

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
SUL DE MINAS GERAIS
Campus Inconfidentes

Larissa Bonamichi do Vale

**Levantamento dos principais métodos e proposta do Sistema Australiano
para estabilização dos resíduos de abatedouros e frigoríficos**

**Inconfidentes - MG
2010**

Larissa Bonamichi do Vale

**Levantamento dos principais métodos e proposta do Sistema Australiano
para estabilização dos resíduos de abatedouros e frigoríficos**

Monografia apresentada como pré-requisito de conclusão do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes, MG, para a obtenção do título de Tecnólogo em Meio Ambiente.

Orientador: Msc. Felipe Moreton Chohfi

**Inconfidentes – MG
2010**

Larissa Bonamichi do Vale

**Levantamento dos principais métodos e proposta do Sistema
Australiano para estabilização dos resíduos de
abatedouros e frigoríficos**

Aprovada em de 2010

MSc. Felipe Moreton Chohfi
(Orientador)

MSc. Verônica Soares de Paula Morais
(Co-orientadora)

Prof. Gilberto Eufrásio do Couto
(Convidado)

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me iluminado em todas as decisões e por sempre me dar forças para continuar lutando e chegar aonde tanto sonhei. Entendendo-me, quando em certos momentos a ausência de entendimento era parcial ou quase total.

Aos meus pais, Ângela e Arismar pela paciência e compreensão durante a realização do mesmo.

Aos professores, com os quais obtive todo conhecimento necessário para realizar esta etapa e que de alguma forma me ajudaram, acreditando em meu potencial.

Aos meus queridos amigos presentes que me apoiaram durante toda trajetória. À minha amiga Bruna Mendes pelo incentivo e pelas palavras sinceras, pelo companheirismo durante todo o curso. À Ana Cláudia e Christiane pela amizade sincera e pela ajuda nos momentos difíceis. Enfim às Luluzinhas, que faziam os meus dias mais felizes!

Ao meu namorado Alan, que sempre esteve ao meu lado me incentivando, me apoiando e me animando diante as situações difíceis; me ajudando pelo simples fato de sua presença ao meu lado e por sempre pegar no meu pé fazendo com que eu enxergasse o melhor pra mim.

A minha querida irmã Vanessa, que me ajudou na realização deste trabalho, com a impressão, protocolo e muitas outras coisas devido a minha distância, sou muito grata.

Obrigada a todos que de uma forma ou outra colaboraram com mais esta conquista.

*De tudo, ficaram três coisas:
a certeza de que estamos sempre começando...
a certeza de que é preciso continuar...
a certeza de que seremos interrompidos antes de terminar...
Portanto devemos:
fazer da interrupção um caminho novo...
da queda, um passo de dança...
do sonho, uma ponte...
da procura, um encontro.*

Fernando Pessoa

RESUMO

A geração de resíduos, fator inerente a qualquer atividade, mostra-se expressiva, principalmente na atividade dos frigoríficos e matadouros, uma vez que estes representam significativa parcela das agroindústrias instaladas e pelo volume de seus despejos e contaminação das águas, quando lançados os efluentes sem o devido tratamento nos cursos naturais de água causando uma série de danos ao meio ambiente e a população. Os processos de tratamento que deverão ser adotados, devem levar em conta a legislação ambiental vigente, onde a estação de tratamento não deve gerar incômodos seja por ruídos ou odores, nem causar impacto visual negativo. . O presente trabalho visa realizar um estudo sobre os principais processos empregados para o tratamento de efluentes de frigoríficos e matadouros e a legislação pertinente. Ao final do trabalho foi feita uma conclusão e discussões no que concerne às alternativas de maior eficiência na remoção da carga contaminante destes resíduos e atendimento à legislação nesta área.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos líquidos; indústrias; processos de tratamento

ABSTRACT

The production of residues, factor that is inherent to any activity, shows itself very expressive, mainly, in the activity of the rendering plants given that these represent a significant share of the agroindustries installed and by the volume of its effluents generated and contamination of watercourses when disposed without adequate treatment resulting in pollution to the natural environment and local population. The treatment processes that could be adopted should take in account the environmental legislation where the treatment plant should not result in discomfort, odors or negative visual impact. The present work aims to perform a study on the main processes employed in the treatment of rendering plant residues and the legislation in place. In the end of the work a conclusion was made and discussions concerning the alternatives of greater efficiency in the removal of the contaminant load for the compliance with the legislation in place was made.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 3. Industrialização da carne..... | 4 |
| 4. Resíduos e efluentes gerados no processo de industrialização..... | 5 |
| 5. Legislação..... | 8 |
| 6. Processos de tratamento dos efluentes líquidos..... | 11 |
| 6.1.1. Processos Físicos..... | 12 |
| 6.1.2. Processos Químicos..... | 13 |
| 6.1.3. Processos Biológicos..... | 14 |
| 6.1.3.1. Lagoas de estabilização..... | 15 |
| 7. Sistemas de lagoas de estabilização..... | 16 |
| 7.1.1. Lagoas Aeradas..... | 18 |
| 7.1.2. Lodos Ativados..... | 19 |
| 7.1.3. Filtros Biológicos..... | 20 |
| 7.1.4. Filtros Anaeróbios..... | 21 |
| 7.1.5. Reatores anaeróbios..... | 21 |
| 7.2. Classificação dos Sistemas de tratamento..... | 22 |
| 7.2.1. Tratamento preliminar..... | 22 |
| 7.2.2. Tratamento primário..... | 23 |
| 7.2.3. Tratamento secundário..... | 23 |
| 7.2.4. Tratamento terciário..... | 24 |
| 7.3. Sistema Australiano: Uma proposta..... | 26 |

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento demográfico, a demanda por carne conseqüentemente vem aumentando de acordo com a alimentação do homem nos dias atuais. Com isso, o abate de animais para posterior consumo da carne e seus derivados vem aprimorando suas técnicas através dos tempos, trazendo consigo problemáticas ambientais como a geração de águas residuárias (MALDANER, 2008).

Toda vez que se gera um resíduo industrial, é necessário que exista uma alternativa para o seu tratamento, pois este não deve ser acumulado indefinidamente em um determinado local e muito menos disseminar seus resíduos no meio ambiente de qualquer maneira (lançando-os na atmosfera, nas águas ou no solo) (MALDANER, 2008).

Devido à sua constituição, estes despejos são altamente putrescíveis, começando a decompor-se em poucas horas, com cheiro forte que torna irrespirável o ambiente nas cercanias de tais estabelecimentos, além de possuírem imagem de grande poluidor dos mananciais (BNB, 1999).

Segundo o Guia Técnico Ambiental de Frigoríficos da CETESB (2008), para minimizarem os impactos ambientais dos efluentes líquidos industriais e atenderem às legislações ambientais locais, os abatedouros e frigoríficos devem fazer o tratamento destes efluentes.

A quantidade de despejos é variável, relacionada com o volume de água consumida no estabelecimento, mas, como dado indicativo, BRAILE & CAVALCANTI

(1993), calculam 15 m³ de água residuária por tonelada de animal abatido, reconhecendo que, para outros autores, essa estimativa vai de 4 a 20 m³.

Assim, quando as emissões residuárias prejudicarem o uso posterior do ar, água ou solo, fica caracterizado a poluição ambiental; a quantidade de poluente indesejável lançada no meio ambiente são denominadas carga poluidora, onde nesses casos o efluente como agente de poluição das águas causa ameaça à saúde pública (MALDANER, 2008).

A remoção das substâncias indesejáveis de uma água residuária envolve a alteração de suas características físicas, químicas e/ou biológicas (BASSOI, 2009). Os processos de tratamento que serão adotados devem levar em conta a legislação ambiental vigente, onde a estação de tratamento não deve gerar incômodos seja por ruídos ou odores, nem causar impacto visual negativo (MALDANER, 2008).

A resolução nº. 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. O artigo nº 34 desta resolução cita as condições e padrões de lançamento de efluente, sendo pH entre 5 e 9, materiais sedimentáveis até 1 mL/L, em teste de 1 hora, em cone Imhoff, óleos minerais até 20mg/L, óleos vegetais e gorduras animais até 50mg/L (CONAMA, 2006).

Segundo NUNES (2004), o conhecimento das características das águas residuárias geradas em uma indústria é de suma importância para o estudo preliminar de projetos, para que se possa estabelecer o tipo de tratamento mais adequado.

Para SPERLING (2005), todos os compostos orgânicos podem ser degradados anaerobicamente, e mostrando-se mais eficiente e mais econômico para dejetos facilmente biodegradáveis. E sugere que para tratamento dos efluentes de frigoríficos o mais apropriado é o sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas (anaeróbias), ao qual iremos focar durante a revisão.

O tratamento dado às questões ambientais nas últimas décadas vem evoluindo a partir da percepção do aumento da produção e do consumo de carnes em todo o mundo, sendo de grande preocupação ambiental sua conseqüente carga poluidora gerada, geralmente tratada de maneira incorreta e desviada aos mananciais. Assim, cabe destacar a importância do tratamento adequado para os resíduos orgânicos dos efluentes gerados pelos abatedouros e frigoríficos, através de uma abordagem diferenciada do assunto.

Para a realização deste estudo foram reunidas diversas literaturas, como periódicos, artigos científicos e estudos acadêmicos de trabalhos envolvendo o tratamento de efluentes de frigoríficos e abatedouros e procurou-se gerar uma contribuição e opinião própria sobre o assunto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

3. Industrialização da carne

Os estabelecimentos destinados ao abate de animais para a obtenção de carne e derivados são regulamentados por uma série de normas sanitárias destinadas a dar segurança alimentar aos consumidores destes produtos, trabalhando em situação regular com a inspeção e fiscalização contínuas dos órgãos responsáveis pela vigilância sanitária municipal, estadual ou federal (MALDANER, 2008).

Segundo FERNANDES & LOPES (2008), podemos dividir as unidades de negócio do setor, quanto à abrangência dos processos que realizam:

- Abatedouros ou matadouros:

Realizam o abate dos animais, produzindo carcaças (carne com ossos) e vísceras comestíveis. Algumas unidades também fazem a desossa das carcaças e produzem os chamados “cortes de açougue”, porém não industrializam a carne.

