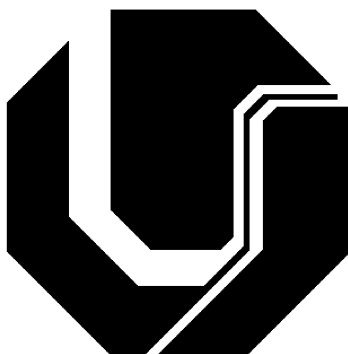


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



Tratamento de efluentes da indústria alimentícia

Autora: Isabela Queiroz Marinho

Uberlândia - MG

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**Tratamento de efluentes da indústria
alimentícia**

Isabela Queiroz Marinho

**Monografia de graduação apresentada à
Universidade Federal de Uberlândia como
parte dos requisitos necessários para a
aprovação na disciplina de Projeto de
Graduação do curso de Engenharia Química.**

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DA DISCIPLINA
PROJETO DE GRADUAÇÃO DE ISABELA QUEIROZ MARINHO APRESENTADA À
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, EM 22 DE DEZEMBRO DE 2017.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Miriam Maria de Resende
Orientadora- FEQUI/UFU

Doutoranda: Letícia de Moura Sousa
FEQUI/UFU

Doutoranda: Natália Mazzarioli Terra
FEQUI/UFU

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof. Dr^a. Miriam Maria de Resende pelo direcionamento neste período e o conhecimento passado.

Aos meus amigos pelo incentivo e companheirismo.

Aos meus pais pela paciência e compreensão.

SUMÁRIO

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1- Tratamento preliminar.....	3
2.1.1 – Gradeamento.....	3
2.1.2 – Peneiramento.....	4
2.1.3 – Desarenação.....	5
2.1.4 – Caixa de gordura.....	5
2.1.5 – Equalização.....	6
2.1.6 – Neutralização.....	6
2.2 – Tratamento primário.....	7
2.2.1 – Sedimentação.....	8
2.2.2 – Flocculação.....	8
2.2.3 – Flotação.....	9
2.3 – Tratamento secundário.....	10
2.3.1 – Lodos ativados.....	10
2.3.1.1 – Sistema convencional de lodos ativados.....	11
2.3.1.2 – Sistema de regime intermitente.....	12
2.3.1.3 – Sistema com aeração prolongada.....	13
2.3.2 – UASB.....	13
2.3.3 – Lagoas de estabilização.....	15
2.3.3.1 – Lagoas facultativas.....	15
2.3.3.2 – Lagoas anaeróbias.....	16
2.3.3.3 – Lagoas aeróbias.....	16
2.4 – Tratamento terciário.....	16
2.5 – Resíduos sólidos.....	18

2.5.1 – Incineração.....	18
2.5.2 – Compostagem.....	18
2.5.3 – Biodigestor.....	19
2.6 – Indústrias alimentícias.....	19
2.6.1 – Abatedouros de aves, bovino e suínos.....	19
2.6.2 – Laticínios.....	20
2.6.3 – Sucos cítricos.....	20
2.6.4 – Usina de cana-de-açúcar.....	21
CAPÍTULO 3 - CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

RESUMO

Este trabalho estudou as características dos efluentes gerados pela indústria de alimentos. Outros aspectos relevantes abordados são: origens dos efluentes, processos produtivos e composição.

Os efluentes da indústria de alimentos são, de forma geral, ricos em matéria orgânica, restos de alimentos e restos de produtos de limpeza. Devido à sua variada composição, várias etapas de tratamento são necessárias.

Para entendimento das etapas usuais no tratamento de efluentes de cada indústria, um aprofundamento foi feito nas etapas mais comuns dos níveis de tratamento adotados no Brasil com essa finalidade: preliminar, primário, secundário e terciário.

Palavras-chave: Tratamento, Efluentes, Indústria alimentícia.

ABSTRACT

The aim of this research is to study the main characteristics of the effluents from the food industry. Other relevant aspects are: sources of effluents, production processes and composition.

The food industry wastewater is commonly rich in organic matter, food remains and traces of cleaning products. Due to the diversified composition, many treatment steps are required.

To understand the usual steps in the treatment of effluents from each industry, a deepening was made in the most common stages of treatment levels adopted in Brazil for this purpose: preliminary, primary, secondary and tertiary.

Keywords: Treatment, Effluents, Food industry.

1- INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o aumento da demanda de bens de consumo são responsáveis por intensificar a preocupação ambiental e os impactos causados pelas atividades humanas.

O setor industrial é o segundo maior consumidor de água, segundo MACÊDO (2001). Como consequência desse consumo, tem-se a geração de resíduos sólidos e de efluentes. A disposição de efluente no meio ambiente sem o tratamento adequado pode propiciar a contaminação do solo e dos recursos hídricos, podendo afetar qualquer forma de vida presente naquele habitat. A Resolução CONAMA nº 357/2005, discute sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais e estabelece as condições e padrões que devem ser atendidos para o lançamento de efluentes.

As etapas de tratamento de efluentes são de certa forma complexas, variando de acordo com as características da indústria: matéria-prima utilizada, etapas do processo, condições operacionais, entre outras. Por isso, é de suma importância o conhecimento da origem dos efluentes dos processos produtivos na indústria de alimentos, de acordo com NUNES (2004); das etapas de tratamento existentes, do espaço disponível e da possibilidade de reaproveitamento de água para que sejam feitas as melhores escolhas até a disposição final da água.

Os diversos tratamentos de efluentes existentes são classificados em quatro níveis, dependendo da sua natureza e poluentes a serem removidos, e são eles: preliminar, primário, secundário e terciário (VON SPERLING, 2007a).

A etapa preliminar é responsável pela remoção de sólidos grosseiros e, de forma geral, facilita e prepara o efluente para as etapas posteriores. O tratamento primário retira sólidos e parte da matéria orgânica presente. No tratamento secundário há a remoção da matéria mais fina. As etapas do tratamento terciário são utilizadas quando as anteriores não foram tão eficientes e também para retirada de poluentes mais específicos, como metais, patogênicos e compostos não biodegradáveis (VON SPERLING, 2007a).

Este Trabalho de Conclusão de Curso propõe à realização de um estudo teórico sobre os principais resíduos da Indústria de Alimentos e dos processos mais usuais de tratamento.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os resíduos industriais líquidos, em sua grande maioria, são formados por restos das matérias-primas utilizadas nos processos produtivos e águas de lavagens de equipamentos e pisos. A solução para este problema tem sido a utilização de sistemas de tratamento de efluentes adequados para diminuir o potencial poluidor destes resíduos (PARENTEL; SILVA, 2002).

Antes do lançamento final do efluente na rede de esgoto ou corpo receptor é necessário o atendimento de alguns parâmetros da qualidade da água. Os principais aspectos a serem avaliados na água são: cor e turbidez, temperatura, sólidos em suspensão, DBO e DQO. DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) representam a quantidade necessária de oxigênio molecular para oxidação da matéria orgânica, via biológica ou química, respectivamente (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2009). As águas residuárias da indústria de alimentos são bastante ricas em matéria orgânica, reforçando a importância do controle dos parâmetros de DBO e DQO.

O mecanismo de separação do material poluente depende das características do efluente e pode ter natureza (SANÁGUA, 2014):

- Física: Depende das propriedades físicas do contaminante como, tamanho de partícula, peso específico, viscosidade, etc. Exemplos: gradeamento, sedimentação, flotação e equalização.
- Química: Depende das propriedades químicas dos contaminantes e das propriedades dos reagentes incorporados. Exemplos: coagulação, precipitação e neutralização.
- Biológica: Por meio da ação de microrganismos presentes nos efluentes. Utilizam reações bioquímicas para a eliminação dos contaminantes solúveis ou em suspensão. Podem ser anaeróbicos ou aeróbicos. Exemplos: lodos ativados, lagoas aeradas e reatores sequenciais descontínuos (SBR).

