto total do efluente e, assim, a concentração deste parâmetro nas amostras analisadas foi menor.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são feitas as conclusões sobre o trabalho desenvolvido e são apresentadas as recomendações para possíveis trabalhos futuros.

7.1 Conclusões

A avaliação de desempenho em ETEI é uma ferramenta utilizada para identificar as deficiências de operação, segurança e meio ambiente da planta de tratamento que possam vir a causar problemas para os trabalhadores, para a sociedade e, obviamente, para a eficiência da estação. O processo de avaliação de desempenho em ETEI pode ser realizado com o auxílio de um roteiro, composto, de acordo com esse trabalho, por quatro níveis de questionamentos: Primeiro nível: Coleta e análise de informações sobre a indústria e a ETEI; Segundo nível: Preparação das listas de verificação e análise das unidades operacionais da ETEI; Terceiro nível: Coleta e análise de dados de monitoramento da ETEI; Quarto nível: Preparação do relatório de avaliação de desempenho.

Foi visto que em alguns países, inclusive o Brasil, foram desenvolvidos manuais para avaliação, inspeção e/ou auditoria de estações de tratamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais. Alguns desses manuais possuem listas de verificação elaboradas de acordo com as principais características que os especialistas em tratamento de efluentes de cada país julgam ser mais importantes. Neste contexto, o trabalho aqui apresentado coletou informações desses manuais e adaptou suas considerações para a realidade das ETEI's brasileiras.

A aplicação da avaliação de desempenho em ETEI's traz benefícios para as indústrias, pois pode dar suporte nos projetos de reconfiguração das unidades e sistemas, ajudando a melhorar o desempenho ambiental desses e atua, também, ajudando na diminuição de custos para a empresa. Desse desempenho bom pode advir a geração de economia de energia, facilidade de limpeza da unidade/sistema, diminuição de insumos gastos pela ETEI, dentre outros.

Foi elaborada uma lista de verificação para coleta dos dados gerais de indústrias e das ETEI's através de revisão bibliográfica. Verificou-se a existência de algumas listas para a coleta dessas informações. Dos dezoito manuais verificados oito tratavam o assunto.

Foi elaborada uma lista de verificação para avaliação do programa gestão ambiental em ETEI (PGAE) através de revisão bibliográfica. Verificou-se a existência de algumas listas para a coleta desse tipo de informações. Dos dezoito manuais verificados dezesseis tratavam o assunto.

Foram confeccionadas listas de verificação para avaliação das unidades operacionais em ETEI através de revisão bibliográfica. Verificou-se a existência se algumas listas para a coleta desse tipo de informações. Dos dezoito manuais verificados onze tratavam o assunto.

É importante ressaltar que as listas de verificação são gerais no seu conteúdo e, portanto, precisam ser reavaliadas sempre que forem utilizadas para que se adaptem a tipologia da ETEI.

Foi realizada a aplicação da metodologia estatística Análise de Componentes Principais (ACP) em dados de monitoramento de uma ETEI através da coleta dos dados de monitoramento e da aplicação da técnica estatística multivariada por software. Foi observado, portanto, que a técnica estatística ACP pode auxiliar no monitoramento da qualidade do efluente tratado e, conseqüentemente, aumentar o nível de controle sobre o processo.

7.2 Recomendações para estudos futuros

- ✓ Seria interessante realizar avaliações experimentais de desempenho em ETEI para o aperfeiçoamento das listas de verificação propostas;
- ✓ O sistema secundário contém diversos tipos de unidades que não foram abordadas neste trabalho. No futuro, pode haver uma revisão para completar as listas já propostas e desenvolver outras para que os questionamentos e perguntas fiquem mais completos;
- ✓ O sistema terciário não foi abordado neste trabalho, porém, é de suma importância, que no futuro, se desenvolva listas completas das unidades operacionais deste sistema.

- ✓ Políticas e critérios contidos nesta publicação deverão ser alterados ao longo do tempo para se adequarem aos avanços e melhorias na área da Engenharia Sanitária.

- ✓ Esse trabalho também deverá sofrer as modificações condizentes com o processo de evolução da legislação ambiental na área da Engenharia Sanitária.

REFERÊNCIAS

ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. S. (Organizadores) *Gestão ambiental de unidades produtivas*. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). *Edição Comemorativa do dia Mundial da Água: A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília: ANA, 2002.

AKRATOS, C.S.; PAPASPYROS, J.N.E.; TSIHRINTZIS, V.A. An artificial neural network model and design equations for BOD and COD removal prediction in horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Chemical Engineering Journal*, v. 143, p. 96–110, 2008.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 21. ed., Washington D.C.: APHA, 2005.

ANTON, H.; RORRES C. *Álgebra linear com aplicações*. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2004.

ARREGUIN, C. F.; BUENFIL, R. M. *68 Recomendaciones para ahorrar agua em Domicílios, Riego e Indústrias*. Instituto de Tecnología Del Agua. México: [s.n.], 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) *NBR ISO 14011 Diretrizes para Auditoria ambiental – Procedimentos de auditoria: Auditoria de Sistemas de Gestão Ambiental*. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. *NBR ISO 14001: Sistema de Gestão Ambiental*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. *NBR ISSO 14031: Gestão Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental - Diretrizes*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BABAKRI, K. A.; BENNETT, R. A.; FRANCHETTI M. R. S. Recycling performance of firms before and after adoption of the ISO 14001 standard. *Journal of Cleaner Production*. v.12 (6), p.633-637,2004.

BAKKER, P. Rio+20: WBCSD president says the future of the planet rests on business. *The Guardian Professional*, Rio de janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.guardian.co.uk/sustainable-business/rio-20-business-sustainable-development>>. Acesso em: 24 jul. 2012.

- BELLAS, A. S.; NENTL, J. Adoption of environmental innovations at US power plants. *Journal of Business & Industrial Marketing*. v. 22, Iss: 5, p.336 – 341, 2007.
- BERKEL, R. *Innovation and technology for a sustainable materials future*. Centre of Excellence in Cleaner Production. Institute of Materials Engineering Australasia Ltd. Curtin University of Technology. v. 30, Sydney: [s.n], , 2006. Disponível em: <http://www.materialsaustralia.com.au/lib/pdf/Mats.%20Forum%20page%20196_211.pdf> Acesso em: 1 set. 2012.
- BERNARDI, J. V. E. *Estudo quantitativo da estrutura florestal do Parque Estadual da Ilha do Cardoso – SP*. Tese (Doutorado submetida ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2001.
- BERTOLETTI, E.; ZAGATTO, P.A. *Aplicação dos Ensaio Ecotoxicológicos e Legislação Pertinente*. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (Eds.). *Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações*. 1 ed. São Paulo, SP, Brasil. Editora Rima p.347-382, 2006.
- BICALHO, R. (Coord.) *Perspectivas do investimento em energia*. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. 226 p. Relatório integrante da pesquisa “Perspectivas do Investimento no Brasil”, em parceria com o Instituto de Economia da UNICAMP, financiada pelo BNDES. Disponível em: <<http://www.projetopib.org/?p=documentos>> Acesso em: 23 mar. 2012.
- BRADSHAW, B.; JONES, C. *Code of Practice on Odour Nuisance from Sewage Treatment Works*. Department for environment food and rural affairs. London: [s.n.], 2006.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. *Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável*. 2. ed. São Paulo: Ed. Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. *Manual de Tratamento de Águas Residuárias*. São Paulo: CETESB, 1993.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). *BS 7750 – Specification for environmental management systems*. London: BSI, 1994. 24 p.
- BROWN, N J. *Health Hazard Manual: Wastewater Treatment Plant and Sewer Workers*. Ithaca, NY: Cornell University, Chemical Hazard Information Program, 1997.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA n° 001 de 23 de janeiro de 1986. *Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a*

avaliação de impacto ambiental. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília/DF, 1986.

_____. Resolução CONAMA n° 006 de 24 de janeiro de 1986. *Dispõe sobre a aprovação de modelos para publicação de pedidos de licenciamento sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento*. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília/DF, 1986.

_____. Resolução CONAMA n° 237, de 19 de dezembro de 1997. *Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento*. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília/DF, 1997.

