JUNAIA DE PAULA LACERDA

ESTUDO DO IMPACTO AMBIENTAL NOS CURSOS D'ÁGUA CAUSADO PELO LANÇAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIAS DO MUNICÍPIO DE ITABIRITO / MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Cornélio de Freitas Carvalho

Ouro Preto
2004

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.: _____.

Julgamento:_____. Assinatura:_____.

Prof. Dr.: _____.

Julgamento:_____. Assinatura:_____.

Prof. Dr.: _____.

Julgamento:_____. Assinatura:_____.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade.

Ao Gilberto Lacerda e Maria Auxiliadora Cordeiro Lacerda, meus amados pais, que desde o início da minha vida apóiam todos os meus sonhos e me encorajam a conquistá-los.

Ao meu irmão Fabrício Henrique Lacerda, pela compreensão e carinho.

Ao Antônio Carlos Cunha Júnior, meu amigo, esposo, incentivador, admirador, a quem eu tanto amo, pelo carinho, conforto, companheirismo, dedicação, compreensão e sobre tudo pelo amor.

A minha querida filha Júlia, que soube esperar os momentos para brincarmos e que sempre tem um gesto de carinho para sua mãe.

Ao meu orientador Cornélio de Freitas Carvalho, que ensinou, corrigiu, apoiou e se dedicou para a realização deste trabalho.

Ao secretário de Meio Ambiente de Itabirito José Agostinho Antunes, pelo grande apoio durante o período das coletas.

Aos bolsistas do Laboratório de Análise de Água pela ajuda, em especial ao Carlúcio.

A amiga Alessandra, pelo carinho e apoio.

E a todos aqueles que me ajudaram, direta ou indiretamente, para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho foi estudado o impacto ambiental causado pelo lançamento de efluentes das principais indústrias da cidade de Itabirito, que está situada na zona metalúrgica de Minas Gerais.

As indústrias com alto potencial poluidor de Itabirito são dos setores têxtil, siderurgia e matadouro. Foram analisadas amostras de água dos corpos receptores e efluentes destas indústrias, a fim de se identificar o caso mais crítico.

Os principais parâmetros que não apresentaram conformidade com a Deliberação Normativa COPAM nº10, de 16/12/1986, foram demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total e nitrogênio amoniacal.

Foi testado para o efluente da indústria que apresentou maior potencial poluidor os tratamentos físico-químico, com sulfato de alumínio, e biológico, com sistema de lodos ativados, em escala de laboratório, sendo que não obtiveram boa eficiência.

ABSTRACT

In this work the environmental impact caused by effluent discharger was studied of the main industries of the city of Itabirito, that it is situated in the metallurgic zone of Minas Gerais.

The industries with highnt polluting potential of Itabirito are of the sectors textile, siderurgy and slaughter house. Water samples of the streams and effluent of these industries had been analyzed, in order to identify the most critical case.

The main parameters that had not presented conformity with DN COPAM nº10, of 16/12/1986, were biochemical demand of oxygen (DBO), chemical demand of oxygen (DQO), total phosphorus and ammoniac nitrogen.

It was tested for the effluent of one the industry that presented polluting potential the physico-chemical treatments, with aluminum sulphate, and biological, with system of activated sludge, in laboratory scale, being that they had not gotten good efficiency.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS..... IX
LISTA DE TABELAS..... X
LISTA DE GRÁFICOS..... XI

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS……... 01
1.1. Introdução…….. 01
1.2. Motivação…….. 02
1.3. Objetivo..... 03

CAPÍTULO 2 – LOCAL DE ESTUDO..... 04
2.1. Município de Itabirito..... 04
2.2. Bacia do Rio das Velhas..... 04
2.3. Sub-bacia do Rio Itabirito..... 06

CAPÍTULO 3 – AS INDÚSTRIAS EM ESTUDO..... 09
3.1. Indústria têxtil..... 09
3.1.1. Introdução..... 09
3.1.2. Descrição do processo de produção..... 10
3.1.3. A indústria têxtil e a geração de efluentes..... 12
3.2. Matadouro..... 15
3.2.1. Descrição dos processos e operações..... 15
3.2.2. Consumo de água e despejos..... 19
3.3. Siderurgia..... 20
3.3.1. Introdução..... 20
3.3.2. Uso da água nas siderurgias..... 21
3.3.3. Ferro-gusa..... 21
3.3.4. Características dos despejos do alto forno..... 22

CAPÍTULO 4 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DESPEJOS INDUSTRIAIS..... 24
4.1. Métodos físicos..... 24
4.2. Métodos químicos e físico-químicos..... 25
4.3. Métodos biológicos..... 25
4.3.1. Processo anaeróbio..... 26
4.3.2. Processo aeróbio..... 28

CAPÍTULO 5 – CONCEITOS GERAIS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS..... 33
5.1. Classificação das águas..... 33
5.2. Requisitos de qualidade..... 34
5.3. Principais fontes de poluição as águas..... 38
5.4. Parâmetros indicadores da qualidade das águas..... 39
5.4.1. Parâmetros físicos..... 40
5.4.2. Parâmetros químicos..... 41
5.4.3. Parâmetros microbiológicos..... 54

CAPÍTULO 6 – METODOLOGIA..... 56
6.1. Levantamento das indústrias potencialmente poluidoras de Itabirito..... 56
6.2. Pontos de amostragem, coleta e preparação das amostras..... 58
6.3. Estimativa da vazão dos corpos receptores..... 60
6.4. Quantificação da carga orgânica..... 61
6.5. Métodos de tratamento de efluentes..... 62
6.5.1. Ensaios de coagulação / sedimentação..... 63
6.5.2. Sistema de lodos ativados em escala de laboratório..... 63

CAPÍTULO 7 – RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 67
7.1. Análise físico-química das amostras dos efluentes das indústrias e mostras de água dos corpos receptores..... 67
7.1.1. VDL Siderurgia..... 72
7.1.2. Matadouro Municipal de Itabirito..... 73
7.1.3. Companhia Itabirito Industrial - CII..... 74

7.1.4. Companhia Industrial Itabira do Campo - CIIC..... 75
7.2. Carga Orgânica..... 76
7.3. Aspecto geral da poluição nos cursos d'água..... 77
7.4. Proposta de tratamento de efluentes..... 82
7.4.1. Tratamento físico-químico..... 82
7.4.2. Tratamento biológico..... 84

CAPÍTULO 8 – CONCLUSÃO..... 91

CAPÍTULO 9 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... 92

CAPÍTULO 10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 93

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Mapa da Bacia do Rio das velhas..... 05
Figura 2.2 – Mapa da Sub-bacia do Rio Itabirito..... 08
Figura 3.1 – Despejos provenientes do processamento dos tecidos de algodão e sintéticos..... 14
Figura 3.2 – Processamento de bovinos em um matadouro..... 16
Figura 3.3 - Processamento de suínos em um matadouro..... 18
Figura 3.4 – Fluxograma de alto-forno a coque..... 22
Figura 3.5 – Fluxograma do tratamento dos despejos do alto-forno produzindo 2400 toneladas de ferro-gusa por dia..... 23
Figura 6.1 – Ilustração do método do flutuador..... 61
Figura 6.2 – Modelo esquemático do sistema de lodos ativados em escala de laboratório..... 64
Figura 7.1 – Esquema representativo das Indústrias em estudo e seus corpos receptores de efluentes..... 72
Figura 7.2 – Ponto de lançamento de efluentes da indústria Itabirito Industrial–unidade II, no Córrego Criminoso..... 78
Figura 7.3 - Ponto de amostragem a jusante do lançamento de efluentes da indústria Itabirito Industrial–unidade II, no Córrego Criminoso..... 78
Figura 7.4 – Ponto de encontro do Córrego Criminoso com o Rio Itabirito..... 79
Figura 7.5 - Ponto de amostragem a jusante do lançamento de efluentes da indústria Itabirito Industrial–unidade I, no Rio Itabirito..... 79
Figura 7.6 - Ponto de lançamento de efluentes da indústria Itabira do Campo, no Córrego da Carioca..... 80
Figura 7.7 - Ponto de amostragem a jusante do lançamento de efluentes da indústria Itabira do Campo, no Córrego da Carioca..... 80
Figura 7.8 - Ponto de amostragem a jusante do lançamento de efluentes do Matadouro Municipal..... 81
Figura 7.9 - Ponto de amostragem a montante do lançamento de efluentes do Matadouro Municipal..... 81
Figura 7.10 – Foto do sistema de lodos ativados em escala de laboratório..... 85

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Cargas dos despejos do processamento do algodão..... 13
Tabela 3.2 – Despejos dos alto-fornos de ferro e ferro-manganês..... 23
Tabela 5.1 – Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes..... 33
Tabela 5.2 – Associação entre usos da água e os requisitos de qualidade..... 34
Tabela 5.3 – Padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classes (água doce) e padrão de lançamento..... 36
Tabela 6.1 – Carga específica de DBO..... 62
Tabela 7.1 – Resultado das análises físico-químicas..... 68
Tabela 7.2 – Resultado das análises físico-químicas..... 69
Tabela 7.3 – Resultado das análises físico-químicas..... 70
Tabela 7.4 – Resultado das análises físico-químicas..... 70
Tabela 7.5 – Resultados de análises químicas via ICP - AES..... 71
Tabela 7.6 – Carga orgânica das amostras dos efluentes e corpo receptor das indústrias em estudo..... 76
Tabela 7.7 – Resumo dos ensaios de coagulação / sedimentação..... 82
Tabela 7.8 – Caracterização inicial do efluente da CII – unidade II..... 85
Tabela 7.9 – Fase de adaptação da biomassa..... 86
Tabela 7.10 – Eficiência do tratamento de lodos ativados na remoção de DQO e DBO..... 87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 7.1 – Eficiência do ensaio de floculação / sedimentação..... 83
Gráfico 7.2 – Padrão de lançamento de efluentes..... 84
Gráfico 7.3 – Fase de adaptação da biomassa..... 86
Gráfico 7.4 – Eficiência do sistema de lodos ativados na remoção de DQO..... 88
Gráfico 7.5 – Eficiência do sistema de lodos ativados na remoção de DBO..... 88
Gráfico 7.6 – Padrão de lançamento de efluentes para DQO..... 89
Gráfico 7.7 – Padrão de lançamento de efluentes para DBO..... 89

CAPÍTULO 1
CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Introdução

Todo o planeta Terra experimenta fortes sinais de transição, como se a natureza estivesse acordando o homem para um novo sentido de vida. E tudo ocorre tão extraordinariamente que as mudanças geram novos paradigmas, determinam novos comportamentos e exigem novos caminhos na gestão de recursos da natureza. No caso da gestão dos recursos hídricos, a escassez, o uso inadequado e a crescente demanda está prenunciando a questão da água como um dos mais graves problemas da humanidade no século XXI, se não construirmos um novo modelo de lidar com o meio ambiente, agora, antes que seja tarde.

As atividades humanas geram alterações no meio, ocasionando desequilíbrios, ou seja, provocam novos equilíbrios, diferentes do que existiam anteriormente, levando a danos à natureza. O resultado destes desequilíbrios, que é uma conseqüência das atividades humanas, é a poluição ou contaminação do meio ambiente.

A influência do homem sobre os recursos hídricos que o cercam é muito grande. Em regiões densamente povoadas, como é o caso da região central de Minas Gerais, o lançamento contínuo de cargas orgânicas e tóxicas em suas bacias hidrográficas tem provocado a degradação de seus recursos hídricos. Essa degradação apresenta o efeito de impulsionar a captação de água bruta para abastecimento público em regiões cada vez mais distantes, gerando conseqüentemente maiores investimentos para a garantia da universalização do serviço.

Outra conseqüência desse fato é o aumento no aparecimento de doenças de veiculação hídrica que se torna um problema de saúde pública, seja pela elevação dos índices de mortalidade infantil ou pelos gastos incrementados no setor.

Assim, os investimentos em coleta e tratamento de esgotos em países em desenvolvimento, como o Brasil, têm crescido progressivamente. As regiões mais populosas desses países, por todos os problemas de crescimento desordenado, demandam soluções e investimentos em grande escala para o saneamento ambiental. Por outro lado, a consciência ambiental crescente de suas sociedades acarreta uma

legislação correspondente mais restritiva e uma cobrança de ações positivas por parte do Estado. Tais demandas, porém, esbarram na escassez de espaço físico e recursos financeiros para o tratamento de volumes de esgotos que só crescem com o passar dos anos.

1.2. Motivação

O Projeto Águas de Minas (disponível em: < http://www.igam.mg.gov.br/aguas/htmls>), implantado há seis anos, vem permitindo a identificação das tendências da situação de qualidade das águas do Estado de Minas Gerais. A operação da rede de monitoramento iniciou com a seleção de 222 pontos de amostragem, sendo contemplado atualmente com 244 estações.

Foram realizadas análises físico-químicas, bacteriológicas e ecotoxicológicas nas amostras de água coletadas em campanhas de amostragem realizadas nas diversas estações climáticas do ano 2003. Para a rede de monitoramento são apresentadas análises estatísticas que abrangem o conjunto de resultados, obtidos ao longo dos cinco anos, dos principais indicadores de qualidade e quantidade das águas, com o propósito de apresentar uma interpretação mais detalhada. Esta avaliação permite associar a componente quantidade aos indicadores de qualidade em nível sazonal, ao longo do tempo e espacial, contribuindo dessa forma, para a divulgação das informações, de maneira a auxiliar de forma bastante significativa às ações de gestão e de tomada de decisão.

O Rio Itabirito recebe influência dos despejos da cidade de mesmo nome. Esse ponto apresentou Índice de Qualidade das Águas (IQA) ruim nas campanhas de amostragem do ano 2003.

Segundo o que foi apresentado pela Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Itabirito (ANTUNES, 2002), a cidade urge de um estudo das condições dos efluentes industriais lançados no Rio Itabirito e seus afluentes que atravessam a cidade.

Portanto, um estudo dos efluentes das principais fontes poluidoras do município de Itabirito e uma proposta de tratamento para estes efluentes será de grande importância, pois não há muitos trabalhos publicados nesta linha de pesquisa, em se

tratando especialmente de um dos principais afluentes do Rio das Velhas. Este estudo assume um caráter preventivo, na medida em que serão diagnosticadas as modificações na qualidade das águas do Rio Itabirito e afluentes advindas das indústrias locais. Tais diagnósticos permitirão a oportuna adoção / adequação de medidas de controle para eventuais problemas.

1.3. Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar, através de análises físicas e físico-químicas, o impacto ambiental causado por algumas indústrias que lançam seus efluentes no Rio Itabirito e afluentes. Após esta avaliação será identificado o caso mais grave e, serão desenvolvidos diferentes sistemas de tratamento de efluentes, em escala de laboratório, para estudar a aplicação e otimização destes processos para que a referida indústria possa adequar seu efluente às normas ambientais.

CAPÍTULO 2
LOCAL DE ESTUDO

2.1. Município de Itabirito

O município de Itabirito está situado na Zona Metalúrgica de Minas Gerais, a aproximadamente 55 Km da capital mineira, Belo Horizonte. É banhado pelo Ribeirão do Silva e o Rio Itabirito, afluentes do alto Rio das Velhas. Seu relevo é caracterizado por colinas côncavo – convexas com vertentes acentuadas; com 848 metros de altitude. Itabirito faz divisa com as cidades de Rio Acima, Nova Lima, Brumadinho, Moeda, Ouro Preto e Santa Bárbara.

O município apresenta uma área de 549,22 Km^2 e conta com uma população de 37.901 habitantes (IBGE, 2000). O extrativismo do minério de ferro é a principal atividade econômica, ao lado dos setores industrial, comercial e de serviços.

2.2. Bacia do Rio das Velhas

O rio das Velhas é o maior afluente em extensão da bacia do rio São Francisco, tendo um comprimento de 761 km. Orientado aproximadamente no sentido SE para NO, o rio nasce no município de Ouro Preto, na Área de Proteção Ambiental APA Cachoeira das Andorinhas e tem a sua confluência com o rio São Francisco no município de Várzea da Palma, em Barra do Guaicuí.

A bacia do rio das Velhas está localizada na região central do Estado de Minas Gerais, pertencendo inteiramente ao território mineiro. Possuindo uma superfície aproximada de 29 mil quilômetros quadrados, a bacia do rio das Velhas tem uma importância econômica e social significativa em função de sua localização, que inclui a região metropolitana de Belo Horizonte em sua porção mais alta.

Esta bacia constitui um dos mais importantes mananciais para abastecimento de água da região metropolitana de Belo Horizonte e dos demais municípios que a integram, totalizando 51 municípios. Os principais afluentes do rio das Velhas são os

rios Paraúna, Itabirito, Mata Porcos, Taquaraçu, Bicudo e Ribeirão da Mata. A Figura 2.1 apresenta o mapa da Bacia do Rio das Velhas.

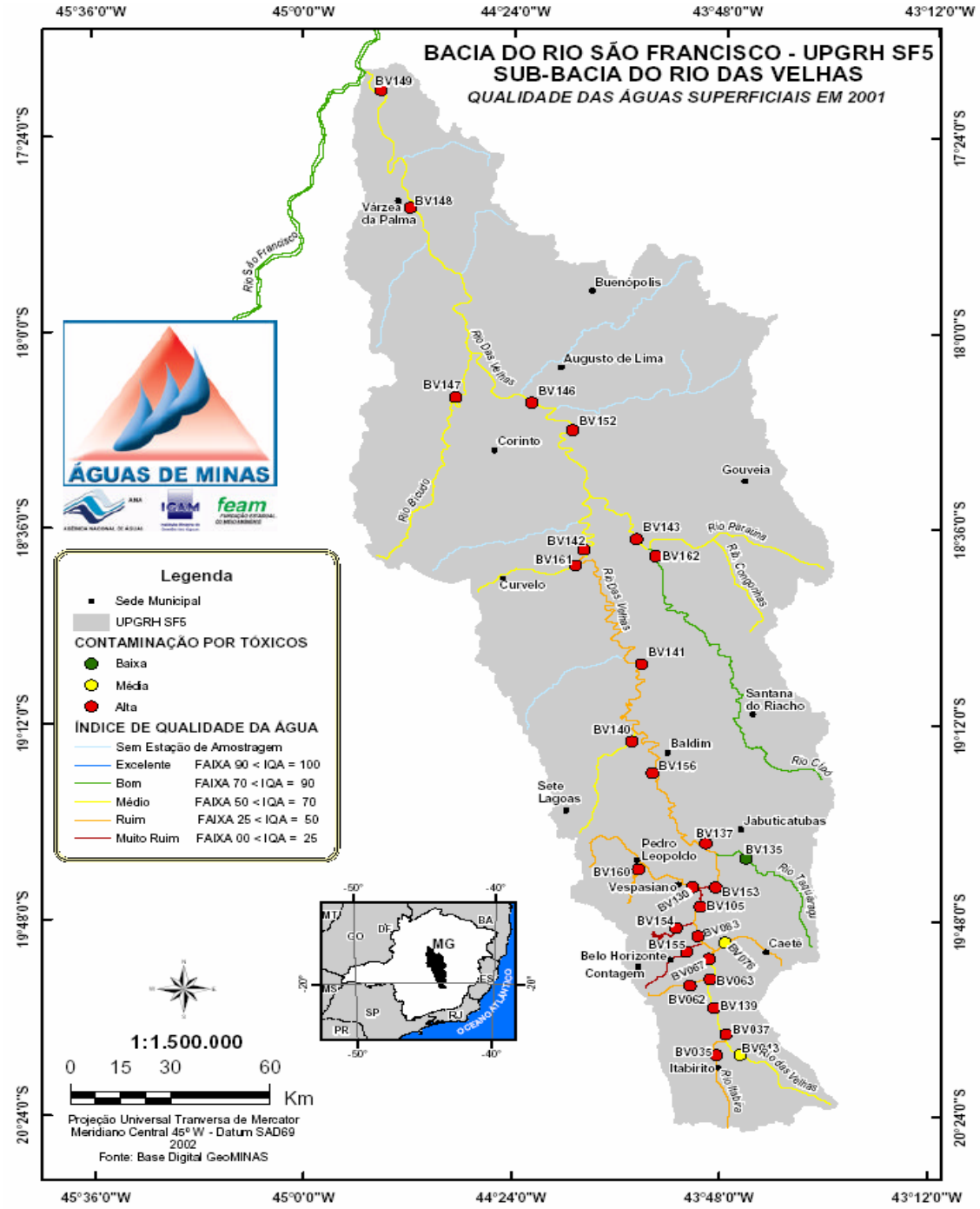


Figura 2.1 – Mapa da Bacia do Rio das Velhas.

Fonte: Projeto Águas de Minas

(Disponível em: < http://www.igam.mg.gov.br/aguas/htmls>)

2.3. Sub-bacia do Rio Itabirito

A qualidade das águas do Rio Itabirito, monitorado a jusante do Córrego Cata Branca, principal curso d'água da sub-bacia à qual empresta o nome, não é boa. O IQA (Índice de Qualidade das Águas) do rio foi medido como ruim pelo IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas), responsável pela monitorização das águas no estado. A análise acusou alto índice de coliformes fecais e alta contaminação por tóxicos como fenóis e cobre, além de material oriundo dos solos.

O IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation, dos Estados Unidos, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, quando cada técnico selecionou, a seu critério, os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas (MACÊDO, 2003).

O tratamento dos dados da mencionada pesquisa definiu um conjunto de nove parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais.

A sub-bacia do Rio Itabirito localiza-se no Alto Rio das Velhas, à margem esquerda do rio, e abrange os municípios de Itabirito e Rio Acima, cujas populações somam 45.559 habitantes (IBGE, 2000), o que representa 1,03% da população de toda a bacia. O grau de urbanização das duas cidades é alto: 92,99% em Itabirito e 85,87% em Rio Acima, o que demonstra a predominância da população no meio urbano.

É da confluência entre os rios Mata Porcos, Sardinha e Ribeirão Manga que nasce o Rio Itabirito, o qual ainda recebe como afluentes o Ribeirão do Carioca, formado pelos Córregos do Bação e do Saboeiro, o Ribeirão do Córrego do Bação, os Córregos de São José e da Carioca - estes dois na área urbana -, o Córrego do Onça – nas imediações da Siderúrgica VDL, antiga Queiroz Júnior -, os Córregos da Paina e dos Moleques e o Ribeirão Ana Luzia, no caminho para Rio Acima, onde o Rio Itabirito finalmente deságua no Rio das Velhas, sob o nome de Rio do Calado. O manancial do Córrego Seco é o principal no abastecimento de água da cidade de Itabirito.

O esgoto doméstico não é tratado em nenhuma das duas cidades da sub-bacia, sendo lançado in natura nos Córregos da Carioca, São José e Rio Itabirito, em Itabirito, e no Rio das Velhas, em Rio Acima, onde a prefeitura presta o serviço de esgotamento

sanitário, enquanto em Itabirito, o mesmo é responsabilidade do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), uma autarquia da qual participa a prefeitura do município e que cobra uma taxa sobre o serviço. A Prefeitura Municipal de Rio Acima e o SAAE de Itabirito fornecem também água tratada aos respectivos municípios onde atuam, abrangendo cerca de 85% das residências de cada localidade.

Ao esgoto doméstico misturam-se óleos, graxas, soluções de baterias energéticas; tintas e diversos produtos químicos provenientes de postos de gasolina, lava-jatos e oficinas mecânicas. A mineração é um dos responsáveis pela degradação do rio, principalmente a extração de areia, que tem causado assoreamento do Rio Itabirito através da deposição de sólidos e da extração de material do leito de seus afluentes.

À lista de poluidores, acrescentam-se as indústrias têxteis de Itabirito. Algumas apresentam ETE (Estação de Tratamento de Efluentes), porém obsoletas ou inexistentes, despejando resíduos de tinturaria química, com alta concentração de cádmio, ácidos e soda cáustica, nos afluentes do Rio Itabirito (FANTINI, Boletim nº 2).

Outro problema é o despejo de lixo de todo tipo nas margens dos ribeirões e córregos pela população ribeirinha. O serviço de limpeza urbana abrange 93,27% das residências de Itabirito, que deposita o lixo recolhido a céu aberto enquanto as obras do aterro não são concluídas, e 87,44% em Rio Acima, cujo lixo é enviado ao aterro sanitário de Nova Lima. Em nenhuma das cidades há coleta seletiva (FANTINI, Boletim nº 2).