Os tratamentos também podem ser classificados em níveis de acordo com seu objetivo de remoção, como descrito na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Objetivos de cada nível de tratamento de efluentes

Nível de tratamento	Objetivo de remoção
Preliminar	Sólidos grosseiros
Primário	Sólidos em suspensão e matéria orgânica em suspensão
Secundário	Matéria orgânica fina em suspensão, sólidos sedimentáveis e nutrientes
Terciário	Nutrientes, patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados e sólidos inorgânicos dissolvidos. Obs.: O tratamento terciário não é amplamente utilizado no Brasil.

Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 1996.

2.1 - Tratamento preliminar

O tratamento preliminar é de natureza física e tem por objetivo a remoção de sólidos grosseiros presentes e de areia. Esta etapa faz-se necessária antes de qualquer outro tipo de tratamento para: proteção dos dispositivos de transporte dos esgotos (bombas e tubulações), das unidades de tratamento subsequentes e dos corpos receptores (ICLEI).

Os tratamentos mais utilizados são: gradeamento, peneiramento, desaneração, caixa de gordura, equalização e neutralização.

2.1.1 – Gradeamento

O gradeamento é uma etapa com barras paralelas, dispostas perpendicularmente ou inclinadas em relação à vazão de efluente. O seu princípio de funcionamento é a retenção de sólidos maiores do que o espaçamento entre as barras, que geralmente varia de 1,0 a 10,0 cm. Esse processo é importante para proteger todo o equipamento da estação de tratamento de efluentes de materiais grandes que podem vir a danificar os dispositivos ao longo do tratamento de efluentes, como corpos receptores, equipamentos e unidades subsequentes (FARRUGIA, 2013).

O espaçamento das barras é função do tipo de material sólido a ser removido, se é mais grosseiro ou mais fino. Uma etapa de gradeamento para remoção de material grosseiro está representada na Figura 2.1.1.



Figura 2.1.1 - Gradeamento para remoção de sólidos grosseiros. Fonte: COPASA.

2.1.2 – Peneiramento

O peneiramento tem como objetivo a remoção de sólidos fibrosos e mais finos do que no gradeamento. A utilização de peneiras é imprescindível em tratamentos de efluentes de indústrias de refrigerantes, pescado, abatedouros e frigoríficos, sucos de frutas e outras indústrias de alimentos (LINS, 2010). As peneiras devem ser aplicadas também em outros efluentes que apresentem materiais grosseiros, tais como: fiapos, plásticos, resíduos de alimentos, dentre outros.

As peneiras podem ser estáticas ou rotativas. Na Figura 2.1.2 tem-se um exemplo de peneira estática.



Figura 2.1.2 - Exemplo de peneira estática. Fonte: DOSAQ.

2.1.3 - Desarenação

A desarenação é a etapa que consiste na remoção da areia e outros materiais sólidos por sedimentação. O material particulado, que possui densidade superior à dos líquidos e da matéria orgânica, é depositado no fundo.

A velocidade de escoamento deve ser reduzida, nem tão baixa que facilite a deposição de matéria orgânica, nem elevada a ponto que arraste partículas maiores de sólido. Um valor ideal bastante adotado é de 0,3m/s. A remoção da areia tem como objetivo: evitar abrasão em equipamentos e tubulações, reduzir obstrução durante escoamento e facilitar o transporte do líquido (NUNES, 2015).

A Figura 2.1.3 é um desarenador utilizado no Equador.



Figura 2.1.3 - Exemplo de tanque de desarenação: Fonte: SIGMA.

2.1.4 - Caixa de gordura

A caixa de gordura tem como princípio de funcionamento a diferença de densidade e também a baixa miscibilidade entre a gordura e a água. Boa parte da gordura se separa naturalmente, subindo para a superfície devido à sua menor densidade. O material fica retido nas chicanas que forçam somente a água escoar por baixo. Muitas caixas de gordura disponíveis no mercado utilizam materiais de enchimento ou diversas chicanas, para auxiliar ainda mais a eficiência de remoção do material oleoso (NETO, 2014).

Na Figura 2.1.4 segue o esquema geral deste equipamento com chicanas.

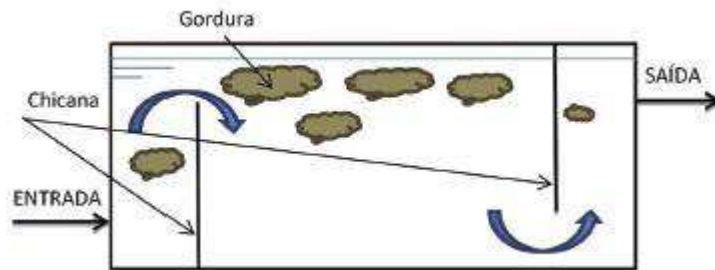


Figura 2.1.4 - Representação de uma caixa de gordura. Fonte: NETO, 2014.

2.1.5 –Equalização

O principal objetivo da equalização é criar certa uniformidade na corrente do efluente, principalmente em concentração e fluxo. Esta etapa também tem como consequências: evitar altas na concentração de poluentes e oscilações de pH, garantir alimentação contínua e maior distribuição dos poluentes (NUNES, 2015).

Um tanque de equalização em funcionamento está apresentado na Figura 2.1.5.



Figura 2.1.5 - Tanque de equalização. Fonte: HIDROSUL.

2.1.6 - Neutralização

O processo de neutralização consiste no ajuste de pH para um valor desejado ou exigido pela legislação. Esta etapa pode ser feita de algumas maneiras, de acordo com PINTO (2009):

- Efluentes ácidos: passagem por leito de calcário, adição de cal, adição de bases, como NaOH ou Na₂CO₃.

- Efluentes básicos: borbulhamento de CO₂, adição de ácidos, como o ácido clorídrico ou sulfúrico.

A escolha do melhor agente a ser usado deve ser baseada na análise de variáveis operacionais e econômicas (PINTO, 2009).

Um exemplo de neutralização no tratamento em uma indústria de papel e celulose está apresentado na Figura 2.1.6.