- Frigoríficos:

Podem ser divididos em dois tipos: os que abatem os animais separam sua carne, suas vísceras e as industrializam, gerando seus derivados e subprodutos, ou seja, fazem todo o processo dos abatedouros e também industrializam a carne; e aqueles que não abatem os animais; compram a carne em carcaças ou cortes, bem como vísceras, dos matadouros ou de

outros frigoríficos para seu processamento e geração de seus derivados e subprodutos, ou seja, somente industrializam a carne.

- Graxarias:

Processam subprodutos e/ou resíduos dos abatedouros ou frigoríficos e de casas de comercialização de carnes (açougues), como sangue, ossos, cascos, chifres, gorduras, aparas de carne, animais ou suas partes condenadas pela inspeção sanitária e vísceras não-comestíveis. Seus produtos principais são o sebo ou gordura animal (para a indústria de sabões e sabonetes e para a indústria química) e farinhas de carne e ossos (para rações animais). Há graxarias que também produzem sebo ou gordura e o chamado adubo organo-mineral somente a partir de ossos. Podem ser anexas aos abatedouros e frigoríficos ou unidades de negócio independentes (BLISKA, 1998 citado por MALDANER, 2008).

Os principais processos que ocorrem em matadouro-frigorífico são: recepção dos animais em currais, condução e lavagem desses, atordoamento e sangria, esfolagem e remoção da cabeça, evisceração, corte e limpeza da carcaça, refrigeração (PACHECO & YAMANAKA, 2006).

4. Resíduos e efluentes gerados no processo de industrialização

Segundo PHILIPPI (2004), são dos rios que se subtrai a maior parte da água para consumo humano, porém são neles que são dispostos os efluentes, quer de natureza doméstica, quer de origem industrial. Com isso deve-se redobrar a atenção ao tratamento dos efluentes pois os mesmos podem prejudicar o uso das águas, já que esta é utilizada também pela indústria na fabricação de seus produtos em diversas situações, como lavagem das matérias-primas e de equipamentos, caldeiras para produção de vapor, refrigeração de equipamentos, lavagem de pisos das áreas de produção, incorporação aos produtos, reações químicas, higiene dos funcionários, combate a incêndios, entre outras.

Dentro de cada unidade o consumo de água vai variar de acordo com a sua função ou tipo de unidade (frigorífico com/sem abate, com/sem graxaria, etc.), tipos de equipamentos e tecnologias em uso, “lay-out” da planta e de equipamentos, procedimentos operacionais, etc. (PACHECO, 2006).

Segundo PACHECO (2006), seguem abaixo alguns aspectos gerais sobre a água consumida em abatedouros e frigoríficos:

- 40 a 50% da água usada é aquecida ou quente (40 a 85° C);

- Cerca de 50% do uso da água é fixo (independe da produção);
- 50 a 70% do uso de água depende de práticas operacionais (limpezas com mangueiras, lavagens manuais dos animais e dos produtos). Portanto, melhorias nestas práticas, conscientização do pessoal e sua supervisão operacional podem influenciar significativamente o uso de água na indústria de carne;
- Plantas mais modernas podem ser mais fáceis de limpar, devido a “*lay-out*” mais planejado e favorável e a equipamentos com melhores projetos, possibilitando uso de água mais eficiente;
- Plantas exportadoras podem ter um consumo maior de água em função de exigências sanitárias mais rigorosas do mercado externo em relação ao mercado local.

Para o abate de aves são gerados em média de 25 a 50 litros de água por cabeça e o descarte de material (penas, intestinos, pé, cabeça e sangue) representa 30% da massa total do animal. Esses efluentes são gastos nas lavagens de pisos e das instalações nas seguintes etapas da produção: área de recebimentos das aves; lavagens das caixas utilizadas no transporte; sala de abate; sala de sangria; escaldamento; depenagem mecanizada; evisceração; resfriamento com gelo; embalagem; congelamento e expedição. Também são gerados efluentes nas lavagens se houver fabricação de farinhas de aves (BLISKA & GONÇALVES, 1998).

Em abatedouros de aves, as águas residuárias de processo apresentam DBO e DQO mais elevadas do que as de lavagem das máquinas e pisos, apresentando DBO em torno de 3.900 mg L⁻¹ e DQO de 16.230 mg L⁻¹. O conteúdo de óleos e graxas é, no entanto, maior nas águas de lavagem, alcançando concentração de 8.000 mg L⁻¹, enquanto as águas de processo apresentam valor de 2.500 mg L⁻¹ (MATOS, 2005).

Os resíduos do abate de suínos e bovinos são constituídos por esterco dos currais, vômitos, conteúdo estomacal e conteúdo intestinal, além de ossos e pele. Nos matadouros de bovinos são produzidos cerca de 23 kg de barrigada e 18 kg de dejetos, para cada animal abatido (TOCCHETTO, 2008).

Para o abate de bovinos são 900 litros na sala de matança, 1000 litros nas demais dependências (bucharia, triparia, miúdos, sanitários, etc.), 600 litros nos anexos externos (pátios, e currais, incluindo lavagem dos caminhões.) totalizando 2500 litros por cabeça.

Para o abate de suínos são 300 litros na sala de matança, 400 litros nas demais dependências e 500 litros nos anexos externos, totalizando 1200 litros por cabeça. (III FORUM, 2003 citado por MALDANER, 2008).

Em abatedouros de bovinos as águas residuárias são compostas de sangue, aparas, sebo, pêlos, parte da barrigada, além de dejetos do animal abatido. O sangue bovino tem DBO₅ de 156.000 mg L⁻¹, DQO de 218.300 mg L⁻¹, conteúdo de umidade de 820 g L⁻¹ e pH de 7,3. Águas residuárias da seção de empacotamento de carnes tem valores médios de 1.240 mg L⁻¹, DQO de 2.940 mg L⁻¹, 85 mg L⁻¹ de N orgânico e 1.850 mg L⁻¹ de sólidos suspensos (MATOS, 2005).

Portanto, os efluentes possuem alta carga orgânica, alto conteúdo de gordura, flutuações de pH em função do uso de agentes de limpeza ácidos e básicos, altos conteúdos de nitrogênio, fósforo e sal, teores significativos de sais diversos de cura e eventualmente, no caso de processos de defumação de produtos de carne, presença de compostos aromáticos diversos, flutuações de temperatura (uso de água quente e fria), altos valores de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) – parâmetros utilizados para quantificar carga poluidora orgânica nos efluentes -, sólidos em suspensão, graxas e materiais flotável. Fragmentos de carne, de gorduras e de vísceras normalmente podem ser encontrados nos efluentes (MALDANER, 2008). A tabela 1, apresenta as principais características encontradas por outros autores:

Tabela 1: Caracterização dos efluentes de frigoríficos e abatedouros (ARRUDA citado por MARIA, 2008).

| Parâmetros | Unidade | Sayed (1987) | Borja et.al. (1995) | Manjunat et. al. (1999) | Núñez (1999) | Pozo et.al. (1999) | Caixeta et.al. (2002) | Torkian et.al. (2003) |
|----------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| pH | - | 6,8-7,1 | 6,3 | 6,5 – 7,3 | 6,8 | - | 6,3–6,6 | 6,8– 7,8 |
| Temperatura | °C | 20 | - | - | - | - | - | 27 - 36 |
| DQO | mgL ⁻¹ O ₂ | 1500 - 2200 | 2450 | 1100 - 77250 | 2500 | 2100 | 2000 - 6200 | 3265 - 14285 |
| DBO | mgL ⁻¹ O ₂ | 490 - 650 | 1550 | 600 - 3900 | 1400 | 1200 | 1300 - 2300 | 914 - 1917 |
| Sólidos S. Totais | mgL ⁻¹ | - | 130 | 300 - 2300 | 530 | 950 | 850 - 6300 | - |
| Óleos e graxas | mgL ⁻¹ | - | - | 125 - 400 | 150 | 110 | 40- 500 | - |
| Alcalinidade | mg CaCO ₃ /L | - | 210 | - | 740 | - | - | 1208 - 1713 |
| Nitrogênio | mgL ⁻¹ | 120 - 180 | 150 | 90 - 150 | - | 220 | - | - |
| Fósforo | mgL ⁻¹ | 12.20 | 6 | 8.15 | - | - | 15 - 40 | - |

5. Legislação

De acordo com Decreto 30.691/52, que dispõe sobre o Regulamento de inspeção Industrial e sanitária de produtos de origem animal – RIISPOA, em seu capítulo I, Artigo 21, Parágrafo 1º coloca que: Entende-se por "matadouro-frigorífico" o estabelecimento dotado de instalações completas e equipamentos adequados para o abate, manipulação, elaboração, preparo e conservação das espécies de açougue sob variadas formas, com aproveitamento completo, racional e perfeito, de subprodutos não comestíveis.

Desde a Lei Federal nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, o licenciamento ambiental é um dos mais importantes instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, para o controle de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras, onde é basicamente uma atividade a ser exercida pelo Poder Público Estadual, segundo a legislação citada e conforme os ditames da Resolução CONAMA nº. 237, de 18 de dezembro de 1997.

O licenciamento ambiental obedece preceitos legais, normas administrativas e rituais claramente estabelecidos e cada dia mais integrado à perfectiva de ação que causem, ou possam causar, significativas alterações do meio, com repercussões sobre a qualidade ambiental (MILARÉ, 2004 citado por MALDANER, 2008).

Vale lembrar que a Constituição Federal de 1988 do Brasil, dedicou o Capítulo VI ao Meio Ambiente, onde em seu Artigo 225 impõe como obrigação da sociedade e do próprio Estado, a preservação e defesa do mesmo. São apresentados aspectos relacionados ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, sendo um bem de uso comum do povo, porém a coletividade tem o dever de defender e de preservá-lo para as presentes e futuras gerações. A responsabilidade civil em matéria ambiental é objetiva, prescindindo-se da inquirição da culpa do poluidor – pessoa física ou jurídica, bem como o Estado, tanto na condição de empreendedor de obra ou atividade, inclusive como Poder concedente, quanto na posição de órgão licenciador (MALDANER, 2008).