A Figura 2.2 apresenta o mapa da Sub-bacia do Rio Itabirito.

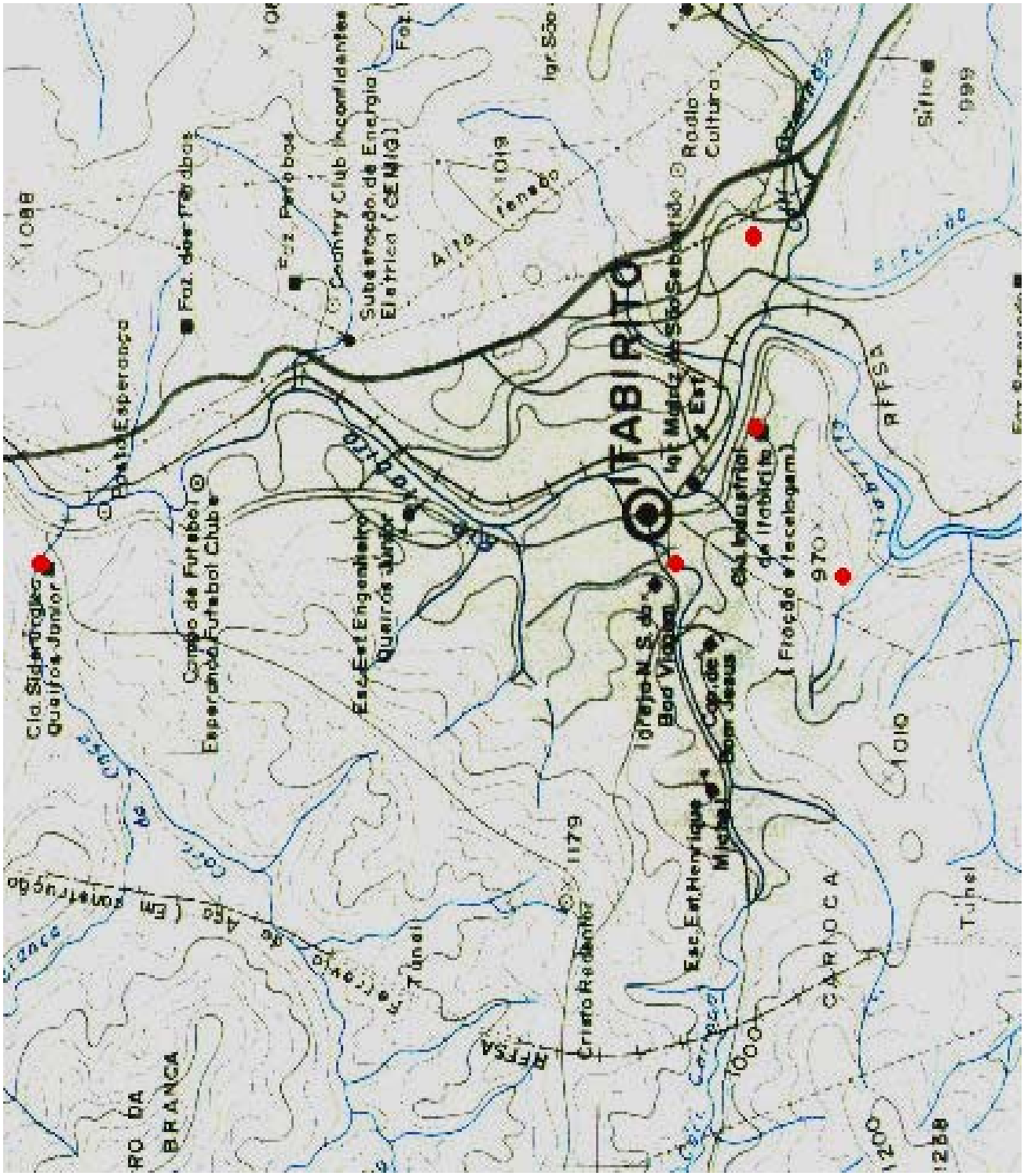


Figura 2.2 – Mapa da Sub-bacia do Rio Itabirito

Fonte: Projeto Águas de Minas

(Disponível em: < http://www.igam.mg.gov.br/aguas/htmls>)

CAPÍTULO 3
AS INDÚSTRIAS EM ESTUDO

3.1. Indústria Têxtil

3.1.1 Introdução

As indústrias têxteis constituem fator de grande importância na economia brasileira. O processamento têxtil é gerador de grande quantidade de despejos altamente poluidores, contendo elevada carga orgânica, cor acentuada e compostos químicos tóxicos ao homem e ao meio ambiente.

Os despejos gerados pela indústria têxtil variam à medida que a pesquisa e o desenvolvimento produzem novos reagentes, novos processos, novos maquinários, novas técnicas e, também, conforme a demanda do consumidor por outros tipos de tecidos e cores (BRAILE, 1993).

Numerosas operações são necessárias a fim de dar ao tecido o máximo de propriedades, gerando assim, em cada etapa, diferentes despejos.

A indústria têxtil aparece em 5º lugar como atividade poluidora entre as indústrias do Estado de Minas Gerais. Seus efluentes líquidos, que constituem o problema principal, são provenientes basicamente das etapas de limpeza, tingimento e acabamento, caracterizando-se por elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO_5. Além disso, por apresentarem um número significativo de constituintes não biodegradáveis, esses efluentes possuem valores elevados de Demanda Química de Oxigênio – DQO. As emissões atmosféricas são provenientes da queima de óleo e/ou lenha nas caldeiras, sendo que, geralmente, não constituem fontes significativas de poluição. Os resíduos sólidos, resultantes do processo produtivo, basicamente do setor de acabamento, são, na maioria das vezes, doados a terceiros (LEÃO, M.M.D. et al, 1998).

3.1.2 Descrição do processo de produção

Numa indústria têxtil são processadas fibras de algodão, viscose e poliéster pelas operações de fiação, tecelagem, acabamento e expedição, conforme a descrição a seguir.

a) Fiação

A fiação é o conjunto de operações (abridores, batedores, cardas, passadores, penteadeiras, maçaroqueiras, filatórios, retorcedeiras e conicaleiras) que compreendem o tratamento dos diversos materiais fibrosos, sejam de origem natural (animal e vegetal) ou manufaturadas (artificiais e sintéticas), até sua transformação em fios. Não há despejo industrial neste processo.

b) Tecelagem

É o processo pelo qual os fios são transformados em tecidos. Trata-se de processo seco, não ocorrendo produção de despejos.

c) Acabamento

As operações de acabamento são responsáveis pelo beneficiamento dos tecidos crus, transformando-os em tecidos purgados, alvejados, tintos, estampados e acabados.

O processo de acabamento tem cinco fases: alvejamento, tinturaria, estamparia, acabamento físico e químico, e expedição.

- Alvejamento

O alvejamento é um processo químico que elimina cor indesejável de fibras, fios ou tecidos. Vários tipos de produtos químicos são utilizados como alvejantes e a seleção depende do tipo de fibra e do tratamento subseqüente.

Atualmente, o agente alvejante mais utilizado é o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), sendo ainda importante o uso de hipoclorito de sódio (NaClO), clorito de sódio ($NaClO_2$) e dióxido de enxofre gasoso (SO_2) (LEÃO, M.M.D. et al, 2002).

- Tinturaria

O tecido é passado por uma solução de tinta, fixado e lavado. Os despejos do tingimento são variados, por causa dos diferentes tipos de corantes e da maneira pela qual são aplicados; são volumosos, têm forte coloração e, alguns, podem ser tóxicos. Sua DBO_5 é geralmente baixa, sendo que o grau de biodegradabilidade ($DQO:DBO_5$) é variável. Possuem corantes/pigmentos dispersos de difícil remoção, além de sais e umectantes. O teor de sólidos desta etapa é elevado e o pH variável em função do tingimento. O uso de aceleradores no tingimento pode causar alguns inconvenientes, pois a maioria desses agentes são tóxicos e sua presença nos efluentes líquidos exerce elevados valores de DQO (LEÃO, M.M.D. et al, 2002).

- Estamparia

Destina-se a transformar os tecidos alvejados em tecidos estampados por meio de rolos gravados ou de quadros com corantes reativos, rapidogens, indanthrens e outros pigmentos. Os despejos contêm corantes e em alguns casos soda cáustica e goma.

- Acabamento

O acabamento é dividido nas etapas química e física. No acabamento químico, as peças são impregnadas por banhos de acabamento (gomas e resinas) e são secas sob temperaturas controladas. No acabamento físico, as peças são estiradas para promover a estabilização da trama e da largura do tecido. Os despejos são provenientes das lavagens do fular (cilindros), das máquinas e do piso. Contêm uréia, formol, trifosfato, amido, estearato, óleo sulforicinado, emulsões de resinas polivinílicas e sais de magnésio.

- Expedição

A expedição é composta por um conjunto de processos que têm por finalidade revisar, cortar, embalar e despachar o tecido, em conformidade com os padrões e parâmetros solicitados pelos clientes.

3.1.3 A indústria têxtil e a geração de efluentes

No que diz respeito à produção e ao número de trabalhadores que ocupa, a indústria têxtil é uma das maiores do mundo, e todas se caracterizam por requerer grandes quantidades de água, corantes e produtos químicos utilizados ao longo de uma complexa cadeia produtiva (SANIN,1997).

A indústria têxtil é uma das maiores produtoras de efluentes líquidos. São requeridos aproximadamente 80 litros de água para produzir 1 Kg de tecido. Contudo, bibliografias fazem referência a valores da ordem de 150 L/Kg, estimando-se que 88% desse volume seja descartado como efluente e os 12% restantes compõem as perdas por evaporação (TORQUETTI, 1998). A natureza desses efluentes depende da tecnologia e processos industriais empregados e também dos tipos de fibras e produtos químicos utilizados. O alto consumo de água demandado por essa tipologia industrial advém das operações de lavagem, tingimento e acabamento dos tecidos, bem como de lavagem de pisos e equipamentos.

Os efluentes têxteis são altamente coloridos devido aos corantes que não aderem às fibras nas operações de acabamento, cuja eficiência de fixação varia com a classe do corante utilizado. Temperatura elevada, ambiente alcalino e alta concentração de sais (40 a 100 g/L) são condições normalmente utilizadas para otimizar a fixação do corante à fibra (CARLIELL et al., 1998). Entretanto, para algumas classes de corantes utilizados nas operações de tingimento, cerca de 50% dos corantes aplicados são descartados nas águas residuárias (O'NEILL et al., 1999), aumentando a concentração de DQO não biodegradável e cor. Adicionalmente, produtos químicos como amido, álcool polivinílico (PVA), surfactantes, seqüestrantes, amaciantes etc., provenientes das outras etapas do processo industrial também contribuem para as variações de DQO e DBO (EPA, 1996).

A Figura 3.1 apresenta o fluxograma dos despejos provenientes do processamento dos tecidos de algodão e sintéticos. A Tabela 3.1 indica as cargas das várias unidades do processamento do algodão.

Processo	Despejos			Litros de despejos por quilo processado	Kg de DBO por 1000 Kg processado	Kg de sólidos totais por 1000 Kg processado	População equivalente por 453 Kg processado
	pH	DBO (mg/l)	Sólidos totais (mg/l)				
Engomação de fio (*)	7,0-9,5	620-2500	8500-22600	0,5-7,84	0,5-5,0	47-67	2-30
Desengomação	-	1700-5200	16000-32000	2,5-9,17	14,8-16,1	66-70	90-100
Maceração	10-13	680-2900	7600-17400	2,59-14,18	1,5-17,5	19-47	10-105
limpeza	-	50-110	-	19,18-42,53	1,36-3,02	-	8-18
Alvejamento (faixa)	8,5-9,6	90-1700	2300-14400	2,50-124,26	5,0-14,8	38-290	30-90
Mercerização	5,5-9,5	45-65	600-1900	232,7-308,2	10,5-13,5	185-450	60-80
Tingimento:							
Anilina preta	-	40-55	600-1200	125,1-191,8	5-10	100-200	40-60
Básico	6-7,5	100-200	500-800	150,1-300,2	15-50	150-250	100-400
Desenvolvimento de cor	5-10	75-200	2900-8200	142,2-208,5	15-20	325-650	90-120
Direto	6,5-7,6	220-600	2200-14000	14,18-53,4	1,3-11,7	25-250	25-75
Índigo	5-10	90-1700	1100-9500	5,0-50,0	1,8-9,5	21-63	10-60
Naftol	5-lO	15-675	4500-10700	19,2-140,1	2-15	200-650	13-80
Enxofre	8-10	11-1800	4200-14100	24,2-213,5	2-250	300-1200	14-1500
A cuba	5-10	125-1500	1700-7400	8,34-166,8	12-30	150-250	75-175

* Despejo de indústria com tecelagem.

Tabela 3.1 – Cargas dos despejos do processamento do algodão

Fonte: BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais, São Paulo, Cetesb, 1993, p.328.

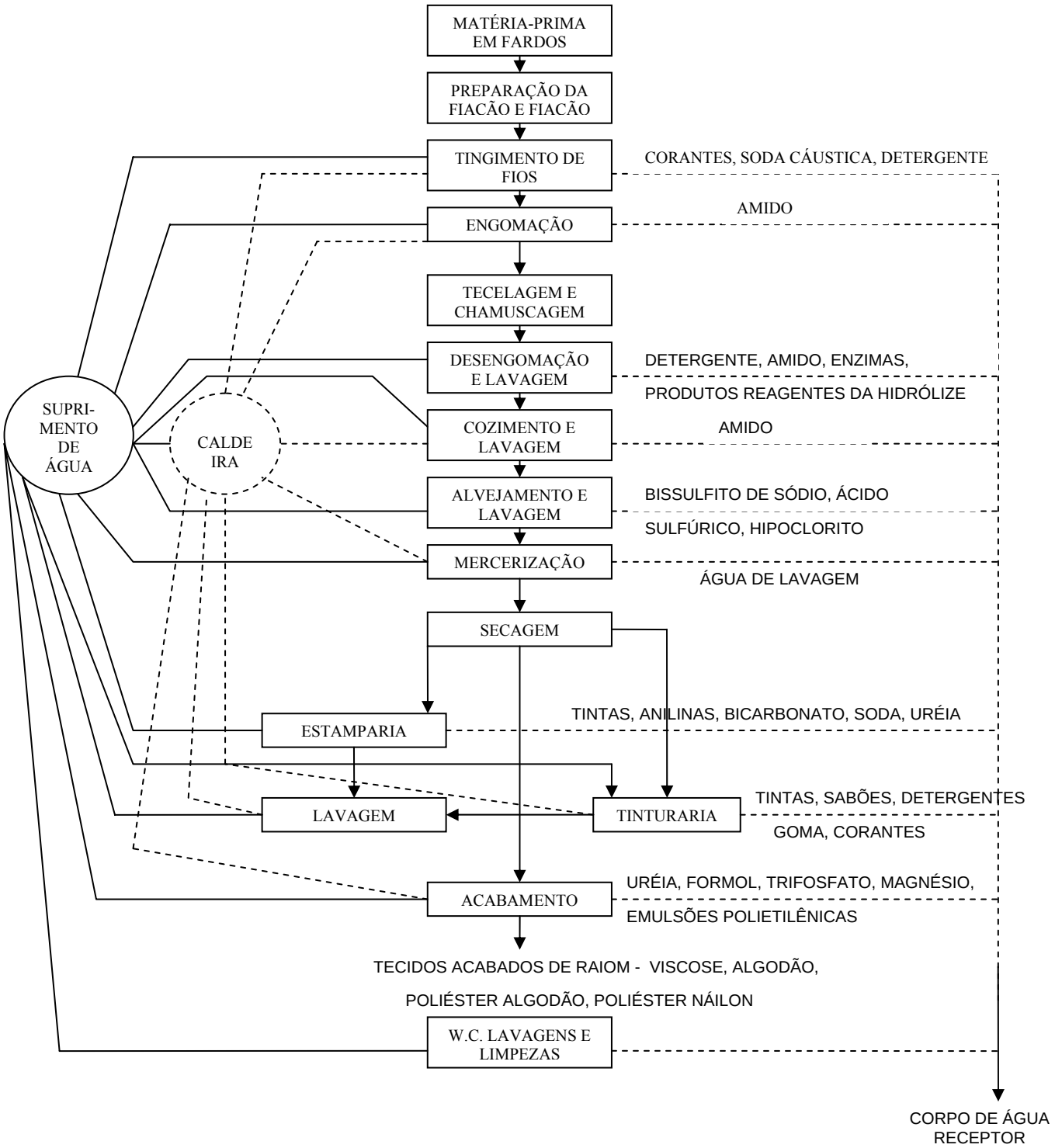


Figura 3.1 – Despejos provenientes do processamento dos tecidos de algodão e sintéticos

Fonte: BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais, São Paulo, Cetesb, 1993, p.326.

Os efluentes gerados pelas unidades industriais normalmente são tratados por processos físico-químicos e biológicos convencionais (coagulação química e lodos ativados), os quais apresentam bons resultados na redução carbonácea, mas têm como inconveniente à alta produção de lodo e conseqüentemente a necessidade de grandes áreas para disposição do lodo, caso seja feita em leitos de secagem. Além disso, esses efluentes caracterizam-se por uma grande variação de cargas, em razão da própria variação do processo industrial que envolve a seqüência de produção e acabamento têxtil, em cujo processo são utilizados corantes, tensoativos espessantes e produtos químicos diversos que tornam o efluente muito complexo, geralmente com altas concentrações de DBO e DQO, e com diferentes características de biodegradação.

3.2. Matadouro

3.2.1 Descrição dos processos e operações

a) Matança bovina

Os bovinos, uma vez selecionados nos currais e após serem banhados por um chuveiro, são levados ao boxe de atordoamento. Uma vez abatido, o bovino é içado por guincho especial e levado à área de vômito. Feita esta operação e colocado em trilhos aéreos, o bovino é novamente banhado. O bovino é encaminhado à área de sangria, que é realizada pela seção dos grandes vasos do pescoço. Após o escoamento total do sangue, os chifres são serrados.

Após as operações preliminares, o bovino é encaminhado à área de esfola onde são retirados os mocotós, a língua, o couro, a barrigada, as vísceras e a cabeça.

Na Figura 3.2 está apresentado o fluxograma do processamento de bovinos em um matadouro.

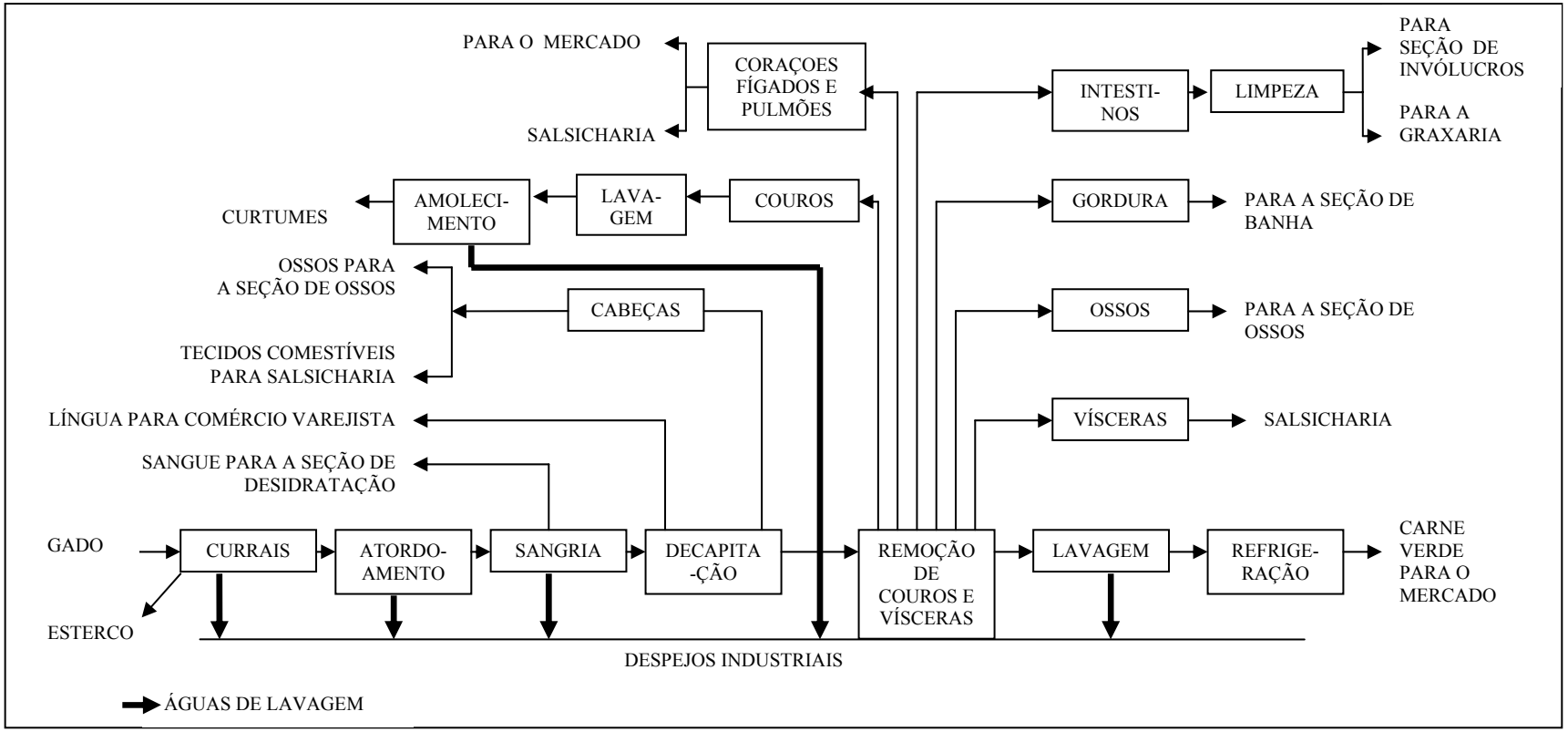


Figura 3.2 – Processamento de bovinos em um matadouro

Fonte: BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais, São Paulo, Cetesb, 1993, p.160.

b) Matança suína

O suíno, depois de abatido, é içado por uma nória elétrica contínua, que o conduz para um trilho aéreo. O suíno é encaminhado à área de sangria, que é realizada por meio de uma punção diretamente no coração do animal. Depois que todo sangue estiver escorrido, o suíno é levado ao tanque de escaldagem. Após a escaldagem, o suíno passa pela depiladeira automática, e depois por um chuveiro. Então é encaminhado para a sala de matança bovina, sofrendo a seguir o processamento normal já descrito.

Na Figura 3.3 está apresentado o fluxograma do processamento de suínos em um matadouro.