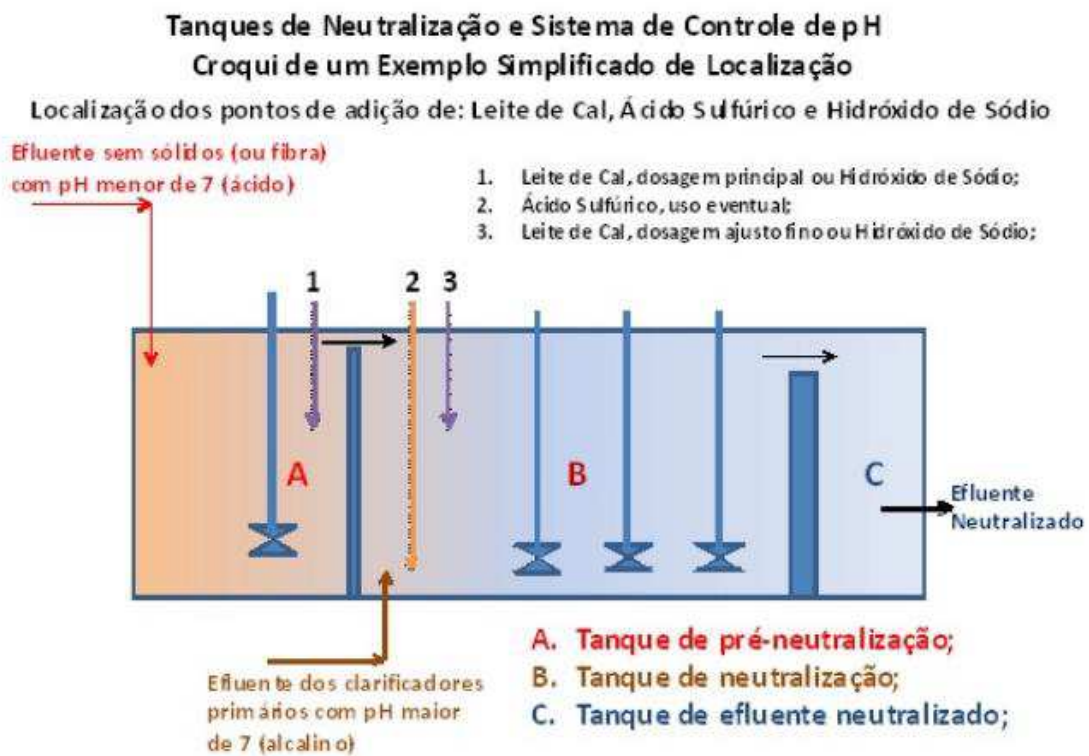


Figura 2.1.6 - Representação do ajuste e controle de pH com um tanque de neutralização.

Fonte: MEISSNER, 2015.

2.2 - Tratamento primário

O tratamento primário utiliza-se de mecanismos físicos para remoção de DBO sedimentável e sólidos em suspensão sedimentáveis. As etapas de tratamento primário mais utilizadas na indústria de alimentos são: sedimentação ou decantação, floculação ou coagulação e flotação.

2.2.1 - Sedimentação ou decantação

A sedimentação, também chamada de decantação, é um processo físico de tratamento composto de tanques em que o efluente flui vagorosamente. Seu princípio de funcionamento é a deposição do material sólido em suspensão pela ação da gravidade. Para uma remoção de sólidos eficiente a velocidade de escoamento não pode ser elevada (GRUNDFOS).

Os tanques podem ser circulares ou retangulares. O material sedimentado é removido e recebe o nome de lodo primário bruto ou lodo cru (NUNES, 2015). Na Figura 2.2.1 tem-se um exemplo de decantador circular.



Figura 2.2.1 - Exemplo de um decantador. Fonte: SIGMA.

2.2.2 – Floculação ou coagulação

Na etapa de floculação há a adição de produtos químicos, conhecidos como agentes coagulantes, provocando o agrupamento de partículas a serem removidas. Geralmente o aditivo é sulfato de alumínio ou sulfato férrico (PINTO, 2009). Uma agitação suave favorece a aglomeração do material coloidal e em suspensão (NUNES, 2015).

Na Figura 2.2.2 é apresentada a floculação com sulfato de alumínio e hidróxido de cálcio.

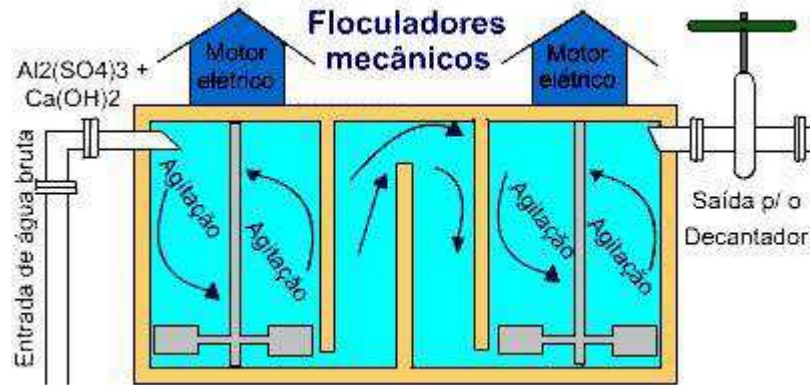


Figura 2.2.2 - Exemplo de floculador mecânico: Fonte: AQUASTORE.

2.2.3 – Flotação

O princípio de funcionamento da flotação é a adição de microbolhas de ar nas partículas, o que faz com que as partículas em suspensão no líquido passem a aderir a essas bolhas. Essa espuma formada pode então ser removida, arrastando consigo as partículas de impurezas (NATURALTEC).

Existem alguns tipos de flotadores, sendo a tecnologia mais utilizada a flotação por ar dissolvido. Este tratamento é através da pressurização e da despressurização de ar atmosférico na massa líquida, com microbolhas da ordem de micra. A sua principal vantagem em relação aos outros flotadores é o menor custo operacional (RUBIM, 2013).

Na Figura 2.2.3 tem-se um tanque de flotação por ar dissolvido em uma estação de tratamento de efluentes da SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.



Figura 2.2.3 - Flotador por ar dissolvido. Fonte: RUBIM, 2013.

2.3 - Tratamento secundário

O tratamento secundário tem como objetivo remoção da matéria orgânica através da aceleração da biodegradação que ocorre de forma natural nos corpos receptores (CONSULTEC PA). O seu princípio é a transformação de matéria orgânica em gases, água e material biológico sedimentável (PINTO, 2009). O tratamento secundário pode ocorrer de forma aeróbica ou anaeróbica. As etapas secundárias mais comuns no tratamento de efluentes da indústria de alimentos são: lodos ativados, lagoas de estabilização e reatores UASB.

2.3.1 - Lodos ativados

A metodologia de lodos ativados é um processo biológico de tratamento amplamente utilizado, a nível mundial, em situações em que é necessária uma elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área (SILVA, 2007). Neste processo, grande parte da matéria orgânica solúvel ou em suspensão remanescente de etapas anteriores é metabolizada por microrganismos em dióxido de carbono e água.

Os microrganismos mais utilizados em lodos ativados são as bactérias. Protozoários e rotíferos são importantes para a remoção da fração de bactéria dispersa (CERVANTES et al., 2006).

O funcionamento de sistemas de lodo ativado requer uma grande mecanização e elevado gasto com energia elétrica. No entanto, esse sistema de tratamento apresenta elevada eficiência de remoção de matéria orgânica presente em efluentes sanitários e industriais (VON SPERLING, 1997).

De acordo com Silva (2007), existem algumas variantes do processo de lodos ativados e podem ser classificados de acordo com as seguintes categorias:

- Idade do lodo (tempo de permanência da biomassa): convencional ou aeração prolongada;
- Fluxo: contínuo ou intermitente (sequência de reatores batelada).

2.3.1.1 - Sistema convencional de lodos ativados (contínuo)

Os componentes de um sistema de tratamento de lodos ativados são: tanque de aeração ou reator biológico (local onde ocorre a depuração da matéria orgânica), sistema de aeração, tanque de decantação e sistema para recirculação de lodo. O sistema de lodos ativados convencional possui um decantador primário e um secundário (IZQUIERDO, 2006). A presença do decantador primário é justificada para retirar matéria orgânica sedimentável antes do tanque de aeração, gerando economia de energia.

O tempo de detenção hidráulico é da ordem de 6 a 8 horas e a idade do lodo em torno de 4 a 10 dias. Há necessidade de etapa posterior de estabilização do lodo devido ao pequeno tempo de detenção (SILVA, 2007). A alta eficiência deste sistema é em grande parte devido à recirculação de lodo, o qual permite que o tempo de detenção hidráulico seja pequeno e, conseqüentemente, também o reator possua pequenas dimensões (BDTA).