_____. Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências*. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília/DF, 2005.

_____. Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011. *Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005*. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília/DF, 2011.

CARPENTER, S. R.; STANLEY E. H.; ZANDEN, M. J. V. State of the World's Freshwater Ecosystems: Physical, Chemical, and Biological Changes. *Annual Review of Environment and Resources*. v.36, p. 75-99, 2011.

CAVALCANTI, J. E W. A. *Manual de Tratamento de Efluentes Industriais*. 1 ed. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda., 2009.

COMISSÃO ESTADUAL DE CONTROLE AMBIENTAL (CECA). Diretriz de Controle de Carga Orgânica em efluentes líquidos de origem industrial (DZ-205.R-6). Deliberação CECA n° 4887, 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Legislação estadual de controle da poluição ambiental*. Série documentos. São Paulo: CETESB, 1992.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Cloreto*. São Paulo: CETESB, 19---. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/cloreto.pdf> Acesso em: 12 dez. 2012.

CIRELLI, A. F.; DU MORTIER C. Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua. *Solar Safe Water*, Buenos Aires, 11- 26 p., 2005.

CONLEY, D. J. Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. *Hydrobiologia*. V. 410, p. 87–96, 2000.

CORBETT, C. J.; KIRSCH, D. A. International diffusion of ISO 14000 certification. *Production and Operations Management*. v. 10 (3), p. 327 - 342, 2001.

[DELMAS, M. A. Production and operations management. *An international journal of the Production and Operations Management Society*. California, v.10\(3\), p. 343 – 358, 2001.](#)

DONAIRE, D. *Gestão Ambiental na Empresa*. 2 ed. São Paulo: Ed. Atlas, 1999.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT - MINISTRY OF ENVIRONMENT AND FOREST (MEF). *Guide for Assessment of Effluent Treatment Plants*. Bangladesh: MEF, 2008.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES (DENR). [Water Quality Monitoring Manual: Manual on effluent quality monitoring](#). República das Filipinas: DENR, [2008](#).

DUNCAN, A. *Bibliographic teaching outline, introductory pollution prevention materials: National pollution prevention center for higher education*. [University of Michigan](#). Michigan: [s.n.], 1994.

ECKENFELDER JR., W. W. *Industrial water pollution control*. 3rd ed. Boston: McGraw-Hill, 2000. 584 p.

EGYPTIAN ENVIRONMENTAL AFFAIRS AGENCY (EEAA). *Industrial Wastewater Treatment Plants Inspection Procedures Manual*. Egito: EEAA, 2002. 79 p.

ELETROBRÁS (Brasil). *Plano Nacional de Eficiência energética: Premissas e Diretrizes básicas*. Ministério de Minas e Energia. Brasil: [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/PlanoNacEfiEnergetica.pdf>> Acesso em: 5 mai. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Método de Avaliação do Desempenho Ambiental de Inovações Tecnológicas Agroindustriais*. Ambitec-Ciclo de Vida. Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. 64 p. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/acervo/Dc_121.pdf> Acesso em: 18 jun. 2012.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Wastewater treatment manuals: primary, secondary and tertiary treatment*. Ireland: EPA, 1997. 115 p.

ESQUERRE, K. O.; KIPERSTOK, A.; SALES, E. A.; TEIXEIRA, L. S. S.; ANDRADE, S. Indicadores de desempenho operacional: Apoio à gestão ambiental de uma indústria petroquímica. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2003, Recife – PE.

FREIRIA, R. C. *Direito das Águas: Aspectos legais e institucionais na perspectiva da qualidade*, 2012. Disponível em:
<http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=1738> Acesso em: 22 mar. 2012.

GARDUÑO, H.; ARREGUÍN-CORTÉS, F. Uso eficiente del agua. México. *UNESCO-ROSLAC:ISBN 92-9089-045-2*, 361-370p, 1994.

GAVRONSKI, I.; FERRER, G.; PAIVA, E. L. ISO 14001 certification in Brazil: motivations and benefits. *Journal of Cleaner Production*, v.16, p.87-94, 2008.

GIORDANO, G. *Análise e formulação de processos para tratamento dos chorumes gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos*. 2003. 257 f. Tese (Doutorado Ciência dos Materiais e Metalurgia) - Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC). Rio de Janeiro, 2003.

GIORDANO, G. *Tratamento e Controle de Efluentes Industriais*. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. [S.l.: s.n.], 2012.

GLEICK, P. H. *The world's water*. 2000-2001. Report on Freshwater Resources. Island Press, 2000. 315p.

GRANT, M.T.; ROWE, B.; FOY, M.; THERIAULT, S.; CARD, H. *Atlantic Canada Wastewater Guidelines Manual for Collection, Treatment, and Disposal*. Canadá: CBCL Engineering Ltd., 2006.

GRIEU, S.; TRAORÉ, A.; POLIT, M.; COLPRIM, J. Prediction of parameters characterizing the state of a pollution removal biologic process. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, v. 18, p. 559–573, 2005.

GUSMÃO, A. C. F.; DE MARTINI, L. C. *Gestão Ambiental na Indústria*. Rio de Janeiro: SMS Digital, 2009. 224 p.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A.; SANTOS, H. F. (Editores). Reuso de água. Barueri, SP: Manole, 2003. 95p.

HOGETSU, A.; YOSITADA, O.; TAKEMIKA, T. *Technology Transfer Manual of Industrial Wastewater Treatment*. 1st ed. Japan: Overseas Environmental Cooperation Center, 2003.

IDAHO (NATIONAL ENGINEERING LABORATORY). *Waste treatment technologies*. EGG-WM0 – 10244, v. 13. Idaho Falls, 1992. In: MIERZWA J. C.; HESPANHOL I. Água na indústria: uso racional e reuso. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

IMHOFF, K; IMHOFF, K.R. *Manual de Tratamento de Águas Residuárias*. 26 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1986. 301 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Dados estatísticos de Empresas Certificadas ISO 14001. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/gestao14001/dados_estat.asp?Chamador=INMETRO14&tipo=INMETROEXT> Acesso em: 11 mar. 2013.

INTEGRATED PRODUCT POLICY (START-IIP). Rotulagem Ambiental [S.l.: s.n., 20—]. Disponível em: <http://www.startipp.gr/toolkit3_pt.htm> Acesso em: 12 ago. 2012.

INTERNACIONAL FINANCE CORPORATION (IFC); WORLD BANK GROUP (WBG). *General EHS Guidelines: Environmental Wastewater and Ambient Water Quality*, [S.l. : s.n.], 2007. Disponível em: <<http://www1.ifc.org/wps/wcm/connect/026dcb004886583db4e6f66a6515bb18/1-3%2BWastewater%2Band%2BAmbient%2BWater%2BQuality.pdf?MOD=AJPERES>> Acesso em: 8 jul. 2012.

JONES, D. G. Apostila do Curso de Treinamento em Auditoria Ambiental da Proenco Brasil baseado nos requisitos do curso básico do Institute of Environmental Management and Assessment (IEMA). Tradução de A. Romero M. S. 9. ed. São Paulo: [s.n.], 2009.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 3 ed. Rio de Janeiro: Ed. ABES, 1995. 720 p.

KIANG, Y. H.; METRY, A. A. *Hazardous waste processing technology*. Michigan: Ann Arbor Science, 1982. In: Água na indústria: uso racional e reuso. São Paulo: Ed. Oficina de textos, 2005. 143 p.

KLIGERMAN, D. C.; VILLELA, H.; BARATA, M. M. L. *Aplicação do instrumento da auditoria ambiental em sistemas de esgotamento sanitário*. In: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; AIDIS. Desafios para o saneamento ambiental no terceiro milênio. Rio de Janeiro: Ed. ABES, 1999.

KOCHEN, R. *Auditoria Ambiental: Um instrumento eficaz de gestão ambiental*. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo (USP), 2003.

KODAVASAL, A. S. *The STP Guide – Design, Operation and Maintenance*. 1st ed. Bangalore, Índia: Ed. Karnataka State Pollution Control Board (KSPCB), 2011. 142 p.