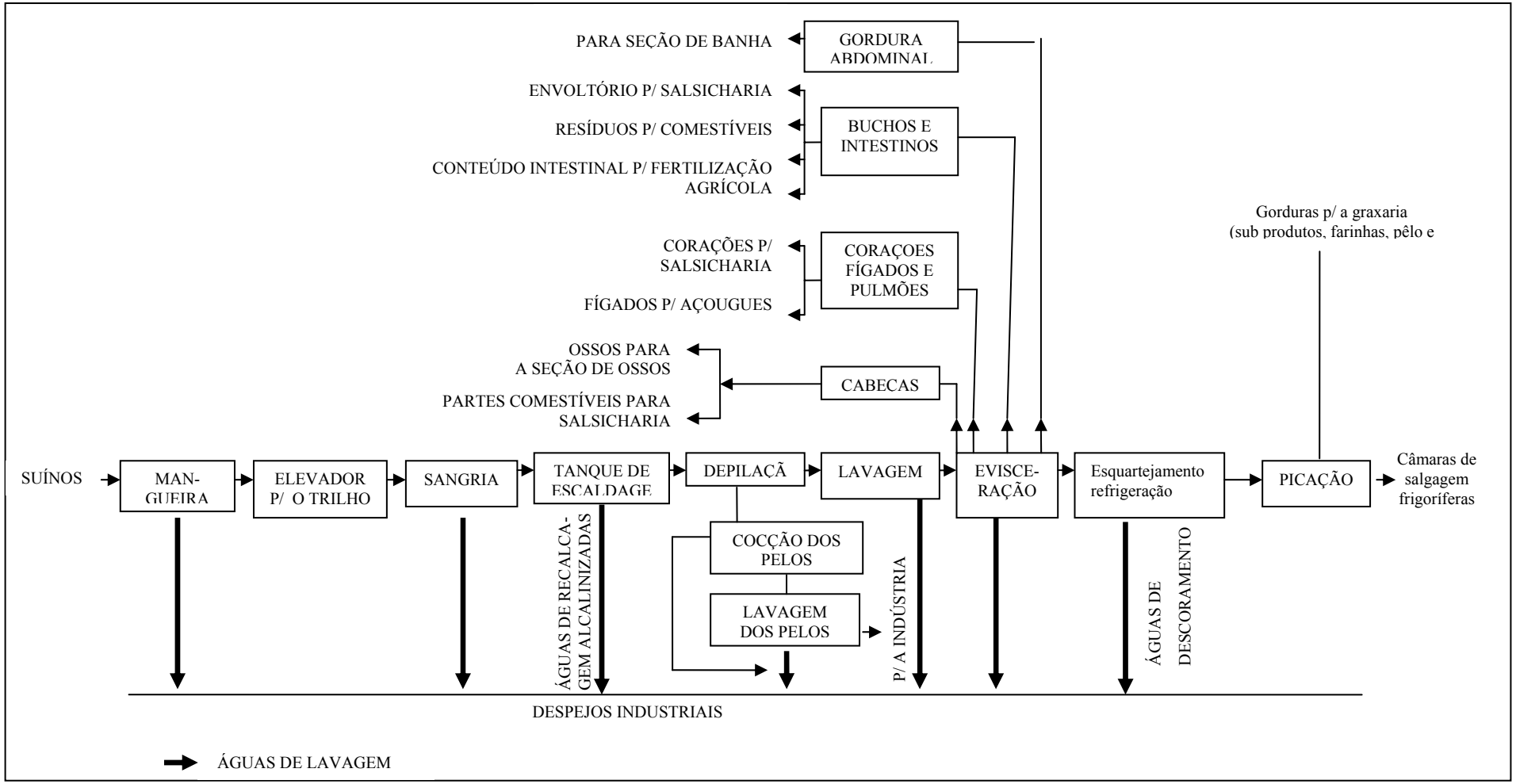


Figura 3.3 – Processamento de suínos em um matadouro

Fonte: BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais, São Paulo, Cetesb, 1993, p.160.

3.2.2 Consumo de água e despejos

O consumo de água varia muito de um matadouro para outro, sendo difícil estimar um valor aproximado. Entretanto, utiliza-se como base de cálculo (BRAILE, 1993):

- Para abate de bovinos: 2500 litros por cabeça, assim distribuídos:

  - 900 litros na sala de matança;
  - 1000 litros nas demais dependências como bucharia, triparia, miúdos, sanitários, etc;
  - 600 litros nos anexos externos como pátios e currais, incluindo a lavagem de caminhões.

- Para abate de suínos: 1200 litros por cabeça, assim distribuídos:

  - 300 litros na sala de matança;
  - 400 litros nas demais dependências;
  - 500 litros nos anexos externos.

- Para abate de aves: 25 - 50 litros por cabeça.

Uma análise das características dos despejos dos matadouros não é tarefa simples. Devido a muitos fatores operacionais é difícil caracterizar uma instalação típica e seus despejos. Os despejos têm grande carga de sólidos em suspensão, nitrogênio orgânico e uma DBO que oscila entre 800 e 32000 mg/L, de acordo com o grau de reaproveitamento e cuidados na operação (BRAILE, 1993). Os sólidos sedimentáveis podem chegar a várias dezenas de mL/L.

Processos importantes como recuperação do sangue, das gorduras e do conteúdo das panças, podem reduzir substancialmente as cargas poluidoras e ainda produzir subprodutos vendáveis.

Esses despejos são altamente putrescíveis, entrando em decomposição poucas horas depois de seu aparecimento, liberando cheiro característico dos matadouros de

higiene deficiente. O aspecto dessas águas residuárias é desagradável, tendo cor avermelhada, pelancas e pedaços de gordura em suspensão; são praticamente opacas e em sua parte coloidal contam com a presença de microrganismos patogênicos, sempre que os animais abatidos não estiverem em perfeito estado de saúde.

Os processos de tratamento comumente usados na depuração dos despejos de matadouros são:

- Processos anaeróbios: lagoas anaeróbias e unidades anaeróbias de contato;
- Sistema de lagoas aeróbias;
- Lodos ativados e suas variações;
- Filtros biológicos de alta taxa;
- Discos biológicos rotativos (biodiscos).

Todos estes processos reduzem a DBO de 70 – 95% e os sólidos em suspensão de 80 – 95% (BRAILE, 1993).

3.3. Siderurgia

3.3.1. Introdução

O ferro, como elemento puro, não é encontrado na natureza, de modo que é necessário extraí-lo dos minérios. O minério de ferro é formado de ferro, oxigênio e outros elementos.

Um minério é considerado rico quando contém uma porcentagem de ferro puro acima de 50%; um minério bom contém de 25 a 50%, enquanto um teor inferior a 25% é considerado pobre.

A extração é feita rompendo-se as ligações químicas, de modo a deixá-lo livre. Adicionando-se a estes compostos, em temperaturas elevadas, elementos que possuem maior afinidade com o oxigênio, este liberta-se e combina-se com os referidos elementos.

Este processo de separação do oxigênio é chamado de redução e diz-se que os minérios foram reduzidos em ferro. As substâncias capazes de tirar o oxigênio de uma combinação química se chamam redutores. O redutor mais importante na siderurgia é o carbono (C).

A classificação do produto siderúrgico se faz, geralmente, com relação ao seu teor de carbono. De acordo com este critério, tem-se:

- Ferro-gusa (teor de C de 1,7 a 6,67 %)
- Aço (teor de C inferior a 1,7 %)

3.3.2. Uso da água nas siderurgias

O consumo de água na produção de ferro e aço é elevado. A quantidade de água usada para a produção de uma tonelada de aço bruto varia entre 100 e 500 m³ (BRAILE, 1993).

A água nas siderúrgicas é usada principalmente com as seguintes finalidades:

- Refrigeração de diversas unidades de produção;
- Refrigeração e depuração de gás;
- Refrigeração durante o processamento da laminação;
- Águas de lavagem e despejos de equipamentos de lavagem;
- Fins sanitários.

3.3.3. Ferro-gusa

O ferro-gusa é uma liga Fe-C, resultante do tratamento dos minérios de ferro no alto forno.

O ferro-gusa é duro, tem baixa resistência mecânica, não é maleável, porém, é fundível, e contém sempre doses de substâncias estranhas, como seja o silício, fósforo, enxofre, manganês, cobre etc.

O ferro-gusa é, pois, uma forma intermediária do ferro, através da qual são obtidos todos os produtos siderúrgicos comerciáveis.

De acordo com os processos de fabricação mais comuns, o ferro-gusa pode ser:

- De forno elétrico de redução;
- De alto-forno a carvão vegetal;
- De alto-forno a coque.

A Figura 3.4 apresenta um fluxograma de alto-forno a coque

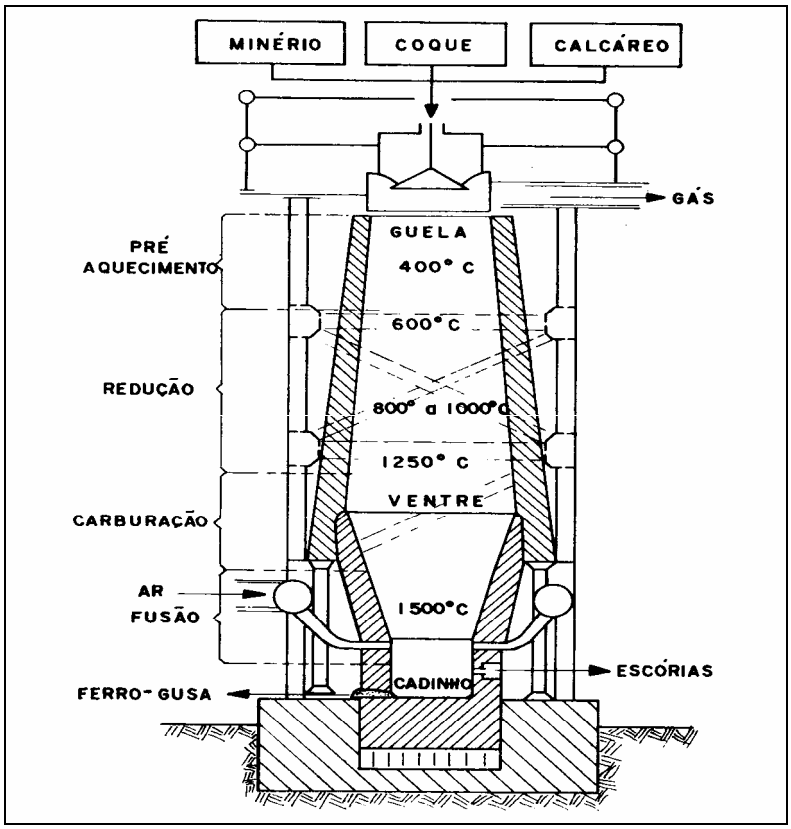


Figura 3.4 – Fluxograma de alto-forno a coque

Fonte: BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais, São Paulo, Cetesb, 1993, p.383.

3.3.4. Características dos despejos do alto-forno

Os principais despejos do alto-forno resultam da operação de limpeza do gás. O volume desses despejos varia entre 6300 – 17000 L/t. Esses despejos contem quantidades significativas de cianetos, fenol, amônia, sulfato e sólidos em suspensão (SS). Os despejos dos altos-fornos de ferro-manganês possuem concentrações de cianetos mais elevadas do que os provenientes dos altos-fornos de ferro.

A tabela 3.2 fornece o resultado das análises dos despejos do alto-forno de ferro e de ferro-manganês.

A figura 3.5 constitui um exemplo de tratamento dos despejos do alto-forno de uma indústria.

Características	Limites de variação	
	Alto-forno Fe	Alto-forno Fe-Mn
Vazão (1/ t)	8050 - 22500	32.200
Amônia (mg/1)	1,41 - 12,3	114
Cianetos (mg/ 1)	0 - 1,44	23,6
Fenol (mg/l)	0 - 0,6	0,13
SS (mg/1)	307 - 1720	5000
Fluoretos (mg/1)	0 - 2,16	0
Sulfetos (mg/1)	0 - 38,8	833

Tabela 3.2 — Despejos dos altos-fornos de ferro e ferro-manganês

Fonte: BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais, São Paulo, Cetesb, 1993, p.385.

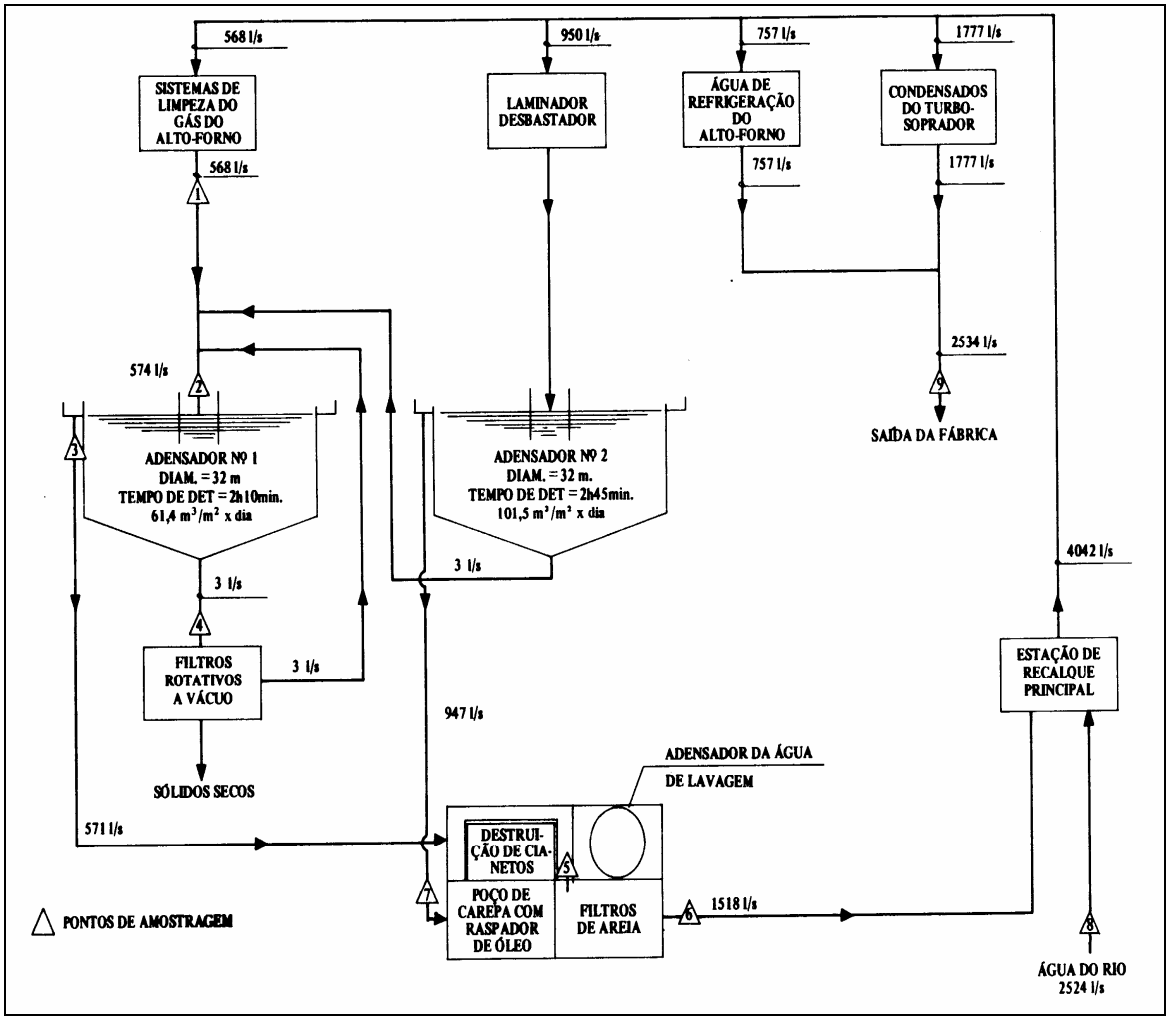


Figura 3.5 – Fluxograma do tratamento dos despejos do alto-forno produzindo 2400 toneladas de ferro-gusa por dia.

Fonte: BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais, São Paulo, Cetesb, 1993, p386.

CAPÍTULO 4

MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DESPEJOS INDUSTRIAIS

4.1. Métodos físicos

Os métodos físicos abrangem a remoção de sólidos flutuantes de dimensões relativamente grandes, de sólidos em suspensão, areia, óleos e gorduras. Para essa finalidade são utilizados:

a) Grades: destina-se a reter sólidos grosseiros em suspensão e são utilizadas para a proteção de bombas, válvulas e outros equipamentos contra obstrução.

b) Peneiras: dispositivos destinados à retenção de partículas mais finas. A fim de evitar entupimentos, devem ser do tipo rotativo.

c) Caixas de areia ou desarenadores: destinam-se à retenção de areia e outros detritos pesados inertes, em suspensão nas águas residuárias. São utilizadas com o objetivo de proteger bombas e tubulações contra a abrasão e entupimento.

d) Tanque retentor de óleo: óleos e gorduras livres presentes nos despejos formam uma escuma de efeitos estéticos desagradáveis, além de prejudicarem seriamente o tratamento biológico.

e) Tanques de decantação: são empregados na separação dos sólidos sedimentáveis contidos nas águas residuárias.

f) Flotação: consiste na insuflação de ar comprimido em um tanque. As bolhas de ar carreiam para a superfície substâncias menos densas do que a água.

g) Ultrafiltração: são utilizadas membranas semipermeáveis permitindo a separação de moléculas de tamanhos diferentes.

4.2. Métodos químicos e físico-químicos

Em tratamentos de despejos, os métodos podem ser utilizados para remover material coloidal, cor e turbidez, odor, ácidos, álcalis, metais pesados e óleos. Além disso, os reagentes químicos são utilizados para neutralizar despejos industriais, não só para evitar o lançamento de águas ácidas ou alcalinas no corpo de água receptor, mas, também, como medida necessária para proteção de tratamentos de jusante, tal como a depuração por métodos biológicos.

- Neutralização de despejos ácidos: utilizam-se lama de cal, calcáreo, carbonato de sódio, soda cáustica, amônia, despejos alcalinos.

- Neutralização de despejos alcalinos: utilizam-se ácido sulfúrico, ácido clorídrico, dióxido de carbono, despejos ácidos.

- Floculação química: utilizam-se principalmente sulfato de alumínio e cal. Comumente são adicionados polieletrólitos.

- Outros processos: oxidação, redução, precipitação, troca iônica, recuperação eletrolítica, adsorção, osmose reversa, extração por solventes, etc.

4.3. Métodos biológicos

Segundo Metcalf & Eddy (1991), os objetivos do tratamento biológico de águas residuárias são a remoção de sólidos coloidais não sedimentáveis e estabilização da matéria orgânica. Esses objetivos são alcançados pela atividade de diversos microrganismos, principalmente bactérias.

Os principais processos biológicos empregados em tratamento de esgoto são o aeróbio e o anaeróbio. Em cada processo, há diferenças quanto ao crescimento biológico (suspenso ou aderido), quanto ao fluxo (contínuo ou intermitente) e quanto à hidráulica (mistura completa, fluxo de pistão ou fluxo arbitrário).

4.3.1. Processo anaeróbio

O processo de digestão anaeróbio consiste na degradação biológica de substâncias orgânicas complexas na ausência de oxigênio livre.

A partir de 1950 foram desenvolvidas muitas variantes de processo anaeróbio, visando melhorar a eficiência do tratamento anaeróbio, e introduziu-se o conceito de agitação e o conceito de processo anaeróbio de contato.

Por volta dos anos 70, surgiu à preocupação com o consumo de energia, os elevados custos dos tratamentos convencionais, a valorização da ocupação do solo e a necessidade de proteção ambiental, colocando então o tratamento anaeróbio em destaque. Desta forma, foram desenvolvidas novas tecnologias e por conseqüência reatores classificados como sendo de alta taxa, como por exemplo, os reatores de leito fluidizado, os filtros anaeróbios, o reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket) entre outros (OLIVA, 1997).

Tipos de reatores anaeróbios:

- Reatores de baixa taxa

– Biodigestores: tem sido utilizado para o tratamento de resíduos agropecuários (estrume), resíduos de processamento de grãos e às vezes para esgoto, tendo como principal objetivo a produção de fertilizante (que estão livres de patogênicos após uma digestão de 20-30 dias). É encontrado em algumas áreas rurais da China, Coréia, Nepal e Índia.

– Tanque séptico: patenteado por *D. Cameron* em 1895, na Inglaterra, o tanque séptico é uma unidade que consiste em tanque fechado onde ocorre a sedimentação, digestão anaeróbia e adensamento de lodo. Há uma boa remoção de sólidos sedimentáveis, porém o efluente ainda contém DBO elevada e patogênicos. Normalmente, são unidades pequenas para até 50 casas ou para edifícios tipo escolas e hospitais. O tempo de residência é, em geral, da ordem de 1 dia.

- Tanque Imhoff: desenvolvido por *K. Imhoff* em 1905, na Alemanha, é um tanque desenvolvido em dois compartimentos. Na câmara superior ocorre a sedimentação, enquanto que na câmara inferior os sólidos retidos sofrem digestão anaeróbia. O tempo de residência do líquido é em torno de algumas horas, o lodo é removido em geral no período de 20-30 dias. Unidade de tratamento para pequenas comunidades, simples construção e manutenção.

- Lagoa anaeróbia: unidade de tratamento geralmente integrante de um sistema de lagoas em série, do tipo lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação. O tempo de detenção em lagoas anaeróbias (2 a 5 dias) é, em geral, mais longo do que em sistemas de tratamento primário e, portanto a eficiência de remoção de DBO pode ser mais elevada. Apesar da operação das lagoas ser considerada simples, não se deve menosprezar o aspecto de manutenção das mesmas.

- Reatores de alta taxa

- Filtro anaeróbio: é um reator de fluxo ascendente provido ou não de sistema de recirculação do efluente que contém, no seu interior, meio suporte (normalmente de material inerte de elevada área específica) para o crescimento da biomassa aderida à superfície. A matéria orgânica é estabilizada através da ação de microrganismos retidos nos interstícios ou aderidos ao material suporte formando o biofilme. O reator de leito fixo descendente é a versão do filtro anaeróbio concebida para minimizar problemas de colmatação e entupimento do leito.

- Processo anaeróbio de contato: esse processo é o equivalente anaeróbio do sistema de lodos ativados e consiste de um reator de mistura completa seguido por decantador; o lodo sedimentado no decantador é retornado ao reator, sendo misturado com o afluente e então digerido sem que ocorra a entrada de ar; após a digestão a mistura é separada no decantador (METCALF & EDDY, 1991). O problema nesse tipo de tratamento é a separação de sólidos, pois a produção de gás não cessa no decantador, provocando a perda efetiva de lodo juntamente com o efluente. Devido a isso, as cargas orgânicas aplicadas ao sistema são limitadas.

- Reator de leito fluidizado: contém um meio suporte para o crescimento aderido (geralmente este meio suporte é a areia) que é mantido em suspensão graças à velocidade de escoamento ascensional imposta do líquido em seu interior. Os reatores de leito fluidizado possuem dispositivos especiais para o controle do biofilme, taxas de recirculação muito altas e que representam grande ônus sendo somente razoáveis para despejos diluídos como é o caso dos esgotos domésticos, e estruturas de biomassa prejudicadas por grandes quantidades de sólidos em suspensão no afluente. Neste tipo de reator, devido à velocidade elevada, é difícil a existência de organismos livres.

- Reator de manta de lodo granular expandido (EGSB): esse reator é uma modificação do UASB, difere deste último devido a maior velocidade ascensional do fluxo segundo OLIVA (1997) entre 2,5 e 5,0 m/h resultando na expansão do leito do lodo granulado. Esse aumento na velocidade pode ser obtido através de um aumento na relação altura / diâmetro ou pela recirculação do efluente.

- Reator UASB: o reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo é uma unidade de fluxo ascendente que possibilita o transporte das águas residuárias através de uma região que apresenta elevada concentração de microrganismos anaeróbios. Esse reator oferece condições para que uma grande quantidade de lodo biológico fique em seu interior em decorrência das características hidráulicas de escoamento e também da natureza desse lodo. O UASB não contém nenhum tipo de material suporte; ao invés disso, possui na parte superior um dispositivo destinado à sedimentação de sólidos e à separação das fases sólida-líquida-gasosa. Esse dispositivo é de fundamental importância, pois é responsável pelo retorno de lodo e conseqüentemente pela garantia do alto tempo de detenção celular do processo.

4.3.2. Processo aeróbio

O processo aeróbio de tratamento de águas residuárias consiste na degradação biológica de substâncias orgânicas complexas na presença de oxigênio livre.

A partir do final do século XIX e início do século XX é que se passou a tratar água residuária visando controlar a degradação de corpos hídricos causada pelo

crescimento demográfico excessivo, pela industrialização e pela necessidade de quantidades de água cada vez maiores. Os primeiros tratamentos de águas residuárias desenvolvidos visavam somente à remoção dos sólidos sedimentáveis através da decantação simples. Somente nas primeiras décadas do século XX é que se iniciou o desenvolvimento de técnicas de tratamento para a obtenção da remoção mais completa do material orgânico.

Segundo SILVA (1993), no tratamento de resíduos orgânicos biodegradáveis o principal fator limitante para estabilização aeróbia é o fornecimento de oxigênio. Há duas possibilidades para esse fornecimento: utilizar uma fonte física de oxigênio (o ar atmosférico) ou uma fonte bioquímica.

Quanto ao ar atmosférico, pode-se considerá-lo como fonte de oxigênio para um ambiente líquido, desde que se aumente a superfície líquida em relação ao seu volume, de forma a oferecer a maior área possível de contato direto do líquido com o ar; ou que se provoca uma agitação (turbulência) na água de modo a misturar continuamente sua película superficial (sempre saturada de oxigênio) com o restante do meio líquido, ao mesmo tempo em que é renovada a película de oxigênio exposta ao ar; ou que se introduza ar na forma de borbulhamento no meio do mesmo líquido, ampliando também a superfície de contato entre ar e água.