A Figura 2.3.1.1 apresenta os componentes básicos de um sistema de tratamento de esgotos constituído de lodos ativados.

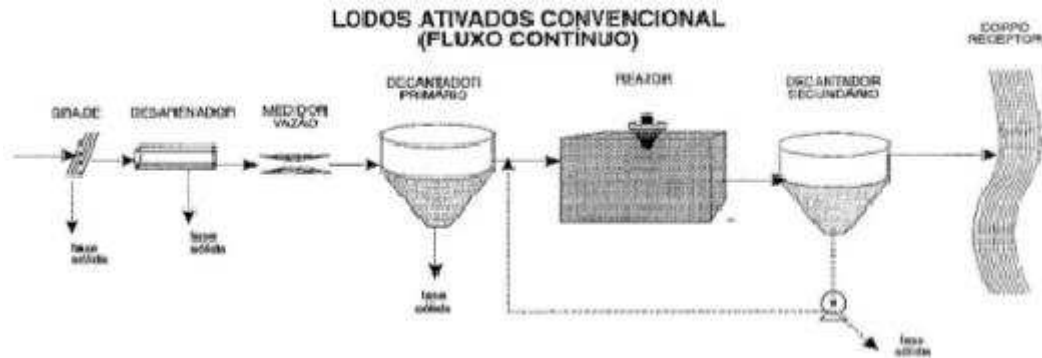


Figura 2.3.1.1 - Representação de um sistema convencional de tratamento de esgotos do tipo lodo ativado. Fonte: VON SPERLING, 1996.

2.3.1.2 - Sistema de regime intermitente ou batelada

No processo de tratamento de esgoto denominado regime intermitente ou SBR (*Sequencing Batch Reactor*) tem-se a incorporação de todas as etapas geralmente associadas ao sistema convencional de lodos ativados, utilizando um único tanque batelada, cada etapa representando uma sequência no tempo. Seu funcionamento é a partir da operação em ciclos com duração definida. Os seus ciclos de operação são: enchimento, reação, sedimentação, esvaziamento e repouso. A duração de cada ciclo pode sofrer alterações em função das variações da vazão afluyente, das características do esgoto, das necessidades do tratamento e da biomassa no sistema (COMUSA).

A Figura 2.3.1.2 apresenta esquematicamente um sistema de tratamento de esgotos constituído de lodos ativados regime intermitente.

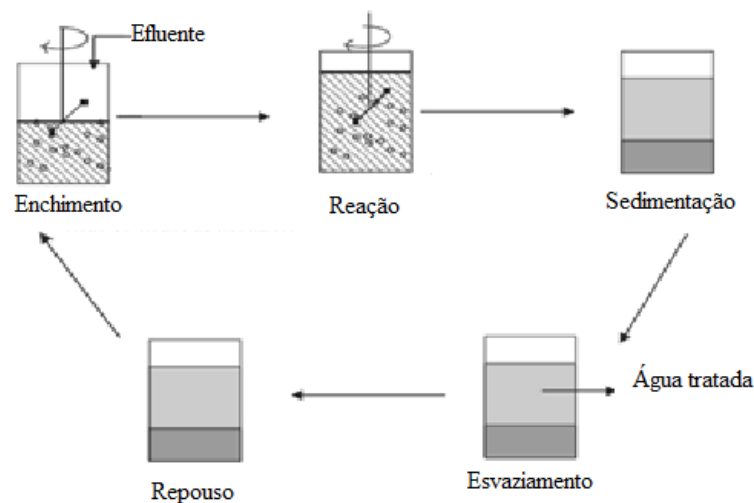


Figura 2.3.1.2 - Esquema operacional de lodo ativado por regime intermitente. Fonte: Adaptado de CERVANTES *et al.*, 2006.

2.3.1.3 - Sistema com aeração prolongada (fluxo contínuo)

O sistema de lodos ativados com aeração prolongada é similar ao sistema de lodos ativados convencional (sem o sedimentador primário), mas a biomassa permanece mais tempo no sistema, com uma idade do lodo de 18 a 30 dias (SILVA, 2007). Com isso, existe menos substrato disponível, então as bactérias fazem uso do próprio material celular como fonte de matéria orgânica. A estabilização do lodo é feita simultaneamente com a da matéria orgânica (VON SPERLING, 2007b).

Na Figura 2.4.1.3 existe um sistema de lodos ativados com a presença das etapas anteriores necessárias para a entrada do efluente no reator.

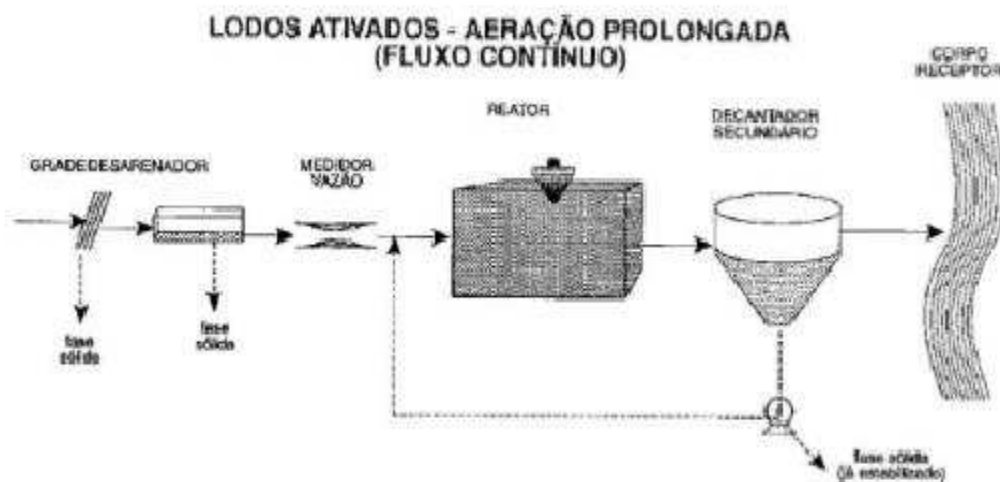


Figura 2.3.1.3 - Fluxograma do sistema de lodos ativados por aeração prolongada. Fonte: VON SPERLING, 1996.

Como a estabilização do lodo ocorre de forma aeróbia no reator, há um maior consumo de energia elétrica. Porém, este é o sistema de maior eficiência de remoção de DBO dentre os que funcionam por lodos ativados (VON SPERLING, 1997).

2.3.2 - UASB

O reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) é a maior tendência de tratamento de efluentes em alguns países de clima quente. Nos reatores do tipo UASB a

matéria orgânica é convertida anaerobicamente pelas bactérias dispersas no reator (VON SPERLING, 2007a).

Em reatores do tipo UASB é produzido biogás, fonte mais sustentável e promissora na geração de energia elétrica. A corrente de biogás é evidenciada na Figura 2.3.2, que representa um arranjo simples do funcionamento de um reator UASB.