Segundo a Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005, foi criada com a finalidade de estabelecer o enquadramento e a classificação das águas, o volume lançado e seu regime de variação, bem como as características físico-químicas e biológicas do efluente, visando à preservação, recuperação (também para ecossistema aquático) e produção de água potável a um custo razoável, com objetivos que devem ser atingidos ao longo do tempo. Além disso, esta norma determina tarefas, responsabilidades e penalidades pelo não cumprimento dos prazos por ela estipulados (PACHECO, 2006). Dispõe sobre:

Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

[...]

“Art. 34º. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

§ 1º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 2º Os critérios de toxicidade previstos no § 1º devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

§ 3º Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Resolução não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

§ 4º Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 5 a 9;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

1 - óleos minerais: até 20mg/L;

2- óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e

VI - ausência de materiais flutuantes.

§ 5º Padrões de lançamento de efluentes:

Tabela 2 - LANÇAMENTO DE EFLUENTES PADRÕES

Parâmetros Inorgânicos Valor Máximo

| | |
|----------------------------|--------------|
| Arsênio total | 0,5 mg/L As |
| Bário total | 5,0 mg/L Ba |
| Boro total | 5,0 mg/L B |
| Cádmio total | 0,2 mg/L Cd |
| Chumbo total | 0,5 mg/L Pb |
| Cianeto total | 0,2 mg/L CN |
| Cobre dissolvido | 1,0 mg/L Cu |
| Cromo total | 0,5 mg/L Cr |
| Estanho total | 4,0 mg/L Sn |
| Ferro dissolvido | 15,0 mg/L Fe |
| Fluoreto total | 10,0 mg/L F |
| Manganês dissolvido | 1,0 mg/L Mn |
| Mercúrio total | 0,01 mg/L Hg |
| Níquel total | 2,0 mg/L Ni |
| Nitrogênio amoniacal total | 20,0 mg/L N |
| Prata total | 0,1 mg/L Ag |
| Selênio total | 0,30 mg/L Se |
| Sulfeto | 1,0 mg/L S |
| Zinco total | 5,0 mg/L Zn |

6. Processos de tratamento dos efluentes líquidos

Os métodos de tratamento que devem ser empregados, devem levar em conta a composição do efluente e os padrões que pretende-se atingir para a remoção de substâncias indesejáveis da água ou para sua transformação em outras formas aceitáveis segundo a legislação ambiental e seus padrões determinados pelas autoridades, o que vai variar muito de empresa para empresa. Em geral, inicia-se com processos físicos, tendo como objetivo remover sólidos de maior dimensão e os líquidos imiscíveis na água (óleos e gorduras), os quais não podem ser segregados. E depois realiza-se processo físico-químico ou biológico para minimizar outros contaminantes (MALDANER, 2008).

Um sistema de tratamento típico do setor possui as seguintes etapas de separação ou segregação inicial dos efluentes líquidos em duas linhas principais: linha “verde”, que recebe principalmente os efluentes gerados na recepção dos animais, nos currais/pocilgas, na

condução para o abate, nas áreas de lavagem dos caminhões, na bucharia e na triparia; e linha “vermelha”, cujos contribuintes principais são os efluentes gerados no abate, no processamento da carne e das vísceras, incluídas as operações de desossa/cortes e de graxaria, caso ocorram na unidade industrial (QUARTAROLI et al. 2009)

Portanto, o efluente é separado em duas linhas de acordo com suas características: linha vermelha (resíduos de carne) e linha verde (abertura estomacal, limpeza dos currais, sujidades na mangueira) (SENAI, 2007).

Segundo PHILIPPI (2004), para se definir um sistema de tratamento mais adequado para o efluente produzido, deve-se levar em conta as exigências legais, custos de implantação e operação, área disponível e a característica do efluente, pois nem sempre um tratamento que se mostre viável e de baixo custo pode apresentar uma área disponível para instalação de lagoas de estabilização, por exemplo.

Os processos de tratamento são reunidos em grupos distintos: processos físicos, processos químicos e processos biológicos (PHILIPPI, 2004).

6.1.1. Processos Físicos

Segundo PHILIPPI (2004), consistem em remover sólidos grosseiros suspensos, sedimentáveis e flotáveis, principalmente por ação físico-mecânica, tendo como função proteger os equipamentos, tubulações e outras unidades do sistema de tratamento. Os resíduos de gordura, raspas de osso ou carne, podem ser retidos no próprio local de geração através da utilização de grades nas canaletas internas de condução de efluentes. Basicamente os processos físicos são utilizados para separar sólidos em suspensão nos efluentes, mas também podem ser utilizados para equalizar e homogeneizar.

Nesse processo geralmente usam-se como equipamentos segundo BASSOI (2009):

- Grades e peneiras (em torno de 0,25 a 1,0 mm), caixas de areia para remoção de sólidos grosseiros e tem como função básica a proteção dos equipamentos e tubulações contra a abrasão, e de unidades contra o assoreamento;
- Na seqüência, caixas de gordura (com ou sem aeração) e/ou flotores para remoção de gordura e outros sólidos flotáveis, contra entupimentos de tubulações, incrustações em paredes de tanques, formação de espumas, entre outros

- Em seguida, sedimentadores, peneiras (estáticas, rotativas ou vibratórias) e flotores (ar dissolvido ou eletroflotação), para remoção de sólidos sedimentáveis em suspensão e emulsionados – sólidos mais finos ou menores, leitos de secagem de lodo, Filtros prensa e a vácuo, centrífugas e filtros de areia.

Os decantadores removem sólidos sedimentáveis, em suspensão na água residuária. Podem ser utilizados no início do sistema ou como unidades de depuração final, após processos físico-químicos ou biológicos. Os sólidos removíveis podem ser de natureza orgânica ou inorgânica e, dependendo de sua função no processo, podem ser denominados primários, secundários, ou até terciários. Os decantadores podem ser quadrados, retangulares e circulares, como remoção do lodo por meios mecânicos e hidráulicos (PHILIPPI, 2004).

Os flotores a ar dissolvido requerem a pressurização prévia do efluente ou de parte dele e a dissolução de ar em quantidade proporcional à concentração de sólidos em suspensão nos efluentes. Com a despressurização do líquido no flotor, as microbolhas de ar formadas arrastam os sólidos em suspensão para a superfície. Esse tipo de processo é utilizado quando os sólidos a serem removidos possuem densidades muito próximas à da água, que impeçam sua remoção por sedimentação simples, ou ainda quando se dispõe de pouca área (PHILIPPI, 2004).

Os leitos de secagem de lodo são de desidratação parcial do lodo, ao ar livre ou cobertas, utilizadas para pequenos volumes e, no caso de lodo biológico, para digerir aeróbica ou anaerobicamente. Quando há grandes volumes de lodo, recomenda-se a utilização de equipamentos mecânicos, como filtros prensa e a vácuo, centrífugas ou prensas desaguadoras (BASSOI, 2009).

Os filtros de areia são pouco utilizados em tratamento de águas residuárias, mas podem eventualmente servir para uma remoção de sólidos em suspensão, em baixas concentrações, antes do lançamento num corpo receptor (PHILIPPI, 2004).

Finalmente os tanques de equalização de vazão e de homogeneização facilitam o tratamento das águas residuárias, diminuindo a capacidade necessária das bombas e as dimensões de tanques e evitando choques de carga nas unidades (BASSOI, 2009).

6.1.2. Processos Químicos

De acordo com PHILIPPI (2004), os processos em que a utilizam produtos químicos são necessários para a remoção de uma substância, ou transformação de seu estado ou estrutura, ou ainda simplesmente alterar suas características químicas.

Segundo ANTONIOLI et.al. (2003), para facilitar a separação dos sólidos suspensos finos e de substâncias que causam cor e turbidez, substâncias odoríferas, metais pesados e óleos emulsionados são adicionadas substâncias químicas que aumentem a massa da partícula, tornando-as mais pesadas e maiores, passíveis de sedimentar mais rapidamente. Isto é conseguido, através da coagulação que é a anulação das forças repulsivas e da floculação (substância floculante) que consiste em aumentar a força de coesão dos flocos formados na coagulação, ficando mais densos e aumentando a velocidade de sedimentação. Os sólidos floculados podem ser separados do líquido por processos tais como a sedimentação ou flotação. Quase sempre são utilizados conjugados a processos físicos e algumas vezes a processos biológicos.

Segundo PHILIPPI (2004), os principais são:

- Coagulação-floculação;
- Precipitação química;
- Oxidação;
- Cloração;
- Neutralização ou correção do pH.

6.1.3. Processos Biológicos

De acordo com BASSOI (2009), são considerados processos biológicos de tratamento de efluentes aqueles que dependem da ação de microorganismos aeróbios ou anaeróbios. Havendo oxigênio livre (dissolvido), são as bactérias aeróbias que promovem a decomposição. Na ausência do oxigênio, a decomposição se dá pela ação das bactérias anaeróbias. Os fenômenos essenciais à respiração e à alimentação desses microorganismos são predominantes na variação da matéria orgânica, que podem encontrar-se na forma de sólidos dissolvidos ou em suspensão, em compostos simples como sais minerais, gás carbônico, água e outros.

Em condições naturais, a decomposição aeróbia necessita três vezes menos tempo que a anaeróbia e dela resultam gás carbônico, água, nitratos e sulfatos, substâncias

inofensivas e úteis à vida vegetal. O resultado da decomposição anaeróbia é a geração de gases como o sulfídrico, metano, nitrogênio, amoníaco e outros, muitos dos quais malcheirosos (FERNANDES E LOPES, 2008).

O uso desse processo requer o controle da vazão, a recirculação dos microorganismos decantados, o fornecimento de oxigênio e outros fatores. Os fatores que mais afetam o crescimento das culturas são a temperatura, a disponibilidade de nutrientes, o fornecimento de oxigênio, o pH, a presença de elementos tóxicos e a insolação (no caso de plantas verdes). Como processos biológicos usuais pode-se citar os lodos ativados e suas variações, filtros biológicos anaeróbios ou aeróbios, lagoas aeradas, lagoas de estabilização facultativas e anaeróbias e digestores anaeróbios de fluxo ascendente (FERNANDES E LOPES, 2008).