KÜCHLER, I. L.; MIEKELEY, N.; FORSBERG, B. R. A. Contribution to the Chemical Characterization of Rivers in the Rio Negro Basin, Brazil. *Journal Brazilian Chemistry Society*. v. 11, n. 3, p. 286-292, 2000

[LOPES, L. F. D. *Análise de componentes principais aplicada à confiabilidade de sistemas complexos*. 2001. Tese \(Doutorado em Engenharia de Produção\). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.](#)

LA ROVERE, E. L. *Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental*. Documento final, “Instrumentos de Planejamento e Gestão Ambiental para a Amazônia, Pantanal e Cerrado – Demandas e Propostas”. Brasília: IBAMA, 1992.

LA ROVERE, E. L.; D’AVIGNON, A.; PIERRE, C. V.; KLIGERMAN, D. C.; SILVA, H. V. O.; BARATA, M. M.L.; MALHEIROS, T. M. M. *Manual de Auditoria Ambiental de Estações de Tratamento de Esgotos*. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2002. 151p.

LOVINS, L. H. [Rethinking production](#). In:_____ *State of the World: Innovations for a Sustainable Economy*. 25th ed., Washington, D.C.: The Worldwatch Institute, 2008. 38–40 p.

LEME, D. M. *Avaliação do potencial genotóxico e mutagênico das águas e sedimentos do rio Guaecá, São Sebastião – SP, após impacto de vazamento de oleoduto na região*. 2007. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular). Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2007. 144 f.

LITTLE, A. D. *Benefits to industry of environmental auditing*. Report to U.S. Environmental Protection Agency. Washington/DC: USEPA, 1983.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. *Reuso de Água*. 1^a. ed. São Paulo: Ed. Manole, 2003. 579 p.

MANN, J. G.; LIU Y. A. *Industrial water reuse and wastewater minimization*. Illustrated edition. New York : Ed. McGraw Hill, 1999.

MANTEGA, G. Economia e negócios: Brasil vai ser 5ª economia do mundo antes de 2015. Revista eletrônica Economia e negócios, São Paulo, 2011. Entrevista Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,brasil-vai-ser-5-economia-do-mundo-antes-de-2015-diz-mantega,97429,0.htm>>, Acesso em: 24 ago. 2012.

MARTIN, E. J.; JOHNSON, J. H. *Hazardous waste management engineering*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1987.

MARTINS, M. *Variação e tendências dos parâmetros de qualidade de água do ecossistema aquático da microbacia hidrográfica Córrego da Onça no município de Ilha Solteira/SP*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista – UNESP. São Paulo, 2009. 56 f.

MELNYK, S.A.; SROUFE, R.P.; CALANTONE, R. Assessing the impact of environmental management systems on corporate and environmental performance. *Journal of Operations Management*, v. 21 (3), p. 329-351, 2002.

MIERZWA J. C.; HESPANHOL I. *Água na indústria: uso racional e reuso*. São Paulo: Oficina de textos, 2005. 143 p

MIO, G. P.; FERREIRA, E.; CAMPOS, J. R. *O inquérito civil e o termo de ajustamento de conduta para resolução de Conflitos ambientais*. In Revista de Direito Ambiental. v. 39, 2005.

MOREIRA, J.V. *Avaliação de Impacto Ambiental, Instrumento e Gestão*. São Paulo: [s.n.], 1989.

MORAES. C. S. B. Apostila do curso de Sistema de Gestão: ISO 14001, Auditoria e Certificação Ambiental nas Organizações. LCF/ ESALQ/ USP. Universidade de São Paulo. São Paulo: [s.n.], 2012.

NALCO CHEMICAL COMPANY. *The nalco water handbook*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1988. In: In: *Água na indústria: uso racional e reuso*. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

NASCIMENTO, R. A. Desempenho de Reator Anaeróbio de Manta de Lodo Utilizando Efluentes Líquidos de Indústria Alimentícia. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1996.

NOORI, R.; SABAHI, M. S.; KARBASSI, A. R.; BAGHVAND, A.; TAATI ZADEH, H. Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in the data set. *Desalination*, vol. 260, p. 129–136, 2010.

NORDELL, E. *Water treatment for industrial and other uses*. 2nd ed. New York: Reinhold Publishing Co., 1961. In: *Água na indústria: uso racional e reuso*. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

OKI, T.; KANAE, S. Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, v.313, p.1068–72, 2006.

UNITED NATIONS (ONU). *Programme for the further implementation of Agenda 21*. [S.l.: s.n.], 1997. Disponível em: <<http://www.un.org/documents/ga/res/spec/aress19-2.htm>>. Acesso em:

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E ACULTURA (UNESCO). *The United Nations World Water Development Report: Water in a changing world*. Paris/New York: Ed. Berghahn Books, 2009.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *Sustainable development: a renewed effort by the OECD*. Paris: OECD, 1998. 8 p.

OSMONICS. *Pure water handbook*. 2. ed. Minnetonka: Osmonics Inc., 1997. OUYANG, Y. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Research*, v. 39, p. 2621-2635, 2005.

PAREKH, B. S. *Reverse osmosis technology applications for high-purity-water production*. New York: Marcel Dekker, 1988.

PARINET, B.; LHOTE, A.; LEGUBE, B. Principal components analysis: An appropriate tool for water quality evaluation and management application to a tropical lake system. *Ecological Modeling*, v. 178, p. 295-311, 2004.

PHIPPS, E. *Pollution prevention: concepts and principles, introductory pollution prevention materials*. National Pollution Prevention Center for Higher Education. University of Michigan, Michigan: [s.n.], 1995.

RADONJIC, G.; TOMINC, P. The impact and significance of ISO 14001 certification on the adoption of new technologies: the case of Slovenia. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, v. 17, n. 6, p. 707-727, 2006.

RAMOS, A. G.; CORDEIRO, J. S. Gerenciamento ambiental em sistemas de tratamento de Esgoto. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2003. Joinville – SC.

REIS, M. J. L. *ISO 14000: Gerenciamento Ambiental: Um Novo Desafio para a sua Competitividade*. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 1996.

RICKLEFS, R. E. *A Economia da Natureza*. 5. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A., 2003. 503p.

ROGERS, P. P. *Water governance, water security and water sustainability*. In: _____. *Water crisis: myth or reality?* London: Fundación Marcelino Botín, Taylor & Francis, 2006.

SANCHES, C. S. Gestão ambiental proativa. *Revista de Administração de Empresas*. v. 40, n. 1, p. 76-87, 2000.

SANTOS, C. *Prevenção à poluição industrial: Identificação de oportunidades, análise dos benefícios e barreiras*. 2005. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005. 287 f.

SAROLDI, M. J. L. A. *Perícia ambiental e suas áreas de atuação*. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris, 2009. 168 p.

SCHMIDHEINY, S. *Mudando o Rumo: Uma Perspectiva Empresarial Global sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1992.

SEIFFERT, M. E. B. *ISO 14001 Sistemas de Gestão Ambiental: implantação objetiva e econômica*. 4ª ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2011.

SEILER-HAUSMANN, J. D. *Innovation & sustainable development: guiding business innovation towards sustainable development*. Japan: [s.n.], 2002. Disponível em: <enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/111/attach/BE2_3018.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2012.

SHIKLOMANOV, I. A. Appraisal and assessment of world water resources. *Water International*, v.25, p.11–32, 2000.

SHREVE, R. N.; BRINK JR., J. A. *Indústrias de processos químicos*. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980. In: *Água na indústria: uso racional e reuso*. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

SILVA, A. G.; SIMÕES R. A. G. *Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. In: água na indústria. São Paulo escrituras, 1999. In: In: Água na indústria: uso racional e reuso. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

SIQUEIRA, J. D. P.; ARAUJO, F. U. C.; SOUZA, M. F. R.; SIQUEIRA, M. M.; MORATO, S. Apostila do curso de EIA/RIMA: Curso de metodologia de AIA do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Brasília/DF: MMA, 2007.

SOMLYODY, L; VARIS, O. Freshwater under pressure. *International Review for Environmental Strategies*, v.6, n.2, p.181-204, 2006.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. *Gerenciamento da qualidade da água de represas*. v. 9. São Carlos: ILEC/IIE, 2000. 258 p.