A primeira dessas possibilidades é aplicada nos chamados "filtros biológicos". Já as outras são aplicadas no processo de tratamento aeróbio "lodos ativados".

Os processos de tratamento aeróbio são divididos em (SPERLING, 1996):

- Processos com crescimento aderido ou processos de leito fixo

  - Filtro biológico ou leito percolador: os filtros biológicos consistem de um leito de material altamente permeável, nos quais se aderem os microrganismos e através dos quais o líquido a ser tratado é percolado. O material de enchimento consiste de pedras ou de plástico, sendo este último empregado mais recentemente. O líquido a ser tratado é distribuído sobre o topo por um distribuidor rotativo. Os filtros são construídos com um dreno inferior para a coleta do líquido tratado e dos sólidos que se desprendem do material do leito, além de permitir a circulação do ar através do leito. Os líquidos coletados são encaminhados a um decantador onde os sólidos são separados do efluente

final. É comum uma parte dos líquidos coletados no sistema de drenagem, ou do efluente final, retornar ao filtro para diluir o despejo ou ainda para manter taxas de aplicação superficial mínimas, adequadas à boa operação do sistema. A matéria orgânica presente no despejo é degradada por uma população de microrganismos presa ao material de enchimento do filtro. Os filtros biológicos são classificados, em função das taxas de aplicação hidráulica e orgânica, como: filtros de baixa taxa (convencional), de taxa intermediária, de alta taxa e de taxa super alta.

- Bio-disco: consiste num contator biológico de rotação de uma série de discos circulares próximos um dos outros. Os discos são submersos na água residuária rotacionados vagarosamente. Em operação, crescimentos biológicos aderem às superfícies dos discos e eventualmente formam uma camada de limo (lodo) sobre toda a área superficial molhada do disco. A rotação destes alterna o contato da biomassa com a matéria orgânica na água residuária e com a atmosfera para a adsorção do oxigênio. A rotação do disco afeta transferência do oxigênio e mantêm a biomassa em condições aeróbias. A rotação também atua na remoção do excesso de sólidos dos discos através de forças de cisalhamento; isto mantém os sólidos em suspensão e assim eles podem ser retirados da unidade para serem segmentados.

- Filtro biológico aerado submerso: processo usado tanto para remoção de DBO carbonácea quanto para nitrificação. Tipicamente um reator de meio suporte comprimido no qual os microrganismos podem aderir. A água residuária é introduzida no fundo do reator através de um sistema de drenagem apropriado ou câmara aberta. O ar ou oxigênio puro necessário para o processo é também introduzido com a água residuária (METCALF & EDDY, 1991).

- Processos com crescimento suspenso

- Lagoa aerada: o fornecimento do oxigênio é através de aeração difusa ou superficial, todos os sólidos são mantidos em suspensão. A nitrificação sazonal ou contínua ocorre em sistemas de lagoas aeradas, o grau de nitrificação depende das condições de operação e projeto das lagoas bem como da temperatura da água

residuária. A experiência tem mostrado que lagoas aeradas seguidas de um sistema de separação de sólidos, apresentam um efluente de boa qualidade (ALÉM SOBRINHO, 1999).

- Reator seqüencial em batelada (RSB): segundo VAN HAANDEL & MARAIS (1999), *Ardern* e *Lockett*, em 1914, constataram que a adição do lodo retirado (organismos adaptados ao substrato) a uma outra batelada de água residuária resultava numa aceleração notável do processo de remoção do material orgânico e um crescimento adicional do lodo. A capacidade de acelerar a remoção do material orgânico de águas residuárias fez com que o lodo biológico fosse chamado de "lodo ativo". Na versão original a água residuária era introduzida num reator biológico onde se encontrava o lodo ativado e depois de encher o reator, o conteúdo era aerado resultando na depuração da água residuária. A aeração era então interrompida e, através de sedimentação, separava-se o lodo ativado da água residuária tratada. Após a descarga da água depurada introduzia-se uma nova batelada de água residuária e iniciava-se um novo ciclo de tratamento.

- Lodos ativados: o processo de lodos ativados, desenvolvido em 1914 por *Ardern* e *Lockett* é considerado o mais versátil dentre os sistemas biológicos de tratamento de águas residuárias. É possível obter-se um efluente com uma baixa concentração de matéria orgânica, quer a concentração da mesma no afluente seja elevada ou baixa. O sistema é constituído basicamente de um tanque de aeração onde a água residuária é estabilizada biologicamente por uma massa de microrganismos, que constitui o floco biológico, insolúvel, e que exerce demanda de oxigênio. A esses flocos dá-se o nome de "lodo ativado". O ambiente aeróbio é mantido graças à utilização de equipamentos de transferência de oxigênio (difusores de ar ou aeradores superficiais). Além do tanque de aeração, existe um decantador onde são removidos os flocos biológicos do seu efluente. Parte do floco biológico retorna ao tanque de aeração, através de bombeamento, constituindo o denominado "lodo de retorno". Este lodo mistura-se com o afluente no tanque de aeração e forma-se o "licor"; sendo fundamental que essa mistura seja bastante uniforme. Uma das finalidades do retorno é manter uma relação adequada entre a matéria orgânica do afluente e a massa de microrganismos presente no tanque de

aeração. O lodo de retorno é um excelente acelerador do processo de estabilização da matéria orgânica, pois além de ser um inoculador ao afluente do tanque de aeração, é de alta capacidade de depuração. Após o sistema entrar em equilíbrio retira-se do sistema o excesso de lodo produzido, de modo a manter determinado teor de sólidos voláteis em suspensão no tanque de aeração (AISSE, 1985). Segundo VON SPERLING (1996), o sistema de lodos ativados pode alcançar até 98% de eficiência na remoção da DBO, sendo a faixa de eficiência do sistema convencional de 85-93% de remoção de DBO e do sistema de aeração prolongada de 93-98 % de remoção de DBO.

CAPÍTULO 5

CONCEITOS GERAIS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

5.1. Classificação das águas

A resolução CONAMA nº 20, de 18/06/1986, dividiu as águas do território nacional em águas doces (salinidade < 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 3%), e salinas (salinidade > 3%). Em função dos usos previstos, foram criadas nove Classes de águas. A tabela 5.1 apresenta um resumo dos usos preponderantes das Classes relativas à água doce, em que a Classe Especial pressupõe os usos mais nobres, e a Classe 4, os menos nobres (SPERLING, 1996).

Uso	Classe				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	x (a)	x (b)	x (b)	x	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	x				
Recreação de contato primário		x	x		
Proteção das comunidades aquáticas		x	x		
Irrigação		x (c)	x (d)	x (e)	
Criação de espécies (aqüicultura)		x	x		
Dessedentação de animais				x	
Navegação					x
Harmonia paisagística					x
Usos menos exigentes					x

(a) após tratamento simples; (b) após tratamento convencional; (c) hortaliças e frutas rentes ao solo; (d) hortaliças e plantas frutíferas; (e) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

Tabela 5.1. Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes (Resolução CONAMA nº 20, 18/06/86)

Fonte: Von Sperling, Marcos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v.1. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 1996. 243p.

5.2. Requisitos de qualidade

Independente da legislação tem-se que os requisitos (e não os padrões) de qualidade de uma água são função do seu uso previsto. Para vários usos não há padrões específicos, mas sim o objetivo do atendimento a determinados requisitos de qualidade. A tabela 5.2. apresenta os principais requisitos para cada uso, sendo que alguns dos requisitos associados às características ambientais dos corpos d'água são posteriormente transcritos na forma de padrões (tabela 5.3).

Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Abastecimento de água doméstico	-	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde • Isenta de organismos prejudiciais à saúde • Adequada para serviços domésticos • Baixa agressividade e dureza • Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de microrganismos)
Abastecimento industrial	Água é incorporada ao produto (ex: alimento, bebidas, remédios)	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde • Isenta de organismos prejudiciais à saúde • Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor)
	Água entra em contato com o produto	• Variável com o produto
	Água não entra em contato com o produto (ex: refrigeração, caldeiras)	• Baixa dureza • Baixa agressividade
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde • Isenta de organismos prejudiciais à saúde • Salinidade não excessiva
	Demais plantações	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações • Salinidade não excessiva
Dessedentação de	-	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde

animais		dos animais • Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais
Preservação da fauna e da flora	-	• Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar
Recreação e lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido; ex: natação, esqui, surfe)	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde • Isenta de organismos prejudiciais à saúde • Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido; ex: navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo)	• Aparência agradável
Geração de energia	Usinas hidrelétricas	• Baixa agressividade
	Usinas nucleares ou termelétricas (ex: torres de resfriamento)	• Baixa dureza
Transporte	-	• Baixa presença de material grosseiro que possa por em risco as embarcações
Diluição de despejos	-	-

Tabela 5.2. Associação entre usos da água e os requisitos de qualidade.

Fonte: Von Sperling, Marcos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v.1 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 1996. p.41.

Parâmetro	Unidade	Padrão para corpo d'água classe				Padrão de lançamento
		1	2	3	4	
Cor	uH	30	75	75	-	-
Turbidez	uT	40	100	100	-	-
Sabor e odor	-	VA	VA	VA	-	-
Temperatura	°C	-	-	-	-	40
Materiais flutuantes	-	VA	VA	VA	VA	ausente
Óleos e graxas	-	VA	VA	VA	(1)	(2)
Corantes artificiais	-	VA	VA	VA	-	-
pH	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	5 a 9
DBO_5	mg/L	3	5(3)	10(3)	-	60,0(4)
DQO	mg/L	-	-	-	-	90,0
OD	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2	-
Sólidos em suspensão	mg/L	-	-	-	-	100,0
Coliformes totais	org/100mL	1.000	5.000	20.000	-	-
Coliformes fecais	org/100mL	200	1.000	4.000	-	-
Substâncias potencialmente prejudiciais						
Alumínio	mgAl/L	0,1	0,1	0,1	-	-
Amônia livre	$mgNH_3/L$	0,02	0,02	-	-	-
Amônia total		-	-	0,1	-	5,0
Arsênio	mgAs/L	0,05	0,05	0,05	-	0,05
Bário	mgBa/L	1,0	1,0	1,0	-	5,0
Berílio	mgBe/L	0,1	0,1	0,1	-	-
Boro	mgB/L	0,75	0,75	0,75	-	5,0
Cádmio	mgCd/L	0,001	0,001	0,001	-	0,2
Cianetos	mgCN/L	0,01	0,01	0,2	-	0,2
Chumbo	mgPb/L	0,03	0,03	0,05	-	0,5
Cloretos	mgCl/L	250	250	250	-	-
Cloro residual	mgCl/L	0,01	0,01	-	-	-
Cobalto	mgCo/L	0,2	0,2	0,2	-	-
Cobre	mgCuL	0,02	0,02	0,5	-	1,0
Cromo VI	mgCr/L	0,05	0,05	0,05	-	0,5
Cromo III	mgCr/L	0,5	0,5	0,5	-	2
Estanho	mgSn/L	2,0	2,0	2,0	-	4,0
Índice de fenóis	mgC_6H_5OH/L	0,001	0,001	0,3	-	0,5
Ferro solúvel	mgFe/L	0,3	0,3	5,0	-	15,0
Fluoretos	mgF/L	1,4	1,4	1,4	-	10,0
Fosfato total	mgP/L	0,025	0,025	0,025	-	-
Lítio	mgLi/L	2,5	2,5	2,5	-	-
Manganês	mgMn/L	0,1	0,1	0,5	-	-
Manganês solúvel	mgMn/L	-	-	-	-	1,0
Mercúrio	mgHg/L	0,0002	0,0002	0,002	-	0,01

Níquel	mgNi/L	0,025	0,025	0,025	-	2,0
Nitrato	mgN/L	10,0	10,0	10,0	-	-
Nitrito	mgN/L	1,0	1,0	1,0	-	-
Prata	mgAg/L	0,01	0,01	0,05	-	0,1
Selênio	mgSe/L	0,01	0,01	0,01	-	0,05
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	500	500	-	-
Substâncias tenso-ativas	mg/LAS/L	0,5	0,5	0,5	-	-
Sulfatos	$mgSO_4/L$	250	250	250	-	-
Sulfetos (H_2S não dissoc.)	mgS/L	0,002	0,002	0,3	-	1,0
Sulfitos	$mgSO_3/L$	-	-	-	-	1,0
Urânio total	mgU/L	0,02	0,02	0,02	-	-
Vanádio	mgV/L	0,1	0,1	0,1	-	-
Zinco	mgZn/L	0,18	0,18	5,0	-	5,0
Benzeno	mg/L	0,01	0,01	0,01	-	-
Benzo-a-pireno	mg/L	0,00001	0,00001	0,00001	-	-
1,2 dicloroeteno	mg/L	0,0003	0,0003	0,0003	-	-
1,2 dicloroetano	mg/L	0,01	0,01	0,01	-	-
Pentaclorofenol	mg/L	0,01	0,01	0,01	-	-
Tetracloroeteno	mg/L	0,01	0,01	0,01	-	-
Tricloroeteno	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	1,0
Tetracloreto de carbono	mg/L	0,003	0,003	0,003	-	1,0
Pesticidas e outros(5)	mg/L	-	-	-	-	-
Regime de lançamento		-	-	-	-	(6)

(VA) Virtualmente ausentes; (1) Toleram-se efeitos das cores do arco-íres; (2) Minerais: 20mg/L; vegetais e gorduras animais: 50mg/L; (3) Pode ser ultrapassado caso estudos de autodepuração indiquem que o OD deverá estar dentro dos padrões, nas condições críticas de vazão (média das mínimas de 7 dias consecutivos em 10 anos de recorrência); (4) Este limite só poderá ser ultrapassado no caso do sistema de tratamento de águas residuárias reduzir a carga poluidora de efluente, em termos de DBO_5 do despejo, em, no mínimo de 85%; (5) Várias substâncias, consultar a resolução; (6) Regime de lançamento: a vazão máxima deverá ser de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade do agente poluidor.

Tabela 5.3 – Padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classes (água doce) e padrão de lançamento (Resolução CONAMA n° 20, 18/06/1986)

Fonte: Von Sperling, Marcos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v.1 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 1996. p.44.

5.3. Principais Fontes de Poluição das Águas

A poluição das águas tem como origem diversas fontes, associadas ao tipo de uso e ocupação do solo, dentre as quais destacam-se:

- efluentes domésticos;
- efluentes industriais;
- carga difusa urbana e agrossilvipastoril;
- mineração;
- natural;
- acidental.

Cada uma das fontes citadas acima possui características próprias quanto aos poluentes que carreiam. Os esgotos domésticos, por exemplo, apresentam compostos orgânicos biodegradáveis, nutrientes e microrganismos patogênicos. Já para os efluentes industriais há uma maior diversificação nos contaminantes lançados nos corpos d'águas, em função dos tipos de matérias-primas e processos industriais utilizados. O deflúvio superficial urbano contém, geralmente, todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Na ocorrência de chuvas, os materiais acumulados em valas, bueiros, etc., são arrastados pelas águas pluviais para os cursos d'águas superficiais, constituindo-se numa fonte de poluição tanto maior quanto menos eficiente for a coleta de esgotos ou a limpeza pública.

A poluição agrossilvipastoril é decorrente das atividades ligadas à agricultura, silvicultura e pecuária. Quanto à atividade agrícola, seus efeitos dependem muito das práticas utilizadas em cada região e da época do ano em que se realizam as preparações do terreno para o plantio, assim como, do uso intensivo dos defensivos agrícolas. A contribuição representada pelo material proveniente da erosão de solos intensifica-se quando da ocorrência de chuvas em áreas rurais. Os agrotóxicos com alta solubilidade em água podem contaminar águas subterrâneas e superficiais através do seu transporte com o fluxo de água.

A poluição natural está associada às chuvas e escoamento superficial, salinização, decomposição de vegetais e animais mortos e a acidental é proveniente de derramamentos acidentais de materiais na linha de produção ou transporte.

Os inconvenientes da poluição das águas segundo NETO, 1993, são:

a) De ordem sanitária: impropriedade da água para banhos; envenenamento e diminuição da flora e da fauna superior, inclusive peixes, contribuindo para o aparecimento de organismos inferiores, muito dos quais patogênicos e de agentes tóxicos de natureza química.

Ex.: ocorrência de cianobactérias / cianotoxinas, conhecidas algas azuis.

b) De ordem econômica - social: desvalorização das terras marginais, eliminação da possibilidade de novas indústrias se instalarem, elevação dos custos do tratamento para novo uso da água, danos à estrutura fixas e móveis das massas de água (cais, pontes, embarcações), perigos para irrigação, eliminação de esportes aquáticos, da pesca como recreação, etc.

5.4. Parâmetros Indicativos da Qualidade das Águas

Num monitoramento que permite caracterizar a qualidade da água e o grau de contaminação dos cursos d'água são analisados parâmetros físicos, químicos, microbiológicos de qualidade de água, levando em conta os mais representativos, os quais são relatados a seguir:

a) Parâmetros Físicos: temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais, sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis, cor, turbidez;

b) Parâmetros Químicos: alcalinidade, acidez, dureza, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,\ 20}$), demanda química de oxigênio (DQO), nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fósforo total, detergentes, óleos e graxas, fenóis, cloretos, ferro, potássio, sódio, sulfetos, magnésio, manganês, alumínio, zinco, bário, cádmio, boro, arsênio, níquel, chumbo, cobre, cromo (III), cromo (IV), selênio, mercúrio;

c) Parâmetros microbiológicos: coliformes fecais, coliformes totais e estreptococos totais.

5.4.1. Parâmetros Físicos

- Temperatura

A temperatura da água é um fator que influencia a grande maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na água, assim como, outros processos como a solubilidade dos gases dissolvidos. Uma elevada temperatura faz diminuir a solubilidade dos gases, por exemplo, o oxigênio dissolvido, além de aumentar a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis.

Os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferencial em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. Variações de temperatura são partes do regime climático normal e corpos d'água natural apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical.

- Cor

A cor é originada de forma natural, da decomposição da matéria orgânica, principalmente dos vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos, além do ferro e manganês. A origem antropogênica surge dos resíduos industriais e esgotos domésticos. Apesar de ser pouco freqüente a relação entre cor acentuada e risco sanitário nas águas coradas, a cloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos, dentre eles, os trihalometanos.

- Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode,

por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas.

- Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions e pela temperatura. As principais fontes dos sais naturalmente contidos nas águas correntes e de origem antropogênica são: descargas industriais de sais, consumo de sal em residências e no comércio, excreções de sais pelo homem e por animais.

A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

- Sólidos

Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos d'água. Os sólidos podem ser classificados de acordo com seu tamanho e características químicas.

5.4.2. Parâmetros Químicos

- Alcalinidade

É a quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e os hidróxidos. As origens naturais da alcalinidade são a dissolução de rochas e as reações do dióxido de carbono (CO_2), resultantes da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica, com a água. Além desses, os despejos industriais são responsáveis pela alcalinidade nos cursos d' água. Esta variável deve ser avaliada por ser importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações.

- Dureza

É a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions mais freqüentemente associados à dureza são os cátions divalentes Ca^{2+} e Mg^{2+}. As principais fontes de dureza são a dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, exemplificando as rochas calcáreas e os despejos industriais. A ocorrência de determinadas concentrações de dureza na água causa um sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos. Além disso, causa incrustação nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, em função da maior precipitação nas temperaturas elevadas.

- Acidez

A acidez é a capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. É devida principalmente à presença de gás carbônico livre (pH entre 4,5 e 8,2).

Tem pouco significado sanitário. Águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar, sendo recusadas. São também responsáveis pela corrosão de tubulações e materiais.

- Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em conseqüência, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar no desaparecimento dos seres presentes na mesma. Os valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão do sistema de distribuição de água, ocorrendo assim, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, e dificultar a descontaminação das águas.

- Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Através da medição do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos

oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

É definida como a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg/L, que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é freqüentemente usado e referido como $DBO_{5,20}$.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizadas nas estações de tratamento de água.

- Demanda Química de Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e em primeiro lugar, orientando o teste da DBO. A análise da DQO é útil para detectar a presença de substâncias resistentes à degradação biológica. O aumento da concentração da DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial.

- Nitrato

É a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas. Concentrações de nitratos superiores a 5mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte de nitrato são dejetos humanos e animais. Os nitratos estimulam o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos, como algas, florescem na

presença destes e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado, processo denominado de eutrofização.

- Nitrito

É uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. A presença de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

- Nitrogênio Amoniacal (amônia)

É uma substância tóxica não persistente e não cumulativa e, sua concentração, que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Grandes quantidades de amônia podem causar sufocamento de peixes.

A concentração total de Nitrogênio é altamente importante considerando-se os aspectos tópicos do corpo d'água. Em grandes quantidades o Nitrogênio contribui como causa da metemoglobinemia (síndrome do bebê azul).

- Óleos e Graxas

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos corpos d'água, dentre eles, destacam-se os de refinarias, frigoríficos e indústrias de sabão.

A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere a sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas no tratamento de água.

A presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água.

Em processo de decomposição a presença dessas substâncias reduz o oxigênio dissolvido elevando a DBO e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático. Na legislação brasileira não existe limite estabelecido para esse parâmetro, a recomendação é que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para as classes 1, 2 e 3.

- Fósforo Total

O fósforo é originado naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. A origem antropogênica é oriunda dos despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. A presença de fósforo nos corpos d'água desencadeia o desenvolvimento de algas ou outras plantas aquáticas desagradáveis, principalmente em reservatórios ou águas paradas, podendo conduzir ao processo de eutrofização.

- Cádmio (Cd)

O cádmio possui uma grande mobilidade em ambientes aquáticos, é bioacumulativo e persistente no ambiente, acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. Está presente em águas doces em concentrações traços, geralmente inferiores a 1 μg/L. Pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis e também é utilizado na produção de pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, praguicidas etc.

É um subproduto da mineração do zinco. O elemento e seus compostos são considerados potencialmente carcinogênicos e pode ser fator para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, doenças crônicas em idosos e câncer.

- Bário (Ba)

Em geral ocorre nas águas naturais em baixas concentrações, variando de 0,7 a 900 μg/L. É normalmente utilizado nos processos de produção de pigmentos, fogos de artifício, vidros e praguicidas. A ingestão de bário, em doses superiores às permitidas, pode causar desde um aumento transitório da pressão sangüínea, por vasoconstrição, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração.

- Chumbo (Pb)

Em sistemas aquáticos, o comportamento de compostos de chumbo é determinado principalmente pela hidrossolubilidade. Concentrações de chumbo acima de 0,1mg/L inibem a oxidação bioquímica de substâncias orgânicas, e são prejudiciais para os organismos aquáticos inferiores. Concentrações de chumbo entre 0,2 e 0,5 mg/L empobrecem a fauna, e a partir de 0,5 mg/L a nitrificação é inibida na água.

O chumbo é uma substância tóxica cumulativa. Uma intoxicação crônica por este metal pode levar a uma doença denominada saturnismo, que ocorre na maioria das vezes, em trabalhadores expostos ocupacionalmente. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema periférico o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastro-intestinal, vômitos e diarréias.

- Cobre (Cu)

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, além de precipitação atmosférica de fontes industriais.

As principais fontes industriais são as indústrias de mineração, fundição, refinaria de petróleo e têxtil. No homem, a ingestão de doses excessivamente altas pode

acarretar em irritação e corrosão da mucosa, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso central seguido de depressão.

- Cromo (Cr)

O cromo está presente nas águas nas formas tri e hexavalente. Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e, sua carência, causa doenças. Já na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno, sendo assim, os limites máximos estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente. Os organismos aquáticos inferiores podem ser prejudicados por concentrações de cromo acima de 0,1 mg/L, enquanto o crescimento de algas já está sendo inibido no âmbito de concentrações de cromo entre 0,03 e 0,032 mg/L.

O cromo, como outros metais, acumula-se nos sedimentos. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel e fotografia.

- Níquel (Ni)

A maior contribuição para o meio ambiente, através da atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Além disso, as principais fontes são as atividades de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e, como fontes secundárias, a fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e afetar nervos cardíacos e respiratórios. O níquel acumula-se no sedimento, em musgos e plantas aquáticas superiores.