6.1.3.1. Lagoas de estabilização

As primeiras pesquisas sobre lagoas de estabilização foram realizadas nos Estados Unidos, nos estados de Dakota do Norte e Sul, no ano de 1948, onde entrou em funcionamento a primeira lagoa projetada para receber esgoto bruto.

No Brasil a primeira lagoa foi construída em São José dos Campos em São Paulo, seguindo o Sistema Australiano (Anaeróbia e facultativa) denominado no Brasil pelo Professor Benoit A. Victoretti, onde os parâmetros se espalharam para todo o país (Jordão e Pessoa, 1995).

Segundo SPERLING (1995), as lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriana e/ou redução fotossintética (bactérias ou algas).

Quaisquer fenômenos biológicos no nosso planeta envolvem duas atividades básicas e em uma obrigatória relação de interdependência: a síntese de compostos orgânicos e a biodegradação desses compostos.

Resumidamente, isso significa que, para qualquer resíduo se decompor por atividade biológica, é necessário que ele sirva de alimento (matéria fornecedora de energia) a algum tipo de organismo, ou seja, que algum tipo de organismo possua as enzimas necessárias para sua decomposição.

7. Sistemas de lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização são unidades especialmente construídas com a finalidade de tratar águas residuárias por meios predominantemente biológicos, isto é, por ação de microrganismos naturalmente presentes no meio (SPERLING, 1995).

As lagoas de estabilização são classificadas, de acordo com o tipo de tratamento, da disponibilidade de área junto à fonte geradora do resíduo, taxa de geração do resíduo, velocidade exigida no tratamento do resíduo e localização (distância de áreas residenciais). O uso de lagoas de estabilização tem sido freqüente para o tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico, sendo muito adequadas no caso de abatedouros (SPERLING, 1995).

As lagoas de estabilização apresentam quatro tipos básicos: aeróbias, em geral rasas, com cerca de 0,50m de profundidade; anaeróbias entre 2m a 4,5m de profundidade; facultativas, com profundidade entre 1,5m a 2m; e as de maturação, com 1m de profundidade, usadas após sistemas secundários, para melhorar o efluente (ITACRETO citado por MALDANER, 2008).

Segundo SPERLING (1995), podem ser construídas de forma simples, escavadas no solo ou formadas por diques de terra, porém devem ter os seus fundos compactados e cobertos com borracha butílica, no caso das anaeróbias, e camada de material argiloso, compactado, para evitar a infiltração de águas residuárias no solo e colocar em risco a qualidade das águas subterrâneas.

Segundo SPERLING citado por MARIA (2008), abaixo serão descritas os principais sistemas de tratamento por meio de lagoas de estabilização:

- a) Lagoa facultativa: que se caracteriza por sua DBO solúvel e finamente particulada sendo estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo convertida anaerobicamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese.

- b) Lagoa anaeróbia seguida de facultativa: caracteriza-se pela DBO em torno de 50 a 70% removida na lagoa anaeróbia (mais profunda e com menor volume) enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. O sistema ocupa uma área inferior ao de uma lagoa facultativa única.

- c) Lagoa aerada facultativa: onde a energia introduzida por unidade de volume da lagoa é elevada, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersos no meio líquido, ou em mistura completa. A decorrente maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção da DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao de uma lagoa aerada facultativa. No entanto, o efluente contém elevados teores de sólidos (bactérias), que necessitam ser removidas antes do lançamento no corpo receptor. A lagoa de decantação a jusante, proporciona condições para esta remoção. O lodo da lagoa de decantação deve ser removido em períodos de poucos anos.
- d) Lagoa de maturação: seu objetivo é a remoção de organismos patogênicos. Nas lagoas de maturação predominam condições ambientais adversas para bactérias patogênicas, como radiação ultravioleta, elevado pH, elevado OD, temperatura mais baixas que a do corpo humano, falta de nutrientes e predação por outros organismos. Ovos de helmintos e cistos de protozoários tendem a sedimentar. As lagoas de maturação constituem um pós-tratamento de processos que objetivem a remoção da DBO, sendo usualmente projetadas como uma série de lagoas, ou como uma lagoa única com divisões por chicanas. A eficiência na remoção de coliformes é elevadíssima.

Na Tabela 3, mostra as vantagens e desvantagens dos sistemas descritos acima (SPERLING citado MARIA, 2008):

| Sistema | Vantagens | Desvantagens |
|-------------------|---|--|
| Lagoa Facultativa | <ul style="list-style-type: none"> - Satisfatória eficiência na remoção de DBO - Razoável eficiência na remoção de patógenos. - Construção, operação e manutenção simples - Reduzidos custos de implantação e operação. - Ausência de equipamentos mecânicos | <ul style="list-style-type: none"> - Elevados requisitos de área - Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento restritivos. - A simplicidade operacional pode trazer o descanso na manutenção (crescimento de vegetação). - Possível necessidade de remoção de algas do efluente para o cumprimento de padrões rigorosos. - Performance variável com as condições climáticas (temperatura e |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Requisitos energéticos praticamente nulos - satisfatória resistência a variações de carga - remoção de lodo necessária apenas após períodos superiores à 20 anos. | <p>insolação)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Possibilidade do crescimento de insetos. |
| <p>Sistema de lagoa anaeróbia – lagoa facultativa</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas facultativas - Requisitos de área inferiores aos das lagoas facultativas únicas | <ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas facultativas - Possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia. - Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinhas. - Necessidade da remoção contínua ou periódica (intervalo de alguns anos) de lodo da lagoa anaeróbia. |
| <p>Lagoa aerada Facultativa</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Construção, operação e manutenção relativamente simples. - Requisitos de área inferiores aos sistemas de lagoas facultativas e anaeróbio-facultativas. - maior independência das condições climáticas que os sistemas de lagoas facultativas e anaeróbio-facultativas. - Satisfatória resistência a variações de carga. - Reduzidas possibilidades de maus odores. | <ul style="list-style-type: none"> - Introdução de equipamentos. - Ligeiro aumento no nível de sofisticação - Requisitos de área ainda elevadas. - Requisitos de energia relativamente elevados. - Baixa eficiência na remoção de coliformes. - Necessidade de remoção contínua ou periódica (intervalo de alguns anos) do lodo. |
| <p>Sistema de lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas aeradas facultativas - Menores requisitos de áreas de todos os sistemas de lagoas | <ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas aeradas facultativas - Preenchimento rápido de lagoas de decantação com o lodo (2 à 5 anos). - Necessidade de remoção contínua ou periódica (2 à 5 anos) do lodo. |
| <p>Lagoa de maturação</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Idem sistema de lagoas precedente. - Elevada eficiência na remoção de patógenos. - Razoável eficiência na remoção de nutrientes. | <ul style="list-style-type: none"> - Idem sistema de lagoas precedente. - Requisitos de área bastante elevados. |

7.1.1. Lagoas Aeradas

Segundo SPERLING (1995), essas lagoas requerem áreas menores, porém consomem energia por se caracterizarem pela instalação de equipamentos mecânicos (aeradores ou dispositivos que introduzam oxigênio) para fornecimento de oxigênio ao líquido, suprimindo a ausência das algas que não se desenvolveram por causa da agitação constante dos equipamentos. O ar atmosférico será utilizado promovendo-se agitação na água (turbulência), de modo a misturar continuamente sua película superficial (saturada de oxigênio) com o restante da massa líquida, ao mesmo tempo em que é renovada a película superficial exposta ao ar.

Os aeradores mais indicados são as unidades de eixo vertical que, ao rodarem em alta velocidade, causam grande turbilhonamento na água, o que propicia a penetração do oxigênio atmosférico na massa líquida, onde se dissolve, conseguindo uma maior penetração do oxigênio, permitindo que a decomposição da matéria orgânica se de mais rapidamente. Os microrganismos aeróbios convertem o material orgânico em gás carbônico, água, nitratos (NO_3), sulfatos (SO_4^{2-}) e outros compostos estáveis, além de material celular (estruturas biológicas dos microrganismos) (GIORDIANO, 2001).

Esta lagoa tem seu tempo de detenção menor, tendo como média entre 5 a 8 dias, considerando que há fatores que podem contribuir ou não para maior rapidez como exemplo a própria aeração e condições climáticas. Vale lembrar que sua altura varia entre 2,5 a 4,0 metros (SPERLING, 2005).

Os sólidos dos esgotos e as bactérias sedimentam, indo para o lodo do fundo, ou são removidos em uma lagoa de decantação secundária. O processo tem baixa produção de maus odores, sendo a eficiência na remoção de DBO de 70 a 90% e na eliminação de patogênicos de 60 a 99% (FERNANDES & LOPES, 2008).

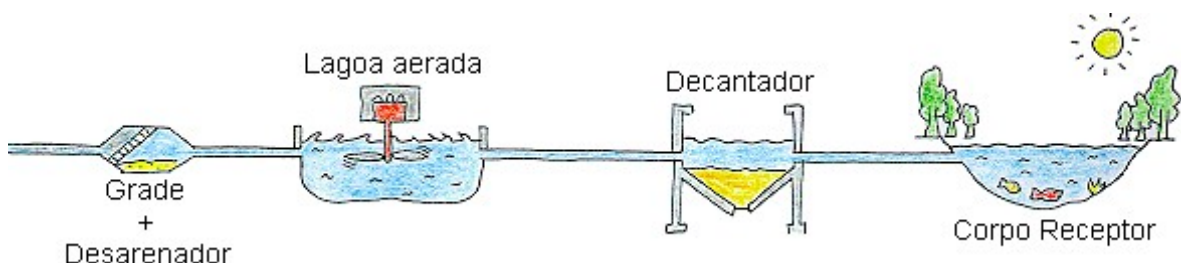


Figura 1: Representação esquemática de sistema de lagoa aerada. (ITACRETO adaptado por MALDANER, 2008).

7.1.2. Lodos Ativados

Segundo PHILIPPI (2004), este processo é um sistema no qual uma massa biológica (lodo) que cresce é continuamente recirculada e colocada em contato com a matéria orgânica do despejo líquido afluyente ao sistema, em presença de oxigênio.