THE WORLD BANK GROUP. *The World Bank approach to the environment*, Washington D.C: [s.n.], 2000.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estud. av.* São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

THOMPSON, D. R.; WILSON, M. J. Environmental auditing: theory and applications. *Environmental Management*, 18 (4), p.605-615, 1994.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *An organizational guide to pollution prevention*. National Risk Management Research Laboratory. Cincinnati, Ohio: USEPA, 2001.

_____. *Protocol for the verification of wastewater treatment technologies*. [S.I.]: USEPA, 2001.

_____. *Pollution prevention act of 1990*. [S.I.: s.n.], 2002. Disponível em: <<http://epw.senate.gov/PPA90.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2012.

_____. *NPDES Compliance Inspection Manual*. Office of Enforcement and Compliance Assurance. [S.I.]: USEPA, 2006.

VALENTIN, L. J. *Ecologia Numérica: Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2012. 168 p.

VALLE, R. *Gestão Ambiental na Indústria*. Apostila do Curso de Pós-Graduação Executiva em Meio Ambiente (MBE). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011.

VAN DER LEEDEN, F.; TROISE, F. L.; TODD, D. K. *The water encyclopedia*. 2 ed. Michigan: Lewis Publishers, 1990. In: *Água na indústria: uso racional e reúso*. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

VIDAL E.; MORAES S. B. C. *Auditoria e Certificação Ambiental*. Departamento de Ciências Florestais. ESALQ/USP. São Paulo: USP, 2003.

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo horizonte: UFMG, 1996.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo horizonte: UFMG, 2005.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E.; GOLDSTEIN, E. G. Toxicidade de efluentes industriais da bacia do rio Piracicaba. *Revista Ambiente*, v. 2, n. 1, p. 39-42, 1988.

WATER QUALITY PROTECTION NOTE (WQPN). *Industrial wastewater management and disposal*. Government of Western Australia. Department of water. Australia: [s.n.], 2009.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). *The business case for sustainable development: making a difference toward the Johannesburg Summit*. [S.l. : s.n.], 2001. Disponível em: <<http://www.wbcsd.org/pages/edocument/edocumentdetails.aspx?id=197&nosearchcontextkey=true>> Acesso em: 1 dez. 2012.

INTERNACIONAL FINANCE CORPORATION (IFC); WORLD BANK GROUP (WBG). *General EHS Guidelines: Environmental Wastewater and Ambient Water Quality*, [S.l. : s.n.], 2007. Disponível em: <<http://www1.ifc.org/wps/wcm/connect/026dcb004886583db4e6f66a6515bb18/1-3%2BWastewater%2Band%2BAmbient%2BWater%2BQuality.pdf?MOD=AJPERES>> Acesso em: 8 jul. 2012.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (SMA). *Por um transporte sustentável*. Documento de Discussão pública, Documentos Ambientais São Paulo:GESP, 1998.

Sites consultados:

Building Council Brasil (bcb), 2012. Disponível em:
<<http://www.gbcbrazil.org.br/?p=world&M=3&O>> Acesso em: 22 jun. 2012

European comission – Environment. Disponível em:
<http://ec.europa.eu/environment/international_issues/index_en.htm>, Acesso em: 3 mai. 2012.

Instituto ethos, 2012. Disponível em: <<http://www3.ethos.org.br/>> Acesso em: 4 mai. 2012

Global Reporting Initiative (GRI), 2012. Disponível em:
<<https://www.globalreporting.org>> Acesso em: 25 mar. 2012.

Water Environment Federation (WEF), 2013 Disponível em:
<http://www.wef.org/AWK/pages_cs.aspx?id=583> Acesso em: 26 mar. 2012.

Ecoradar Brasil – Normas para gestão ambiental, 2013. Disponível em:
<<http://www.furb.br/ecoradar/brasil/normas/gestao.htm>>

APÊNDICE A - Lista de verificação para coleta de informações gerais da Indústria

INFORMAÇÕES GERAIS	
INFORMAÇÕES PARA O PROCESSO DE AVALIAÇÃO / Itens 1 - 4	
1. Data e hora da auditoria:	
2. Nome do empreendimento e endereço:	
3. Contato dos responsáveis pela indústria - Nome(s); Cargo(s); Telefone(s):	
4. Contatos do grupo de auditores - Nome(s); Área(s) Técnica/Formação; Telefone(s):	
INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A INDÚSTRIA / Itens 5 - 7	
5. Unidades principais de produção:	
6. Tempo de operação para o processo de produção:	
7. Verificação das unidades de serviço: Laboratórios____; Oficinas____; Instalações de armazenamento____; etc	

INFORMAÇÕES GERAIS (Continuação)
CUMPRIMENTO DA LEGISLAÇÃO / Itens 8 - 9
8. As licenças da indústria estão válidas? As condicionantes das licenças estão sendo cumpridas?
9. A empresa tem cadastro atualizado junto ao órgão ambiental?
OBSERVAÇÕES - Legislações aplicáveis:

INFORMAÇÕES GERAIS (Continuação)**INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A PRODUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS / Itens 10 - 14**

10. Descrever o sistema de esgotamento e demonstrar um mapa desse sistema:

11. Citar e descrever as fontes de águas residuárias: Lavagem (peças, tanques, veículos, pisos etc)____; Caldeiras____; Torres de Resfriamento____; Unidades de produção____; purgas e condensados____; águas pluviais contaminadas____; perdas de produtos____; efluentes de oficinas mecânicas____; efluentes gerados sazonalmente____, etc.

12. Quantidade de efluente gerado: _____ m³/d ; _____ m³/h

13. Corpo receptor do efluente final industrial: Sistema de esgotamento sanitário municipal____; Corpos hídricos - Rio, mar _____; no solo____; Reuso____

14. Observação visual do sistema de esgotamento:

APÊNDICE B – Lista de verificação para coleta de informações gerais da ETEI

INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A ETEI	
INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO / Itens 1 - 5	
1. Capacidade da planta de tratamento: _____ m ³ /d; _____ m ³ /h	
2. Localização da ETEI e caracterização da sua área de entorno:	
3. Citar as principais unidades de operação encontradas na ETEI: Tratamento químico (tipos específicos); Tratamento biológico (tipos específicos); tratamento físico (tipos específicos)	
4. Unidades do processo produtivo da indústria conectados à estação de tratamento:	
5. Anexar o fluxograma do processo de tratamento e descrever o processo:	

INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A ETEI (Continuação)**SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS UTILIZADAS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO / Itens 6**

6. Listar as substâncias químicas e suas quantidades utilizadas na ETEI.

QUALIDADE DO EFLUENTE TRATADO / Itens 7 - 12

7. Coleta de dados de Qualidade do Efluente tratado - Nota: Realizar a própria análise caso obtenha alguma informação suspeita;

8. A ETEI opera de forma contínua ou por batelada?

9. O controle operacional é automatizado?

INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A ETEI (Continuação)**QUALIDADE DO EFLUENTE TRATADO / Itens 7 - 12**

10. Há registros obtidos de forma integrada com outros setores?

11. Observação visual do efluente tratado:

12. Observação visual da ETEI em operação:

GERAÇÃO DE LODO / Itens 13 - 15

13. Citar as fontes de geração de lodo - ex: Tratamento químico; Tratamento biológico; Outros

14. Caracterização do lodo produzido:

15. Quantidade de lodo produzido: _____ ton/d

APÊNDICE C – Lista de verificação para a coleta de informações sobre o Programa de Gestão Ambiental da ETEI – PGAE

PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL DA ETEI - PGAE			
GESTÃO AMBIENTAL DA ETEI	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
A ETEI possui um programa de gestão ambiental definido e reconhecido por todos os trabalhadores do setor?			
A ETEI é supervisionada?			
TREINAMENTO/COMUNICAÇÃO Itens 1 - 2	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. Há treinamentos relativos aos impactos e riscos ambientais da ETEI?			
2. Há comunicação eficiente entre todos os trabalhadores da ETEI?			
PLANO DE MONITORAMENTO Itens 3 - 10	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
3. Há monitoramento do efluente final? Com qual periodicidade?			
4. Há laboratório contratado e qualificado para os ensaios analíticos?			
5. Os técnicos que realizam a coleta de amostras são qualificados?			

PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL DA ETEI - PGAE (continuação)			
PLANO DE MONITORAMENTO Itens 3 - 10	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
6. Há anotações no livro diário do operador?			
7. Há protocolos para o plano de monitoramento?			
8. Há relatórios internos de monitoramento?			
9. Os locais das amostragens estão adequados?			
10. Há planos de manutenção e calibração dos instrumentos utilizados nas análises de monitoramento?			
PLANO DE EMERGÊNCIA Itens 11 - 13	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
11. Há plano de emergência reconhecido por todos ?			
12. A ETEI possui <i>by pass</i> ?			
13. Há treinamento regular dos trabalhadores para caso de emergência?			

PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL DA ETEI - PGAE (continuação)			
PROGRAMA DE SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHADOR Itens 14 - 24	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
14. Existe algum lugar da estação que não esteja acessível?			
15. Há possibilidade de alagamento da estação por águas pluviais? Se sim, como?			
16. Todos os locais da ETEI, que necessitam de manutenção, estão ergonomicamente apropriados?			
17. Os operadores utilizam Equipamentos de Proteção Individual (EPI's)?			
18. Há o acompanhamento médico dos funcionários da ETEI?			
19. Há sinalização adequada na área da ETEI?			
20. Há guarda-corpo?			
21. Existe mapas de riscos reconhecidos por todos os trabalhadores?			
22. Há registro de acidentes e doenças causados pela rotina de trabalho?			
23. Há PPRA para a ETEI?			
24. O operador possui uma lista de verificação de segurança para a finalização ou passagem de turno?			
Observações Importantes:			

PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL DA ETEI - PGAE (continuação)			
PROGRAMAS DE INSPEÇÃO, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO Itens 25 - 31	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
25. A ETEI possui manual de manutenção?			
26. A ETEI possui algum software de controle de manutenção e calibração de equipamentos?			
27. Há o cumprimento dos programas de inspeção e manutenção?			
28. Há treinamento para o pessoal envolvido na manutenção da ETEI?			
29. A ETEI possui manual de operação?			
30. Há treinamento para o pessoal envolvido na operação da ETEI?			
31. O operador possui uma lista de verificação de operação para a finalização ou passagem de turno?			
Observações Importantes:			

PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL DA ETEI - PGAE (continuação)				
EMIÇÃO GASOSA	Itens 32 - 38	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
	32. Há algum tipo de emissão gasosa? Quais?			
	33. Há o reconhecimento das fontes de geração de emissões gasosas?			
	34. Há controle das emissões gasosas?			
	35. Há emissão de material particulado (poeiras, etc) e aerossóis?			
	36. Há algum odor atípico no entorno da ETEI?			
	37. Há o reconhecimento das fontes de geração de odores?			
	38. Há controle dos odores?			
EMIÇÃO DE RUÍDOS	Itens 39 - 41	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
	39. O funcionamento da ETEI gera ruídos?			

PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL DA ETEI - PGAE (continuação)				
EMISSION DE RUÍDOS	Itens 39 - 41	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
	40. Há controle dos ruídos?			
	41. Os equipamentos que emitem ruídos permanecem em locais com proteção acústica?			
GERAÇÃO DE LODO E RESÍDUOS SÓLIDOS	Itens 42 - 44	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
	42. A estocagem e a disposição dos resíduos sólidos estão sendo feitas corretamente?			
	43. Quais são os métodos de disposição e tratamento do lodo? Eles estão coerentes com seu objetivo?			
	44. Qual a quantidade de lodo produzido pela ETEI por dia?			
USOS DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS	Itens 45 - 47	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
	45. Quais os tipos e quantidades de substâncias químicas utilizadas na ETEI?			
	46. O almoxarifado de produtos químicos é adequado? Tem sistemas ventilação e iluminação adequados?			

PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL DA ETEI - PGAE (continuação)			
USOS DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS Itens 45- 47	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
47. Há FISPQ para os produtos químicos utilizados?			
OUTRAS CARACTERÍSTICAS Itens 48 - 49	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
48. A área da ETEI está limpa e organizada?			
49. Há manchas de contaminantes no piso da ETEI?			
OBSERVAÇÕES IMPORTANTES:			

APÊNDICE D – Lista de verificação para o sistema de bombeamento e tubulações da ETEI

SISTEMA DE BOMBEAMENTO E TUBULAÇÕES				
ANÁLISE DE DESEMPENHO	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A ETEI tem poços de bombeamento?				
2. Qual/Quais tipo(s) de bomba(s) existente(s) na ETEI: Resp: _____ a) Bombas de Lodo (Quantidade: _____); b) Bombas Dosadoras (Quantidade: _____); c) Bombas Submersíveis (Quantidade: _____); d) Bombas Centrífugas (Quantidade: _____); e) Bombas Verticais (Quantidade: _____); f) Outra(s).				
3. Há vazamentos?				
4. Qual o estado de conservação da(s) bomba(s)?				

SISTEMA DE BOMBEAMENTO E TUBULAÇÕES (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
5. Há algum ruído?				
6. Há limpeza periódica da bomba? Qual é a periodicidade?				
7. Como é feita essa limpeza?				
8. A(s) bomba(s) está/estão conseguindo manter a vazão especificada?				
9. Cada bomba está indicada de forma satisfatória no quadro elétrico?				
10. Qual é o tipo de comando no quadro elétrico das bombas: Comando local ou comando a distância?				
11. Há manutenção preditiva, preventiva e corretiva das bombas?				

SISTEMA DE BOMBEAMENTO E TUBULAÇÕES (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
13. Há verificação da vazão de dosagem para as bombas dosadoras?				
14. Há inspeção da linha de recalque, válvula e registros?				
15. Há manômetros e medidores de vazões para confiabilidade operacional?				
16. O Acionamento elétrico tem partidas e paradas suaves?				
17. A potência da bomba está de acordo com o projeto?				
18. Qual o estado de conservação das tubulações presentes na ETEI?				
20. Há vazamentos?				
21. As tubulações são resistentes há temperaturas e químicos variados?				
22. Alguma tubulação já se rompeu? Qual fator que gerou esse rompimento? Ele já foi corrigido?				

SISTEMA DE BOMBEAMENTO E TUBULAÇÕES (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
23. Há vistoria periódica dos dutos de escoamento livre para verificar a presença de raízes de árvores que podem causar danos?				
24. Há vazamentos nos dutos de escoamento livre? Há manutenção periódica dos dutos de escoamento?				
25. O sistema de acionamento/desligamento das bombas é seguro?				

APÊNDICE E – Lista de verificação para o sistema de medição de vazão da ETEI

SISTEMA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO				
ANÁLISE DE DESEMPENHO	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
<p>1. Qual/Quais tipo(s) de dispositivo(s) utilizado(s) para medir a vazão?</p> <p>Resp:</p> <hr/> <p>a) Vertedor retangular ($Q > 20 \text{ m}^3/\text{h}$ – usado para grandes vazões);</p> <p>b) Vertedor triangular de Thompson ($Q < 50 \text{ m}^3/\text{h}$);</p> <p>c) Calha Parshall (indicada para $Q > 50 \text{ m}^3/\text{h}$);</p> <p>d) Fluxômetros;</p> <p>e) Traçadores radioativos e Fluorimétricos;</p> <p>f) Medidor magnético de vazão;</p> <p>g) Outros.</p>				
2. Os locais de medição de vazão estão apropriados para o objetivo especificado?				
3. O procedimento de medição de velocidade no vertedor é conhecido pelos funcionários?				
4. Tem alguma tabela de altura e vazão para o vertedor específico?				

SISTEMA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
6. Todos os equipamentos da unidade estão instalados de forma correta?				
7. Verificar a correção do ponto de medição de vazão manual ou instrumental.				
8. O equipamento de medição de vazão encontra-se nivelado?				

APÊNDICE F - Lista de verificação para o sistema preliminar da ETEI

Sistema Preliminar - Caixa de Areia			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 1 - 9	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de acordo com as especificações?			
2. Há caixa de areia reserva?			
3. Existem dispositivos necessários ao isolamento da unidade?			
4. Há retenção de matéria orgânica?			
5. Há odor forte?			
6. A velocidade em que o efluente entra na caixa de areia está de acordo?			
7. Há limpeza regular e sua periodicidade é adequada?			
8. O acesso para a limpeza da caixa está adequado?			
9. Está passando areia para as unidades posteriores?			