- Mercúrio (Hg)

Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, fabricação de certos produtos odontológicos e farmacêuticos, indústrias de tintas, dentre outras.

O mercúrio prejudica o poder de autodepuração das águas a partir de uma concentração de apenas 18 μg/L. Este pode ser adsorvido em sedimentos e em sólidos

em suspensão. O metabolismo microbiano é perturbado pelo mercúrio através de inibição enzimática. Alguns microrganismos são capazes de metilar compostos inorgânicos de mercúrio, aumentando assim sua toxicidade.

O peixe é um dos maiores contribuintes para a carga de mercúrio no corpo humano, sendo que o mercúrio mostra-se mais tóxico na forma de compostos organo-metálicos. A intoxicação aguda pelo mercúrio, no homem, é caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarréia, danos nos ossos e morte. A intoxicação crônica afeta glândulas salivares, rins e altera as funções psicológicas e psicomotoras.

- Zinco (Zn)

O zinco é oriundo de processos naturais e antropogênicos, dentre os quais destacam-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, siderurgias, cimento, concreto, cal e gesso, indústrias têxteis, termoelétricas e produção de vapor, além dos efluentes domésticos. Alguns compostos orgânicos de zinco são aplicados como pesticidas. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, levando às perturbações do trato gastro-intestinal.

- Fenóis

Os fenóis são compostos orgânicos, oriundos, nos corpos d'água, principalmente dos despejos industriais. São compostos tóxicos aos organismos aquáticos, em concentrações bastante baixas, e afetam o sabor dos peixes e a aceitabilidade das águas. Para os organismos vivos, os compostos fenólicos são tóxicos protoplasmáticos, apresentando a propriedade de combinar-se com as proteínas teciduais. O contato com a pele provoca lesões irritativas e após ingestão podem ocorrer lesões cáusticas na boca, faringe, esôfago e estômago, manifestadas por dores intensas, náuseas, vômitos e diarréias, podendo ser fatal. Após absorção, tem ação lesiva sobre o sistema nervoso podendo ocasionar cefaléia, paralisias, tremores, convulsões e coma.

- Ferro (Fe)

O ferro aparece, normalmente, da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. O ferro, em quantidade adequada, é essencial ao sistema bioquímico das águas, podendo, em grandes quantidades, se tornar nocivo, dando sabor e cor desagradáveis à água, além de elevar a dureza, tornando-a inadequada ao uso doméstico e industrial.

- Manganês (Mn)

É utilizado na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros. Sua presença, em quantidades excessivas, é indesejável em mananciais de abastecimento público devido ao seu efeito no sabor, tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição. A água potável contaminada com manganês desenvolve a doença denominada manganismo, sintomas similares aos vistos em mineradores de manganês ou trabalhadores de plantas de aço.

- Cloretos

As águas naturais, em menor ou maior escala, contém íons resultantes da dissolução de minerais. Os íons cloretos são advindos da dissolução de sais. Um aumento no teor de cloretos na água é indicador de uma possível poluição por esgotos (através de excreção de cloreto pela urina) ou por despejos industriais, e acelera os processos de corrosão em tubulações de aço e de alumínio, além de alterar o sabor da água.

- Surfactantes

As substâncias tensoativas reduzem a tensão superficial da água, pois possuem em sua molécula uma parte solúvel e outra não solúvel na água. A constituição dos detergentes sintéticos tem como princípio ativo o denominado “surfactante” e algumas substâncias denominadas de coadjuvantes, como o fosfato. O principal inconveniente dos detergentes na água se relaciona aos fatores estéticos, devido à formação de espumas em ambientes aeróbios.

- Sódio (Na)

O sódio pode provir, principalmente, de esgotos, fertilizantes, indústrias de papel e celulose. É comumente medido onde a água é utilizada para beber ou para agricultura, particularmente na irrigação.

- Potássio (K)

O potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais já que rochas que contém potássio são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura e entra nas águas doces com descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas. O potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis.

- Cianetos (CN)

Os cianetos são os sais do hidrácido cianídrico (ácido prússico, HCN) podendo ocorrer na água em forma do ânion (CN^-). Em valores neutros de pH favorece a formação de HCN que é volátil e fatal.

Cianetos têm um efeito muito tóxico sobre microorganismos. Uma diferenciação analítica entre cianetos livres e complexos é imprescindível, visto que a toxicidade do cianeto livre é muito maior.

Os cianetos são utilizados na indústria galvânica, no processamento de minérios (lixiviação de cianeto) e na indústria química. São também aplicados em pigmentos e praguicidas. Podem chegar às águas superficiais através dos efluentes das indústrias galvânicas, de têmpera, de coque, de gás e de fundições.

- Alumínio (Al)

O alumínio é o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes.

O alumínio é pouco solúvel em pH entre 5,5 e 6,0, devendo apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. O

aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez.

Outro aspecto chave da química do alumínio é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Nesta forma, ele é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos d'água.

A principal via de exposição humana não ocupacional é pela ingestão de alimentos e água. O acúmulo de alumínio no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer. Não há indicação de carcinogenicidade para o alumínio.

- Sulfetos

Os sulfetos aparecem combinados com metais e não metais, na forma de complexos e radicais orgânicos ou eles são os sais e ésteres do ácido sulfídrico (H_2S), respectivamente. A maioria dos sulfetos metálicos de uso comercial é de origem vulcânica. Sulfetos inorgânicos encontram aplicações como pigmentos e substâncias luminescentes. Sulfetos orgânicos e disulfetos são amplamente distribuídos no reino animal e vegetal. Sulfetos orgânicos são aplicados industrialmente como protetores de radiação e queratolítica.

Os íons de sulfeto presentes na água podem precipitar na forma de sulfetos metálicos em condições anaeróbicas e na presença de determinados íons metálicos.

- Magnésio (Mg)

O magnésio é um elemento essencial para a vida animal e vegetal. A atividade fotossintética da maior parte das plantas é baseada na absorção da energia da luz solar, para transformar água e dióxido de carbono em hidratos de carbono e oxigênio. Esta reação só é possível devido à presença de clorofila, cujos pigmentos contêm um composto rico em magnésio.

A falta de magnésio no corpo humano pode provocar diarréia ou vômitos bem como hiper irritabilidade ou uma ligeira calcificação nos tecidos. O excesso de magnésio é prontamente eliminado pelo corpo.

Entre outras aplicações dos seus compostos salientam-se a utilização do óxido de magnésio na fabricação de materiais refratários e nas indústrias de borracha,

fertilizantes e plásticos, o uso do hidróxido em medicina como antiácido e laxante, do carbonato básico como material isolante em caldeiras e tubagens e ainda nas indústrias de cosméticos e farmacêutica. Por último os sulfatos (sais de Epsom) são usados como laxantes, fertilizantes para solos empobrecidos em magnésio e ainda nas indústrias têxtil e papeleira; e o cloreto é usado na obtenção do metal, na indústria têxtil e na fabricação de colas e cimentos especiais.

As aplicações do metal são múltiplas, como a construção mecânica, sobretudo nas indústrias aeronáutica e automóvel, quer como metal puro, quer sob a forma de ligas com alumínio e zinco, ou com metais menos freqüentes, como o zircónio, o tório, os lantanídeos e outros.

- Boro (B)

O boro é muito reativo de forma que é dificultada a sua ocorrência no estado livre. Contudo, pode-se encontrá-lo combinado em diversos minerais.

O boro, na sua forma combinada de bórax ($Na_2B_4O_7$. $10H_2O$) é utilizado desde tempos imemoriais. O bórax é usado como matéria-prima na produção de vidro de borosilicato, resistente ao calor, para usos domésticos e laboratoriais, familiarmente conhecido pela marca registrada Pirex; bem como na preparação de outros compostos de boro.

O boro elementar é duro e quebradiço, como o vidro, e, portanto tem aplicações semelhantes a este. Pode ser adicionado a metais puros, ligas ou outros sólidos, para aumentar a sua resistência plástica, aumentando, assim, a rigidez do material.

O boro elementar não é significativamente tóxico, não podendo ser classificado como veneno; no entanto, quando em pó muito fino, é duro e abrasivo, podendo causar indiretamente problemas de pele, se esta for esfregada depois de estar em contato com ele.

Parecem ser indispensáveis pequenas quantidades de boro para o crescimento das plantas, mas em grandes quantidades é tóxico. O boro acumulado no corpo através da absorção, ingestão ou inalação dos seus compostos, atua sobre o sistema nervoso central, causando hipotensão, vômitos e diarréia e, em casos extremos, coma.

- Arsênio (As)

Devido às suas propriedades semi-metálicas, o arsênio é utilizado em metalurgia como um metal aditivo. A adição de cerca de 2% de arsênio ao chumbo permite melhorar a sua esfericidade, enquanto 3% de arsênio numa liga à base de chumbo melhora as propriedades mecânicas e otimiza o seu comportamento a elevadas temperaturas. Pode também ser adicionado em pequenas quantidades às grelhas de chumbo das baterias para aumentar a sua rigidez.

O arsênio, quando muito puro, é utilizado na tecnologia de semicondutores, para preparar arsenieto de gálio. Este composto utiliza-se na fabricação de diodos, LEDs, transistores e laseres. O arsenieto de índio é usado em detectores de infravermelho e em aplicações de efeito de Hall.

A toxicidade do arsênio depende do seu estado químico. Enquanto o arsênio metálico e o sulfureto de arsênio são praticamente inertes, o gás AsH_3 é extremamente tóxico. De um modo geral, os compostos de arsênio são perigosos, principalmente devido aos seus efeitos irritantes na pele A toxicidade destes compostos é principalmente devida à ingestão e não à inalação embora deva haver cuidados de ventilação em ambientes industriais que usem compostos de arsênio.

- Selênio (Se)

É um elemento raro que tem a particularidade de possuir um odor pronunciado bastante desagradável e que ocorre no estado nativo juntamente com o enxofre ou sob a forma de selenietos em certos minerais.

As principais fontes de selênio são, todavia, os minérios de cobre, dos quais o selênio é recuperado como subproduto nos processos de refinação eletrolítica. Os maiores produtores mundiais são os E.U.A., o Canadá, a Suécia, a Bélgica, o Japão e o Peru.

O selênio e os seus compostos encontram largo uso nos processos de reprodução xerográfica, na indústria vidreira (selenieto de cádmio, para produzir cor vermelho-rubi), como desgaseificante na indústria metalúrgica, como agente de vulcanização, como oxidante em certas reações e como catalisador.

O selênio elementar é relativamente pouco tóxico. No entanto, alguns dos seus compostos são extremamente perigosos. A exposição a vapores que contenham selênio

pode provocar irritações dos olhos, nariz e garganta. A inalação desses vapores pode ser muito perigosa devido à sua elevada toxicidade.

5.4.3. Parâmetros Microbiológicos

- Coliformes Totais (bactérias do grupo coliformes)

Segundo a Portaria 518 do Ministério da Saúde, os coliformes são definidos como todos os bacilos gram-negativos, aeróbios ou aeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolverem na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, aldeído, e gás a 35,0 ± 0,5 ºC em 24 - 48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β - galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia, Citrobacter, Klebsiella* e Enterobacter, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo.

- Coliformes Termotolerantes

Subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a 44,5 ± 0,2 ºC em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal.

As bactérias do grupo coliforme são uns dos principais indicadores de contaminação fecal, originadas do trato intestinal humano e outros animais. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.

- Estreptococos Fecais

Os estreptococos fecais incluem várias espécies ou variedades de estreptococos, tendo no intestino de seres humanos e outros animais de sangue quente, o seu habitat usual. A presença destas bactérias pode indicar a presença de organismos patogênicos

na água, causadores de doenças. Estas bactérias não conseguem se multiplicar em águas poluídas, sendo sua presença indicativa de contaminação fecal recente.

A partir de relações conhecidas entre os resultados de coliformes termotolerantes e estreptococos fecais pode-se ter uma indicação se o material fecal presente na água é de origem humana ou animal. A relação menor que um indica que os despejos são preponderantemente provenientes de animais domésticos, enquanto que para despejos humanos a relação se apresenta maior que quatro. Quando a relação se encontra na faixa entre os dois valores a interpretação se torna duvidosa. Contudo, há algumas restrições para a interpretação sugerida:

a) O pH da água deve se encontrar entre 4 e 9, para excluir qualquer efeito adverso do mesmo em ambos os grupos de organismo;

b) Devem ser feitas no mínimo duas contagens em cada amostra;

c) Para minimizar erros devidos a diferentes taxas de morte das bactérias, as amostras devem ser coletadas há no máximo 24 horas de fluxo a jusante da fonte geradora;

d) Somente devem ser empregadas contagens de coliformes fecais obtidas a 44°C.

CAPÍTULO 6

METODOLOGIA

6.1. Levantamento das indústrias potencialmente poluidoras de Itabirito

Algumas indústrias, localizadas na zona urbana do município de Itabirito, lançam seus efluentes nos cursos d'água que atravessam a cidade. Conhecendo-se este fato, foram levantadas informações junto a FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente) e selecionadas as indústrias com maior potencial poluidor da cidade. A Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Itabirito auxiliou nesta seleção, pois a equipe conhecia os problemas ambientais gerados por estas indústrias.

As indústrias selecionadas com alto potencial poluidor em Itabirito são:

- **Companhia Industrial Itabira do Campo - CIIC:**

  - Fundação: outubro de 1892, entrando em funcionamento efetivamente em 1894.
  - Endereço: localiza-se na rua Getúlio Vargas, 325, na região central da cidade.
  - Segmento: indústria do setor têxtil.
  - Atividades: beneficiamento de fibras de algodão, viscose e poliéster por meio de operações de fiação, tecelagem e acabamento.
  - Funcionários: a fábrica emprega um total de 307 funcionários, que se distribuem pelos setores administrativo, manutenção (mecânica, elétrica, pedreiros), fiação, tecelagem, acabamento e expedição, trabalhando em três turnos.
  - Produção média mensal:

Fios:	65.000 Kg
Tecido cru:	45.000 Kg
Tecido acabado:	45.000 Kg

  - Estação de tratamento de efluentes (ETE): obra civil concluída há 10 anos, porém a ETE ainda não está em operação. O processo adotado é Lodos Ativados por Aeração Prolongada.

- Geração média de efluente líquido: 16,67 m^3/h
- Corpo receptor de efluente líquido: Córrego da Carioca
- Atualmente, apresenta licença de operação corretiva.

- **Companhia Itabirito Industrial - CII:**
  - Fundação: junho de 1926.
  - Endereço: Unidade I – rua Engº Simão Lacerda , 140, Centro.
    Unidade II - rua João Pinheiro, 901, Bairro Santa Efigênia
  - Segmento: indústria do setor têxtil.
  - Atividades: Unidade II - acabamento de tecidos de algodão.
    Unidade I – fiação e tecelagem (atualmente, desativada).
  - Funcionários: a fábrica emprega, atualmente, um total de 101 funcionários.
  - Produção média mensal: 50.000 Kg de tecidos /mês.
  - Estação de tratamento de efluentes (ETE): o tratamento de efluentes industriais da unidade II é realizado pelo processo de Lodos Ativados por Aeração Prolongada, e a unidade I por fossa séptica.
  - Geração média de efluente líquido: Unidade II - 15,00 m^3/h.
    Unidade I – 8 m^3/h
  - Corpo receptor de efluente tratado: Unidade II - Córrego Criminoso.
    Unidade I – Rio Itabirito

Observação: atualmente, apenas a Unidade II está operando, uma vez que a Unidade I foi desativada em dezembro de 2003.

- **VDL Siderurgia Ltda:**
  - Endereço: av. Inconfidentes, s/n, Km 51.
  - Segmento: fundição e siderurgia.
  - Atividades: produção de ferro-gusa (nodular, cinzento e aciaria), material ferroviário, componentes mecânicos, peças de desgaste para britadores (mandíbulas, mantos etc), equipamentos de penetração no solo para aplicação em carregadeiras, escavadeiras e tratores, revestimentos e martelos para moinhos, chapas de desgaste e peças sob encomenda.

- Funcionários: a empresa emprega um total de 349 funcionários.
- Produção média mensal: 6000 ton/mês ferro-gusa e 400 ton/mês de peças fundidas em aço.
- Estação de tratamento de efluentes (ETE): não informado.
- Geração média de efluente líquido: 10 m³/h.
- Corpo receptor de efluente tratado: Córrego do Onça.

- **Matadouro Municipal de Itabirito:**
  - Atividades: agrupamento dos animais nos currais, atordoamento, sangria, decapitação, remoção de couro e vísceras, lavagem, refrigeração
  - Abate médio diário: Bovinos – 10 cabeças/dia
    Suínos – 3 cabeças/dia.
  - Estação de tratamento de efluentes (ETE): os efluentes gerados não são tratados.
  - Geração média de efluente líquido: 20m³/dia
  - Corpo receptor de efluente: Córrego (sem nome) de pequeno porte que deságua no rio Itabirito.

6.2. Pontos de Amostragem, coleta e preparação das amostras

Com o auxílio de uma carta topográfica do município de Itabirito pode-se localizar as referidas indústrias e determinar os pontos de amostragem. O tipo de amostragem adotado foi amostragem instantânea. A distância entre os pontos de amostragem foi de cinco metros aproximadamente.

O objetivo deste trabalho é investigar a interferência dos efluentes lançados por indústrias nos corpos receptores na qualidade dos mesmos. Portanto foram selecionados três pontos de amostragem por indústria:

- Ponto 1: amostra do efluente da indústria que é lançado no corpo receptor;

- Ponto 2: amostra de água do corpo receptor a montante do ponto de lançamento de efluentes da indústria;

- Ponto 3: amostra de água do corpo receptor a jusante do ponto de lançamento de efluentes da indústria.

As amostragens foram realizadas no período entre fevereiro e setembro de 2003. Cada indústria foi visitada pelo menos duas vezes neste período.

As amostras depois de coletadas foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo para transporte até o laboratório onde ficaram refrigeradas a aproximadamente 4°C até a realização das análises. Os métodos de análise e conservação das amostras são os estabelecidos no Standard Methods (APHA, 1998).

Os parâmetros analisados foram: pH, cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, DQO (Demanda Química de Oxigênio), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), sólidos totais, sólidos em suspensão totais, acidez, sólidos sedimentáveis, sulfato, alcalinidade, dureza, cloreto, fósforo total, metais (sódio, magnésio, potássio, cálcio, lítio, berílio, alumínio, titânio, vanádio, cromo, manganês, ferro, cobalto, níquel, cobre, zinco, arsênio, estrôncio, molibdênio, cádmio, estanho, bário e chumbo).

As medidas de OD (Oxigênio Dissolvido), temperatura, condutividade elétrica e pH foram realizadas no próprio local de coleta por equipamentos portátil de campo. As demais amostras foram acondicionadas e encaminhadas ao laboratório de análises de águas e efluentes do ICEB (Instituto de Ciências Exatas e Biológicas) da UFOP.

Foi utilizado para as medidas de pH e temperatura o aparelho portátil modelo CG818, fabricado pela SCHOTT GERATE previamente calibrado. Para as medidas de condutividade elétrica foi utilizado o aparelho portátil modelo LF37, fabricado pela LEITTAHIGKEIT. O oxigênio dissolvido foi quantificado empregando um medidor de oxigênio portátil modelo CG867, fabricado pela SCHOTT GERATE.

A determinação de metais das amostras foi realizado via ICP – AES (Plasma Indutivamente Acoplado – Espectroscopia de Emissão Atômica), no DEGEO (Departamento de Geologia) da UFOP.

Os impactos ambientais provocados pelas indústrias em estudo variam de acordo com o segmento industrial, tanto no uso de recursos naturais como na extração e utilização, quanto no que diz respeito à emissão de efluentes líquidos nos corpos de água, além de materiais particulados e gases lançados na atmosfera.

6.3. Estimativa da vazão dos corpos receptores

Para a avaliação do impacto da poluição e da eficácia das medidas de controle, é necessário a quantificação das cargas poluidoras afluentes ao curso d'água. Para tanto, são necessários levantamentos de campo na área em estudo, incluindo amostragem dos poluentes (efluentes lançados pelas indústrias), análises de laboratório e medição de vazão.

A vazão dos cursos d'água que recebem os efluentes das indústrias em estudo foi estimada utilizando-se o Método do Flutuador (AZEVEDO NETO, 1973), cuja metodologia está descrita abaixo:

I - Escolher um trecho do rio que seja reto e de seção uniforme. Esticar duas cordas atravessadas com distância entre elas conhecida (ver figura 6.7). Por baixo das cordas medir a profundidade do rio em dez locais diferentes (cinco em baixo de cada corda) e calcular a profundidade média.

II - Medir a largura do rio em metros.

III- Calcular a área (A) da seção do rio:

$$\boxed{A = h \times L} \qquad (6.1)$$

Onde:

A = área média da seção transversal do rio, em metros quadrados (m²);

h = profundidade média do rio, em metros (m);

L = largura do rio, em metros (m).

VI - Medir a velocidade média ($\overline{V}$) do rio.

Para isto, utiliza-se um flutuador (por exemplo, uma garrafa com água pela metade). Joga-se o flutuador no rio antes da primeira corda e mede-se o tempo (em segundos) gasto, para o flutuador percorrer a distância entre as duas cordas esticadas. A velocidade do flutuador é convertida à velocidade média do rio usando-se um coeficiente de redução, que comumente é 0,85 para flutuador superficial (GUPTA, 1989)

$$\boxed{V_{Flutuador} = C/t} \qquad (6.2)$$

$$\boxed{\overline{V}_{Rio} = 0{,}85 \times V_{Flutuador}} \qquad (6.3)$$

Onde:

$V_{Flutuador}$ = velocidade do flutuador, em m/s;

C = distância entre as cordas, em metros (de 4 a 5 vezes a largura do rio);

t = tempo gasto pelo flutuador para ir de uma corda a outra, em segundos (s);

$\overline{V}_{Rio}$ = velocidade média do rio, em m/s.

V - Calcular a vazão (Q), em m³/s, do rio pela fórmula:

$$\boxed{Q = A \times \overline{V}_{Rio}} \qquad (6.4)$$

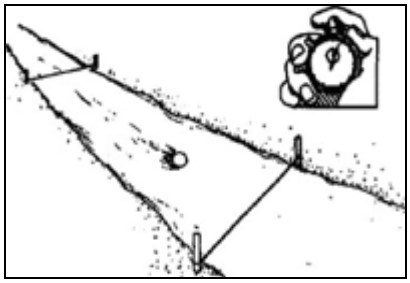


Figura 6.1 – Ilustração do Método do Flutuador

6.4. Quantificação da carga orgânica

A carga orgânica é avaliada nos termos de suas principais características, em DBO_5 ou sólidos em suspensão ou não filtráveis (MACÊDO, 2002), a partir da seguinte fórmula:

$$\boxed{Carga\ Orgânica\ (Kg/dia) = \frac{Concentração\ (g/m^3) \times Vazão\ (m^3/dia)}{10^3\ g/Kg}} \qquad (6.5)$$

Neste trabalho avaliou-se a carga orgânica dos efluentes das indústrias em estudo assim como dos corpos receptores em termos da DBO_5, e comparou-se estes resultados com os obtidos na literatura.

A carga orgânica teórica das indústrias foi determinada utilizando-se a carga específica de DBO em Kg / unidade de produção, segundo VON SPERLING (1996), conforme a Tabela 6.1.

Gênero	Tipo	Unidade de produção	Carga específica de DBO (Kg/unid.)
Alimentícia	Matadouros	1 boi/ 2,5 porcos	4 - 10
Têxtil	Algodão	1 ton	150
	Tinturaria	1 ton	100 - 200
Siderúrgica	Fundição	1 ton gusa	0,6 – 1,6

Tabela 6.1 – Carga específica de DBO (Kg/unidade de produção)

Fonte: Von Sperling, Marcos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v.1. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 1996. p.85.

6.5. Métodos de tratamento de efluentes

Através dos resultados dos parâmetros analisados foi possível observar qual indústria causava maiores danos ao corpo d'água receptor e buscou-se formas diferentes de tratamento de efluentes para a referida indústria.

A indústria selecionada foi a Companhia Itabirito Industrial – Unidade II, indústria do setor têxtil que lança seus efluentes no Córrego Criminoso após passar por tratamento biológico (sistema de lodos ativados convencional).