Considera-se que esses sistemas são bastante compactos, caracterizando-se pela presença de decantador primário, tanque de aeração, e decantador secundário. O esgoto é sedimentado e o efluente passa para o tanque de aeração; o lodo contendo microorganismos aeróbios cresce e é recirculado, mantendo uma alta velocidade de degradação da matéria orgânica (ITACRETO citado por MALDANER, 2008).

Os aeradores mecânicos sob condições de turbulência injetam oxigênio dentro da mistura lodo/líquido. No processo há uma unidade onde se separa continuamente os sólidos, que depois retornam ao tanque de aeração para se misturar aos efluentes, e quando encontra-se em excesso é descartado (SPERLING et al, 2007).

A eliminação de DBO alcança de 85 a 98% e a de patogênicos de 60 a 90%. Seu custo de implantação é elevado devido ao grau de mecanização e tem alto custo operacional graças ao consumo de energia para movimentação dos equipamentos. Necessita de tratamento para o lodo gerado, bem como sua disposição final (FERNANDES & LOPES, 2008).

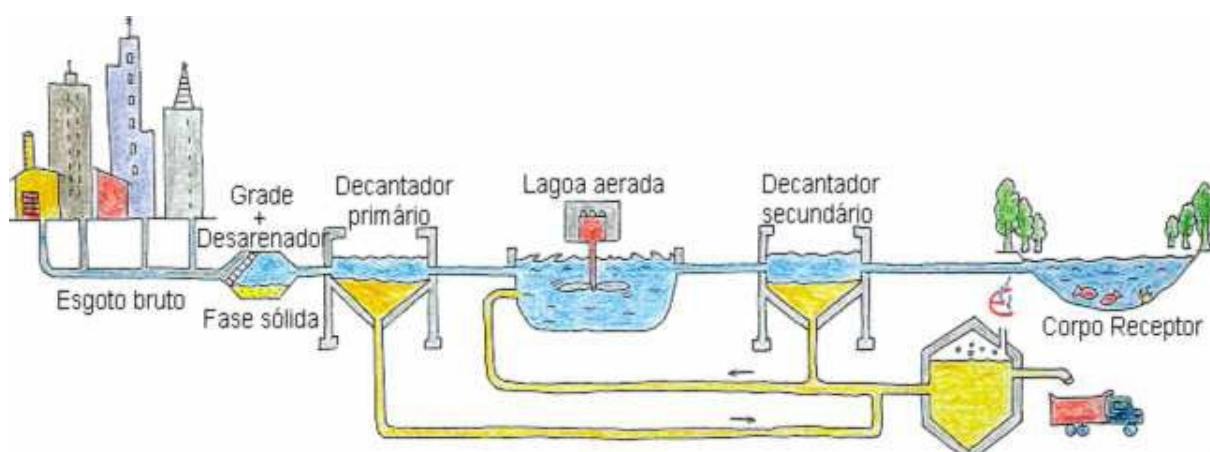


Figura 2: Representação esquemática do sistema de lodos ativados. (ITACRETO adaptado por MALDANER, 2008).

7.1.3. Filtros Biológicos

Segundo SPERLING (2007), esses filtros são tanques preenchidos com material grosseiro como pedras, ripas ou elementos plásticos, onde posteriormente ocorre o

desenvolvimento de uma fina camada de microorganismos aeróbios. O efluente passa pelo filtro e entra em contato com o filme biológico, que tem sua matéria orgânica adsorvida pela massa biológica, na qual é estabilizada pelos microorganismos. Os líquidos são alimentados no filtro e neste se mantém a presença de ar, o que garante o desenvolvimento de organismos aeróbios responsáveis pela degradação da matéria orgânica.

A matéria orgânica fica retida pelas bactérias do suporte, permitindo elevada eficiência na remoção de DBO (de 80 a 93%). A eliminação de patogênicos está entre 60 - 90%. A instalação não requer área extensa e sua mecanização exige equipamentos relativamente simples (distribuidor rotativo, raspadores de lodo, elevatória para recirculação, misturador para digestor, etc.). O custo de implantação é alto e há necessidade de tratamento do lodo gerado e sua disposição final. Entre os inconvenientes estão a dificuldade na operação de limpeza e a possibilidade de proliferação de insetos (FERNANDES & LOPES, 2008).

7.1.4. Filtros Anaeróbios

Esses filtros são colocados dentro do reator (submersos), retendo o lodo num material suporte (plástico, pedra, cerâmica, bambu etc.), garantindo a ausência de ar (oxigênio) e o conseqüente favorecendo o desenvolvimento de microorganismos anaeróbios que irão degradar a matéria orgânica.

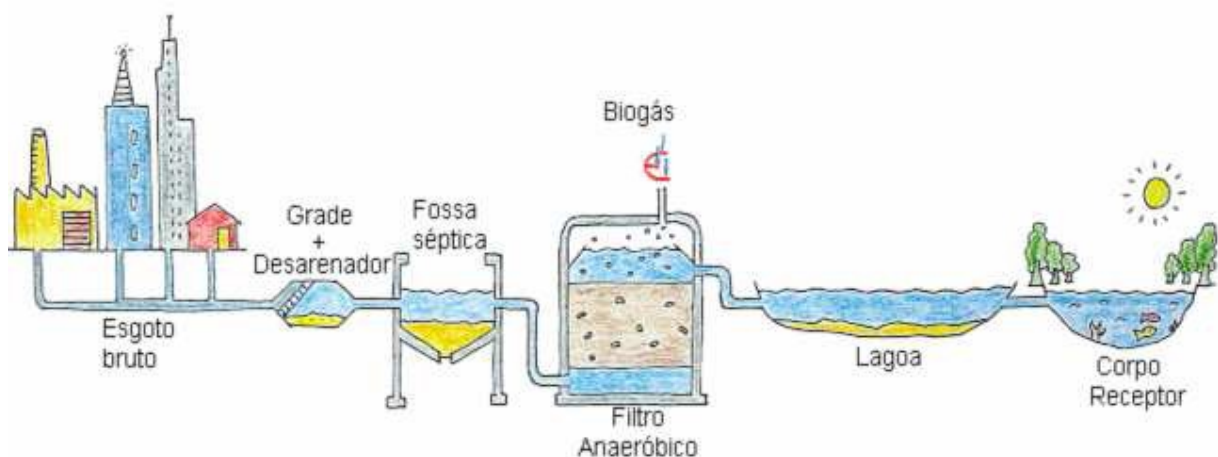


Figura 3: Representação esquemática do sistema de filtro anaeróbio (ITACRETO adaptado por MALDANER, 2008).

7.1.5. reatores anaeróbios

Estes se baseiam no princípio de separação das fases sólida, líquida e gasosa, fazendo com que o lodo se acumule e seja mantido no tanque de tratamento com tempos de residência celular bastante superior aos tempos de residência hidráulica (TOCCHETTO, 2008).

O reator anaeróbico de fluxo ascendente e manto de lodo (reator UASB) que são sistemas compactos e de alta taxa, retém o lodo pela incorporação de um decantador e um separador de gases na parte superior do reator. O esgoto é distribuído uniformemente pelo fundo do mesmo. Após passar pelo manto de lodo estabilizado, rico em bactérias anaeróbias, sofre degradação e o efluente tratado é recolhido em canaletas no topo do reator. Os sólidos se acumulam no fundo e o gás, contendo como principal componente o metano, é encaminhado para queima ou recuperação. O excesso de lodo é encaminhado para secagem e pode ser disposto em aterro sanitário ou passar por adequação para ser aproveitado como biofertilizante (ITACRETO citado por MALDANER, 2008).

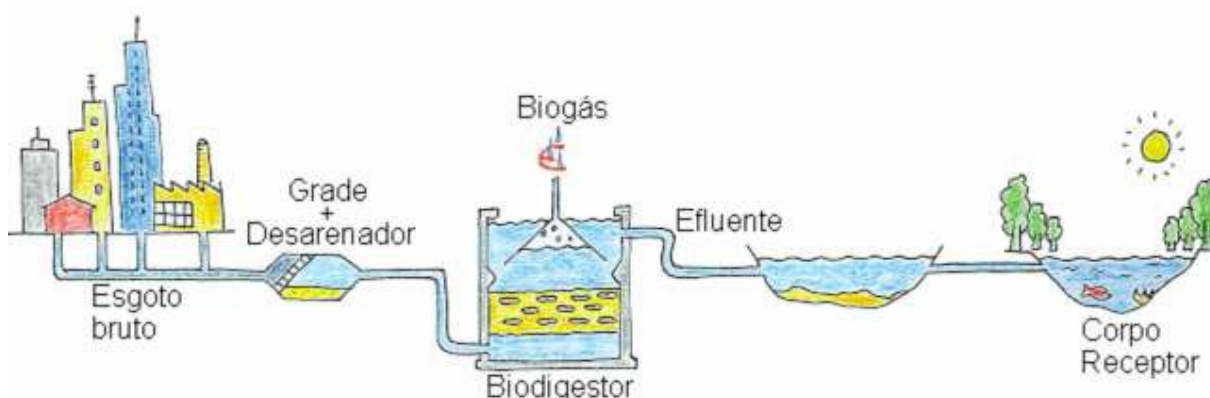


Figura 4: Representação esquemática do sistema de tratamento anaeróbico tipo UASB (ITACRETO adaptado por MALDANER, 2008).

7.2. Classificação dos Sistemas de tratamento

Dependendo do tipo e composição do material a ser removido e qual a eficiência de sua remoção que se pretende atingir, pode-se determinar o sistema de tratamento que será utilizado, envolvendo um ou mais processos que serão descritos:

7.2.1. Tratamento preliminar

Segundo MATOS (2005), o tratamento preliminar constitui uma etapa inicial do tratamento, com a qual visa-se a remoção de sólidos grosseiros, óleos e graxas. Com este fim, tem sido usadas grades, crivos, telas e peneiras ou caixas de areia e caixas de gordura. No caso da presença de decantadores primários no sistema de tratamento, caixas de gordura são dispensáveis.