Sistema Preliminar - Caixa de Areia			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 10 - 13	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
10. Há registro da qualidade e/ou estimativa da areia removida?			
11. Qual destino da areia removida?			
12. A operação de retirada da areia é realizada na periodicidade adequada e estabelecida?			
13. É realizada a limpeza da câmara de areia após o seu esvaziamento?			
COMENTÁRIOS IMPORTANTES:			

Sistema Preliminar - Peneira			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 1 - 10	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de acordo com as especificações?			
2. Abertura da Peneira: _____mm.			
4. O dispositivo de remoção (manual/mecanizado) está adequado à quantidade de sólidos que se quer remover?			
5. A periodicidade da limpeza é regular?			
6. A peneira está acumulando gordura?			
7. O acesso para a limpeza da peneira está adequado?			
8. A vazão do efluente é apropriada para o tipo de peneira?			
9. Há o conhecimento por todos os funcionários envolvidos na operação dos procedimentos adotados para limpeza e remoção de sólidos?			
10. Há manutenção? Qual a periodicidade?			

Sistema Preliminar - Peneira			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 11 - 17	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
11. Há percepção de odores nas proximidades da peneira?			
12. Há proliferação de insetos nas proximidades da peneira?			
13. É realizada a limpeza da câmara de areia após o seu esvaziamento?			
14. Já houve interrupção das bombas de alimentação da peneira?			
15. O sistema de limpeza funciona de forma eficiente?			
16. Os resíduos são depositados em recipientes adequados e fechados?			
17. A peneira apresenta-se amassada ou com alguma abertura irregular?			
COMENTÁRIOS IMPORTANTES:			

Sistema Preliminar - Grade			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 1-9	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de acordo com as especificações?			
2. Espaçamento da grade: _____ cm.			
3. O canal de acesso à grade está desobstruído?			
4. É realizada a limpeza periódica da grade?			
5. A periodicidade da limpeza está de acordo com o tipo de efluente?			
6. O acesso para a grade está adequado ergonomicamente?			
7. A grade está permitindo que sólidos grosseiros escapem?			
8. A vazão do efluente é apropriada para o tipo de grade?			
9. Há o conhecimento por todos os funcionários envolvidos na operação dos procedimentos adotados para limpeza e remoção de sólidos?			

Sistema Preliminar - Grade			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 10 - 15	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
10. Há manutenção? Qual a periodicidade?			
11. Há algum tipo de corrosão nas grades?			
12. Há troca das grades quando estão corroídas?			
13. Já houve interrupção das bombas de alimentação da grade?			
14. A grade apresenta-se amassada ou com alguma abertura irregular?			
15. Os resíduos sólidos estão alocados em recipientes adequados e fechados?			
COMENTÁRIOS IMPORTANTES:			

Sistema Preliminar - Separador Água-óleo			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 1 - 9	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de acordo com as especificações?			
2. O canal de acesso ao separador está desobstruído?			
3. O canal de acesso à SAO está desobstruído?			
4. A periodicidade da limpeza é adequada?			
5. A vazão do efluente é apropriada para o tipo de SAO?			
6. Há o conhecimento por todos os funcionários envolvidos na operação dos procedimentos adotados para limpeza?			
7. Há manutenção? Qual a periodicidade?			
8. Há percepção de odores nas proximidades dos separadores?			
9. As condições operacionais são ergonomicamente adequadas?			

Sistema Preliminar - Separador Água-óleo			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 10 - 12	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
10. A estocagem dos resíduos do separador água/óleo está sendo feito corretamente?			
11. Há presença de óleos e graxas livres na saída do SAO?			
12. Há presença de óleo no piso no entorno do SAO?			
COMENTÁRIOS IMPORTANTES:			

APÊNDICE G – Lista de verificação para o sistema primário da ETEI

Sistema Primário - Tanque de Equalização			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 1 - 9	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de forma adequada?			
2. É feita a medição da vazão e do pH do efluente equalizado de acordo com a planilha de monitoramento diário?			
3. No tanque de equalização tem instalados dispositivos misturadores?			
4. No tanque de equalização há algum tipo de sistema de aeração?			
5. A distribuição do ar no tanque está uniforme e satisfatória?			
6. Os sopradores estão funcionando normalmente, sendo alternado o funcionamento dos mesmos?			
7. O sistema de homogeneização é eficiente?			
8. O nível do óleo dos sopradores está OK?			
9. Há acúmulo de sólidos ou algum outro material que deveria ser removido?			

Sistema Primário - Tanque de Equalização (Continuação)			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 10 - 18	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
10. Há formação de espuma?			
11. Quando há o aparecimento de espuma, adiciona-se o ante-espumante necessário?			
12. O tempo de retenção está adequado?			
13. Há produto químico para preparo de soluções?			
14. Há presença de odor?			
15. A temperatura média de saída do efluente é inferior a 35°C?			
16. O sistema de resfriamento do efluente está adequado?			
17. O tanque já tem alguma corrosão aparente?			
18. O tanque tem proteção anti-corrosiva?			

Sistema Primário - Tanque de Equalização (Continuação)			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 19 - 20	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
19. Há presença de vetores nas mediações do tanque?			
20. Há controle de vazão de entrada/saída?			

Sistema Primário - Tanque de Ajuste de pH			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 1 - 8	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de forma adequada?			
2. O produto químico (acidulante ou alcalinizante) é dosado em ponto(s) que tenha/tenham agitação suficiente para a mistura?			
3. O agitador utilizado é o ideal para o projeto?			
4. O agitador está homogeneizando o efluente de forma satisfatória?			
5. Há curto-circuito hidráulico?			
6. O ponto de medição de pH é representativo?			
7. O tempo de mistura é conhecido?			
8. Há produto químico para preparo de soluções?			

Sistema Primário - Tanque de Coagulação Química			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 1 - 9	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de forma adequada?			
2. O coagulante é aplicado de forma profunda?			
3. A vazão e a concentração do coagulante são baseados em qual/quais informação/informações?			
4. Foi realizado o <i>jar test</i> ?			
5. Há medição das bombas dosadoras de coagulante? Com qual frequência essa medição é realizada?			
6. Os agitadores estão funcionando de forma adequada?			
7. Qual a concentração de coagulante utilizada?			
8. A concentração de coagulante é conhecida pelo operador da estação?			
9. Qual o tempo de retenção? É de conhecimento do operador?			

Sistema Primário - Tanque de Floculação			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 1 - 6	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de acordo com as especificações?			
2. Foi realizado o jar test para poder dosar o polímero?			
3. A concentração do polímero é conhecida por todos os envolvidos na operação da unidade?			
4. O sistema de flotação permite ajuste de gradiente?			
5. O tamanho dos flocos é adequado para que ocorra uma eficiente floculação?			
6. Os flocos são uniformes?			

Sistema Primário - Tanque de Flotação			
ANÁLISE DE DESEMPENHO / Itens 1 - 8	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de acordo com as especificações?			
2. As bolhas de ar presentes no tanque são finas ou dissolvidas?			
3. É possível observar bolhas?			
4. A unidade está clarificando o efluente de forma satisfatória?			
5. É realizado o jar test periodicamente?			
6. Está ocorrendo boa remoção de sólidos no sistema de flotação?			
7. Há arraste de sólidos do flotador?			
8. Há registro de análises de sólidos em suspensão na saída do flotador?			

APÊNDICE H – Lista de verificação para o sistema secundário da ETEI

TANQUE DE AERAÇÃO – SISTEMA SECUNDÁRIO				
ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL, AMBIENTAL, DA MANUTENÇÃO E DE SEGURANÇA	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de acordo com as especificações gerais?				
CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA ANALISADO Perguntas de 2 a 4	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
2. Qual é o sistema de transferência de oxigênio? Resp.: _____ (1) Aeradores superficiais; 1.a Alta Rotação; 1.b Baixa Rotação; (2) Aeradores submersos; (3) Dispositivos de ar difuso (difusores); (4) Injeção direta de oxigênio puro; (5) Outros.				
3. Qual a rotina de operação da(s) unidade(s)?				
4. Qual o tipo de sistema de operação? Resp.: _____ (1) Sistema por Batelada; (2) Sistema Contínuo.				