Em geral, na indústria têxtil os processos de tratamento estão fundamentados na operação de sistema físico-químicos de coagulação / sedimentação e tratamento biológico, via sistema de lodos ativados (KUNZ et al, 2002).

Sabendo-se da importância econômica das indústrias têxteis em Itabirito, bem como a poluição gerada por elas, foram avaliados dois métodos de tratamento de efluentes para a Companhia Itabirito Industrial – Unidade II, que são o tratamento físico – químico, ensaios de coagulação / sedimentação e tratamento biológico, sistema de lodos ativados.

6.5.1. Ensaios de coagulação / sedimentação

Testes de jarros foram realizados segundo a metodologia padrão para tratamento de água de abastecimento (ADAD, 1982), com a finalidade de determinar a melhor dosagem de coagulante e de neutralizante, melhor tempo de floculação e decantação, e melhor pH, obtendo assim a otimização dos parâmetros de tratabilidade para o efluente têxtil em estudo.

Os ensaios foram realizados no aparelho Jar-test Milan modelo JT101/6, composto de seis reatores (jarros) tronco-prismáticos de seção transversal quadrada, de capacidade de dois litros cada reator. Não foram utilizados os recipientes do aparelho, pois não havia amostra suficiente para esta capacidade (2L). Então, foram utilizados béqueres de 500mL e 200mL de amostra.

Inicialmente, foi utilizado nos ensaios amostra de efluente bruto (pH≅12). Posteriormente, passou-se a utilizar amostras de efluente neutralizado, coletadas após o tanque de neutralização da ETE.

O coagulante utilizado nos ensaios foi o sulfato de alumínio PA [$Al_2(SO_4)_3$ 14 a 18 H_2O] (por ser o coagulante mais utilizado).

O alcalinizante utilizado foi solução de hidróxido de sódio (NaOH) 6mol/L.

Nesta etapa foi acompanhada a eficiência na remoção de DQO do efluente bruto e quantificada a massa necessária de sulfato de alumínio para que houvesse a eficiência exigida pela legislação estadual na remoção de DQO (DN COPAM nº47, de 09/08/2001).

6.5.2. Sistema de lodos ativados em escala de laboratório

- Modelo esquemático do sistema de lodos ativados

Existem diversos modelos de reatores que podem ser utilizados no tratamento de efluentes por sistemas biológicos. Foi montado um sistema de lodos ativados operando em fluxo contínuo, em escala de laboratório. A figura 6.2 apresenta o modelo esquemático deste sistema, cuja grande vantagem, além de sua simplicidade, é o baixo custo necessário à sua construção.

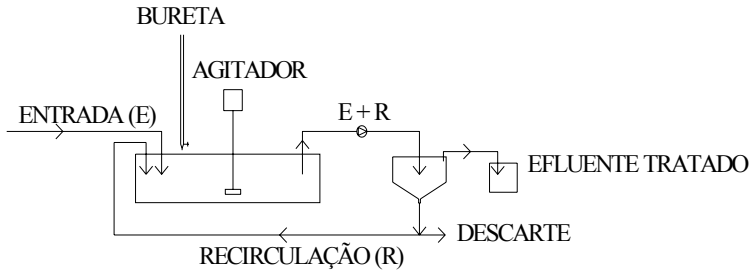


Figura 6.2 – Modelo esquemático do sistema de lodos ativados em escala de laboratório

O sistema é constituído de uma unidade aeróbia prismática, com capacidade volumétrica de 10 L. Esta unidade apresenta-se conectada a um decantador cônico, cuja capacidade volumétrica é de 1,5 L. Ambas as unidades são construídas em acrílico. As dimensões das unidades foram obtidas, em escala, a partir do sistema de tratamento de efluentes da Companhia Itabirito Industrial.

A recirculação do lodo se deu por gravidade. A oxigenação do reator e também a agitação contínua da biomassa foi proveniente de um agitador mecânico FISATON modelo 713.

O efluente, coletado após o tanque de neutralização da ETE da indústria, foi continuamente alimentado ao reator. A vazão de alimentação foi ajustada de modo que o tempo de retenção hidráulico (TRH), isto é, o tempo que o líquido permanece no sistema (SPERLING, 1997), fosse de 10h. Esse TRH foi escolhido, por ser este o valor operacional da unidade de tratamento da Companhia Itabirito Industrial.

- Alimentação do reator

Os microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica necessitam de outros nutrientes, além do carbono, para suas atividades metabólicas sendo os principais nitrogênio (N) e fósforo (P).

Para que o nitrogênio seja utilizado pelos microrganismos é necessário que esteja numa forma assimilável pelos mesmos, como amoniacal e nitrato. Desta forma determinou-se a DBO do efluente a ser tratado, bem como o teor de nitrogênio e fósforo presentes para posteriormente fazer-se a correção adequada dos nutrientes segundo a relação DBO:N:P adotada pela ETE da Companhia Itabirito Industrial - CII.

A adição de nitrogênio se deu na forma de uréia, em solução aquosa, através de uma bureta. Não foi necessária a correção de fósforo.

A correção de nitrogênio adotada pela CII, após vários ajustes, é feita da seguinte maneira:

- Consumo de uréia: *12,5 Kg / dia;*
- Concentração da solução de uréia: $C = 62{,}5\ g/L$;
- Vazão da solução: $Q = 8{,}3\ L/h$.

Usando uma interpolação linear, a correção de nitrogênio no sistema de lodos ativados em escala de laboratório foi:

- Consumo de uréia: *0,33 g / dia;*
- Concentração da solução de uréia: $C = 62{,}5\ g/L$;
- Vazão da solução: $Q = 5{,}3\ mL/dia$.

Além da correção de nutrientes, é necessário que o pH do efluente utilizado na alimentação do reator esteja em torno de 6,8 e 7,2. Portanto, o efluente foi coletado diretamente do tanque de neutralização, onde o pH é mantido nesta faixa.

- Adaptação da biomassa

Para o efluente em estudo a biomassa foi adaptada durante 10 dias, utilizando-se biomassa proveniente da estação de tratamento da própria indústria.

A alimentação da biomassa presente no reator deu-se continuamente durante esta fase, de maneira a obter elevados tempos de retenção celular, que foi diminuído ao longo do processo de adaptação dos microrganismos.

O monitoramento do sistema durante a fase de adaptação da biomassa restringiu-se à determinação dos sólidos suspensos totais, uma vez que indica a concentração aproximada de lodo presente no sistema. Desta forma acompanhou-se o crescimento da biomassa até que valores típicos de sólidos suspensos fossem atingidos. O crescimento da biomassa é um indicativo que a microbiota é capaz de assimilar a matéria orgânica presente no efluente, promovendo sua degradação.

- Parâmetros de controle e monitoramento

Os parâmetros utilizados para monitorar o sistema de lodos ativados, uma vez que podem ajudar a explicar possíveis alterações ocorridas no desempenho do reator de lodos ativados, foram pH, temperatura, medida de oxigênio dissolvido, sólidos suspensos totais, sendo todas as análises realizadas diariamente.

O pH foi determinado pelo uso de um pHmetro modelo CG818, fabricado pela SCHOTT GERATE. O oxigênio dissolvido foi determinado utilizando-se um oxímetro modelo CG867, fabricado pela SCHOTT GERATE; sólidos suspensos totais, segundo metodologias do Standard Methods (APHA, 1998).

Os parâmetros adotados para estudar a eficiência do tratamento foram remoção de: DQO total e $DBO_{5,20}$.

A microbiota é indicadora do conjunto de parâmetros do processo de lodos ativados, uma vez que sua natureza varia com o nível de depuração, com a concentração de oxigênio dissolvido, com a presença de substancias tóxicas, etc, daí a importância em se realizar a análise dos organismos do lodo.

A análise qualitativa dos microrganismos foi feita por meio de observação ao Microscópio Óptico Olympus / Micronal modelo CDA 21.3.

CAPÍTULO 7

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos neste trabalho e, paralelamente a discussão dos pontos importantes.

7.1. Análise físico – química das amostras dos efluentes das indústrias e amostras de água dos corpos receptores

Nas Tabelas 7.1, 7.2, 7.3, 7.4 e 7.5 estão apresentados os resultados das análises dos parâmetros físicos e químicos descritos anteriormente. Nas mesmas estão os limites estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM nº10 de 16/12/1986. Os corpos d'água receptores, também monitorados, pertencem à Classe II da DN COPAM nº10, de 16/12/1986.

Tabela 7.1 – Resultado das análises físico - químicas

Parâmetros	Padrão		Unidade	VDL			Matadouro Municipal			Cia Itabirito Industrial						Itabira do Campo		
	Lançamento de efluente	Corpo receptor*								Unidade I			Unidade II					
				Mont.	Efl.	Jus.	Mont.	Efl.	Jus.	Mont.	Efl.	Jus.	Mont.	Efl.	Jus.	Mont.	Efl.	Jus.
Data				18/02/2003			10/04/2003			07/05/2003			10/04/2003			07/05/2003		
Temperatura	< 40		° C	21,3	24,6	22,3	24,4	24,3	23,1	23,1	23,0	20,7	23,9	26,0	23,8	18,7	30,0	19,7
pH "in loco"	6,5 a 8,5	6 a 9		6,5	6,5	6,5	6,3	6,6	6,6	6,6	7,0	6,7	6,3	7,2	6,4	6,7	7,1	6,7
Condutiv. Elét.			µS/cm	23,7	18,0	27,1	104	93	96	63,5	627,0	75,4	91	3040	120	66,2	2630,0	204,0
OD "in loco"		> 5	mg/L	8,5	6,5	8,2	7,1	5,7	7,2	5,9	5,0	5,8	5,1	3,1	5,4	NR	NR	NR
Turbidez		100	NTU	5,0	4,0	6,0	11,0	44,0	16,0	117,0	49,0	104,5	29,0	1300,0	36,0	17,5	1115,0	69,5
Cor		75	H	7,0	6,0	7,0	28,0	67,0	37,0	97,0	60,5	89,5	67,0	1100,0	70,0	27,0	915,0	75,0
Sólidos totais			mg/L	NR	NR	NR	72,0	100,0	79,0	NR	NR	NR	85,0	14508,0	102,0	NR	NR	NR
Sól. susp. Totais	100		mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	4,0	207,0	8,0	NR	NR	NR	7,0	NR	6,0
Sól. Sedimentáveis	1,0		mL	NR	NR	NR	< 0,1	< 0,1	< 0,1	NR	NR	NR	0,3	8,0	0,1	NR	NR	NR
Acidez			ppm	3,0	4,0	2,0	6,0	17,0	9,0	8,5	43,0	10,5	7,0	200,0	13,0	7,0	65,0	11,5
Alcalinidade			mg/L	11,0	9,0	12,0	26,5	26,0	29,0	23,0	189,0	23,0	24,0	160,0	26,0	28,0	330,0	37,0
Dureza total			mg/L	40,0	66,0	64,0	NR	NR	NR	42,0	86,0	52,0	NR	NR	NR	28,0	320,0	34,0
Dureza Cálcio			mg/L	6,0	4,0	4,0	NR	NR	NR	26,0	42,0	22,0	NR	NR	NR	24,0	40,0	16,0
Dureza Magnésio			mg/L	58,0	62,0	36,0	NR	NR	NR	26,0	44,0	20,0	NR	NR	NR	4,0	280,0	18,0
Cloreto		250	mg/L Cl	1,3	2,2	0,9	0,9	5,0	0,7	0,7	51,8	3,2	6,1	30,5	6,8	NR	NR	NR
Sulfato		250	mg/L SO_4	0,045	0,043	0,049	0,042	0,140	0,055	0,300	0,270	0,180	0,063	3,07	0,323	0,103	3,5	0,280
Fósforo total		0,025	mg/L P	0,013	0,005	0,013	0,0	0,123	0,0	0,014	0,265	0,075	0,018	0,346	0,043	0,031	0,277	0,050
Nitrog. Amoniacal		0,016	mg/L N	< LD	< LD	< LD	0,199	0,592	0,421	0,8	2,9	0,131	0,357	6,0	0,315	0,250	1,0	0,035
Nitrato		10	mg/L N	0,10	0,11	0,12	3,5	1,1	2,7	1,4	2,1	1,3	1,8	25,0	1,6	1,2	19,3	1,7
Nitrito		1	mg/L N	0,003	0,002	0,002	0,033	0,041	0,027	0,029	0,036	0,036	0,09	0,8	0,10	0,01	0,08	0,05
DBO	60,0	5	mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
DQO	90,0*		mg/L	< 10,0	< 10,0	< 10,0	52,5	111,8	113,2	325,6	642,3	325,6	75,6	7017,5	112,0	362,01	1036,3	573,2

NR – não realizado; * Para indústria têxtil a DN COPAM nº47, de 09/08/2001, estabelece que o parâmetro DQO será de no máximo 250 mg/L; valores que ultrapassaram o limite estabelecido pela DN COPAM nº10, 16/12/1986 e DN COPAM nº47, 09/08/2001; LD – limite detectável.

Tabela 7.2 – Resultado das análises físico - químicas.

Parâmetros	Padrão		Unidade	Itabirito Industrial			Itabira do Campo		
	Lançamento de efluente	Corpo receptor		Unidade II					
				Mont.	Efl.	Jus.	Mont.	Efl.	Jus.
Data				26/6/2003			26/6/2003		
Temperatura	< 40		° C	16,1	21,4	17,5	17,3	29,7	17,9
pH "in loco"	6,5 a 8,5	6 a 9		6,5	7,3	6,8	7,5	7,2	7,0
Condutiv. Elét.			µS/cm	121,1	9670,0	402,0	58,2	1248,0	121,7
OD "in loco"		> 5	mg/L	5,2	3,3	4,4	6,4	1,8	4,8
Turbidez		100	UNT	22,0	921,0	46,0	20,0	396,0	46,0
Cor		75	H	56,0	630,0	70,0	29,0	501,0	53,0
Sól. susp. Totais	100		mg/L	7,0	NR	6,0	3,0	29,0	2,0
Sól. Sedimentáveis	1,0		mL/L	<0,1	1,8	0,5	2,5	4,0	0,8
Acidez			mg/L	9,0	70,0	14,0	16,0	60,0	16,0
Alcalinidade			mg/L	25,0	120,0	26,0	24,0	300,0	25,0
Dureza total			mg/L	20,0	120,0	28,0	20,0	24,0	20,0
Dureza Cálcio			mg/L	10,0	40,0	10,0	6,0	10,0	6,0
Dureza Magnésio			mg/L	10,0	80,0	18,0	14,0	14,0	14,0
Cloreto		250	mg/L Cl	8,3	170,5	9,2	1,7	192,4	9,2
Sulfato		250	mg/L SO4	0,070	19,25	0,520	0,100	1,5	0,120
Nitrog. Amoniacal		0,016	mg/L N	0,650	0,9	0,750	2,300	2,7	0,350
Nitrato		10	mg/L	1,3	14,5	1,5	1,0	12,9	1,4
Nitrito		1	mg/L	0,05	0,7	0,06	0,03	0,62	0,06
DBO	60,0	5	mg/L	64,9	351,7	80,0	39,7	510,4	57,2
DQO	250,0		mg/L	69,1	795,3	123,4	155,5	1039,3	165,5

Tabela 7.3 – Resultado das análises físico - químicas.

Parâmetros	Padrão		Unidade	VDL			Matadouro Municipal			Cia Itabirito Industrial						Itabira do Campo		
	Lançamento de efluente	Corpo receptor								Unidade I			Unidade II					
				Mont.	Efl.	Jus.	Mont.	Efl.	Jus.	Mont.	Efl.	Jus.	Mont.	Efl.	Jus.	Mont.	Efl.	Jus.
Data				27/8/2003			27/8/2003			27/8/2003			27/8/2003			27/8/2003		
Temperatura	< 40		° C	16,4	17,5	17,8	NR	NR	NR	17,3	20,5	17,3	17,1	22,4	17,4	17,4	33,0	18,0
pH "in loco"	6,5 a 8,5	6 a 9		6,8	7,1	7,0	NR	NR	NR	7,6	7,4	7,5	8,9	7,9	8,6	7,5	7,2	7,2
Condutiv. Elét.			µS/cm	32,6	23,4	22,9	NR	NR	NR	93,1	807,0	93,7	161,3	9740,0	400,0	92,9	1272,0	161,8
Sól. susp. Totais	100		mg/L	5,0	8,0	7,0	9,0	1724,0	99,0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Sól. Sedimentáveis	1,0		mL/L	0,2	< 0,1	< 0,1	NR	NR	NR	< 0,1	< 0,1	< 0,1	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Dureza total			mg/L	NR	NR	NR	60,0	6200,0	105,0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Dureza Cálcio			mg/L	NR	NR	NR	28,0	800,0	40,0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Dureza Magnésio			mg/L	NR	NR	NR	32,0	5400,0	65,0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
DBO	60,0	5,0	mg/L	2,0	7,0	2,8	NR	NR	NR	31,5	35,5	31,7	32,1	NR	NR	22,3	796,7	46,5

Tabela 7.4 – Resultado das análises físico - químicas.

Parâmetros	Padrão		Unidade	Matadouro Municipal			Itabirito Industrial		
	Lançamento de efluente	Corpo receptor					Unidade II		
				Mont.	Efl.	Jus.	Mont.	Efl.	Jus.
Data				3/9/2003			3/9/2003		
DBO	60,0	5,0	mg/L	2,1	> 4200	> 4200	33,0	572,0	92,3

Tabela 7.5 - Resultados de análises químicas via ICP – AES

Padrão (mg/L)	Lança mento											1,0	10,0		1,0	0,5	5,0				0,1	4,0	5,0	0,1
	Corpo receptor					2,5	0,1	0,1		0,1		0,1	0,3	0,2	0,025	0,02	0,18	0,05			0,001	2,0	1,0	0,03
LD		0,2	0,01	0,1	0,01	0,5	0,3	4,0	8,0	3,0	7,0	4,0	9,3	5,0	15,0	2,0	2,3	100,0	10,0	3,9	4,0	70,0	0,2	100,0
Elementos		Na	Mg	K	Ca	Li	Be	Al	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Mo	Cd	Sn	Ba	Pb
Amostra		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
VDL 18/02/03	Mont.	5,0	0,6	0,6	0,9	1,7	<LD	124,3	<LD	<LD	<LD	11,2	184,9	<LD	<LD	7,3	46,5	<LD	<10	<LD	<LD	<LD	21,8	<LD
	Efl.	4,9	0,6	0,7	1,3	2,0	<LD	44,5	<LD	<LD	<LD	6,0	122,7	<LD	<LD	7,5	34,0	<LD	8,3	<LD	<LD	<LD	22,1	<LD
	Jus.	5,0	0,7	0,6	1,1	1,8	<LD	214,6	<LD	<LD	<LD	46,1	>1500	<LD	<LD	7,3	68,0	<LD	<10	<LD	<LD	<LD	15,5	<LD
Unid. II 10/04/03	Mont.	10,2	0,9	2,9	6,2	2,2	<LD	33,4	<LD	<LD	<LD	23,5	1237,0	<LD	<LD	<LQ	12,8	<LD	39,4	<LD	<LD	<LD	28,2	<LD
	Efl.	>500	3,0	49,6	12,1	23,0	<LD	226,4	<LD	<LD	<LD	24,6	857,0	<LD	<LD	61,1	131,0	<LD	60,9	<LD	<LD	<LD	35,4	<LD
	Jus.	15,6	1,0	3,1	6,1	1,9	<LD	50,7	<LD	<LD	<LD	82,0	1401,0	<LD	<LD	6,5	30,3	<LD	40,6	<LD	<LD	<LD	28,8	<LD
Mata-douro 10/04/03	Mont.	6,8	0,8	>100	12,3	2,2	<LD	63,3	<LD	<LD	<LD	95,4	803,0	<LD	<LD	<LD	23,6	<LD	75,9	<LD	<LD	<LD	35,4	<LD
	Efl.	7,2	1,1	4,0	4,0	1,6	<LD	53,2	<LD	<LD	<LD	21,9	136,9	<LD	<LD	<LD	21,9	<LD	20,4	<LD	<LD	<LD	16,9	<LD
	Jus.	6,8	0,9	4,1	11,7	2,0	<LD	21,9	<LD	<LD	<LD	107,6	1241,0	<LD	<LD	<LD	23,6	<LD	73,0	<LD	<LD	<LD	36,0	<LD
Itabira Campo 07/05/03	Mont.	6,5	2,0	2,0	5,6	2,6	<LD	62,1	<LD	<LD	<LD	112,8	271,5	<LD	<LD	16,3	157,9	<LD	26,8	<LD	<LD	<LD	41,6	<LD
	Efl.	>500	2,9	24,4	5,4	5,6	<LD	>400	<LD	<LD	94,0	51,7	562,0	<LD	<LD	118,5	321,1	<LD	41,2	<LD	<LD	<LD	47,1	<LD
	Jus.	31,4	1,7	3,1	6,0	2,3	<LD	64,9	<LD	<LD	<LD	115,4	367,3	<LD	<LD	23,5	213,5	<LD	26,0	<LD	<LD	<LD	37,9	<LD
Unid. I 07/05/03	Mont.	31,5	1,7	3,1	5,8	2,3	<LD	59,4	<LD	<LD	<LD	117,3	364,7	<LD	<LD	22,9	205,6	<LD	25,9	12,6	<LD	<LD	37,2	<LD
	Efl.	35,5	3,2	14,3	19,0	24,1	<LD	38,7	<LD	<LD	<LD	88,8	132,9	<LD	<LD	6,9	68,4	<LD	102,3	<LD	<LD	<LD	63,3	<LD
	Jus.	2,6	2,0	1,0	7,5	2,6	<LD	71,0	<LD	<LD	<LD	172,3	264,5	<LD	<LD	4,5	110,1	<LD	19,4	<LD	<LD	<LD	41,8	<LD

Observações: 1- LD = limite de detecção do aparelho
2- Valores que excederam o limite estabelecido pela DN COPAM nº10, 16/12/1986.

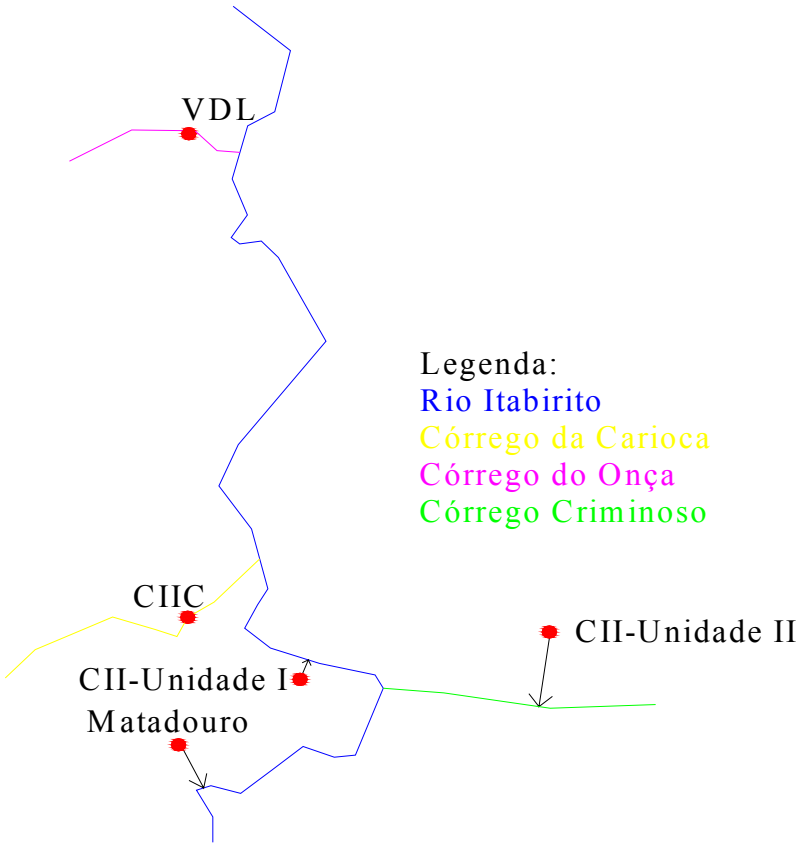


Figura 7.1 – Esquema representativo das Indústrias em estudo e seus corpos receptores de efluentes

7.1.1. VDL Siderurgia

Os resultados das análises do efluente e da amostra de água do corpo receptor da referida indústria não mostraram alterações significativas, exceto quanto à concentração dos metais alumínio e ferro nas amostras de água do Córrego do Onça, que apresentaram valores acima do limite estabelecido pela DN COPAM nº10 de 16/12/86.