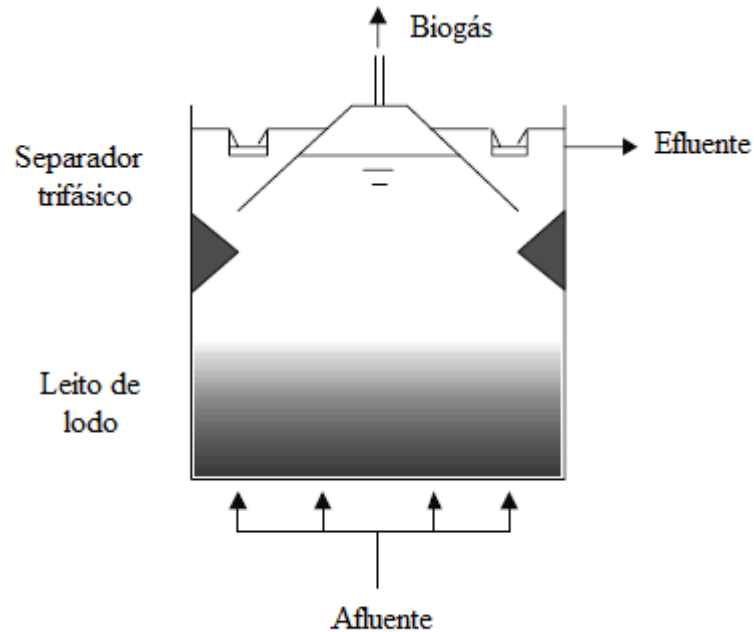


Figura 2.3.2 - Arranjo típico de reator UASB. Fonte: Adaptado de CERVANTES *et al.*, 2006.

O reator UASB é um digestor anaeróbio de fluxo ascendente, composto por um leito biológico denso e de elevada atividade metabólica, no qual ocorre a digestão anaeróbia da matéria orgânica do esgoto em fluxo ascendente. Suas regiões são: um leito de lodo, uma zona de sedimentação e o separador de fases. Este separador de fases (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994) tem a finalidade de dividir a zona de digestão (parte inferior) e a zona de sedimentação (parte superior).

A água residuária após entrar e ser distribuída pelo fundo do reator UASB flui pela zona de digestão, onde se encontra o leito de lodo, ocorrendo a mistura do material orgânico com o lodo. Os sólidos orgânicos suspensos são biodegradados e digeridos através de uma transformação anaeróbia, resultando na produção de biogás e no crescimento da biomassa bacteriana (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994).

O tempo de detenção do efluente no reator UASB é da ordem de 6 a 10 horas. A eficiência na remoção do reator UASB, com relação à DBO, segundo os dados de projeto, pode chegar até 70 % (VON SPERLING, 2007a).

2.3.3 - Lagoas de estabilização

Os sistemas de lagoas de estabilização representam a forma mais simples para tratamento de esgotos, apresentando configurações com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área. Arranjos sequenciais dos tipos de lagoas são feitos para tratamento de alguns efluentes, variando a sua configuração de acordo com o interesse.

2.3.3.1 - Lagoas facultativas

As lagoas facultativas são o tipo mais simples de lagoa de estabilização. O efluente entra continuamente em um extremo da lagoa e sai pelo outro. Parte da matéria orgânica sedimenta e é decomposta por microrganismos anaeróbios. No entanto, parte da matéria orgânica permanece dispersa e a sua decomposição é feita por bactérias facultativas, que conseguem agir em ambientes com a presença ou ausência de oxigênio, dando origem ao nome desta etapa de tratamento. O oxigênio necessário para a respiração bacteriana é fornecido por algas, através da fotossíntese (VON SPERLING, 2007a).

Na Figura 2.3.3.1, um esquema simplificado de uma lagoa facultativa está representado.

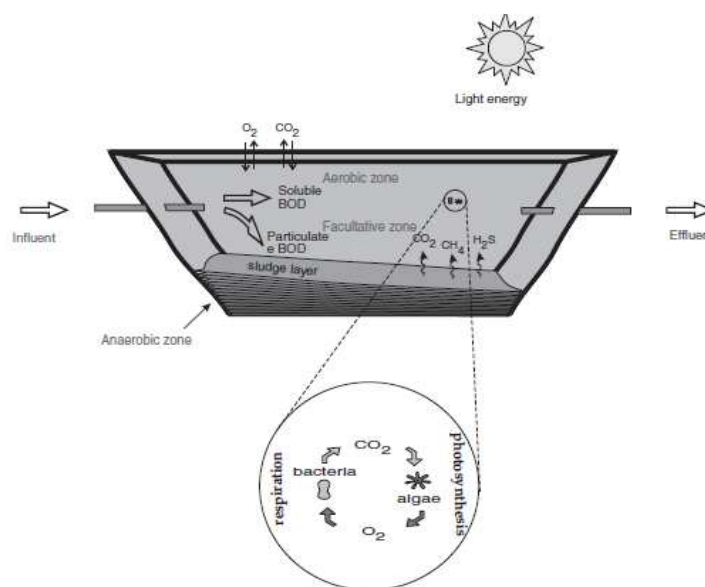


Figura 2.3.3.1 – Imagem do processo que ocorre em uma lagoa facultativa. Fonte: VON SPERLING, 2007a.

A instalação das lagoas facultativas necessita de áreas com boa incidência solar e pouca nebulosidade, para existir a energia solar essencial para a fotossíntese das algas (BENEVIDES, 2007).

A estabilização da matéria orgânica por bactérias facultativas é um processo mais lento, utilizando-se de baixas vazões, grande área disponível e tempos de detenção geralmente superiores a 20 dias (VON SPERLING, 2007a).

2.3.3.2 – Lagoas anaeróbias

As lagoas anaeróbias possuem menores dimensões e maiores profundidades, em torno de 4 a 5 metros. Estes valores são necessários devido ao ambiente anaeróbio desejado. Com uma profundidade maior, a fotossíntese praticamente não ocorre e no balanço de oxigênio consumido e produzido, o consumo do mesmo acaba sendo bem maior (VON SPERLING, 2007a).

Usualmente as lagoas anaeróbias são adotadas no tratamento de efluentes com elevada carga orgânica, com uma remoção de 50 a 60% para um tempo de detenção de 3 a 6 dias. Este tratamento requer etapas posteriores (SILVA, 2007).

2.3.3.3 - Lagoas aeróbias

As lagoas aeróbias, diferentemente das anaeróbias, possuem baixa profundidade. Esta variação de lagoa de estabilização é geralmente seguida de um sistema de separação de sólidos (lagoa de decantação). O arranjo da lagoa aeróbia com uma lagoa de decantação requer a menor área entre o sistema de lagoas e não utiliza recirculação. No entanto existe um elevado gasto energético devido ao sistema de aeração (SILVA, 2007).

2.4 – Tratamento Terciário

As etapas do tratamento terciário são adotadas quando os níveis anteriores não forem suficientes para atingir as condições padrão para o lançamento da água no corpo receptor. O seu objetivo é a remoção dos seguintes poluentes: nutrientes, patogênicos, compostos não

biodegradáveis, metais, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes (VON SPERLING, 2007b).

No tratamento de efluentes da indústria alimentícia destaca-se a remoção de nutrientes e agentes patogênicos (organismos capazes de causar doenças em seus hospedeiros). Os procedimentos mais utilizados para desinfecção são: ultravioleta, cloração e ozonização.

- Ultravioleta: Tratamento altamente germicida e de fácil operação. O seu princípio de atuação é a mudança na estrutura da célula através da absorção de luz, interrompendo sua reprodução e, posteriormente, a sua atividade, chegando a sua inativação. O sistema de esterilização UV tem sido utilizado em hospitais, laboratórios, indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas há mais de cinquenta anos (SANTOS *et al.*, 2011).

- Cloração: Metodologia barata e amplamente utilizada para desinfecção de água. O seu objetivo é agir nos elementos vitais da célula, danificando seu material genético. Apesar de sua indiscutível eficiência, existe a formação de compostos tóxicos, como haloacéticos e trihalometanos (PIANOWSKI; JANISSEK, 2003).

- Ozonização: O ozônio apresenta-se sob a forma gasosa em condições ambientais normais, sendo altamente reativo e instável, o que significa que não pode ser transportado ou armazenado, tendo que ser produzido no local de aplicação. Esse gás possui alto poder oxidante. As principais vantagens são: alto poder germicida contra uma grande variedade de microrganismos, eliminação de contaminantes orgânicos e metais oxidáveis, baixo custo de capital e operacional e possui simples instalação e operação (LIMA, 2013).

Em relação à eliminação de nutrientes, os mesmos variam de acordo com o agente poluidor a ser removido.

- Remoção de nitrogênio: A tradicional remoção do nitrogênio ocorre por via microbiana. Ela está baseada na nitrificação autotrófica e desnitrificação heterotrófica (KHIN; ANNACHHATRE, 2004). No primeiro estágio, encontra-se o processo da nitrificação, no qual o amônio é oxidado, em presença de oxigênio, a nitrito e em seguida a nitrato por intermédio de bactérias nitrificantes. Num segundo estágio o nitrato é, em ausência de oxigênio, reduzido a nitrito, e posteriormente a nitrogênio gasoso através de bactérias heterotróficas desnitrificantes (COSTA, 2009).

- Remoção de fósforo: A remoção deste elemento é feita com a coagulação pela adição de sais com compostos férricos ou alumínio, os agentes coagulantes. A reação se dá entre o íon férrico e o íon fosfato, conseqüentemente ocorre a precipitação do fosfato férrico, ou, no caso do alumínio, fosfato de alumínio. A coagulação ocorre em um

tanque de mistura, e a precipitação em um decantador. Após a precipitação dos fosfatos, o efluente segue com carga muito pequena de nutrientes fosforosos (COSTA, 2009).

2.5 – Resíduos sólidos

Para os resíduos orgânicos existem basicamente três tratamentos possíveis e encontrados mais facilmente: a incineração, a compostagem e a biodigestão.

2.5.1 – Incineração

A incineração consiste basicamente na queima dos resíduos à elevada temperatura, entre 900 e 1250°C (ECOURBIS). Neste processo é possível fazer o aproveitamento energético. No entanto, para que seja economicamente viável, é necessário ter uma quantidade mínima de resíduos a serem incinerados. A composição química dos resíduos é também um fator de extrema importância.

O calor gerado na queima vem de uma reação entre o oxigênio e a parte orgânica dos resíduos. Para que isso ocorra, é necessário que haja água nos resíduos, logo a composição química dos mesmos é um fator de extrema importância. Depois que toda a água foi evaporada, o calor excedente é direcionado as caldeiras, onde é gerado o vapor que vai alimentar as turbinas e, finalmente um gerador elétrico. Portanto, quanto mais água houver nos resíduos, menos energia elétrica poderá ser gerada (MACHADO, 2013a).

Os resíduos mais indicados para esse processo são os orgânicos secos como os derivados de madeira e recicláveis como plástico (MACHADO, 2013a).

2.5.2 – Compostagem

A compostagem é o processo que utiliza da decomposição da matéria orgânica na presença de oxigênio. Neste processo, bactérias atuam quebrando moléculas até transformá-las em gases (gás carbônico e água) e biomassa (ECYCLE). O produto resultante deste processo é o composto orgânico, que pode ser usado para a agricultura em escala ou doméstica (MACHADO, 2013b).

A viabilidade econômica deste processo depende do modelo de negócio e da estrutura. Em um nível empresarial, a geração de receita ocorre basicamente através da venda dos compostos, ou adubo orgânico. Nem sempre a receita justifica o investimento no projeto. Em muitos casos, o empreendedor cobra uma taxa para tratar os resíduos em um valor tal que viabilize economicamente o empreendimento. (MACHADO, 2013a).

2.5.3 - Biodigestor

A biodigestão é um processo natural de decomposição anaeróbica da matéria orgânica. Os gases gerados são principalmente o gás carbônico e o biogás, cujo principal composto é o metano. Este hidrocarboneto possui um alto poder de combustão (queima) podendo ser utilizado como combustível, fonte de energia térmica em processos industriais ou mesmo na obtenção de energia elétrica (MACHADO, 2013a).

. 2.6 – Indústrias alimentícias

A indústria de alimentos abriga vários processos diferentes, com variadas matérias-primas e etapas produtivas. Dentre elas, as que apresentam maior expressão ou impacto no meio ambiente serão expostas a seguir.

2.6.1 – Abatedouros de aves, bovinos e suínos

Os efluentes gerados nos abatedouros de aves, bovinos e suínos tem como características, segundo PACHECO (2008): alta carga orgânica, alto conteúdo de gordura, flutuações no pH devido ao uso dos produtos de limpeza, altas concentrações de nitrogênio, fósforo e sais e, também, flutuações na temperatura. Fragmentos de carne, de gorduras e de vísceras normalmente são encontrados nos efluentes. Então, juntamente com sangue, há material putrescível nestes efluentes, que entram em decomposição poucas horas após a sua geração. Sangue líquido bruto tem uma DQO em torno de 400g/L, uma DBO de aproximadamente 200g/L e uma concentração de nitrogênio de cerca de 30g/L (PACHECO, 2008).

No caso de abatedouro bovino e suíno há segregação do efluente de acordo com a sua origem em: linha vermelha, regiões do processo com a presença de sangue e linha verde, onde não envolve sangue (PACHECO; YAMANAKA, 2008).

Os processos largamente utilizados no Brasil para abatedouro de aves são constituídos de até três etapas: preliminar, primária e secundária. No nível preliminar utiliza-se peneiramento para remoção de penas e vísceras, e também, caixa de gordura. No primário existem as etapas de sedimentação, flotação ou de coagulação. No último nível de tratamento é comum a presença de lagoas anaeróbicas e facultativas para a remoção de matéria orgânica biodegradável. No caso de não haver espaço disponível para a implantação de lagoas, o processo preliminar é complementado com o tanque de equalização, seguido de flotação e tratamento biológico por lodos ativados (PINTO *et al.*, 2015).

Em abatedouros de bovinos e suínos, as linhas verde e vermelha são destinadas ao tratamento de forma separada, no entanto, as etapas de remoção de sólidos grosseiros (tratamento preliminar) são as mesmas: gradeamento, peneiramento e caixas de gordura. Na sequência, para remoção de sólidos sedimentáveis ou em suspensão, o efluente passa por sedimentadores, peneiras e flutuadores (PACHECO; YAMANAKA, 2008).

No tanque de equalização ocorre a homogeneização dos efluentes das duas linhas, de modo que não haja variação de carga, vazão ou composição do efluente para que ocorra o tratamento anaeróbio. O tratamento secundário consiste no tratamento biológico (neste caso anaeróbio) do efluente de modo a estabilizar a matéria orgânica e aproximá-la das condições de descarte (CARDOSO, 2015).

2.6.2 – Laticínios

Os efluentes industriais dos laticínios são oriundos das diversas etapas de lavagens de pisos e equipamentos que arrastam resíduos de leite e seus derivados, incluindo também restos de produtos de limpeza (BALDISSERA *et al.*, 2009).

Os despejos industriais são encaminhados inicialmente a um sistema de peneiramento para separação de sólidos grosseiros. São utilizadas comumente peneiras estáticas. O efluente segue até um equalizador para obter mais uniformidade na corrente. Na sequência duas metodologias podem ser adotadas: a caixa de gordura (remoção de material sólido gorduroso) ou flotação (eliminação de material suspenso e redução da concentração de gorduras) (FIEMG; FEAM, 2014). Os processos biológicos mais citados são: lagoas de estabilização, lodos ativados convencionais e reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo, UASB (MACHADO *et al.*, 2001).

O soro do leite é um contaminante muito poluente. Por isso, não deve receber a mesma destinação que os demais efluentes produzidos. Uma alternativa é a viabilização para a fabricação de outros produtos lácteos ou complemento na alimentação de animais (SILVA, 2011).

2.6.3 – Sucos cítricos

Os efluentes gerados nas indústrias de sucos cítricos possuem alta carga orgânica. As principais etapas geradoras de efluentes são: lavagem das frutas, extração, moagem de bagaço, lavagem de evaporadores, purga das caldeiras e do lavador de gases. Resíduos sólidos dessas indústrias são destinados à fabricação de ração animal. Um fator que pode prejudicar o

tratamento é a presença do d-limoneno nos efluentes, agente bacteriostático, ou seja, um inibidor do crescimento de bactérias (CETESB, 2005).

Os resíduos líquidos, constituídos por proteínas, óleos essenciais, pectinas, açúcares, ácidos orgânicos e sais, são os que mais preocupam pelos altos índices de matéria orgânica, o que os tornam um agente de alto potencial poluidor. Em função de sua elevada carga orgânica, esses resíduos são submetidos a um sistema de tratamento biológico de efluentes (TAVARES *et al.*, 1998).

A vazão, inicialmente, é tratada com um peneiramento fino(abertura entre 1 e 2,5 mm) para remoção de sementes e bagaços e possível polpa existente. O pH das águas residuárias das indústrias de sucos cítricos varia entre 4 e 5 e este deve ser corrigido utilizando soluções alcalinas através da etapa de neutralização. Geralmente adota-se o Ca(OH)_2 na correção do pH, porque o mesmo também atua como agente coagulante. Em seguida, é realizada a sedimentação para retirada de sólidos remanescentes e dos produzidos na coagulação (SOUZA, 1981). O tratamento biológico adotado consiste, em geral, em sistemas de lodos ativados e lagoas. Cabe salientar que as lagoas, empregadas por empresas que dispõem de amplas áreas, podem causar incômodos à vizinhança, em função de má operação ou dimensionamento inadequado, criando áreas de anaerobiose e emissão de H_2S (CETESB, 2005).

2.1.4 – Usina de cana-de-açúcar

A indústria sucroalcooleira é responsável pela fabricação de açúcar e/ou álcool e utiliza muito a fermentação. Dentre os resíduos gerados pela indústria sucroalcooleira, a vinhaça é o mais importante, devido ao grande volume produzido. Para a produção de um litro de álcool, são gerados cerca de 13 litros de vinhaça, sendo que esta quantidade depende da tecnologia utilizada nas usinas ou destilarias (BARROS *et al.*, 2010). A vinhaça possui uma DQO elevada, sendo uma fonte de contaminação de água superficial e lençóis freáticos. Uma aplicação bastante comum para a vinhaça é nos solos de cultivo da cana-de-açúcar. Como a vinhaça recebe uma destinação, não há uma cadeia de tratamento deste efluente.

3 - CONCLUSÕES

O tratamento de efluentes é um aspecto de significativa importância para um crescimento industrial sustentável. O desenvolvimento do presente estudo possibilitou maior conhecimento dos efluentes e algumas etapas dos processos produtivos das principais indústrias alimentícias do Brasil. Assim como os tratamentos mais comuns, suas características e aplicações.

Na escolha das etapas a serem utilizadas deve-se conhecer bem as vazões de efluentes, áreas disponíveis, recursos financeiros e um acompanhamento dos parâmetros de avaliação da qualidade da água, para avaliação da eficiência do tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUASTORE. Processos de tratamento de água. Disponível em: < <http://www.aquastore.com.br/default.aspx?code=64>> Acesso em Dezembro de 2017.
- BALDISSERA, A.C.; MONTANARI, B.H.; MACHADO, D.C.; MUNIZ, R.G.; MALESKI, R.C.; LEITE, T.M.M. Geração de efluentes e reuso de água na indústria de laticínios. Pinhalzinho, 2009.
- BARROS, R.P.; VIÉGAS, P.R.A.; SILVA, T. L.; SOUZA, R. M.; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M.C. de V.; MELO, A.S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 40, p. 341-346, 2010. Disponível em: < <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/viewFile/6422/7896>> Acesso em Julho de 2017.
- BDTA – Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais. Lodos ativados. Disponível em: < <http://www.fec.unicamp.br/~bdta/esgoto/lodosativados.html>> Acesso em Novembro de 2017.
- BENEVIDES, R.M. Aspectos sanitários e agrônômicos do uso de esgotos tratados na irrigação do capim Tanzânia (Panicum Maximun Jacq. cv. Tanzânia). Aquiraz, 2007.
- CARDOSO, A.P. Tratamento de efluentes de abatedouros de bovinos para produção biogás: Uma abordagem para sustentabilidade. Lorena, USP, 2015, 51p.
- CERVANTES, F. J. , PAVLOSTATHIS, S.G.; VAN HAANDEL A.C. Advanced Biological Treatment Processes for Industrial Wastewaters Principles and Applications. United Kingdom, IWA Publishing, 2006.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Governo do Estado de São Paulo. Cítricos. São Paulo, 2005, 48p.
- COMUSA - Serviços de água e esgoto de Novo Hamburgo. Tratamento de esgoto. Disponível em: < <http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoesgoto>> Acesso em Setembro de 2017.
- CONSULTEC PA – Tecnologia em Proteção Ambiental. Tratamento secundário de efluentes, Campinas. Disponível em: < <http://www.consultecpa.com.br/tratamento-secundario-efluentes>> Acesso em Julho de 2017.
- COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Ete Onça. Disponível em < http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/releases/2012/maio/ete-onca-20090323-1e1389!/ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOJ9DLwdPby9Dbz8gzdzDBY9g_zd_T2dgvx8zfULsh0VAfwq3lw!>. Acesso em ago. 2017
- COSTA, Alexandre da. Tratamento terciário – Tecnologias utilizadas no litoral norte. Unesp, 2009, 26p.
- DOSAQ – Indústria e Comércio de Bombas Ltda. Disponível em: < <http://www.dosaq.com.br/formulario.asp?produto=peneiras>> Acesso em Junho de 2017.
- ECOURBIS. Incineração. Disponível em: < <http://www.ecourbis.com.br/site/tratamento.aspx?content=incineracao>> Acesso em Dezembro de 2017.
- ECYCLE. Compostagem: o que é e como ela funciona? Entenda melhor os diversos benefícios. Disponível em: < <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/67-dia-a-dia/2368-o-que-e->>

- [como-fazer-compostagem-compostar-composteira-tecnica-processo-reciclagem-decomposicao-destino-util-solucao-materia-organica-residuos-solidos-lixo-organico-urbano-domestico-industrial-rural-transformacao-adubo-natural.html](http://www.revistatae.com.br/5801-noticias)> Acesso em Agosto de 2017.
- FARRUGIA, B. Conheça como funciona uma estação de tratamento de efluentes. *Revista TAE*, 2013. Disponível em: < <http://www.revistatae.com.br/5801-noticias>> Acesso em Outubro de 2017.
- FIEMG – Federação das indústrias de Minas Gerais; FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente (MG). *Guia técnico ambiental da indústria de laticínios*, 2014.
- GRUNDFOS. Sedimentação. Disponível em: < http://pt.grundfos.com/industrias_aplicacoes/applications/sedimentation.html> Acesso em Novembro de 2017.
- HIDROSUL. Estações de tratamento de efluentes. Tanque de equalização. Disponível em: < <http://www.hidrosul.com.br/produto/equalizacao>> Acesso em Setembro de 2017.
- ICLEI – Governos Locais pela sustentabilidade. Tratamento e destinação. Disponível em: < http://www.iclei.org.br/residuos/site/?page_id=411> Acesso em Agosto de 2017.
- IZQUIERDO, B.K.H. Estudo do comportamento de um sistema de lodos ativados com reator de leito móvel, Rio de Janeiro, 2006.
- KHIN, T.; ANNACHHATRE, A. P. Novel Microbial nitrogen removal processes. *Biotechnology Advances*, v.22, 2004, p.519-532.
- LIMA, P. Tecnologias para desinfecção de água e esgotos: ozonização, 2013. Disponível em:< <http://boaspraticasnet.com.br/tecnologias-para-desinfeccao-de-agua-e-esgotos-desinfeccao-por-ozonizacao/>> Acesso em Julho de 2017.
- LINS, G.A. Impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos (ETEs). Rio de Janeiro, UFRJ, 2010, 285p.
- MACHADO, G.B. Resíduos Orgânicos – Biodigestor, Compostagem ou Incinerador. Portal Resíduos Sólidos, 2013a. Disponível em: < <http://www.portalresiduossolidos.com/residuos-organicos-biodigestor-compostagem-ou-incinerador/>> Acesso em Novembro de 2017.
- MACHADO, G.B. Compostagem. Portal Resíduos Sólidos, 2013b. Disponível em: < <http://www.portalresiduossolidos.com/compostagem/>> Acesso em Dezembro de 2017.
- MACHADO, R.M.G.; SILVA, P.C.; FREIRE, V.H. Controle ambiental em indústria de laticínios. *Revista Online Brasil Alimentos*; n° 7, mar./abr.2001. Disponível em: < <http://www.signuseditora.com.br/ba/pdf/07/07%20-%20gestao.pdf>> Acesso em Agosto de 2017.
- MACÊDO, J. A. B. de. Águas & Águas. São Paulo: Livraria Varela, 2001.
- MEISSNER, D.C. Tratamento de efluentes – A importância de controlar o pH no tratamento de efluentes. Site Celulose Online, 2015. Disponível em: < <https://www.celuloseonline.com.br/tratamento-de-efluentes-david-charles-meissner-a-importancia-de-controlar-o-ph-no-tratamento-de-efluentes/>> Acesso em Outubro de 2017.
- NATURALTEC. Flotação e Flotadores – Tratamento Preliminar da água. Disponível em: < <http://www.naturaltec.com.br/flotadores/>> Acesso em Setembro de 2017.
- NETO, H.M. Tratamento de efluentes nas indústrias de laticínios. *Revista TAE*, 2014. Disponível em: < <http://www.revistatae.com.br/8245-noticias>> Acesso em Setembro de 2017.

- NUNES, G.F.M. Tratamento primário de efluentes, CEFET-MG, 2015. Disponível em: < http://www.tecquimica.cefetmg.br/galerias/arquivos_download/Tratamento_Primario_de_Efluentes_-_Gisele_-_Cefet_2015.pdf> Acesso em Outubro de 2017.
- NUNES, J. A. Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais. 5.ed. Aracaju, Gráfica Editorial J Andrade, 2004.
- PACHECO, J. W. Guia técnico ambiental de frigoríficos - industrialização de carnes (bovina e suína). São Paulo : CETESB (Série P + L), 2008.
- PACHECO, J.W.; YAMANAKA, H.T. Guia técnico ambiental de abate (bovino e suíno). São Paulo: CETESB, 2008. 95p.
- PARENTEL, A. H.; SILVA, E. A. B. Redução de efluentes líquidos na indústria alimentícia. Revista Química e Tecnologia, Pernambuco, Ano 1, n. 1, p.58-67, jul./dez. 2002.
- PIANOWSKI, E.H; JANISSEK, P.R. Desinfecção de efluentes sanitários com uso de cloro: avaliação da formação de trihalometanos. Sanare. Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v.20, nº20, p. 6-17, jul./dez. 2003. Disponível em: < <http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v20/art01.pdf>> Acesso em Setembro de 2017.
- PINTO, K.G.A. Tratamento de efluentes industriais e domésticos, CRQ/SP, Campinas, 2009. Disponível em: < http://www.crq4.org.br/sms/files/file/Tratamento_%20de_%20efluentes_%20industriais_dom%C3%A9sticos_crq2009%20%5BModo%20de%20Compatibilidade%5D.pdf> Acesso em Dezembro de 2017.
- PINTO, L.A. de M.; PINTO, M. de M.; BOVO, J.; MATEUS, G.A.P; TAVRES, F. de O.; BAPTISTA, A.T.A; HIRATA, A.K. Aspectos ambientais do abate de aves: uma revisão. Revista UNINGÁ Review, Maringá, Vol.22,n.3,p.44-50,abr/jun.2015. Disponível em: < https://www.mastereditora.com.br/periodico/20150601_074805.pdf> Acesso em Agosto de 2017.
- PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. Qualidade da água, 2009. Disponível em : < <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/qualidade-da-agua/>> Acesso em Dezembro de 2017.
- RUBIM, C. O trabalho da flotação e aeração. Revista TAE, 2013. Disponível em: < <http://www.revistatae.com.br/5804-noticias>> Acesso em Outubro de 2017.
- SANÁGUA – Análises Químicas e Ambientais. Resíduos Químicos e seu impacto no meio ambiente, 2014. Disponível em: < <http://sanagua.com.br/noticias/residuos-quimicos-e-seu-impacto-no-meio-ambiente-95.html> > Acesso em Julho de 2017.
- SANTOS, D.V.dos; SILVA, E.G.da; SILVA, S.A. dos S.; ASSIS, V.G.de. Tratamento terciário de esgoto, Itaperuna, 2011.
- SIGMA – Tratamento de águas. Desarenadores. Disponível em: < <http://sigma.ind.br/produto/desarenadores>> Acesso em Novembro de 2017.
- SILVA, C.E. da. Sistema de lodos ativados, UFSM, 2007. Disponível em: < <http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A4.pdf>> Acesso em Outubro de 2017.
- SILVA, D. J. P., Resíduos na Indústria de Laticínios. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2011, 20p.
- SOUZA, P.E.A. de. Tratamento dos despejos líquidos das indústrias cítricas. Revista DAE, nº 127, p.53-64, 1981. Disponível em: <

- http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_127_n_1289.pdf> Acesso em Novembro de 2017.
- TAVARES, V. B; SIVIÉRI, K; CERON, C. R; SILVA, R; TRABUCO, E. Utilização de resíduo líquido de indústria de processamento de suco de laranja como meio de enzima. Revista Química Nova. Vol.21, n.6, p.722-725, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n6/2904.pdf>> Acesso em Julho de 2017.
- VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. Tratamento Anaeróbio de Esgotos: Um Manual para Regiões de Clima Quente, Epgraf, Campina Grande, 1994, 240 p.
- VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2 ed. Minas Gerais, 1996.
- VON SPERLING, Marcos. Lodos ativados. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1997. 416 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 4).
- VON SPERLING, Marcos. Biological Wastewater Treatment. Londres, IWA Publising. Vol 1. Wastewater characteristics treatment and disposal, 2007a, 292 p.
- VON SPERLING, Marcos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: DESA-UFMG. Vol. 7. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios, 2007b, 588 p.