TANQUE DE AERAÇÃO – SISTEMA SECUNDÁRIO (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL Perguntas de 5 a 26	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
5. Sistema por batelada: (1) Há controle dos ciclos?				
6. Sistema contínuo: (1) O sistema está operando de forma contínua? Tem controle?				
7. A aeração está bem dimensionada em função do tanque de aeração? Vazão relativa de ar: _____ L/ar/m ³ tanque.h Densidade de Potência: _____ W/m ³				
8. Verificar no caso de aeração por aeradores superficiais: (1) Há manutenção periódica? (2) Existem unidades sobressalentes e/ou peças sobressalentes? Quais os procedimentos adotados em caso de falha? (3) Há turbulência anormal? (4) O aerador está girando para o sentido certo? (5) Qual o estado do rotor?				

TANQUE DE AERAÇÃO – SISTEMA SECUNDÁRIO (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL Perguntas de 5 a 26	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
<p>9. Verificar no caso de aeração por aeradores submersos:</p> <p>(1) Há manutenção periódica?</p> <p>(2) Existem unidades sobressalentes e/ou peças sobressalentes? Quais os procedimentos adotados em caso de falha?</p> <p>(3) A mistura do tanque está homogênea?</p> <p>(4) Há locais com bolhas intensas/violentas?</p> <p>Nota: pode ser indicativo de rompimento das membranas.</p>				
<p>10. Há excesso de espuma no tanque? Qual o aspecto da espuma (negra ou marrom-escura grossa e oleosa ou branca intensa e agrupada)?</p> <p>Nota: A formação de espuma durante o <i>start-up</i> da ETEI é normal, devido ao período de aclimatização das bactérias na fase de crescimento.</p>				
<p>11. Há rotina de análises? Qual a periodicidade de coleta de amostras de dentro do tanque, no canal afluente à elevatória de recirculação e no canal de saída dos decantadores secundários?</p>				
<p>12. Há controle de nível?</p>				
<p>13. O nível de oxigênio dissolvido está de acordo com o projeto?</p>				

TANQUE DE AERAÇÃO – SISTEMA SECUNDÁRIO (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL Perguntas de 5 a 26	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
14. Há formação de gases em alguma parte do tanque/desnitrificação de lodo?				
15. Os resultados das análises de oxigênio dissolvido, pH, temperatura e nutrientes estão adequados de acordo com o projeto?				
16. É realizada a caracterização dos microrganismos do tanque de aeração?				
17. Há dosagem regular de nutrientes? (Ex.: Fontes de N e P, uréia, ácido fosfórico).				
18. Há dosagem regular de micronutrientes?				
20. Há produto químico suficiente para preparo das soluções?				
21. O Índice Volumétrico de Lodo (IVL) está entre 50 e 100?				
22. Qual é a idade do lodo? É da ordem de 4 a 15 dias?				
23. O fator de carga está entre 0,5 a 0,4 (DBO)?				

TANQUE DE AERAÇÃO – SISTEMA SECUNDÁRIO (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL Perguntas de 5 a 25	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
<p>24. As águas residuárias no tanque de aeração apresentaram coloração negra?</p> <p>Nota: A coloração amarronzada indica uma boa saúde do lodo.</p>				
<p>25. As águas residuárias no tanque de aeração apresentam coloração muito clara?</p> <p>Nota: Isso pode ocorrer pela escassez de biomassa presente no tanque.</p>				
ANÁLISE DE DESEMPENHO AMBIENTAL Perguntas de 27 a 28	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
26. Apresenta odor desagradável?				
27. Há lançamentos de aerossóis para a atmosfera e qual o raio de abrangência?				
ANÁLISE DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO Perguntas de 28 a 29				
28. Na ETEI tem instaladas plataformas de manutenção para permitir o fácil acesso aos difusores?				

TANQUE DE AERAÇÃO – SISTEMA SECUNDÁRIO (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO Perguntas de 28 a 29	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
29. Os procedimentos para prevenir e/ ou remediar vazamentos no tanque de aeração e nas tubulações de entrada e saída são adequados?				

DECANTADOR SECUNDÁRIO – SISTEMA SECUNDÁRIO				
ANÁLISE DE DESEMPENHO	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
1. A unidade está operando de acordo com as especificações?				
2. Como é o procedimento de recirculação do lodo? É feito um acompanhamento em conjunto com o tempo de aeração e a concentração de sólidos?				
3. Há flutuação de lodo no decantador secundário ou presença de blocos de flocos flutuando na superfície líquida ou presença de organismos filamentosos?				
4. A água residuária no decantador secundário está com aspecto turbidez característico?				
5. A bomba de recirculação de Lodo está funcionando corretamente?				
6. O decantador está desnivelado?				
7. Há baixa inclinação da zona de lodo?				
8. O Decantador secundário tem capacidade para a atual vazão de operação?				

DECANTADOR SECUNDÁRIO – SISTEMA SECUNDÁRIO (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
9. A superfície do decantador secundário tem aspecto claro e transparente, com baixa turbidez?				
10. Há registro e acompanhamento da taxa de escoamento superficial e do tempo de detenção no decantador?				
11. O removedor de lodo está funcionando normalmente?				
12. É possível ver a camada superior do lodo a cerca de um metro de profundidade?				
13. Há desnivelamento do vertedor periférico?				
14. Os removedores de lodo instalados em decantadores circulares estão com velocidades periféricas superiores a 18 raio/t (m/min)?				
15. Há ressuspensão de lodo / arraste de lodo?				
16. A taxa de aplicação de carga hidráulica é baixa (<0,5 m ³ /m ² h)? (para lodos orgânicos)				
17. Há a formação de gases?				

DECANTADOR SECUNDÁRIO – SISTEMA SECUNDÁRIO (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
18. Os bordos da calha coletora do efluente tratado e a própria calha estão limpos?				
19. É possível ver a camada superior do lodo a cerca de um metro de profundidade?				
20. O aspecto do lodo a ser removido está característico?				
21. Há registro da periodicidade da remoção?				
22. Há registro das quantidades removidas?				
23. Há curto-circuito hidráulico?				
24. Quando há ventania, há muita turbulência no efluente do Decantador?				
25. Há acompanhamento do índice volumétrico de lodo?				
26. Ausência de placa defletora ou cilindro defletor central na entrada dos decantadores?				

DECANTADOR SECUNDÁRIO – SISTEMA SECUNDÁRIO (continuação)				
ANÁLISE DE DESEMPENHO	SIM	NÃO	N/A	OBSERVAÇÕES (Exemplos: local específico, boas práticas, problemas observados, possíveis causas de não conformidade e/ou proposição de ações corretivas/preventivas).
27. O sistema de coleta do decantador secundário está adequado?				
28. Há registros dos procedimentos adotados para remoção de lodo do decantador secundário?				
29. Nas proximidades do decantador secundário há elevação da temperatura e/ou geração de odores e/ou ruídos?				
30. Há “zonas mortas” no decantador?				

APÊNDICE I – Resultados das análises dos parâmetros de qualidade dos efluentes de entrada (E) e de saída (S) da indústria mineradora - De Janeiro de 2009 a Dezembro de 2011.