Segundo o mesmo autor, as principais finalidades da remoção dos sólidos grosseiros são a proteção dos dispositivos de transporte das águas residuárias (bombas e tubulações) e das unidades de tratamento subsequentes ou, caso seja a única etapa de tratamento, minimizar impactos em corpos receptores. A remoção de óleos e gordura justifica-se para evitar a formação de incrustações nas tubulações e estruturas, além de facilitar o tratamento subsequente da água residuária.

O gradeamento é de fundamental na remoção de partículas sólidas grosseiras das águas residuárias, sendo necessário no tratamento preliminar de abatedouros de animais. A grade deverá ser inserida em um canal concretado e ser instalada numa inclinação de 45° com a horizontal, a fim de facilitar sua limpeza. O espaçamento entre as barras da grade vai depender do diâmetro de partículas que se quer remover (SPERLING, 1995).

Segundo SPERLING (1995), além das unidades de remoção dos sólidos grosseiros, pode ser incluída, também, uma unidade para a medição da vazão. Tem sido utilizadas, com este fim, calhas Parshall e vertedores (retangulares ou triangulares).

7.2.2. Tratamento primário

As águas residuárias, após passarem pelas unidades de tratamento preliminar, podem conter, ainda, grande quantidade de sólidos em suspensão não grosseiros, os quais podem ser parcialmente removidos como exemplo, em unidades de decantação (MATOS, 2005).

Tem a alvo de remover resíduos finos em suspensão nos efluentes; consiste em tanques de flotação, decantadores e fossas sépticas (PHILIPPI, 2004).

7.2.3. Tratamento secundário

É utilizado para depurar os efluentes por processos biológicos e tem a finalidade de reduzir o teor da matéria orgânica solúvel e emulsionada nos despejos, principalmente por

ação biológica, devido à característica biodegradável do conteúdo remanescente dos efluentes do tratamento primário (IMHOFF citado por MALDANER, 2008).

Para isso, pode ser usada a filtração biológica, lodos ativados, lagoas de estabilização, tratamento por escoamento superficial ou sistemas de tratamento em áreas alagadas (“wetlands”) (MATOS, 2005).

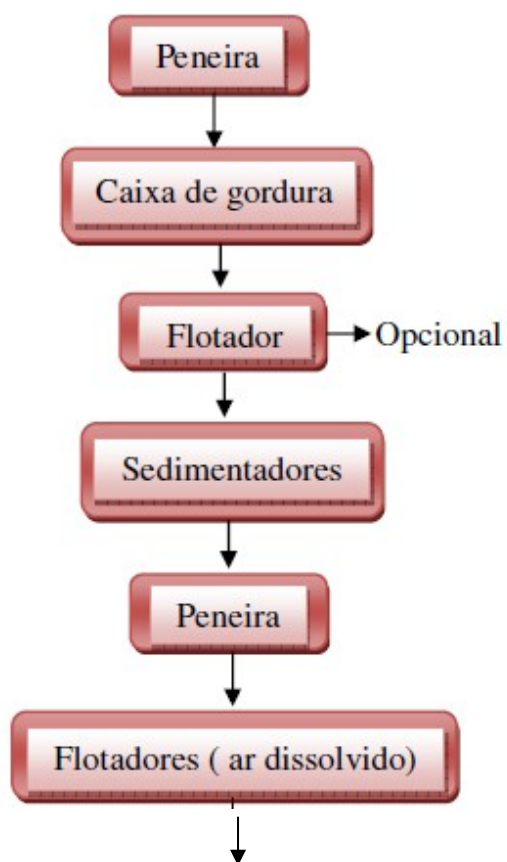
7.2.4. Tratamento terciário

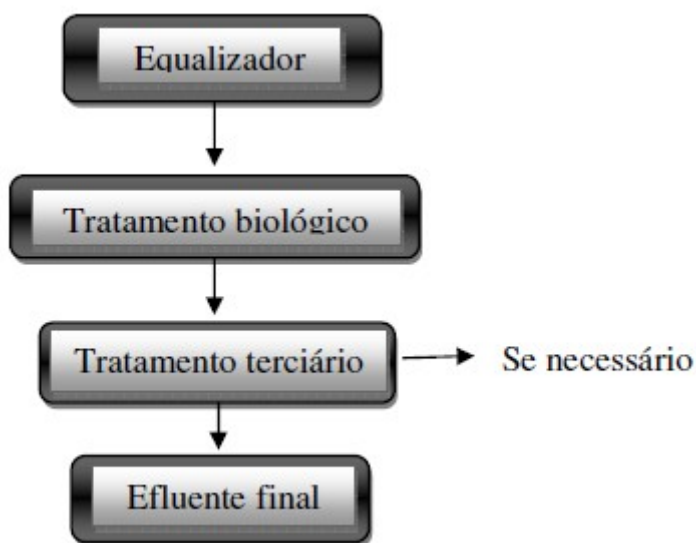
Visa à remoção de substâncias não eliminadas em níveis desejados nos tratamentos anteriores, como nutrientes, microorganismos patogênicos, substâncias que deixam cor nas águas, entre outros. Consiste em lagoas de maturação, cloração, ozonização, radiações ultravioletas, filtros de carvão ativo e precipitação química em alguns casos (MALDANER, 2008).

Segundo QUARTAROLI et.al. (2009), é realizado como “polimento” final dos efluentes líquidos provenientes do tratamento secundário, promovendo remoção suplementar de sólidos, de nutrientes nitrogênio, fósforo e de organismos patogênicos. Quando há graxaria anexa ao abatedouro, pode-se ter variações, como tratamento primário individualizado e posterior mistura de seus efluentes primários no tanque de equalização geral da unidade; mistura do efluente bruto da graxaria aos efluentes da linha “vermelha”, na entrada de seu tratamento primário, entre outras.

No fluxograma abaixo, mostra um típico tratamento de efluentes de frigoríficos e abatedouros (QUARTAROLI et.al. 2009):

Fluxograma 1: Tratamento de efluentes. (QUARTAROLI et.al. 2009)





7.3. Sistema Australiano: Uma proposta

SPERLING (2005) destaca que este tratamento consiste em uma lagoa de estabilização anaeróbia combinada com uma lagoa facultativa.

Para a escolha do tratamento, dois parâmetros são de grande importância para avaliar o mais adequado – DQO e DBO. No caso, da DQO ser menor que o dobro da DBO, é provável que grande parte da matéria orgânica seja biodegradável, podendo ser adotado este tratamento biológico já que a fração não biodegradável não é importante em termos de poluição para este tipo de efluente ao corpo receptor (TOCCHETTO, 2008).

Primeiramente, o efluente entra numa lagoa de menor dimensão e mais profunda, onde a fotossíntese não ocorre. Portanto, o consumo de oxigênio é amplamente superior que a produção, predominado então, condições anaeróbias. Nesta primeira etapa terá uma decomposição parcial da matéria orgânica (50 a 60%) fazendo com que haja menor quantidade de carga na etapa facultativa, assim, tem um período de permanência de 3 a 5 dias. Na lagoa anaeróbia tem O_2 , porém, as bactérias não utilizam o O_2 para a sua metabolização e degradação, elas utilizam o NO_3 (nitratos) e fazem a utilização do O_2 dos nitratos reduzindo o mesmo para N (nitrogênios) que acabam ainda poluindo (TOCCHETTO, 2008).

A lagoa anaeróbia elimina, sob forma gasosa, dissipável na atmosfera, a maior massa possível de carbono. E, efetivamente, a matéria carbonácea biodegradável será transformada em grande parte em gás carbônico e metano, sem necessidade de introdução, na massa do resíduo, de qualquer quantidade de energia externa (SPERLING 2005).

Segundo IDE, et. al. (1997), o afluente da primeira lagoa apresenta coloração avermelhada e sólidos grosseiros. O efluente da lagoa anaeróbia adquire cor marrom bastante escura e contém sólidos sedimentáveis em profusão, de aspecto semelhante ao lodo que se forma nesta unidade. A remoção de DBO e DQO atinge valores expressivos para lagoas anaeróbias tratando efluentes de características essencialmente orgânicas. Foram observadas remoções da ordem de 88% e 58%, respectivamente por esses autores. A lagoa anaeróbia constitui um elemento fundamental na remoção de óleos e graxas 91,08%. O mecanismo de remoção de DBO é bastante significativo na lagoa anaeróbia, onde a taxa de aplicação volumétrica, parece ser responsável pela eficiência de remoção deste parâmetro, próximo ao esperado.

O processo de lagoas facultativas, apesar de possuir eficiência satisfatória, requer grandes áreas. Há, portanto, a necessidade de se buscar soluções que possam implicar na redução da área total requerida. Uma dessas soluções é a de uso de sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas, também denominado “sistema australiano” (MATOS,2005).

As lagoas de estabilização são grandes tanques escavados no solo, nos quais os efluentes fluem continuamente e são tratados por processos naturais. Bactérias e algas são os seres vivos que habitam as lagoas, coexistindo em um processo de simbiose e, dessa forma, tratando os efluentes por meio da decomposição da matéria orgânica pelas bactérias (TOCCHETTO, 2008).

As bactérias através da respiração consomem oxigênio e produzem gás carbônico que é consumido pelas algas através da fotossíntese produzindo oxigênio (Figura 5).

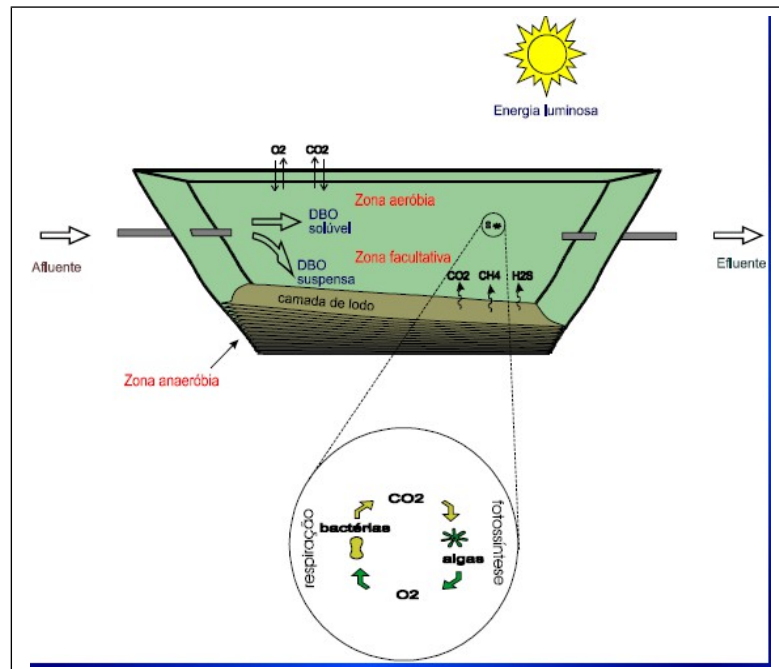


Figura 5: Princípios de funcionamento da lagoa facultativa. (SPERLING, 2005)

Lagoas anaeróbias são uma forma alternativa de tratamento de efluentes, na qual se necessita da existência de condições estritamente anaeróbias. A condição de anaerobiose é alcançada quando ocorre o lançamento de uma grande carga de DBO_5 por unidade de volume da lagoa, fazendo com que a velocidade de consumo de oxigênio seja várias vezes superiores à velocidade de produção (FERNENADES & LOPES, 2008).

A profundidade da lagoa anaeróbia é da ordem de 3 m a 5 m, esta condição reduz a penetração de oxigênio produzido na superfície para as demais camadas, a área necessária para construção deste tipo de lagoa é menor. A remoção de DBO_5 neste sistema é da ordem de 40% a 70%, sendo que o efluente ainda possui uma elevada concentração de DBO_5 , então há necessidade de um tratamento subsequente (FERNENADES & LOPES, 2008).

No funcionamento da lagoa facultativa posicionada em seqüência no sistema de tratamento, durante o percurso da água residuária, que demora vários dias, o material orgânico em suspensão (DBO particulada) tende a se sedimentar, vindo a constituir o lodo de fundo. Este lodo sofre o processo de decomposição por microrganismos anaeróbios, sendo convertido em gás carbônico, água, metano e outros, restando apenas a fração inerte (não biodegradável), que permanece junto ao fundo da lagoa. O material orgânico dissolvido (DBO solúvel), juntamente com o material orgânico em suspensão, de pequenas dimensões (DBO

finamente particulada), é decomposto por bactérias facultativas (têm a capacidade de sobreviver tanto na presença quanto na ausência de oxigênio). O oxigênio necessário para a respiração das bactérias aeróbias é fornecido, principalmente, pela fotossíntese realizada pelas algas (MATOS, 2005).

O sistema lagoas anaeróbias-facultativas tem eficiência ligeiramente superior à de uma lagoa facultativa única, é conceitualmente simples e fácil de operar. No entanto, a existência de etapa anaeróbia em uma unidade aberta é sempre causa de preocupação, devido à possibilidade da liberação de maus odores, ainda que se saiba que, em sistemas que estejam bem equilibrados, a geração de mau cheiro não deve ocorrer. Geralmente, o volume de lodo no processo anaeróbio, em termos práticos é menor que 20% do volume produzido no processo aeróbio, para um mesmo efluente líquido (TOCCHETTO, 2008).

As vantagens apresentadas pelo sistema de tratamento com lagoa anaeróbia-facultativa são elevada eficiência na remoção de DBO e de agentes patogênicos, reduzidos custos de implantação, operação e manutenção, baixo requerimento energético (só há requerimento de energia no caso de necessidade de bombeamento da água), menor requisito de área do que o necessário para instalação de sistemas com lagoas facultativas únicas (MATOS,2005).

| Item específico (%) | Lagoa anaeróbia-facultativa |
|----------------------------|------------------------------------|
| DQO | 75 – 85 |
| DBO | 65 – 80 |
| Amônia | < 50 |
| Nitrogênio | < 60 |
| Fósforo | < 35 |
| Coliformes | 90 – 99 |

Tabela 4: Eficiência de remoção. (SPERLING, 2005)

Como desvantagens podem-se citar os elevados requisitos de área, desempenho variável com as condições climáticas (temperatura e insolação), possibilidade do desenvolvimento de insetos e possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia e, com isso a necessidade de escolha de um local, com afastamento razoável de residências, para locação dessa lagoa.

O sistema de lagoa anaeróbia, seguida de lagoa facultativa, representa uma economia de cerca de 1/3 da área ocupada por uma lagoa facultativa que trabalha como unidade única para tratar a mesma quantidade de efluente, onde o afluente permanece de 15 a 45 dias (tempo de detenção hidráulica) dependendo das condições climáticas.

Devido à presença da lagoa anaeróbia, maus odores, provenientes da liberação de gás sulfídrico, podem ocorrer como consequência de problemas operacionais. Por esse motivo, este sistema deve ser localizado em áreas afastadas, longe de bairros residenciais (SPERLING, 1996).

No processo anaeróbio a decomposição da matéria orgânica gera subprodutos de alto poder energético (biogás) e, desta forma, a disponibilidade de energia para a reprodução e metabolismo das bactérias é menor que no processo aeróbio.

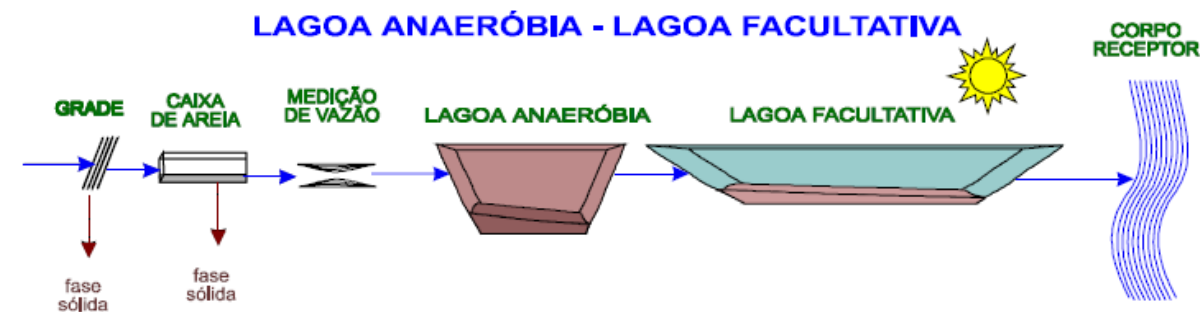


FIGURA 6: Sistema Australiano (SPERLING, 2005)

8. CONCLUSÃO

Os processos industriais constituem um dos maiores responsáveis pela poluição e contaminação das águas; quando lançados os efluentes sem o devido tratamento nos cursos naturais de água causam uma série de danos ao meio ambiente e a população.

As alterações nas características físicas, químicas e biológicas nos corpos d'água são causadas pelo lançamento de efluentes líquidos, que podem estar tratados ou não. O despejo de matéria orgânica despejada nos afluentes causam alterações como mudanças de cor, odor fétido, presença de microrganismos patogênicos, substâncias químicas que podem afetar a saúde humana, dentre outros, provocando consumo de oxigênio pelos microrganismos no seu processo de oxidação, provocando o crescimento de algas em reservatórios e o aparecimento de substâncias que causam odor e sabor, bem como toxinas expelidas pelas algas, prejudicando a saúde do homem.

Contudo, dentre dos despejos que envolvem a agroindústria, os efluentes de frigoríficos e abatedouros são os que necessitam especial atenção para se evitar a poluição das águas.

Como esses efluentes são altamente poluidores, sobretudo no que se refere aos altos teores de matéria orgânica presentes, possuindo altos valores de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), deve-se primeiramente conhecer suas principais características e componentes para que possa-se estabelecer um projeto para o tratamento dos efluentes líquidos, neste caso abordado neste trabalho.

É ponto comum, hoje em dia, que a crescente busca de novos tratamentos para efluentes industriais tornou-se de vital importância para a saúde pública, para o combate a poluição das águas de superfície, para minimizar custos operacionais e também como meio para se buscar renda para a indústria.

A necessidade de se tratar efluentes de indústrias frigoríficas, desperta novos estudos em busca de sistemas mais adequados de acordo com cada finalidade, como redução de custos no processo de tratamento, bem como minimização da carga poluente quando do lançamento do efluente tratado no corpo receptor, neste caso, o descarte é normalmente feito em um curso d'água. Não esquecendo que o tratamento dos efluentes deve ser corrigido e aperfeiçoado de tal maneira que o seu uso ou a sua disposição final, possam ocorrer de acordo com a legislação ambiental local, regional e federal.

Assim, para obter qualidade no efluente tratado e atender os padrões de lançamento adequados, são necessárias associações de diversos níveis de tratamento devido a complexidade da composição desses efluentes.

A estratégia principal apresentada neste trabalho, consiste inicialmente em segregar os efluentes em duas linhas a “linha verde”, que recebe os efluentes gerados na recepção dos animais e a “linha vermelha”, que trata os efluentes do abate; os efluentes destas duas linhas de tratamento são reunidos posteriormente para o tratamento biológico.

Após a separação dessas duas principais linhas, deve-se levar em conta para se definir o sistema de tratamento os custos de implantação e operação, a área disponível e a composição do efluente e os padrões que pretende-se atingir segundo a legislação vigente para o lançamento nos corpos hídricos.

Como início o sistema de tratamento preliminar deve contar com o processo físico que constitui em remover os sólidos grosseiros além dos óleos e graxas presentes; sugere portanto, o uso de grades ou peneiras e em sequência uma caixa de gordura para evitar entupimentos de tubulações, incrustações, formação de espumas.

Como o objetivo do trabalho é fazer o levantamento dos principais métodos de tratamento de efluentes não podemos deixar de falar sobre o processo químico (tratamento primário) que vem complementar o físico e faz-se necessário para a remoção das substâncias, ou transformação de seu estado ou estrutura, ou ainda simplesmente alterar suas características químicas muitas vezes obtidas através da coagulação e floculação por produtos químicos.