No caso do alumínio, a alteração não se deu devido ao lançamento de efluentes da siderurgia, pois amostras a montante do lançamento de efluentes da indústria já apresentavam valores superiores ao estabelecido pela legislação.

A concentração do metal ferro no ponto de amostragem a jusante do lançamento de efluentes da indústria apresentou valor superior ao estabelecido pela DN COPAM nº10 de 16/12/86. Porém, as amostras de água do corpo receptor a montante do lançamento de efluentes e do efluente não apresentaram nenhuma irregularidade. Este fato pode ter ocorrido devido a algum ponto de lançamento de efluente da indústria que nós não detectamos no momento.

7.1.2. Matadouro Municipal de Itabirito

Os parâmetros que tiveram resultados acima do limite estabelecido pela DN COPAM nº10 de 16/12/86 nas amostras do efluente do Matadouro Municipal foram sólidos suspensos totais, DBO e DQO. Nas amostras de água do corpo receptor verificou-se que os parâmetros DBO, a jusante do lançamento, e nitrogênio amoniacal, a montante e jusante do lançamento, apresentaram resultados superiores ao estabelecido pela legislação. Os metais manganês e ferro também apresentaram concentrações superiores ao limite estabelecido pela legislação nas amostras de água do corpo receptor, fato este comum nas águas das coleções hídricas da região.

Num Matadouro os SST são advindos principalmente do conteúdo estomacal e intestinal dos animais, sendo constituídos por resíduos vegetais em diferentes estágios de digestão, de aparência fibrosa (BRAILE, 1993).

O Matadouro Municipal apresentou valores de DBO a montante do lançamento de efluentes baixo. Porém, após o lançamento de efluentes este valor aumenta consideravelmente. No teste de DBO para este ponto, não conseguimos a faixa de diluição adequada e não seria conveniente diluir ainda mais a amostra. Portanto, o valor da DBO para amostras a jusante do lançamento de efluentes e amostras do efluente apresentaram DBO superior a 4.200 mg/L, valor este que excede o limite estabelecido pela legislação em 840 vezes para corpos receptores e 70 vezes o limite para lançamento de efluentes.

O Matadouro Municipal de Itabirito não trata seus efluentes, causando um grande impacto no corpo receptor, que é um córrego com vazão pequena e que deságua no Rio Itabirito poucos metros depois do lançamento do efluente.

As amostras foram coletas durante o abate dos animais, portanto os resultados das análises estão apresentando um valor de pico. Normalmente acontece somente um abate de animais por dia, podendo não haver nenhum. Se as amostras fossem coletadas fora do horário de abate de animais os resultados não seriam elevados, pois este córrego não sofre nenhuma contribuição de esgoto industrial ou doméstico.

7.1.3. Companhia Itabirito Industrial - CII

Os parâmetros que apresentaram resultados acima do limite estabelecido pela legislação nas amostras de efluente da CII - unidade I foram SST e DQO, apesar de apresentar fossa séptica para tratar seus efluentes. O corpo receptor de efluentes desta unidade é o Rio Itabirito, e apresentou resultados acima do limite estabelecido pela legislação nos parâmetros turbidez, cor, fósforo total, nitrogênio amoniacal, DBO, manganês, ferro, cobre e zinco.

O agente poluidor do Rio Itabirito não é apenas o efluente lançado pela CII - unidade I. O esgoto doméstico da cidade, os resíduos líquidos de postos de gasolina, lavajatos, etc, contribuem, em muito, no aumento da concentração dos parâmetros citados acima.

A CII - unidade II possui estação de tratamento de efluentes, sistema de lodos ativados convencional. O corpo receptor de seus efluentes é o Córrego Criminoso que além de receber o efluente da CII – unidade II também recebe contribuição de esgoto doméstico, de postos de gasolina e oficinas mecânicas.

Esta unidade, apesar de possuir ETE em operação, apresentou vários resultados acima do limite de lançamento de efluentes estabelecido pela legislação, que foram sólidos sedimentáveis, DBO e DQO. Amostras de água do Córrego Criminoso apresentaram resultados acima do limite estabelecido pela legislação nos parâmetros fósforo total, nitrogênio amoniacal, DBO, OD e ferro.

Fatores como impurezas, surfactantes, óleos e graxas contribuem para a elevação da DBO do efluente líquido resultante do processamento têxtil. Poluentes como sais dissolvidos, sólidos em suspensão e óleos e graxas presentes no efluente têxtil podem causar uma demanda de oxigênio, acarretando a depleção desse gás nos corpos receptores (LEÃO et al, 2002). Os efluentes gerados na estampagem dos tecidos podem conter altas concentrações de DBO e sólidos, sendo que uma importante fonte desses sólidos é devida aos pigmentos utilizados (GOMES, 1994).

A legislação estadual não estabelece padrão de emissão para a cor. Entretanto, não pode ser atribuída coloração aos rios. Os efluentes têxteis caracterizam-se por serem altamente coloridos, devido à presença de corantes que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento (O'NEILL *et al*., 1999), provocando além da poluição visual,

alterações em ciclos biológicos afetando principalmente processos de fotossíntese. Além deste fato, estudos têm mostrado que algumas classes de corantes, principalmente azocorantes, e seus subprodutos, podem ser carcinogênicos e / ou mutagênicos (KUNZ et al, 2002).

A água residuária têxtil possui elevada relação DQO/DBO devido principalmente à natureza pouco biodegradável dos poluentes presentes. O WORLD BANK GROUP (1998) cita que a relação DQO/DBO é entre 2 e 5, com DBO variando de 700 mg/L a 2000 mg/L, ao passo que PAGGA & BROWN (1986) apresentam valores da relação DQO/DBO superiores a 10. Mônica M. D. Leão (2002) cita que a relação DQO/DBO é entre 3,5 e 5.

No presente estudo o valor de 2,3 encontrado para a relação DQO/DBO da água residuária da CII - unidade II, está dentro da faixa de valores que o WORLD BANK GROUP (1998) cita para a relação.

Observando-se as Tabelas 7.1 a 7.5 verifica-se que o lançamento do efluente da CII – unidade II contribui para o aumento da concentração de vários parâmetros a jusante no corpo receptor, destacando-se a condutividade elétrica, sulfato, zinco e cobre.

7.1.4. Companhia Industrial Itabira do Campo - CIIC

A CIIC apresentou resultados acima do limite de lançamento de efluentes estabelecido pela legislação nos parâmetros DQO, DBO e sólidos sedimentáveis. Esta indústria não trata o efluente líquido gerado e o lança diretamente no Córrego da Carioca. A estação de tratamento de efluentes líquidos está construída há mais de 10 anos, mas nunca entrou em funcionamento.

O Córrego da Carioca também recebe esgoto doméstico da população ribeirinha contribuindo, assim, pela baixa qualidade de suas águas. Os parâmetros que apresentaram resultados acima do limite estabelecido pela legislação para amostras de água do corpo receptor foram oxigênio dissolvido, cor, fósforo total, nitrogênio amoniacal, ferro, manganês, cobre, zinco, DBO e DQO.

O valor de 2,04 encontrado para a relação DQO/DBO da água residuária da CIIC está dentro da faixa de valores que o WORLD BANK GROUP (1998) cita para a relação, indicando baixa biodegradabilidade do efluente.

O teor elevado de cloretos, encontrado no efluente da CIIC, deve-se a presença de corantes em seus efluentes (GUARATINI e ZANONI, 2000).

Metal como o zinco está presente no efluente têxtil na forma de sal inorgânico, e efluentes que contenham esse metal podem ser desastrosos à vida aquática devido à sua toxicidade. Alguns corantes possuem em sua composição metais pesados, como o cobre (HORNING, 1981). A presença desses metais nos efluentes têxteis é de extrema importância sob o ponto de vista ambiental, devido à sua toxicidade à flora e fauna aquática. Duas razões justificam a existência dos metais pesados nos corantes: atuam como catalisadores durante a sua manufatura ou constituem parte integrante da molécula (AMERICAN DYE MANUFACTURES INSTITUTE, 1972).

7.2. Carga Orgânica

Na Tabela 7.6 estão apresentados os valores das cargas orgânicas dos efluentes e dos corpos receptores (a montante e jusante do lançamento de efluentes) das indústrias em estudo. Na mesma encontra-se a carga orgânica teórica, obtida a partir de dados da literatura (ver Tabela 6.1).

Tabela 7.6 – Carga orgânica das amostras do efluente e corpo receptor das indústrias em estudo.

Indústrias	**Corpo receptor**	**Vazão (m3/h)**		**Concentração DBO (mg/L)**			**Carga DBO calculada (Kg/dia)**			**Carga DBO teórica do efluente (Kg/dia)**
		Efl.	**Corpo receptor**	**Efl.**	**Corpo receptor**		**Efl.**	**Corpo receptor**		
					Mont	**Jus**		**Mont**	**Jus**	
VDL	Córrego do Onça	10,0	885,6	7,0	2,0	2,8	1,7	42,5	59,5	120 - 320
Matadouro	Córrego sem nome	0,83	55,4	4.200	2,1	4.200	84,0	2,8	5.584,3	44,8-112
CII Unid I	Rio Itabirito	8,0	12.708*	35,5	31,5	31,7	6,8	9.607	9.668	250
CII Unid II	Córrego Criminoso	15,0	1.065,6	572,0	33,0	92,3	205,9	844,0	2.360,5	167 - 333
CIIC	Córrego da Carioca	16,7	1.713,6	796,7	22,3	46,5	319,3	917,1	1.912,4	150 - 300

* Fonte: Projeto Águas de Minas (disponível em: < http://www.igam.mg.gov.br/aguas/htmls>)

Observa-se que a carga orgânica do efluente da indústria CIIC foi superior ao valor estimado pela literatura. As indústrias CII unidade II e Matadouro apresentaram carga poluidora dentro da faixa teórica, e as indústrias VDL e CII unidade I apresentaram carga poluidora inferior ao valor estimado pela literatura.

A carga orgânica dos corpos receptores calculada a montante e jusante do lançamento de efluentes mostra claramente que as indústrias estão contribuindo para o aumento desta carga, com exceção do Rio Itabirito que apresentou carga orgânica a montante e jusante do lançamento de efluentes praticamente constante, devido principalmente a grande quantidade de esgoto doméstico que é lançado em seu leito.

A carga orgânica encontrada a jusante do lançamento de efluentes das indústrias CIIC e CII unidade II foi maior que a esperada, indicando que além da contribuição dos efluentes industrias existem outras fontes de poluição.

No caso da indústria CIIC poderia estar havendo um extravasamento na tubulação que leva o efluente até o ponto de lançamento no momento da coleta, não detectado. O efluente desta indústria é conduzido a uma estação elevatória e desta para a futura ETE, onde é equalizado e lançado no Córrego da Carioca. A bomba utilizada para recalque do efluente não está adequadamente dimensionada e, em determinadas ocasiões, se faz necessário um alívio de pressão ao longo da tubulação.

Com relação a CII unidade II, o aumento da carga poluidora entre o ponto de lançamento de efluentes e o ponto a jusante se deve ao despejo de esgoto doméstico, efluente de oficina mecânica e posto de gasolina.

7.3. Aspecto geral da poluição nos cursos d'água

Enfatiza-se, que a poluição não é causada apenas pelas indústrias citadas, mas também pela população que não está atenta à degradação do meio ambiente, em particular os cursos d'água.

Pode-se observar que o esgoto doméstico contribui e muito para a poluição dos cursos d'água que atravessam a cidade de Itabirito. Nos locais onde é lançado o esgoto doméstico in-natura nota-se o odor característico e a cor acinzentada das águas. Também é possível observar o assoreamento dos cursos d'água bem como a quantidade de lixo que são lançados nestes.

Nas Figuras 7.2 a 7.9 estão apresentados os aspectos da poluição causada pelas indústrias e também o efeito das erosões e do lixo que é jogado no leito dos cursos d'água.

Figura 7.2 – Ponto de lançamento de efluentes da Indústria Itabirito Industrial – Unidade II no Córrego Criminoso.

Figura 7.3 – Ponto de amostragem a jusante do lançamento de efluentes da Indústria Itabirito Industrial – Unidade II, no Córrego Criminoso.

Figura 7.4 – Ponto de encontro do Córrego Criminoso com o Rio Itabirito.

Figura 7.5 – Ponto de amostragem a jusante do lançamento de efluentes da Indústria Itabirito Industrial – Unidade I, no Rio Itabirito.

Figura 7.6 – Ponto de lançamento de efluentes da Indústria Itabira do Campo, no Córrego da Carioca.

Figura 7.7 – Ponto de amostragem a jusante do lançamento de efluentes da Indústria Itabira do Campo, no Córrego da Carioca.

Figura 7.8 – Ponto de amostragem a jusante do lançamento de efluentes do Matadouro Municipal

Figura 7.9 – Ponto de amostragem a montante do lançamento de efluentes do Matadouro Municipal

7.4. Proposta de tratamento de efluentes

Segundo os resultados apresentados, conforme discutido no item 7.1, a indústria que apresentou maior impacto poluidor no corpo receptor foi a Companhia Itabirito Industrial – Unidade II. Esta indústria está localizada na região central da cidade e lança seus efluentes no Córrego Criminoso, importante afluente do Rio Itabirito. Além da poluição química, a poluição visual é muito grande, pois o córrego apresenta constantemente cores oriundas do processo de acabamento da indústria.

7.4.1. Tratamento físico – químico: ensaios de coagulação / sedimentação

A Tabela 7.7 apresenta os resultados obtidos através dos ensaios de Jar-Test para as duas coletas realizadas.

É interessante observar que a variação da DQO nas coletas realizadas é muito grande, o que dificulta o tratamento de efluentes têxteis.

A melhor remoção da DQO ocorreu em pH na faixa de 7,0 e 7,1. A dosagem ótima de sulfato de alumínio encontrada foi de 50 g/L, que correspondeu a uma eficiência na remoção de DQO de 85%.

Tabela 7.7 – Resumo dos ensaios de coagulação / sedimentação

Teste	$Al_2(SO_4O)_3$ (g)	Volume de Efluente (mL)	pH	DQO (mg/L)		Eficiência Remoção de DQO (%)
				Efluente bruto	Efluente tratado	
I	0,6	200,0	7,04	2830,6 (coleta dia 17/02/04)	1969,4	30,4
II	0,8		7,10		1027,8	63,7
III	1,0		7,05	4400,0 (coleta dia 18/03/04)	1481,2	66,3
IV	2,0		7,02		1197,6	72,8
V	3,0		7,03		1050,6	76,1
VI	8,0		7,01		782,6	82,2
VII	10,0		7,02		665,0	85,0
Limite estabelecido pela DN COPAM nº32 de 18/12/98 para remoção de DQO (%)						90,0

Os testes do tratamento físico-químico utilizando sulfato de alumínio como coagulante indicaram que o efluente da CII não apresentou boa tratabilidade. As dosagens de coagulante utilizadas no processo de coagulação / sedimentação de uma

estação de tratamento de efluentes têxteis podem variar de 500 a 2000 mg/L (SENS, 2002), sendo a dosagem encontrada nos ensaios muito maior que esta.

O Gráfico 7.1 mostra a eficiência na remoção de DQO versus a quantidade de sulfato de alumínio utilizada em 200mL de efluente e o limite estabelecido pela legislação na remoção da DQO. O Gráfico 7.2 apresenta o limite de lançamento de efluentes para indústria têxtil.

Gráfico 7.1 – Eficiência do ensaio de floculação / sedimentação

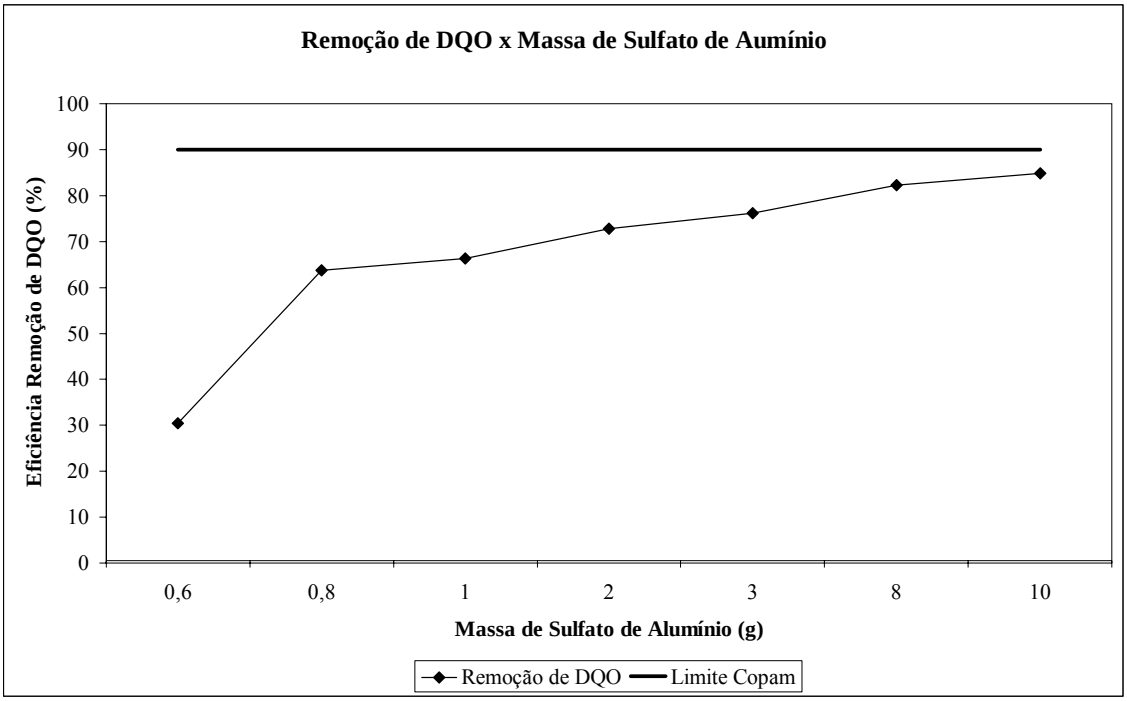
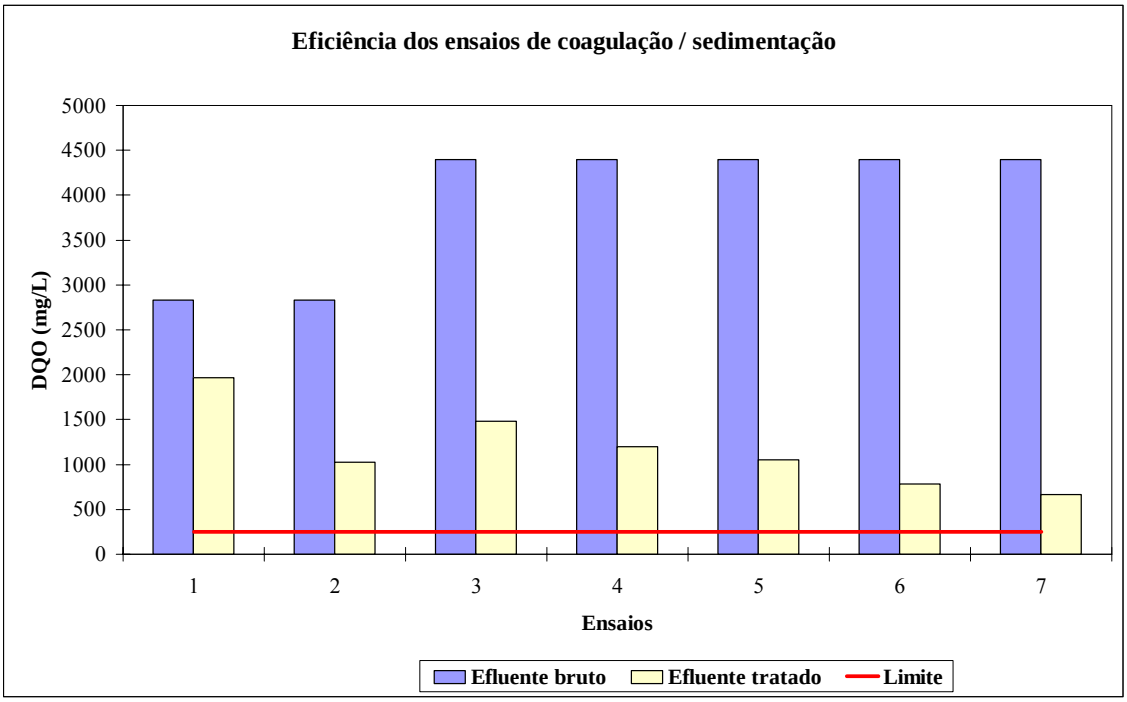


Gráfico 7.2 – Padrão de lançamento de efluentes



O gráfico 7.1 mostra que o tratamento com sulfato de alumínio não alcançou a eficiência exigida pela legislação na remoção de DQO (90%), o mesmo aconteceu com o padrão de lançamento de efluentes, mostrado no gráfico 7.2, que estabelece o limite de lançamento de efluentes para indústria têxtil de 250 mg/L para DQO. O efluente após tratamento com sulfato de alumínio apresentou valores de DQO superiores ao limite estabelecido pela DN COPAM nº 47 de 09/08 / 2001.

7.4.2. Tratamento biológico: sistema de lodos ativados em escala de laboratório

Os parâmetros adotados, conforme descrito na metodologia, para estudar a eficiência do tratamento foram remoção de DQO e DBO. O tempo de retenção hidráulica foi de 10 horas e adotou-se a idade do lodo igual a 7,5 dias (valores adotados pela indústria CII unidade II). A Tabela 7.8 apresenta a caracterização inicial do efluente da Companhia Itabirito Industrial.

Figura 7.10 – Foto do sistema de lodos ativados em escala de laboratório

Tabela 7.8 – Caracterização inicial do efluente da CII – Unidade II

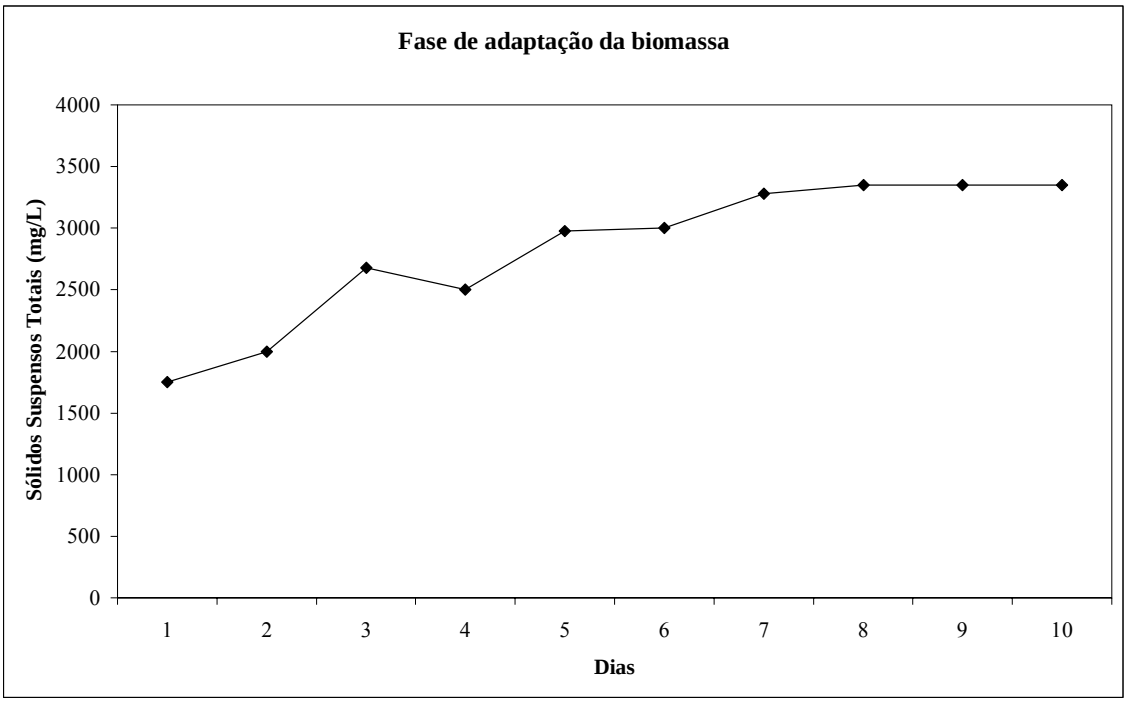
Parâmetro	Nitrogênio total	Fósforo total	DBO	DQO
Unidade	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Valor	4,2	2,7	1410,0	3121,3

Durante a fase de adaptação da biomassa o sistema foi monitorado pelo parâmetro sólidos suspensos totais. Esta fase teve duração de 10 dias, quando se observou a estabilização do sistema através da concentração de sólidos suspensos totais constante. Na Tabela 7.8 e no Gráfico 7.3 estão apresentados os valores de sólidos suspensos totais durante a fase de adaptação da biomassa até o instante em que o sistema atingiu o equilíbrio dinâmico.