Parâmetros	06/01/09		20/01/09		03/02/09		17/02/09		03/03/09		17/03/09		07/04/09		DN COPAM CERH O1/08
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Cloreto total, mg/L Cl ⁻	30	20	60	60	57	75	92	87	156	79	112	104	64	73	-
DBO, mgO ₂ /L	243	6	149	3	32	8	100	5	77	9	100	11	36	15	60
DQO, mgO ₂ /L	605	28	323	54	147	28	267	17	196	25	261	19	85	25	180
pH	7,02	7,39	5,78	6,95	9,43	7,56	4,55	7,39	4,66	7,55	7,49	7,51	7,6	7,57	6,0 - 9,0
Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	184	8	85	5	86	8	139	17	40	12	96	11	97	10	100
Temperatura da Amostra, °C	22,2	22	23,6	23,5	23	24	23,5	23,5	20,6	22	24	24	22	21,5	<40

Parâmetros	21/04/09		05/05/09		19/05/09		02/06/09		16/06/09		07/07/09		21/07/09		DN COPAM CERH O1/08
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Cloreto total, mg/L Cl ⁻	189	85	88	132	148	157	73	142	63	132	70	139	86	125	-
DBO, mgO ₂ /L	92	6	146	25	190	7	108	14	137	12	26	3	94	23	60
DQO, mgO ₂ /L	299	29	282	34	423	30	132	25	376	52	165	49	748	27	180
pH	5,01	7,35	9,9	7,02	7,65	6,97	4,97	7,3	5,07	7,18	6,89	7,48	4,7	7,59	6,0 - 9,0
Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	160	11	78	6	70	9	97	11	215	9	150	13	114	5	100
Temperatura da Amostra, °C	20,2	19,5	18,7	18	18,7	19	19,7	18	16	16	17,3	19,7	20,2	19	<40

Parâmetros	18/08/09		24/08/09		06/10/09		20/10/09		03/11/09		17/11/09		01/12/09		DN COPAM CERH O1/08
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Cloreto total, mg/L Cl ⁻	257	127	250	115	106	69	112	86	9	50	30	79	126	95	-
DBO, mgO ₂ /L	77	20	24	9	46	8	76	3	34	3	21	3	84	6	60
DQO, mgO ₂ /L	140	28	243	15	158	20	259	38	91	15	58	34	168	28	180
pH	9,02	6,38	8,38	7,89	7,62	7,22	8,72	7,42	7,7	7,38	8,7	7,32	7,82	7,55	6,0 - 9,0
Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	213	22	1266	33	230	14	42	40	18	6	68	7	118	3	100
Temperatura da Amostra, °C	18,2	18	18,7	18	25,7	26	21,2	21,5	22	21,5	23,7	24	22,7	21,5	<40

Parâmetros	15/12/09		05/01/10		18/01/10		02/02/10		18/02/10		02/03/10		16/03/10		DN COPAM CERH O1/08
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Cloreto total, mg/L Cl ⁻	29	25	101	15	41	50	156	77	133	94	88	76	48	40	-
DBO, mgO ₂ /L	142	3	46	9	96	3	276	12	92	5	79	3	219	5	60
DQO, mgO ₂ /L	390	54	142	16	265	25	708	27	339	22	83	20	231	15	180
pH	6,79	7,69	7,07	7,73	9,4	8,54	8,64	7,76	7,11	7,35	9,1	7,06	6,92	7,1	6,0 - 9,0
Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	59	8	76	9	89	26	1287	33	73	22	116	12	56	9	100
Temperatura da Amostra, °C	21,7	21,5	21	21	19,7	19,7	23,2	23	24,5	26,5	22	22	22,5	22,5	<40
Parâmetros	06/04/10		19/04/10		04/05/10		18/05/10		08/06/10		22/06/10		06/07/10		DN COPAM CERH O1/08
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Cloreto total, mg/L Cl ⁻	44	37	63	20	25	19	38	25	22	56	113	87	80	102	-

DBO, mgO ₂ /L	49	3	57	3	236	5	102	4	129	4	65	3	53	3	60
DQO, mgO ₂ /L	506	23	104	22	241	16	301	15	271	15	353	18	221	15	180
pH	7,84	7,17	7,84	7,17	5,21	7,25	4,99	6,43	5,63	7,86	6,37	7,47	6,91	7,27	6,0 - 9,0
Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	52	11	46	7	106	5	70	7	77	12	171	11	48	8	100
Temperatura da Amostra, °C	20,7	20,5	20,7	20,5	20,5	20	19,7	20	16,5	15,5	15,7	15,5	17,5	17	<40

Parâmetros	20/07/10		03/08/10		17/08/10		07/09/10		21/09/10		05/10/10		19/10/10		DN COPAM CERH O1/08
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Cloreto total, mg/L Cl ⁻	97	105	90	95	72	115	74	108	132	154	248	96	79	76	-
DBO, mgO ₂ /L	79	3	27	3	92	8	29	3	39	3	34	3	65	8	60
DQO, mgO ₂ /L	269	26	255	18	198	32	103	22	197	27	105	15	132	17	180
pH	7,42	7,77	7,58	7,36	5,08	8,23	7,6	7,34	7	8,05	9,24	7,87	4,97	7,64	6,0 - 9,0
Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	58	13	12	12	64	18	25	1	56	14	91	13	39	3	100
Temperatura da Amostra, °C	17,7	17,5	17	17	15,7	18	18,7	18	19,5	20,6	21,2	21,5	21,7	20	<40

Parâmetros	03/11/10		16/11/10		07/12/10		21/12/10		04/01/11		18/01/11		01/02/11		DN COPAM CERH O1/08
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Cloreto total, mg/L Cl ⁻	23	48	45	37	44	23	106	34	34	61	73	59	156	60	-
DBO, mgO ₂ /L	57	3	32	3	60	4	62	3	29	3	38	3	90	3	60
DQO, mgO ₂ /L	160	15	48	15	153	15	173	17	90	15	200	15	137	21	180
pH	7,6	7,34	7,42	7,77	8,32	7,51	4,99	7,43	6,82	7,37	6,93	7,59	5,23	8,34	6,0 - 9,0
Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	3	9	33	9	218	9	36	4	50	5	54	8	78	11	100
Temperatura da Amostra, °C	18,7	18	21,7	20	23	22	22,5	18	23,2	23	23	23	23,2	23	<40

Parâmetros	15/02/11		02/03/11		22/03/11		05/04/11		12/04/11		03/05/11		17/05/11		DN COPAM CERH O1/08
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Cloreto total, mg/L Cl ⁻	86	80	192	80	69	33	71	61	80	56	99	67	155	154	-
DBO, mgO ₂ /L	96	3	49	3	34	3	47	3	100	3	112	3	47	3	60
DQO, mgO ₂ /L	273	15	129	15	155	20	113	15	226	19	421	15	67	19	180
pH	7,77	7,09	6,99	7,19	7,02	7,87	7,34	7,7	6,8	7,69	7,46	7,54	6,03	7,77	6,0 - 9,0
Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	55	9	79	10	70	4	70	4	87	3	115	3	64	5	100
Temperatura da Amostra, °C	21,7	21	23	23	22,7	23	22	22	21,5	22	20,5	21,5	20,2	20	<40

Parâmetros	07/06/11		21/06/11		05/07/11		19/07/11		02/08/11		16/08/11		05/09/11		DN COPAM CERH O1/08
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Cloreto total, mg/L Cl ⁻	70	65	200	78	89	86	99	62	120	86	233	141	574	108	-
DBO, mgO ₂ /L	57	3	39	7	182	3	200	19	90	6	24	5	37	3	60
DQO, mgO ₂ /L	146	15	200	18	360	27	358	30	214	19	60	30	105	22	180
pH	5,48	7,18	5,55	7,44	6,73	7,39	7,22	7,33	5,29	6,93	4,93	7,57	8	7,51	6,0 - 9,0

Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	32	3	52	18	80	4	76	6	50	5	16	13	62	4	100
Temperatura da Amostra, °C	17	15,5	17	15	17,5	17,5	17,2	15	15,7	15,5	16,2	17	14,5	14,5	<40

Parâmetros	20/09/11		04/10/11		18/10/11		08/11/11		22/11/11		06/12/11		20/12/11		DN COPAM CERH 01/08
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
Cloreto total, mg/L Cl ⁻	107	109	67	116	73	108	56	71	102	54	121	53	31	9	-
DBO, mgO ₂ /L	125	3	122	3	103	3	50	3	83	4	121	3	106	3	60
DQO, mgO ₂ /L	320	40	460	32	211	26	102	20	311	23	127	15	238	15	180
pH	5,01	7,76	7,06	7,39	5,8	7,52	6,23	7,30	6,37	7,53	7,66	7,05	7,8	6,83	6,0 - 9,0
Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	81	5	79	5	34	8	34	5	66	13	38	5	68	4	100
Temperatura da Amostra, °C	18,7	17	20,7	20	21,5	18,5	21,5	21	21,5	21	22	19,5	21	21	<40