Porém, a proposta principal está voltada ao processo biológico (tratamento secundário) envolvendo lagoas de estabilização que depende da ação de microorganismos aeróbios ou anaeróbios que decompõem/oxidam a matéria orgânica e outros compostos presentes no efluente. Existem fatores que afetam o crescimento das culturas e devem ser

controlados como a temperatura, a disponibilidade de nutrientes, o fornecimento de oxigênio, o pH, a presença de elementos tóxicos e a insolação (no caso de plantas verdes). Portanto, diante deste quadro de acontecimentos, o processo químico pode ser descartado já que lidaremos diretamente com microorganismos e qualquer produto químico pode interromper esta interação.

Assim, o uso de lagoas de estabilização tem sido freqüente para o tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico, sendo muito adequadas no caso de abatedouros e frigoríficos, pelo fato de sua construção ser simples (escavadas no solo, fundo compactado e coberto com borracha butílica, no caso das anaeróbias, e camada de material argiloso, compactado), evitando a infiltração de águas residuárias no solo e pôr em risco a qualidade das águas subterrâneas.

Como proposta, cito dentro dos muitos tipos de lagoas de estabilização o sistema australiano, que consiste em uma lagoa de estabilização anaeróbia combinada com uma lagoa facultativa. Assim, através do efluente em estudo pode-se constatar que grande parte da matéria orgânica seja biodegradável, podendo ser adotado este tratamento biológico já que a fração não biodegradável não é importante em termos de poluição para este tipo de efluente ao corpo receptor.

Embora o processo de estabilização biológica apresente boa remoção da matéria orgânica biodegradável, particularmente a primeira etapa de lagoa anaeróbia – facultativa onde ocorrerá a decomposição parcial da matéria orgânica (cerca 50 a 60%) será a mais importante sendo a que precisará de mais atenção, pois nela os microrganismos decompositores do meio entrarão em ação deixando para a segunda fase somente carga orgânica solúvel. Percebe-se que os tratamentos são dependentes para que haja a eficiência esperada, devendo levar em conta a importância desse processo mediante o meio ambiente, contribuindo assim para uma menor preocupação ambiental em termos desta carga biodegradável nos futuros efluentes receptores.

Durante o tratamento, a remoção de DBO e DQO atinge valores expressivos para lagoas anaeróbias tratando efluentes de características essencialmente orgânica, sendo esta lagoa considerada um elemento fundamental na remoção de óleos e graxas.

As lagoas facultativas apresentam elevada turbidez e o impedimento à passagem de raios solares limitam a atividade fotossintética à uma estreita faixa na superfície, havendo, portanto, pouca produtividade de algas e conseqüentemente pequena remoção de nutrientes.

Como forma de acompanhamento do tratamento que está sendo efetuado com o efluente, deve-se medir ou analisar, de forma adequada e rotineira, as concentrações dos principais parâmetros (segundo a legislação) que caracterizam estes efluentes: DBO₅, DQO, óleos e graxas, nitrogênio total, cloreto, etc; sendo esta portanto uma forma de monitorar e avaliar as várias cargas de poluentes geradas e emitidas pelos abatedouros e frigoríficos, produtos das vazões de efluentes pelas suas respectivas concentrações.

Assim, finalizando, o sistema Australiano, que envolve uma lagoa de estabilização anaeróbia combinada com uma lagoa facultativa, mostra-se viável principalmente por ocupar uma área inferior ao de uma lagoa facultativa única, onde sua construção, operação e manutenção são simples, com reduzidos custos de implantação/operação e a remoção de lodo é necessária apenas após períodos superiores à 20 anos, considerando-se assim sistema de tratamento apropriado ao efluente gerado e ao resultado esperado conforme legislação vigente.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIOLI, D. I.; SACOMANI, S. R. G.; LOPES, T. A.; BARROS, R. M.; BRITO, N. N.; SOBRINHO, G. D.; CONEGLIAN, C. M. R.; TONSO, S.; PELEGRINI, R.; **Indústrias farmacêuticas**. In: III Fórum de Estudos Contábeis, 2003. Limeira, SP, 2003.

BARROS, F. D. & LICCO, E. A. **A reciclagem de resíduos de origem animal: uma questão ambiental**. Revista Nacional da carne, São Paulo, SP: Dipermar, v. 31, n. 365, p. 166 – 171, jul. 2007.

BASSOI, L. J. **Métodos de controle de poluição de águas**. Disponível em: http://www.consultoriaambiental.com.br/artigos/metodos_de_controle_de_poluicao_das_aguas.pdf
Acesso em: 30 de novembro de 2009.

BLISKA, F. M. M. & GONÇALVES, J.R. **Estudo da cadeia produtiva de carne bovina no Brasil**. EMBRAPA. Cadeias produtivas e sistemas naturais. Brasília, 1998. p.157-183.

BNB. BANCO DO NORDESTE. **Manual de Impactos Ambientais**. 1. ed. Coord. Ademir Costa. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. 297p.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias**, São Paulo: CETESB, 1993.

CAMMAROTA, M.C.; **Tratamento De Efluentes Líquidos**. Disponível em: <http://www.eq.ufrj.br/graduacao/aulas/eqb482/parte%204.pdf>
Acesso em: 01 de julho de 2007.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Gasi, T. M. T. **Caracterização, reaproveitamento e tratamento de resíduos de frigoríficos, abatedouros e graxarias**. São Paulo: CETESB, fev. 1993.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/> .

FERNANDES, A. C.; LOPES, C. J. C. P. **Tratamento de Efluentes em Indústrias Frigoríficas por processos de anaerobiose, utilizando reatores compartimentados em forma de lagoas**. Monografia de Pós- Graduação em Gestão Ambiental. Morrinhos: UEG, 2008. 44p.

FONSECA, P. W. **Avaliação de Desempenho e Caracterização de Parâmetros em lagoas Facultativas e de Maturação**. Disponível em: http://www.coc.ufrj.br/teses/mestrado/inter/2005/Teses/FONSECA_PW_05_t_M_int.pdf. Acesso em: 28 de junho de 2007.

GASI, T. M. T. **Caracterização, reaproveitamento e tratamento de resíduos de frigoríficos, abatedouros e graxarias**. São Paulo: CETESB, fev. 1993.

GIORDANO, Ghandi. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ. 2001.

IDE, C. N. et al. **Avaliação do desempenho de lagoas de estabilização no tratamento de efluentes de matadouro**. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. (1997: Foz de Iguaçu). Anais em CD... ABES, p. 874-886, 1997.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento De Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1995.

JUNIOR, I. V. **Lagoas de estabilização facultativas. Critérios de dimensionamento**. Escola Politécnica. UFRJ.2009.

MALDANER, T. L. **Levantamento das alternativas de minimização dos impactos gerados pelos efluentes de abatedouros e frigoríficos**. Universidade Castelo Branco. Brasília, 2008. 69p.

MARIA, R. R. Avaliação da eficácia no tratamento de efluentes líquidos em frigoríficos. Faculdade Dinâmica das Cataratas - FDC. **FOZ DO IGUAÇU, PR. 2008**.

MATOS, A. T. de. **Tratamento de resíduos agroindustriais. Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM. Viçosa, MG. 2005.

MELCHIOR, S. C. et.al. **Tratamento De Efluentes Por Processo De Lodos Ativados**. Disponível em: <http://www.ceset.unicamp.br/lte/Artigos/3fec2413.pdf>. Acesso em: 37 de julho de 2007.

NETO, J. M. A.; RICHTER, C. A. **Tratamento de Água - Tecnologia Atualizada**, Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo. 1991.

NUNES, José Alves. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. Gráfica Editorial J Andrade. Aracaju - SE, 2004.

PACHECO, J. W.; YAMANAKA, H. T. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno) - série P+L**. CETESB. São Paulo, 2006. 98p.

PACHECO, J. W. **Guia Técnico Ambiental De Frigoríficos - Industrialização De Carne (Bovina E Suína) -SERIE P+L**. CETESB. São Paulo, 2008. 85p.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de graxarias**. São Paulo: CETESB, 2006. 76p.

PHILIPPI, A. J.; ROMÉRO, M. A.;BRUNA, G. C., (Ed.) **Curso de Gestão Ambiental**. 1. ed. Barueri: Manole, 2004. 1045p.

Quartaroli, Larissa; Dreifus, T. V.; Vidal, C. M. S. **Tratamento De Efluentes Líquidos de Abatedouros E Frigoríficos**. Universidade Estadual do Centro-Oeste. VII Semana de Engenharia Ambiental. Paraná. 2009.

Resposta Técnica; **Tratamento de Efluentes na Indústria de Saneantes**. Disponível em: <http://sbrt.ibict.br/upload/sbrt3597.pdf?PHPSESSID=5407075a0267ab0d8901af2b730e60b4>. Acesso em : 28 de junho de 2007.

ROCHA, S. D. F. **Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais**. Informativo do Conselho Regional de Química de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

SENAI, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Princípios Básicos de Produção mais Limpa em Matadouros e Frigoríficos**. 1º.ed. Coord. Paulo Fernando Presser. Porto Alegre: 2003. 58p.

SPERLING, M. V. **Introdução À Qualidade Das Águas E Ao Tratamento De Esgotos**. DESA/UFGM, 1995. 243 p.

SPERLING, M. V. **Lagoas De Estabilização**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias). 1996.

SPERLING, V. M., et al. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. 3. ed. Belo Horizonte: UFGM, 2007. 484p.

TOCCHETTO, M. R. L. **Química ambiental e gerenciamento de resíduos**. Departamento de Química – UFSM. Santa Maria – RS, 2008.

UFGM; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Introdução ao Tratamento e ao Pós-tratamento de Esgotos**. Disponível em: www.etg.ufmg.br/tim2/tratamento3.ppt - Acesso em: 02 de julho de 2007.

Universidade de São Paulo. **Sistematização de Informações Técnicas e Econômicas sobre Alternativas de Tratamento de Esgotos**. Disponível em :
www.usp.br/fau/pesquisa/infurb/urbagua/mf1/mf1.pdf - Acesso em: 01 de julho de 2007.

VICTORETTI, B. A. **Sistema Australiano**. Disponível em:
<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabCarlos/Cap-9.pdf>. Acesso em: 27 de junho de 2007.

VOLSCHAN, Isaac. **Tecnologias de tratamento**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ. 2004.