Tabela 7.9 – Fase de adaptação da biomassa

Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SST (mg/L)	1751	2000	2680	2500	2975	3000	3280	3350	3348	3350

Gráfico 7.3 – Fase de adaptação da biomassa



O valor de sólidos suspensos totais, ao final desta fase, permaneceu entre 3000 e 3500 mg/L, caracterizando o crescimento da biomassa. Após a fase de aclimatação, o reator atingiu o equilíbrio dinâmico e iniciou-se o tratamento propriamente dito.

No interior do tanque de aeração o pH e o OD foram mantidos, respectivamente, em aproximadamente 7,5 e 3,0 mg/L. A taxa de recirculação de lodo a princípio foi 1,0 e à medida que se fazia necessário, após a fase de adaptação da biomassa, o lodo era descartado a fim de se manter o SST no tanque de aeração constante. A variação de

temperatura do sistema ficou compreendida entre 24 e 28°C. Esta variação é decorrente da ausência de termostatização do sistema.

Na fase inicial da aclimatação foi possível observar, através do acompanhamento microscópico, nemátodas (bioindicadores da pobre sedimentabilidade do lodo), os quais não foram encontrados na fase final. A população de rotíferos, ciliados livres e fixos (indicativos da boa eficiência do processo) aumentou significativamente ao final da aclimatação. Os protozoários encontrados no lodo são pertencentes ao Filo Protozoa, sendo as classes sacordina, ciliata, mastigophora e os micrometazoários são os rotíferas, nemátodas e anelidas.

Na Tabela 7.10, Gráfico 7.4 e Gráfico 7.5 estão apresentadas as variações na remoção de DQO e DBO do sistema. Os Gráficos 7.6 e 7.7 apresentam o padrão de lançamento de efluentes para DQO e DBO, respectivamente.

Tabela 7.10 – Eficiência do sistema de lodos ativados na remoção de DQO e DBO

Dia	DQO (mg/L)		Eficiência (%)	DBO_5 (mg/L)		Eficiência (%)
	Efluente bruto	Efluente tratado		Efluente bruto	Efluente tratado	
1	6000	2000	66,7	1011,1	245,3	75,7
2	3000	1250	58,3			
3	2750	1045	62,0			
4	3100	930	70,0	1250	284	77,3
5	4000	1280	68,0			
6	3000	850	71,7			
7	2800	834	70,2	1050	204,9	80,5
8	3350	968	71,1			
9	2500	799	68,0			
10	4000	1195	70,1	1300	157,6	87,9
11	4700	1800	61,7			
12	3500	1025	70,7			
13	3000	878	70,7	1410	101,1	92,8
14	3125	948	69,7			
		Média	**67,8**		**Média**	**82,8**

Gráfico 7.4 - Eficiência do sistema de lodos ativados na remoção de DQO.

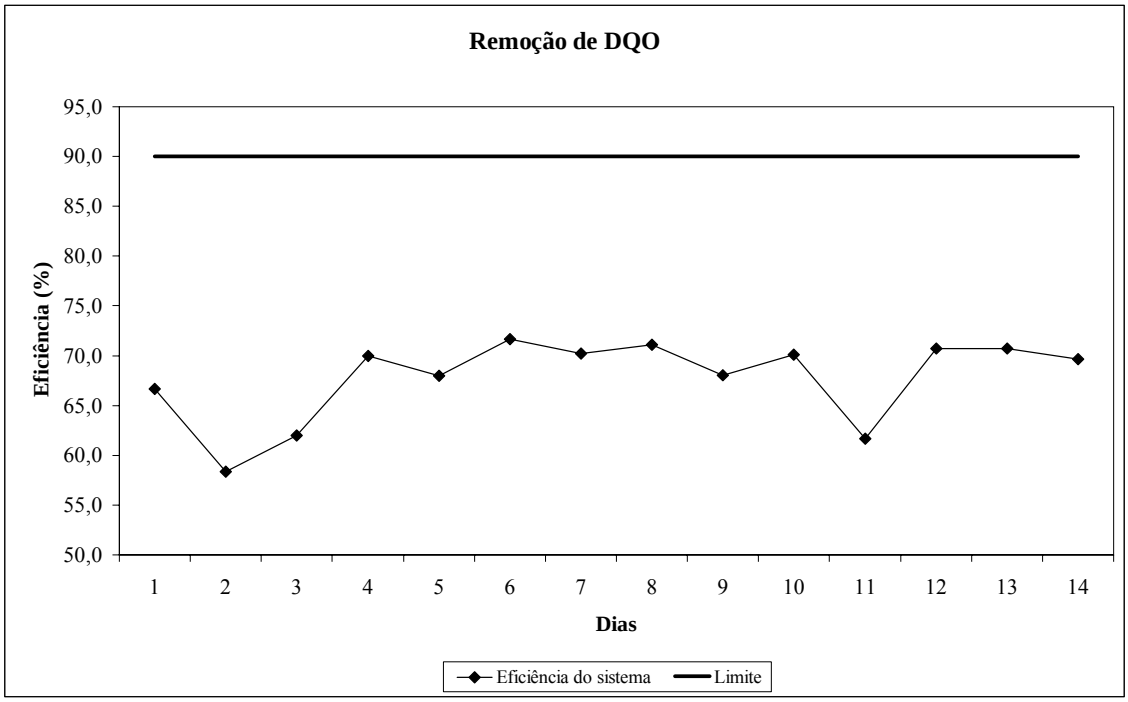


Gráfico 7.5 - Eficiência do sistema de lodos ativados na remoção de DBO.

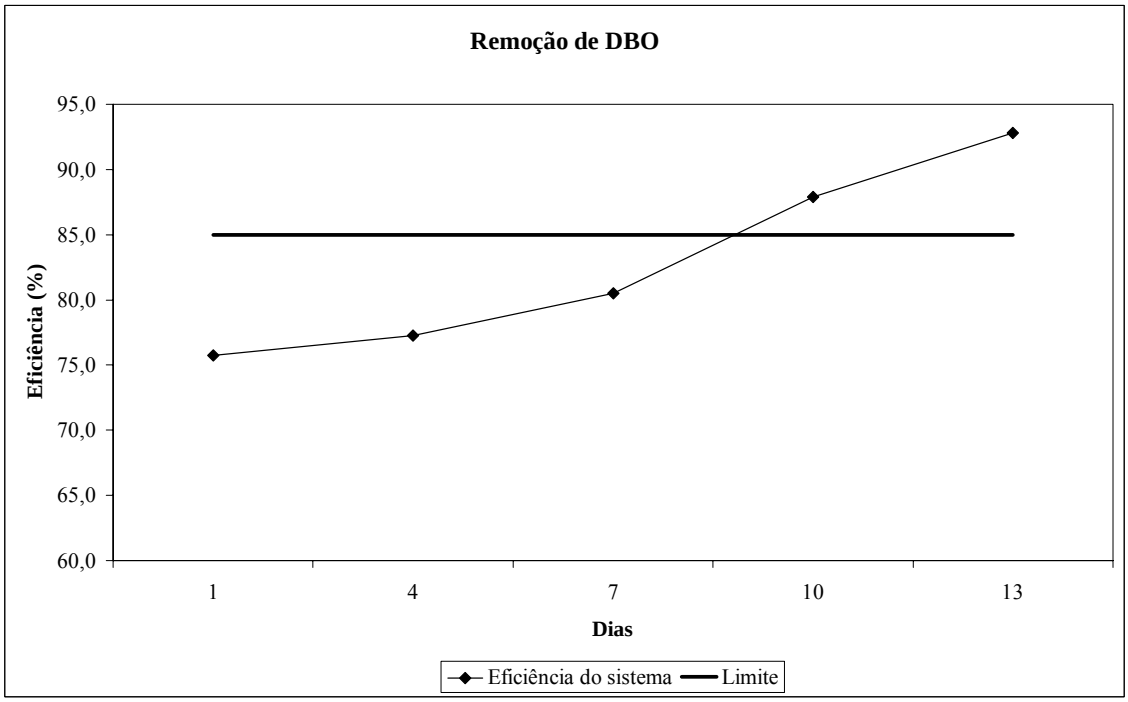


Gráfico 7.6 – Padrão de lançamento de efluentes para DQO

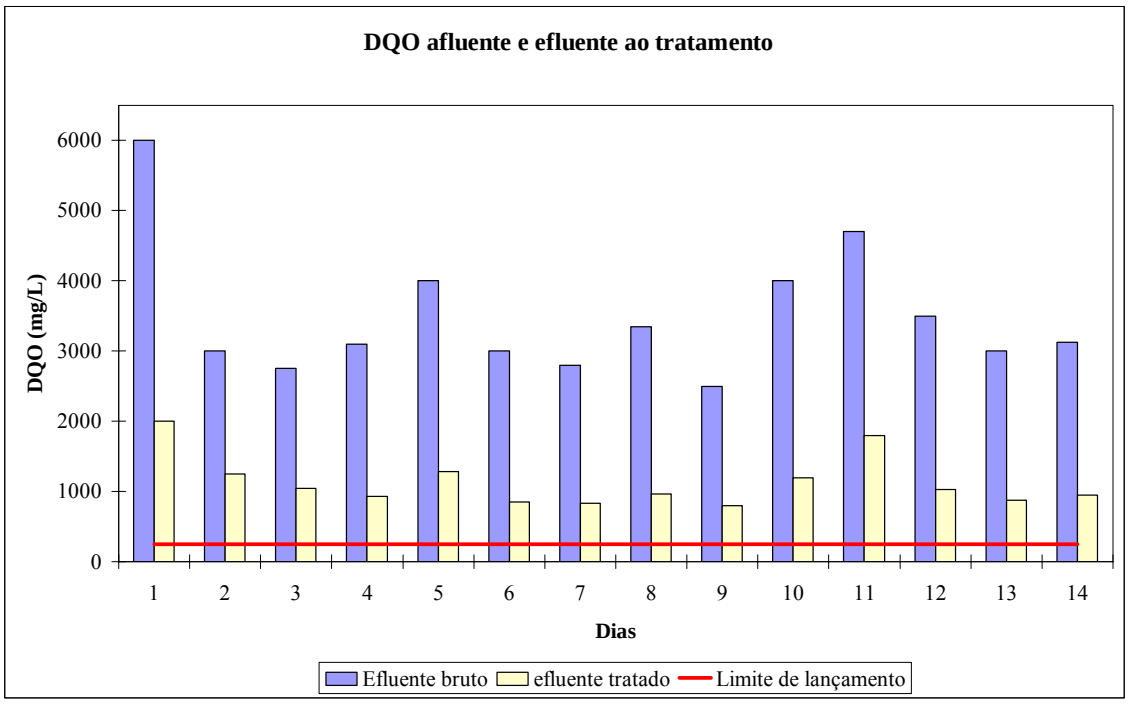
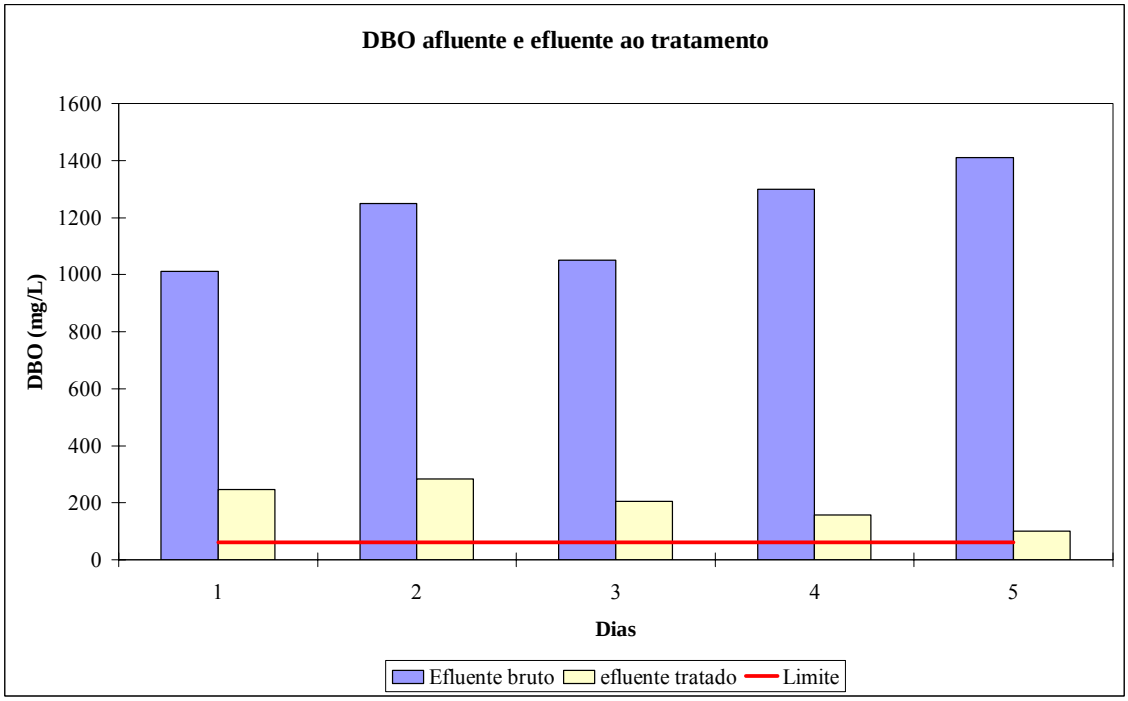


Gráfico 7.7 – Padrão de lançamento de efluentes para DBO



Pode-se observar que o sistema de lodos ativados em escala de laboratório não alcançou a eficiência estabelecida pela legislação no parâmetro DQO, tanto para a eficiência na remoção de DQO (90%) quanto para lançamento de efluentes (250 mg/L, para indústria têxtil).

A eficiência na remoção de DBO foi satisfatória atingindo o valor estabelecido pela legislação de 85%. Porém, a concentração de DBO do efluente tratado não apresentou valores compatíveis com a legislação que estabelece a concentração de 60 mg/L de DBO para lançamento de efluentes em corpos d'água Classe 2.

Isto mostra que o tratamento adotado pela indústria não é adequado. A relação DQO/DBO indica que o efluente é pouco biodegradável e que somente o tratamento biológico não é capaz de adequar o efluente às normas ambientais.

Atualmente dispomos de vários métodos para tratamento de efluentes, podendo ser classificados principalmente em físicos, químicos e biológicos. A combinação destes para tratamento de um dado efluente vai depender muito dos objetivos que se quer atingir no tratamento.

Para o tratamento de efluentes têxteis, a combinação de métodos mostra-se mais adequada, devido à presença de corantes e a variações bruscas de carga que normalmente são resistentes à degradação nos sistemas convencionais de tratamento. Em geral, maior ênfase tem sido dado ao estabelecimento de metodologias que combinam os processos biológicos com outras alternativas físicas ou físico-químicas, tais como floculação, adsorção ou oxidação eletrolítica (KUNZ *et al*, 2002).

Uma possibilidade para reduzir a carga orgânica do efluente gerado pela Companhia Itabirito Industrial - unidade II seria combinar o sistema de adsorção com carvão ativado ao sistema de lodos ativados.

CAPÍTULO 8

CONCLUSÃO

Neste trabalho foram estudadas além dos efluentes das principais indústrias de Itabirito, as condições em que se encontram os cursos d'água que recebem estes efluentes.

Concluímos que principalmente as indústrias têxteis têm alterado a qualidade das águas dos corpos receptores em alguns parâmetros, além de aumentar a carga orgânica consideravelmente. O Matadouro Municipal também causa um grande impacto no corpo receptor, porém seu lançamento de efluentes é esporádico, e a Prefeitura Municipal de Itabirito está tomando as medidas necessárias para atender a legislação quanto ao lançamento de efluentes. A VDL Siderurgia não forneceu informações sobre o tipo de tratamento adotado e nem o processo de produção, dificultando a avaliação da eficiência do tratamento de efluentes.

Os métodos de tratamento testados não apresentaram eficiência satisfatória. Para o tratamento de efluente têxtil muitas vezes uma solução bastante inteligente é a utilização de processos combinados para uma melhor eficiência do sistema, de tal forma que possam suprir deficiências apresentadas pelos processos quando aplicados isoladamente.

Apesar das indústrias em estudo contribuírem com a poluição dos corpos d'água, a contribuição do esgoto doméstico gerado pela população Itabiritense representa uma grande parcela desta poluição. O despejo de lixo de todo tipo nas margens dos ribeirões e córregos é prática comum, apesar de o serviço de limpeza urbana abranger 93,27% das residências de Itabirito, que deposita o lixo recolhido a céu aberto enquanto as obras do aterro não são concluídas.

Uma visão moderna com relação a efluentes industriais deve estar baseada não somente no tratamento destes e sim na busca constante da minimização de resíduos gerados através de tecnologias limpas, ou seja, o pensamento deve se voltar para a fonte do efluente dentro da indústria e não somente como resolver o problema após sua geração.

CAPÍTULO 9

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Montar e monitorar um sistema de tratamento de efluentes, em escala piloto, utilizando o processo de adsorção com carvão ativado combinado a um sistema biológico para verificar a viabilidade técnico–financeira do empreendimento.

Testar, em escala de laboratório, métodos de biodegradação, tratamento com ozônio, fotocatálise heterogênea e utilização de tecnologias de membranas, que representam as últimas tendências no tratamento de efluentes têxteis.

Testar a combinação de processos oxidativos avançados (POAs) utilizando-se peróxido de hidrogênio, ozônio, luz ultravioleta, TiO_2 como alternativas aos processos de tratamento estabelecidos atualmente.

Verificar a viabilidade técnico – financeira da utilização dos métodos citados acima.

Monitorar o Rio Itabirito ao longo de seu percurso até o encontro com o Rio das Velhas.

CAPÍTULO 10

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adad, J. M. T. (1982). Controle Químico de Qualidade. Guanabara 2. 1ª edição.

Aisse, M. M. (1985). Sedimentação do lodo secundário obtido no processo dos lodos ativados. São Carlos. Tese (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 205p.

Além Sobrinho, Pedro (1999). Tratamento de Águas Residuárias. São Paulo. PEF/EPUSP. CD – Rom.

American Dye Manufactures Institute (1972). Untitled Presentation. Annual Technical Conference. American Association of Textile Colourists and Chemists.

Antunes, J. A. (2002). Secretário de Meio Ambiente da Prefeitura de Itabirito - Comunicação pessoal.

APHA (1998). Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater. 20ª edition.

Azevedo Neto, J. M. (1973). Manual de Hidráulica. São Paulo. Edgard Blücher. 6ª edição. 668p.

Bittencourt, A. V. L.; Hindi, E. C. (2000). Tópicos de Hidroquímica. In: III Curso Sudamericano sobre Ealucion y Vulnerabilidad de Acuíferos. Assunctión Paraguay. Itaipu Binacional. Organización de los Estados Americanos. Cap.3. 211p.

Braile, P. M.; Cavalcanti, J. E. W. A. (1993). Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais, São Paulo, CETESB, 764p.

Carliell, C. M.; Barclay, J. S.; Shaw, C.; Wheatley, A. D., Buckley, C. A. (1998). The effect of salts used in textile dyeing on microbial decolourisation of a reactive azo-dye. Environmental Technology, v. 19, p. 1133 – 1137.

EPA, United States Environmental Protection Agency (1996). Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry. Washington. Office of compliance. 296p.

Fantini, D. (2003). Expedição Manuelzão. Boletins das Sub – Bacias do Rio das Velhas. Boletim nº 2.

Gomes, M. G. B. M. (1994). Avaliação da Poluição Provocada pelas Indústrias Têxteis nos Cursos D'Água do Estado de Minas Gerais. Diretoria de Controle Ambiental, Divisão de Controle de Indústria Química e Alimentícia. Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). Belo Horizonte.

Guaratini, C. C. I.; Zanoni, M. V. (2000). Corantes Têxteis. Química Nova. v.23. nº1. p. 71 – 78.

Gupta, R. S. (1989). Hydrology and Hydraulic Systems. Prentice – Hall. New Jercey. 258p.

Horning, R. H. (1981). Carcinogenicity and Azo Dyes. Textile Industry and the Environment Symposium.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Site: http://www.ibge.gov.br/

Kunz, A.; Zamora, P. P.; Moraes, S. G.; Duran, N. (2002). Novas Tendências no Tratamento de Efluentes Têxteis. Revista Química Nova. v. 25. nº 1. p. 78 - 82.

Leão, M. D.; Carneiro, E. V.; Schwabe, W. K.; Ribeiro, E. D. L.; Soares, A. F. S.; Neto, M. L. F.; Torquetti, Z. S. C. (2002). Projeto Minas Ambiente – Controle Ambiental na Indústria Têxtil, Acabamento de Malhas. Belo Horizonte. 356p.

Macêdo, J. A. B. (2002). Introdução à Química Ambiental (Química & Meio Ambiente & Sociedade). Juiz de Fora. 1ª edição. 487p.

Macedo, J. A. B. (2003). Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas. 2ª edição. Belo Horizonte. 450p.

Magossi, L. R.; Bonacella, P. H. (1992). Poluição das Águas. Coleção Desafios. 9ª edição. São Paulo. Editora Moderna. P. 32-35.

Metcalf & Eddy, INC. Wasterwater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse. 3rd ed., McGraw-Hill, 1991.

Neto, J. T. P. (1993). Ecologia, Meio Ambiente e Poluição. Viçosa. Imprensa Universitária – UFV. 83p.

Oliva, L. C. H. C. (1997). Tratamento de esgotos sanitários com reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) protótipo: desempenho e respostas dinâmicas as sobrecargas hidráulicas. São Carlos. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 218p.

O'neill, C.; Hawkes, F. R.; Hawkes, D. L.; Lourenço, N. D.; Pinheiro, H. M.; Delee, W. (1999). Colour in textile effluent – sources, measurements, discharge consents and simulation: a review. Journal of chemical technology and Biotechnology. v. 74. p. 1009 – 1018.

Pagga, U.; Brown, D. (1986). The degradation of dyestuffs part II – Behavior of dyestuffs in aerobic biodegradation tests. Chernosphere. v.15. nº 4. p. 479 – 491.

Porto, R. L.; Branco, S. M.; Cleary, R. W.; et al. (1991). Hidrologia Ambiental. São Paulo. Imprensa Universitária. USP. 414p.

Sanin, L. B. B. (1997). A Indústria Têxtil e o Meio Ambiente. Tecnologia e Meio Ambiente. Trabalho apresentado no XIV Congresso da FLAQT. Caracas. p. 13 – 34.

Sens, M. L.; Hassemer, M. E. N. (2002). Tratamento do efluente de uma indústria têxtil. Processo Físico-Químico com Ozônio e Coagulação / Floculação. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. v.7. nº 1. p. 30 -36.

Silva, S. M. C. P. (1993). Desenvolvimento de uma nova concepção de tratamento de águas residuárias pela associação de processos anaeróbios e aeróbios. São Paulo. Tese (mestrado) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo.

Sperling, M. V. (1997). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais. v.1. 243p.

Sperling, M. V. (1997). Lodos ativados. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais. v.4. 415p.

Torquetti, Z. S. C (1998). Planejamento Ambiental – Gerencial Integrado em Pequenas e Médias Empresas: Contribuição para Implementação de Sistemas de Gestão Ambiental – Estudo de caso para o setor têxtil / malharia. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. Tese. Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Van Haandell, A.; Marais, G. (1999). O comportamento do sistema de lodo ativado – teoria e aplicações para projetos e operação. Universidade Federal da Paraíba.

World Bank Group. (1998). Pollution Prevention and Abatement. I Landbook. 408 – 412p.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo