



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM SISTEMAS
AGROINDUSTRIAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

Rafael da Silva Novaes

DIAGNÓSTICO DOS EFLUENTES GERADOS NO ABATEDOURO PÚBLICO DO
MUNICÍPIO DE POMBAL-PB

Pombal - PB
Março de 2016

Rafael da Silva Novaes

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Sistemas Agroindustriais.

ORIENTADORES: Prof. D. Sc. Antônio Vitor Machado
Prof^ª. D. Sc. Patrício Borges Maracajá

Pombal - PB
Março de 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
COORDENAÇÃO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

RAFAEL DA SILVA NOVAES

DIAGNÓSTICO DOS EFLUENTES GERADOS NO ABATEDOURO PÚBLICO DO
MUNICÍPIO POMBAL-PB

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Prof. D.Sc. Dr. Antônio Vitor Machado
UAGRA – CCTA – UFCG

Orientador: Profª D. Sc. Dr. Patricio Borges Maracajá
UAGRA – CCTA – UFCG

Profª: D. Sc. Aline Costa Ferreira
UAGRA – CCTA - UFCG

Profª D. Sc. Ednaldo Barbosa Pereira Junior
IFPB– CAMPOS SOUSA

Pombal - PB

Março de 2016

Aos meus queridos Pais Gilson Pereira de Novais e Elizete da Silva Novaes por toda a dedicação que sempre tiveram comigo e a minha querida esposa Sarah, por todo o incentivo e amor que sempre esteve ao meu lado.

DEDICO

*O que é nascido de Deus vence o mundo; e esta é a vitória que vence o mundo: a nossa fé.
1 João 5:4*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por está sempre comigo, iluminando-me, guiando-me e dando graça, força e sabedoria para que possa fazer sempre a escolhas certas em toda a minha vida.

A meu orientador, Prof. D. Sc. Antônio Vitor Machado, por não ter medido esforços para auxiliar-me neste trabalho, aconselhando-me para que pudesse fazer o melhor possível sempre e principalmente pela confiança que depositaste em minha pessoa.

A todos que contribuíram para a realização desta etapa de minha vida, meu sincero reconhecimento e agradecimento.

A minha esposa, Sarah Fragoso, por todo o seu apoio, incentivo que nunca me deixou desistir.

A minha mãe, Elizete da Silva Novaes e meu Pai Gilson Pereira de Novais, por sempre me colocar em suas orações, pelo seu amor que mesmo não estando todos os dias ao meu lado, sentia sua presença sempre.

Aos meus irmãos, Geiza, Jamile e João Vitor, por sempre estar torcendo por mim.

A toda a minha família, tios, tias, primas e primos que me apoiaram e torcem por mim, por participarem, de alguma forma, de todas as minhas conquistas.

Aos amigos, companheiros e irmãos, Matheus e Rafaely, pelo incentivo, pela amizade, por toda a força, fundamentais em muitos momentos de tribulações, obrigada amigos você foi fundamental nessa jornada.

A todos os meus professores, pelos ensinamentos durante o curso de mestrado.

As famílias, Novaes e Fragoso, meus sinceros agradecimentos, obrigado por serem meus verdadeiros amigos.

À Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus Pombal pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

A todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL.....	14
2.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	15
3.1.1. REUSO DOS RECURSOS HIDRICOS.....	17
3.1.2. LEGISLAÇÃO DOS RECURSOS HIDRICOS.....	20
3.1.2.1 CONAMA Nº 357 DE 17 DE MARÇO DE 2005.....	20
3.1.2.2 RESOLUÇÃO CNRH nº 54/2005.....	21
3.1.3. ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	22
3.1.4 ATIVIDADE DE ABATEDOUROS.....	24
3.1.4.1 TRATAMENTO EFLUENTES DE ABATEDOUROS.....	25
3.1.4.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ABATEDOUROS.....	26
4. MATERIAIS E METODOS.....	37
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	37
4.2 EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE.....	37
4.3 EFLUENTE COLETADO E PONTOS DE COLETA.....	38
4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE EFLUENTES COLETADAS.....	38
4.5 APLICAÇÃO DA ÁGUA DE REUSO.....	39
4.6 PROJETO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE.....	39

4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICA	39
5. RESULTADOS E DISCUÇÕES.....	40
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE ABATE.....	40
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA STE.....	41
5.2.1 PARÂMETROS OBTIDOS.....	42
5.3 ANALESE EXSTATISTICA.....	45
6- TRATAMENTO RECOMENDADO E INDICAÇÃO DE REUSO.....	47
6.1 EQUIPAMENTOS SUGERIDOS PARA CONSTITUIR A ETE SÃO:.....	47
6.1.1 GRADEAMENTO.....	47
6.1.2 MEDIDOR DE VAZÃO – CALHA PARSHAL.....	47
6.1.3 CAIXA DE RETENÇÃO DE GORDURAS / CAIXA DE AREIA.....	47
6.1.4-TANQUES DE EQUALIZAÇÃO / AERAÇÃO.....	48
6.1.5-TANQUES DE DECANTAÇÃO.....	48
6.1.6 -POÇO DE RECEPÇÃO DE EFLUENTE TRATADO.....	48
6.1.7 -VALA DE ABSORÇÃO (INFILTRAÇÃO).....	48
6.2 APLICAÇÃO DE REUSO.....	49
7- CONCLUSÕES.....	50
8- SUGESTÕES.....	50
9- REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Apresentação do consumo de água em diferentes áreas de processos de um abatedouro.....	13
Figura 2-	Imagem de localização do abatedouro Público Municipal de Pombal-PB.....	26
Figura 3-	Abastecimento de água do Abatedouro Público Municipal de Pombal-PB proveniente de carros pipas.....	29
Figura 4-	Lagoas de estilização-Sistema de tratamento de Resíduos do Abatedouro Público Municipal de Pombal-PB	31

LISTA DE TABELA

Tabela 1-	Distribuição de água, área e população por região do Brasil.....	4
Tabela 2-	Parâmetros de Monitoramento para qualidade de águas superficiais/CONAMA.....	10
Tabela 3-	Valores médios da caracterização físico-químicos dos parâmetros analisados do efluente do abatedouro público de Pombal-PB.....	35

RESUMO

Entre as atividades agroindústrias desenvolvidas no Brasil, destaca-se o abate de bovinos, suínos e aves, é uma das atividades econômicas nacionais que pode ser considerada como uma das mais importantes do mercado; Os abatedouros compreendem-se como uma atividade de destaque econômico de industrialização ou beneficiamento de produtos agropecuários de origem animal. Embora em diferentes níveis tecnológicos, e de um modo geral, os principais impactos gerados por estas atividades estão os relacionados ao grande volume de consumo de água potável, à geração de grandes vazões de efluentes industriais, o tratamento dos efluentes e os impactos ambientais causados pela destinação destes resíduos. A redução do volume de resíduos agroindustriais, uma produção mais limpa, o uso racional e o reuso de água são temas de grande interesse da atualidade frente à escassez dos recursos hídricos no país. Neste sentido, esta pesquisa teve como principal objetivo o diagnóstico do efluente do sistema de tratamento do abatedouro municipal de Pombal - PB, caracterizando os físico-quimicamente, avaliando sua eficiência quanto aos parâmetros exigidos pela legislação vigente. Como campo de estudo o sistema de tratamento de efluentes do abatedouro municipal de Pombal – PB foi avaliado definindo-se pontos de coletas de amostras para realização das determinações dos parâmetros de eficiência, sendo realizadas as seguintes análises: Potencial Hidrogeniônico (pH), Fósforo Total (FT), Nitrogênio Total (NT), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Sólidos Sedimentáveis (SSed), Turbidez, Óleos e Graxas de acordo com as metodologias descritas pelos órgãos competentes reguladores desta atividade. Os resultados dos parâmetros analisados foram confrontados com a legislação baseada nas resoluções CONSEMA128/06 e CONAMA 357/05. A caracterização físico-química revelou índices elevados para algumas variáveis, demonstrando que estes se encontram em desacordo com os parâmetros estipulados pela legislação brasileira vigente, ferindo assim a leis ambientais desta atividade. Diante deste quadro, recomendam-se alterações no layout do sistema de tratamento de forma a atender as exigências da legislação vigente com adoção de técnicas de reuso deste depois de tratado no próprio abatedouro.

Palavras-chave: Abatedouro, tratamento efluente, reuso.

ABSTRACT

Among the agroindustry activities in Brazil, there is the slaughter of cattle, pigs and poultry, is one of national economic activities that can be considered as one of the most important market; The abattoir is comprehends as an activity of industrialization economic stake or processing of agricultural products of animal origin. Although at different levels of technology, and in general, the main impacts generated by these activities are related to the volume of consumption of drinking water, the generation of large flows of industrial waste, treatment of effluents and the environmental impacts caused by disposal of this waste. Reducing the volume of agro-industrial waste, cleaner production, rational use and reuse of water are topics of great interest today ahead of the scarcity of water resources in the country. In this sense, this research aimed to diagnose effluent treatment system municipal slaughterhouse Pombal - PB, Characterizing the physico-chemically, evaluating their efficiency and the parameters required by law. As a field of study the wastewater treatment system municipal slaughterhouse Pombal - PB was evaluated by defining points of sample collection to perform the determination of efficiency parameters, the following parameters were evaluated: Hydrogen potential (pH), total phosphorus (FT), Total Nitrogen (TN), Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD 5), Sedimentable Solids (ssed), Turbidity, Oils and Greases in accordance with the methodologies described by regulatory competent organs of this activity. The results of the parameters analyzed were confronted with legislation based on CONAMA 357/05 resolutions. The physiochemical characterization revealed high levels for some variables, demonstrating that this is not in accordance with the parameters set by current Brazilian law, thus hurting the environmental laws of this activity. Given this situation, it is recommended changes to the form layout of the treatment system to meet the requirements of current legislation with the adoption of recycling techniques after this treaty in the slaughterhouse itself.

Key words: Slaughterhouse, wastewater treatment, reuse.

1 - Introdução

Entre as atividades agroindústrias desenvolvidas no Brasil, destaca-se o abate de bovinos, suínos e aves, é uma das atividades econômicas nacionais que pode ser considerada como uma das mais importantes do mercado, destacando-se ainda que o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores da carne no mundo. De acordo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne - ABIEC (2014), a estimativa para 2015 quanto à produção de carne bovina brasileira é de aproximadamente 14.000 toneladas, sendo esta, superada apenas pelos Estados Unidos, no quesito exportação de carne bovina o Brasil ocupa o primeiro lugar mundial exportando mais de 2.650 ton/ano.

Os abatedouros compreendem-se como uma das atividades econômicas de industrialização ou beneficiamento de produtos agropecuários de origem animal. Embora em diferentes níveis tecnológicos, e de um modo geral, os principais impactos gerados por estas atividades estão os relacionados ao grande volume de consumo de água potável e, conseqüentemente, à geração de grandes vazões de efluentes industriais (ABIPECS, 2015).

O processo operacional nos abatedouros está concentrado na produção de carne fresca e respectivos cortes, os demais subprodutos (sangue, pele, pelos e tripas), demandam processamento e a operação de limpeza. Essas águas residuárias contêm sangue, banha, sólidos orgânicos ou inorgânicos, além de outros sais adicionados durante as operações de processamento, compondo grande quantidade de material dissolvido e em suspensão, sendo estes classificados como de grande potencial poluidor (MATOS, 2015).

No Brasil as indústrias e a agricultura se destacam no tocante ao consumo de água potável. Sabe-se que durante muito tempo a água foi considerada como um recurso infinito, porém, essa teoria foi se desfazendo em virtude de alteração de sua disponibilidade e principalmente de sua qualidade devido à inadequada utilização de tal recurso, o que faz com que a cada dia a água potável seja um recurso cada vez mais escasso.

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, toda e qualquer atividade industrial deve realizar o tratamento dos seus efluentes, porém, a falta de políticas públicas voltadas para fiscalização dos recursos hídricos acaba em muitas vezes por impossibilitar o cumprimento da legislação vigente. Além do mais das poucas indústrias que realizam o tratamento, nem todas reutilizam esse bem tão precioso.

O reuso de água é uma vertente significativa de aplicações potenciais no Brasil. O uso de efluentes tratados nas áreas urbanas e na agricultura, para fins não potáveis, no

atendimento nas recargas artificiais aquíferos e nas demandas industriais, constitui-se em um instrumento poderoso para restaurar o equilíbrio entre oferta e demanda de água em diversas regiões brasileiras. Cabe, entretanto, institucionalizar, regulamentar de forma a promover o reuso de água, fazendo com que na prática se desenvolvam princípios tecnológicos adequados, economicamente viáveis, socialmente aceitáveis e principalmente ambientalmente corretos de utilização (HESPANHOL, 2013). Desta forma surge a necessidade de não só tratar, mas também reutilizar, reaproveitar de alguma forma nos processos industriais, proporcionando assim um melhor gerenciamento dos recursos hídricos no país.

Devido à necessidade de conservação dos recursos hídricos, torna-se de extrema importância o desenvolvimento de estudos que visem o reuso planejado dos efluentes resultantes do tratamento do efluente industrial, como forma de reduzir o consumo de água potável em atividades que não necessitam desse tipo de água, gerando assim uma redução de uso dos mananciais de boa qualidade, promovendo um uso ambiental racional deste precioso bem natural.

Desta forma, o presente estudo foi realizado analisando-se o efluente do abatedouro público do município de Pombal-PB, confrontando os resultados obtidos com os padrões exigidos e estabelecidos pela legislação brasileira vigente, sugerindo um projeto de tratamento sustentável e viável para o reuso deste efluente no próprio abatedouro municipal; Onde serão propostas alternativas no tratamento do efluente atualmente existente, de forma a otimizar o processo e atender os padrões ambientais exigidos pela legislação vigente, propondo também formas de aplicabilidades deste efluente para o reuso ambientalmente correto.

2 – Objetivos

2.1 - Objetivo geral

Diagnosticar o efluente do sistema de tratamento do abatedouro municipal de Pombal - PB, caracterizando o físico-quimicamente de forma a propor alternativas no processo de tratamento, visando sua adequação quanto aos parâmetros da legislação vigente e indicando alternativas de reuso local.

2.2 - Objetivos específicos

- a) Caracterizar físico-quimicamente o efluente do abatedouro público municipal de Pombal-PB, visando o seu reuso.
- b) Comparar os resultados das análises do efluente com os padrões exigidos pela legislação nacional vigente para esta atividade industrial.
- c) Projetar uma estação de tratamento, sugerindo modificações na planta local existente de forma a aperfeiçoar o processo e atender as exigências da legislação.
- d) Sugerir aplicações de reuso do efluente dentro do próprio abatedouro, visando à preservação dos recursos hídricos, a água tratada para fins mais nobres e a redução dos impactos ambientais desta atividade.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Entre os recursos naturais que se encontram disponíveis ao ser humano, a água aparece como um dos mais importantes, sendo indispensável para manutenção da vida na terra. Entretanto, a utilização cada vez maior deste recurso, tem resultado em problemas não só da escassez do mesmo, como também na alteração de sua qualidade.

O planeta Terra é particularmente todo coberto de água, mais precisamente 2/3 da face terrestre é composta por esse recurso natural renovável indispensável para vida de qualquer ser vivo, porém nem toda água é propícia para usos mais nobres, como, por exemplo, beber, haja vista que aproximadamente 97,5% das águas são salgadas e estão contidas nos mares e oceanos, aproximadamente 2,493% da água é doce ou potável, e como se não bastasse, o acesso a essa pequena parcela ainda é restrito, haja vista que apenas 0,007% dessa encontra-se disponível aos seres humanos em rios lagos e na atmosfera, sendo essa possível de ser consumida (NOVAES, 2014).

Durante muito tempo a água foi considerada como um recurso infinito, porém essa teoria foi se defasando em virtude de alteração de sua disponibilidade e principalmente de sua qualidade devido à inadequada utilização de tal recurso, o que faz com que a cada dia a água potável tenha seu volume reduzido, trazendo dessa forma inúmeros problemas, desde ordem política, por exemplo, conflitos entre nações e miséria nas regiões mais carentes de água, até o problema de saúde ambiental (NOVAES, 2014).

A distribuição inadequada da água tem reflexão negativa em qualquer nação. No Brasil, por exemplo, que é o país que contém a maior porcentagem de mananciais de água potável no mundo, ainda sim o país apresenta grandes problemas de escassez em virtude da inadequada distribuição nacional da água, além de conter consideráveis quantidades de rios poluídos, afetando a saúde da população e desfavorecendo assim a utilização dessas águas para fins mais nobres (SALES, 2013).

Ao se tratar da inadequada distribuição interna da água aqui no Brasil percebe-se que a região Nordeste é a região que possui uma maior problemática em um cenário nacional, com apenas 3,30% dos recursos hídricos do país (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição de água, área e população por região do Brasil.

Região	Recurso	Superfície	População
Norte	68,50%	45,30%	6,98%
Centro-Oeste	15,70%	18,80%	6,41%
Sul	6,50%	6,80%	15,05%
Sudeste	6,00%	10,80%	42,65%
Nordeste	3,30%	18,30%	28,91%

Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos do Meio Ambiente *apud* Jornal do Médio Vale, 01 nov. 2003, p.11.

Fonte: Paludo et al (2013)

Além de possuir apenas 3,30% de recursos, sua população é a segunda maior do país com 28,91%. Sendo assim, poucos recursos hídricos, somado a presença de um número considerável de habitantes, de uma geologia de base cristalina e de uma irregularidade no espaço e no tempo de chuvas, o entendimento da problemática da água nessa região é preponderante para seu desenvolvimento sustentável (FAPPI, 2015).

Diante desse cenário, configurado por uma região de escassez hídrica, foi necessário uma estratégia de, num primeiro momento, “combate à seca” e, posteriormente, de uma adaptação, de uma “convivência com o semiárido”.

Dentre algumas estratégias de “combate à seca”, pode-se elencar a construção de grandes, médios e pequenos açudes na região. Uma das principais estratégias de armazenamento de água no Nordeste Brasileiro encontra-se a açudagem, que consiste na construção de um barramento com objetivo de reservar a água por um período maior, proporcionando sua disponibilidade em épocas de seca. Essa é uma das práticas mais antigas do semiárido. As primeiras construções se deram no século XIX, tendo uma maior expansão na década de 60 do século XX, em virtude das experiências vividas em anos de secas anteriores (NOVAES, 2014).

Os açudes nordestinos são considerados preponderantes não só para o abastecimento humano, como também para geração de energia, que é o caso, por exemplo, da barragem de Sobradinho, localizada na Bahia, que é responsável por boa parte da energia elétrica consumida na região.

Se tratando de açudes no Nordeste, a principal desvantagem é em relação à elevada evapotranspiração, que é o principal limitante pela construção de novas barragens na região

semiárida. Por outro lado, a qualidade da água dos açudes apresenta elevadas sazonalidades estando sujeitas a alterações negativas em sua composição, o que pode torná-las impróprias para consumos mais nobres, como, por exemplo, para beber e para a dessedentação de animais.

As águas subterrâneas seriam uma excelente alternativa para o abastecimento humano na região semiárida, isso porque se encontram protegidas de agentes poluidores e da evaporação. Entretanto, sua potencialidade é bastante limitada devido à predominância de embasamento cristalino em boa parte do subsolo nordestino, tornando-a maioria das vezes impróprias para o consumo, além disso, nem sempre está protegida de contaminação, isso em virtude das dificuldades de implantação de gestão ambiental nessa região, principalmente devido à falta de políticas públicas

A utilização de dessalinizadores no semiárido nordestino é uma prática bastante defendida pelos governos estaduais, porém o alto custo da instalação desses processos tem sido uma limitação da aquisição dos mesmos, além disso, deve se levar em consideração que os resíduos oriundos desse processo devem ser encaminhados para locais adequados (SALES, 2013).

Dentre as principais estratégias de armazenamento de água existentes no semiárido, as cisternas rurais talvez estejam entre as principais, isso devido a proporcionar um volume considerável de água de qualidade para o consumo humano quando operadas de forma adequada, oferecendo água de boa qualidade durante todo ano, além disso, as construções da cisterna acabam por gerar fontes de renda para inúmeros pais de família nordestinos (BRANCO, 2006).

No contexto escassez de água, ao se tratar da disponibilidade hídrica no cenário presente e futuro, tornou-se cada vez mais necessário uma gestão das águas que, se não implantadas o quanto antes, os impactos ambientais só tendem a aumentar. Logo, cabe ao poder público proporcionar uma maior e melhor gestão desse bem finito e indispensável para a vida na terra.

3.1.1 Reuso dos Recursos Hídricos

A água foi por muito tempo considerado pela humanidade como recurso inesgotável, não faltam exemplos de escassez de água doce, observada pelo abaixamento do nível dos

lençóis freáticos, o “encolhimento dos lagos”, a secagem dos pântanos. Por outro lado cresce em todo mundo a preocupação com o uso racional, da necessidade do controle de perdas e desperdícios e do reuso da água. Incluindo a utilização de esgotos sanitários para diversos fins: reuso da água proporcionando alívio na demanda e preservação de oferta de água para usos múltiplos, reciclagem de nutrientes, significando economia na produção de fertilizantes e ração animal e principalmente a redução no lançamento de esgotos em corpos receptores (VON SPERLING, 2005; BLUM, 2003).

A reutilização ou reuso de água não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância, devendo-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água. Dentro dessa ótica, o esgoto tratado tem um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas, irrigação entre outros, pois ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o reuso de esgoto contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos (BLUM, 2003).

De acordo com Filho e Mancuso (2003), inserida nesse contexto, está à necessidade de implantação do sistema de reuso da água, que pode ocorrer espontaneamente na natureza, no ciclo hidrológico, ou através de ações humanas, podendo ser planejadas ou não. A técnica do reuso planejado consiste em se utilizar a água mais de uma vez, reaproveitando-a para o mesmo ou outro determinado fim após ter passado por um tratamento. Conforme, este mesmo autor, o reuso pode ser:

- Indireto não planejado: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não estando sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico;
- Indireto planejado: ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para ser utilizada a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico;

- Direto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente;
- Reciclagem da água: é o reuso interno da água em determinado processo, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou local de disposição.

De acordo com Asano (1998), a água de reuso proveniente das Estações de Tratamento, onde o esgoto doméstico e industrial pode passar por inúmeros processos de tratamento, pode ser destinada as mais diversas utilidades, entre os quais cita:

- Irrigação paisagística: parques, cemitérios, faixas de domínio de auto-estradas, campus universitários, cinturões verdes, gramados residenciais, limpeza de monumentos;
- Irrigação na agricultura: plantio de forrageiras, plantas fibrosas e de grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas;
- Usos industriais: refrigeração, alimentação de caldeiras, água de processamento, lavagens de peças e tanques, geração de energia;
- Recarga de aquíferos: para controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolo;
- Usos urbanos não potáveis: irrigação paisagística, combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, desobstrução de rede de esgotos, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas e pontos de ônibus, etc.;
- Finalidades ambientais: aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca;
- Usos diversos: aquíicultura, construções civis, controle de intrusão marinha, controle de água para uso de animais e controle de poeira.

Também, podem servir como água de reuso as águas salobras, que são de segunda qualidade e não tão salgadas quanto à do mar, assim como águas de drenagem agrícola. É muito importante ressaltar que, para a utilização efetiva do reuso são necessárias medidas como: avaliação dos sistemas de tratamento, definição dos critérios de uso, planejamento e monitoramento adequados, qualidade resultante da água e controle dos impactos e benefícios ambientais decorrentes da prática. A agricultura é um setor onde o reuso precisa ser aplicado com urgência, pois 80% da água consumida no mundo são usadas nesse setor e no Brasil essa porcentagem é de 70% para a irrigação. O efluente tratado pode ser usado em determinadas culturas e também a adoção de métodos como o processo de sulcos, favorecem a conservação da água potável (ASANO, 1998).

3.1.2 Legislação dos Recursos Hídricos

O Brasil vem produzindo, desde o início do século passado, legislações e políticas que buscam paulatinamente consolidar uma forma de valorização de seus recursos hídricos.

Somente a partir da década de 1980, com a criação da Lei Federal nº 6.938/1981 a qual dispõe a Política Nacional do Meio Ambiente e, do Art. 225 da Constituição Federal de 1988 que define o meio ambiente como um bem de uso comum que deve ser preservado para as futuras gerações, a água passou a ser compreendida como um bem finito indispensável à qualidade de vida (OLIVEIRA, 2004; BRASIL, 1988).

A gestão das águas no Brasil passou por um período de grandes avanços desde o final da década de 80, em 1997 com a Lei 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH deu-se ênfase ao uso sustentável da água.

Com a criação da Agência Nacional das Águas – ANA, Lei 9.984/2000, diretamente vinculada ao Ministério de Meio Ambiente, possuindo autonomia administrativa e financeira, responsável pelas implementações dos instrumentos de ação para controle e regulação do uso dos recursos e do lançamento de poluentes que afetam o meio ambiente. Esta lei é fundamentada em alguns princípios básicos, tais como: adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento; garantia do uso múltiplo dos recursos hídricos; reconhecimento da água como um recurso finito, vulnerável e um bem de valor econômico, instituindo, assim, a cobrança pelo seu uso e previsão de uma gestão descentralizada e participativa, com o deslocamento do poder de decisão para os níveis hierárquicos locais e regionais do governo, e a participação dos usuários, da sociedade civil organizada, das ONG's e outros agentes através dos comitês de bacia (BRASIL, 2000).

3.1.2.1 CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005

A Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, como também, estabelece as condições e padrões tanto para estes corpos d'água quanto para o lançamento de efluentes (CONAMA, 2005).

Essas diretrizes estão baseadas em padrões de qualidade de água relacionadas aos usos preponderantes do corpo hídrico, os quais estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe. Desta forma, o enquadramento dos cursos d'água objetiva adequar os usos restritivos, atuais e pretendidos a um nível de qualidade desejado, de tal forma que os compatibilize as atividades antrópicas, com a manutenção do equilíbrio ecológico aquático (SANTOS, 2009).

Nesse sentido, segundo o Art. 4º, 5º e 6º desta resolução as águas doces, salobras e salinas são classificadas em: classe especial, classe 1, classe 2 ou classe 3, de acordo com a qualidade requerida para seus usos preponderantes (CONAMA, 2005).

Tabela 2: Parâmetros a serem monitorados para as águas superficiais

Parâmetros	Norma	Resolução 357 CONAMA (2005)*
Ph		6 – 9
Turbidez (NTU)		100
Nitritos (mg.L ⁻¹)		1
Nitrato (mg.L ⁻¹)		10
Cor (mg.L ⁻¹ Pt)		75
Odor		N.R.
DQO (O ₂ mg.L ⁻¹)	APHA (1998)	N.R.
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)		5
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)		Não inferior a 5
Coliformes termotolerantes (NMP.100ml ⁻¹)		1000 NMP.100ml ⁻¹

Fonte: Adaptado CONAMA (2005).

3.1.2.3 RESOLUÇÃO CNRH nº 54/2005

A Resolução 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de 28 de novembro de 2005, estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentam e estimulam a prática de reuso direto não potável de água (Art. 1º). Dentre seus critérios estão às considerações de que nenhuma água de boa qualidade deverá ser utilizada em atividades que tolerem águas de qualidade inferior, pois os recursos hídricos devem ser conservados para

o abastecimento público, ou para outros usos mais exigentes; que o reuso de água constitui prática de racionalização e de conservação dos recursos hídricos, conforme os princípios estabelecidos na Agenda 21; que a elevação dos custos de tratamento de água é decorrente da degradação dos mananciais e, por isso, a prática de reuso é fator redutor das descargas de poluentes em corpos receptores; e que o reuso contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Dentre suas principais propostas a Resolução incluiu:

- a) Os órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos deverão estabelecer instrumentos regulatórios e incentivadores das diversas modalidades de reuso de acordo com os seus efeitos sobre os corpos hídricos, (Art. 4º).
- b) O outorgado produtor, distribuidor ou usuário de água de reuso que, em função da atividade de reuso, alterar a quantidade ou a qualidade das intervenções no corpo hídrico constantes nos termos da outorga vigente, deverá solicitar à autoridade competente retificação da outorga de direito de uso dos recursos hídricos a fim de ajustá-la às alterações (Art. 5º).
- c) A atividade que compreenda reuso de água deverá ser informada ao órgão gestor dos recursos hídricos, ao órgão ambiental, e ao de saúde pública para fins de cadastro do outorgado (produtor, distribuidor ou usuário) contendo, inclusive, o local de origem e de destinação da água de reuso, bem como sua finalidade e o volume diário envolvido na atividade (Art. 9º e seus incisos).

Muito embora esta Resolução faça algumas exigências quanto à outorga do uso da água de reuso, e quanto à informação para cadastro, que são muito importantes, delegou a outros órgãos do SINGERH o incentivo ao reuso quando ela mesma poderia resolver por algum critério mais incentivador ou cogente. Apesar de a exigência da outorga do direito de uso da água de reuso ter certo caráter de poder de polícia administrativa, pois está condicionada à classificação da água conforme CONAMA 357/05, (DANTAS, *et al* 2009).

3.1.3 Índices de qualidade da água

Os índices de qualidade de água refletem o nível de salubridade, o comportamento do ecossistema, bem como, indicam a condição do meio aquático e atuam como instrumentos complementares à análise da qualidade da água de um rio. Além disso, podem dar uma idéia de tendência de evolução da qualidade da água ao longo do tempo, permitindo a comparação

entre diferentes cursos de água (LEMOS, 2003). O objetivo principal desses índices é determinar o potencial de disfunções do ecossistema e permitir uma melhor compreensão das fontes de contaminação e das decisões de manejo (ONGLEY, 2000 *apud* NUNES, 2008).

De acordo com Ott (1978) *apud* Nunes (2008), existem três tipos básicos de índices de qualidade de água: (1) índices elaborados a partir de opinião de especialistas; (2) índices baseados em métodos estatísticos; e (3) índices biológicos.

Sendo assim, estes índices podem ter diversas aplicações, como: na distribuição de recursos e determinação de prioridades; comparação das condições ambientais em diferentes áreas geográficas; determinação do cumprimento da legislação ambiental; análise de tendências; avaliação de mudanças na qualidade ambiental; informação ao público; pesquisa científica; identificação de problemas de qualidade de água que necessitem estudos especiais em trechos de rios; entre outras (NUNES, 2008).

As principais vantagens dos índices de qualidade de águas são a facilidade de comunicação com o público não técnico, o status maior do que os parâmetros individuais e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade. No entanto, sua principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre as mesmas. O índice, apesar de fornecer uma avaliação integrada, jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica (CETESB, 2010).

Na década de 1970, foi desenvolvido o índice de qualidade da água (*Water Quality Index - WQI*) pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos. Ele foi baseado na técnica de Delphi da Rand Corporation, por meio de pesquisas com vários especialistas da área ambiental (PINTO, 2007; NUNES, 2008).

Baseado neste estudo, o Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM) desenvolveu o IQA. Para tanto, foram considerados nove parâmetros relevantes para avaliação da qualidade das águas brasileiras: oxigênio dissolvido (OD), coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrato, fosfato total, temperatura, turbidez e sólidos totais (PINTO, 2007).

Os nove parâmetros do IQA identificam melhor a qualidade da água de cursos contaminados por efluentes domésticos, visando sua utilização para a caracterização das águas destinadas ao abastecimento público geral (COELHO, 2008 *apud* SANTOS, 2009).

A seleção destes parâmetros foi definida com base em opiniões de especialistas em qualidade de água. Inicialmente foram propostos 35 parâmetros a serem avaliados, com seus respectivos pesos e condição com que se apresentam segundo uma escala de valores *rating*. Para os nove parâmetros selecionados foram estabelecidas curvas de variação de qualidade da água de acordo com seu estado, bem como, seu peso relativo correspondente, (VON SPERLING, 2005).

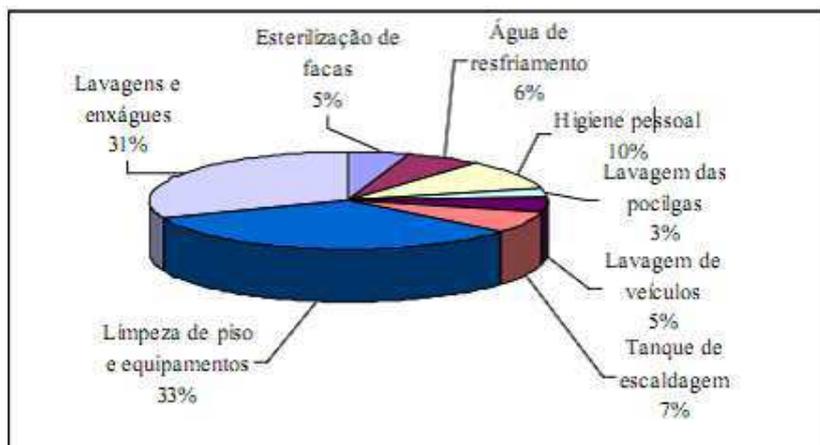
3.1.4 Atividade de abatedouros

Muitas empresas utilizam mais água do que o necessário, geralmente devido à falta de controle dos volumes que estão sendo usados. As operações de limpeza são as principais responsáveis pelo elevado consumo de água em abatedouros, pois os pisos das áreas de processo devem ser lavados e sanitizados ao menos uma vez por dia. A água consumida nas operações de limpeza e lavagem das carcaças representa mais de 80% da água utilizada de efluente gerado (ENVIROWISE, 2000 *apud* KRIEGER 2007).

O total de água utilizado por animal varia entre os abatedouros e depende do *layout*, do tipo de animal abatido, das técnicas de abate e do grau de automação. Diferentes unidades são usadas para expressar o consumo de água, o que dificulta a comparação, entre o consumo nas empresas. Em abatedouros com processamento de carne e graxaria, o consumo é de 3 a 6 m³/t de animal abatido, após a implantação de tecnologias limpas, e no Brasil é de 0,4 a 3 m³/suíno (SENAI, 2003).

Aproximadamente metade da água utilizada nos abatedouros Figura 1, é aquecida de 40 °C a 60 °C, nos matadouros de suínos, as águas quentes provenientes das operações de depilação contem grande quantidade de pêlos (ENVIROWISE, 2000 *apud* KRIEGER, 2007)

FIGURA 1: Distribuição do consumo de água em diferentes áreas de processo em um grande abatedouro de suínos.



3.1.4.1 Tratamento para efluentes de abatedouros

O consumo de águas em indústrias é influenciado por vários fatores como: capacidade produtiva, condições climáticas da região (determinarão às quantidades de água consumidas nos processos de troca térmica), disponibilidade hídrica, método de produção, idade da instalação (indústrias mais novas utilizam tecnologias mais modernas, com equipamentos menos suscetíveis a paradas e manutenção), práticas operacionais e cultura da empresa e da comunidade local (MIERZWA, 2002).

Os matadouros utilizam grandes quantidades de água devido aos rígidos padrões de higiene. A água é usada para dessedentação dos animais e lavagem de pocilgas, para lavagem de caminhões, escaldagem, lavagem das vísceras e carcaças, transporte de produtos e resíduos, limpeza e esterilização de facas, equipamentos e pisos, alimentação de caldeiras e resfriamento de compressores e condensadores (KRIEGER, 2007).

Segundo UNEP (2000) *apud* KRIEGER (2007), 80 a 95% da água consumida em matadouros se tornam efluente, que contem elevados níveis de matéria orgânica, devido à presença de esterco, gorduras e sangue. O efluente também pode conter concentrações de sais (sódio), fosfatos e nitratos, provenientes do esterco e conteúdos estomacais.

O sangue é o principal contribuinte da carga orgânica do efluente, com uma DQO total de aproximadamente 375.000 mg/L, sendo também o maior contribuinte de nitrogênio, estimando-se que entre 15% a 20 % do sangue seja perdido como efluente (CHILE, 1998).

O nitrogênio ocorre principalmente na forma de amônia, devido à quebra do material protéico em aminoácidos. Porém, como a natureza das espécies de amônia presentes depende do pH, as concentrações de nitrogênio em abatedouros são comumente expressas como nitrogênio total. As proteínas e graxas são importantes componentes da carga orgânica presente nas águas de lavagem, as quais também outras substâncias, como heparina, sais biliares, hidratos de carbono, detergente e desinfetante. Destacam-se o alto conteúdo de microorganismos patogênicos, como bactérias *Salmonella* e *Shigella*, ovos de parasita e cistos de ameba, e os resíduos de pesticidas, provenientes do tratamento e alimentação dos animais (KRIEGER, 2015).

3.1.4.2 Características dos sistemas de tratamento de abatedouros

A maioria das tecnologias usadas no tratamento de efluentes, objetivando o reuso é a mesma em sistema de tratamento de água e efluentes, porém, em certos casos, processos de tratamento adicionais são necessários, para remoção de contaminantes específicos e para inativação e remoção de microrganismos patogênicos (METCALF e EDDY, 2003).

De acordo com Levine et. al (2002), os sistemas de tratamento de efluentes utilizam diversas tecnologias que são divididas em tratamento primário, secundário e terciário. Essas técnicas e suas finalidades são descritas a seguir:

a) Para separação sólido/líquido (Tratamento primário)

- i. Sedimentação: procedimento que remove partículas maiores do que 30 μm , podendo ser utilizada tanto no tratamento primário, como também, no secundário;
- ii. Filtração: técnica de remoção de partículas maiores que 3 μm , pode ser empregada após a sedimentação (tratamento convencional) ou coagulação/floculação.

b) Tratamento biológico (secundário)

- i. Tratamento biológico aeróbico: método de remoção da matéria orgânica que se encontra dissolvida ou suspensa no efluente;
- ii. Lagoas de oxidação: são utilizadas para reduzir os sólidos em suspensão, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), as bactérias patogênicas e amônia;
- iii. Remoção biológica de nutrientes: para redução de nitrogênio e fósforo;
- iv. Desinfecção: é um processo essencial à proteção da saúde pública, pois remove os organismos patogênicos.

c) Tratamento terciário ou avançado

- i. Carvão ativado: método que realiza a remoção dos compostos orgânicos hidrofóbicos;
- ii. *Air stripping*: processo que elimina o nitrogênio amoniacal e alguns compostos voláteis orgânicos;
- iii. Troca iônica: promove à remoção de cátions, como cálcio, magnésio, ferro, amônia e ânions como nitrato, ou seja, a troca de íons contaminantes por íons inertes à solução;

- iv. Coagulação química e precipitação: processo de aglomeração das partículas para formar precipitados de fósforo que depois de floculados são removidos por sedimentação e filtração;
- v. Tratamento com cal: processo que promove a redução do potencial de incrustação da água, a precipitação do fósforo e transforma o pH;
- vi. Filtração de membrana: é o procedimento que faz a eliminação de partículas e microrganismos da água;
- vii. Osmose reversa: uma tecnologia de filtração por membrana que purifica a água de sais dissolvidos e minerais, como também é efetivo na remoção de patogênicos.

No tratamento primário a remoção de sólidos suspensos, DBO, nitrogênio orgânico e fósforo são de 50%, 25 a 50%, 10 a 20% e aproximadamente 10%, respectivamente. Nessa etapa, a eficiência pode melhorar com a adição de coagulantes e floculantes. Porém, o tratamento primário não é suficiente em termos de padrões de qualidade para o reuso industrial (LEVINE *et al*, 2002).

Já o tratamento secundário remove adequadamente a matéria orgânica biodegradável e, quando combinado com uma filtração, faz a remoção adicional de partículas e desinfecção, permitindo que se torne adequado para reuso em muitos processos industriais. E o tratamento terciário é aplicado posteriormente ao tratamento biológico (LEVINE *et al*, 2002).

Segundo o Guia Técnico Ambiental de Frigoríficos da CETESB (2008), para minimizarem os impactos ambientais de seus efluentes líquidos industriais e atenderem às legislações ambientais locais, os frigoríficos devem fazer o tratamento destes efluentes. Este tratamento pode variar de empresa para empresa, mas um sistema de tratamento típico do setor possui as seguintes etapas:

- a) **Separação ou segregação inicial dos efluentes líquidos em duas linhas principais:** a linha “verde”, onde são encaminhados os efluentes gerados na recepção dos animais, nos currais/pocilgas, na condução para o abate/ “seringa”, nas áreas de lavagem dos caminhões, na bucharia e na triparia; e a linha “vermelha”, que recebe, principalmente, os efluentes gerados no abate, no processamento da carne e das vísceras, as operações de desossa/cortes e de graxaria;
- b) **Tratamento primário:** remoção de sólidos grosseiros e suspensos sedimentáveis e flotáveis, em sua maioria, por ação físico-mecânica. São utilizados para remover sólidos grosseiros: grades, peneiras e esterqueiras/estrumeiras (estas, na linha “verde”,

em unidades com abate); Caixas de gordura (com ou sem aeração) e/ou flutuadores, para retenção de gordura e outros sólidos flutuáveis; Sedimentadores, peneiras (estáticas, rotativas ou vibratórias) e flutuadores (ar dissolvido ou eletroflotação), para retirada de sólidos sedimentáveis, em suspensão e emulsionados (mais finos ou menores). O tratamento primário é realizado para a linha “verde” e para a linha “vermelha”, separadamente;

- c) **Equalização:** técnica que utiliza um tanque de volume e configuração adequadamente definidos, vazão de saída constante e cuidados para minimizar a sedimentação de eventuais sólidos em suspensão, mediante dispositivos de mistura. Permite que as vazões e cargas poluentes dos efluentes líquidos a serem tratados sejam absorvidas, suavizando os picos de carga na estação de tratamento. Com isso, os parâmetros finais desejados nos efluentes líquidos tratados poderão ser atingidos com a otimização da operação da estação como um todo. Nos abatedouros, os efluentes das linhas “verdes” e “vermelhas” são reunidos e, após o tratamento primário e equalização, seguem para a continuidade do tratamento;
- d) **Tratamento secundário:** ocorre remoção de sólidos coloidais, dissolvidos e emulsionados, principalmente por ação biológica, pela biodegradabilidade do conteúdo remanescente dos efluentes do tratamento primário. As lagoas de estabilização são destaque, sobretudo as anaeróbias. Assim, dentre os processos biológicos anaeróbios, tem-se: lagoas anaeróbias (muito utilizadas), processos anaeróbios de contato, filtros anaeróbios e digestores anaeróbios de fluxo ascendente. Para os processos biológicos aeróbios, temos aqueles de filme (filtros biológicos e biodiscos) e aqueles de biomassa dispersa (lodos ativados – convencionais e de aeração prolongada, inclusive os valos de oxidação). É comum também utilizar as lagoas fotossintéticas logo após o tratamento com lagoas anaeróbias. E ainda, tratamento anaeróbio acompanhado de aeróbio;
- e) **Tratamento terciário (se houver exigências ambientais locais):** remoção suplementar de sólidos, de nutrientes (nitrogênio, fósforo) e de organismos patogênicos dos efluentes líquidos remanescentes do tratamento secundário. Os sistemas de nitrificação-desnitrificação, filtros e sistemas biológicos ou físico-químicos (ex.: uso de coagulantes para remoção de fósforo) pode ser utilizados em associação. Na presença de graxaria anexa ao abatedouro, existe a possibilidade de utilizar variações como: o tratamento primário individualizado e posterior mistura de

seus efluentes primários no tanque de equalização geral da unidade; e misturar o efluente bruto da graxaria aos efluentes da linha “vermelha”, no início do tratamento primário, entre outras (SCARASSATI, 2013).

Existem diversos parâmetros para representar a qualidade da água e de efluentes, considerando as principais características físicas, químicas e biológicas. As características físicas estão associadas, em sua maioria, aos sólidos presentes na água. As características químicas podem ser interpretadas através de duas classificações: matéria orgânica ou inorgânica. Já as características biológicas se diferenciam por representar os microrganismos presentes na água (VON SPERLING, 2005).

A cor é uma particularidade das substâncias dissolvidas na água, resultante da reflexão da luz em partículas com diâmetro inferior a 1,0 μm , assim como, da presença de compostos metálicos ou do lançamento de efluentes no corpo hídrico receptor (BRAGA, 2002; LIBÂNIO, 2005).

As águas naturais possuem uma variação na cor entre zero e 200 UTNs (Unidades de Turbidez), acima disso já são consideradas águas de brejo ou pântano, com elevados teores de matéria orgânica dissolvida. Abaixo de 10 UTNs é quase imperceptível. E as cores das águas naturais variam em função das características e das substâncias presentes (LIMA, 2001).

A turbidez depende da concentração de sedimentos em suspensão e do tamanho, composição mineral, cor e quantidade de matéria orgânica dos sedimentos. A turbidez diminui a penetração de raios solares, prejudicando a realização da fotossíntese e reduzindo a reposição do oxigênio. Em níveis elevados pode influenciar as comunidades aquáticas, pois reduz a fotossíntese da vegetação submersa e das algas, ocasionando a supressão da produtividade de peixes (BRANCO, 1993; CREPALLI, 2007).

A temperatura da água está diretamente relacionada à velocidade das reações químicas, a absorção de oxigênio, precipitação de compostos, da solubilidade das substâncias e do metabolismo dos organismos presentes no meio aquático. Em níveis ligeiramente elevados, provoca perda de gases pela água, geração de odores e desequilíbrio ecológico, podendo ser influenciado por fatores naturais e antrópicos. Os naturais são provenientes, comumente, do clima regional e, os de origem antrópica, principalmente, de despejos industriais e águas de refrigeração de máquinas e caldeiras. A concentração de oxigênio dissolvido depende diretamente da temperatura hídrica, podendo afetar a biota aquática. Assim, aumentos de temperatura ocasionam redução do oxigênio dissolvido e do consumo de

oxigênio devido à estimulação das atividades biológicas. Além disso, a temperatura é um fator que determina a velocidade de uma série de reações e afeta os processos químicos, físicos e biológicos do meio aquático (BÁRBARA, 2006 *apud* SANTOS, 2009; GLEBER, 2002; MACIEL JR, 2000; VON SPERLING, 2005).

A condutividade elétrica é a capacidade da água em transmitir corrente elétrica, expressa em microSiemens.cm⁻¹ (μS.cm⁻¹), na presença de substâncias dissolvidas. Esta diretamente relacionada à temperatura do corpo hídrico e à concentração de substâncias iônicas dissolvidas no mesmo. Os fatores que podem influenciar na composição iônica dos corpos d'água são a geologia da bacia e o regime das chuvas (LIMA, 2001; MACIEL JR., 2000).

Para identificar poluição no corpo hídrico, deve-se procurar qualquer mudança significativa na condutividade, que deve apresentar um grau constante normalmente, para fins de comparação com as medidas regulares. As águas naturais apresentam condutividade elétrica inferior a 100 μS.cm⁻¹, podendo atingir 1000 μS.cm⁻¹ quando receptoras de elevadas cargas de efluentes (GLEBER, 2002; LIBÂNIO, 2005).

Nesse contexto, a condutividade elétrica é considerada uma medida indireta de poluição, já que possibilita quantificar os macros nutrientes presentes no meio aquático obter informações sobre a decomposição de matéria orgânica, identificar fontes poluidoras e diferenças hidro geoquímicas, dentre outras (SARDINHA *et al*, 2008 *apud* SANTOS 2009).

Para os sólidos, a quantidade e a natureza da matéria dissolvida e não dissolvida que ocorre no meio líquido sofre variação gradativa. Corroborando com o pensamento de Branco (1993), todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, podendo ser classificados fisicamente (dissolvidos e suspensos) e quimicamente (orgânicos e inorgânicos).

Sólidos dissolvidos encontram-se naturalmente nas águas, ao sofrerem com o desgaste das rochas por intemperismo e, em grandes concentrações são provenientes do lançamento de efluentes domésticos e industriais. Estas partículas têm sua formação dada pela concentração de cátions, ânions e sais resultantes da combinação destes íons que estão dissolvidos na água e em materiais em suspensão. Quando em excesso, os sólidos dissolvidos podem causar alterações de sabor (GLEBER, 2002; MACIEL JR., 2000).

Os sólidos em suspensão dividem-se em sedimentáveis e não sedimentáveis, com origem do carreamento de solos por escoamento superficial, em função dos processos erosivos e desmatamento na bacia, do lançamento de efluentes e da dragagem para remoção

de areia e atividades de garimpo. Em altas concentrações aumentam a turbidez, depreciam a produtividade da biota aquática, geram alterações de cor e odor da água, funcionam como carreadores de substâncias tóxicas adsorvidas e, em reservatórios aceleram o processo de assoreamento e bloqueiam as estruturas de tomada d'água (GLEBER, 2002; MACIEL JR., 2000).

Nas características químicas, entretanto, a APHA (1999) salienta que as determinações de sólidos fixos e voláteis não se caracterizam exatamente como materiais orgânicos e inorgânicos, pois a perda de peso pelo aquecimento é devido ao material orgânico, perda por decomposição ou volatilização de alguns sais minerais como: carbonatos, cloretos, sulfatos, sais de amônio, entre outros.

Nesse contexto, a presença de sólidos de qualquer natureza na água vai provocar alteração da cor, aumento da turbidez e diminuição da transparência, chegando a afetar o ecossistema aquático pela diminuição da produção fotossintética e, conseqüentemente, do oxigênio dissolvido no corpo hídrico (BÁRBARA, 2006 *apud* SANTOS, 2009).

Em relação ao odor, este se associa tanto à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos na água, quanto ao metabolismo de alguns microrganismos, como algas e cianobactérias (LIBÂNIO, 2005).

O potencial hidrogênionico determina a intensidade da condição ácida (H^+) ou alcalina (OH^-) de uma solução, que em termos de concentração de íons de hidrogênio H^+ é definido pelo logaritmo negativo da concentração molar de íons de hidrogênio (LIMA, 2001).

$$pH = - \log [H^+]$$

O pH pode variar de 0 a 14, sendo 7,0 o valor neutro; abaixo de 7,0 a água é considerada ácida e, se acima de 7,0 é alcalina (MACIEL JR., 2000).

É um parâmetro formado pela presença de sólidos e gases que se encontram dissolvidos no recurso hídrico e são oriundos da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese e do lançamento de efluentes (SANTOS, 2009).

Segundo Libânio (2005), O pH está diretamente relacionado ao grau de solubilidade de várias substâncias, a distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de definir o potencial de toxicidade de alguns elementos. Por exemplo, se os valores de pH forem muito básicos (acima de 8,0), tendem a solubilizar a amônia tóxica (NH_3), metais pesados e outros sais na água e, precipitar sais de carbonato. Já se forem muito

ácidos (abaixo de 6,0) tendem a aumentar a concentração de dióxido de carbono (CO₂) e ácido carbônico na água (H₂CO₃), (CREPALLI, 2007).

A alcalinidade é a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos. Seu incremento na água dá-se, principalmente, a maior fração dos bicarbonatos. É um parâmetro que não traz implicações para a saúde pública, sendo apenas considerado como desagradável ao paladar. As variáveis alcalinidade, pH e teor de gás carbônico encontram-se relacionadas entre si na natureza.

É essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água (FEITOSA *et al.*, 1997).

Altos valores de alcalinidade nos corpos hídricos representam os processos de decomposição da matéria orgânica, à atividade respiratória dos microrganismos e o lançamento de efluentes industriais (LIBÂNIO, 2005).

Já a acidez é originada pela decomposição de matéria orgânica, o lançamento de efluentes industriais e lixiviação do solo de áreas de mineração (LIBÂNIO, 2005).

A Demanda Química de Oxigênio é a quantidade de oxigênio consumido pela oxidação química de substâncias orgânicas presentes nas águas, relacionada com a matéria orgânica e seu potencial poluidor. Na obtenção da DQO em ensaios deve-se tomar como base que quase todos os compostos orgânicos podem ser oxidados pela ação de um agente oxidante forte em meio ácido. Seus altos valores, também são provenientes de efluentes domésticos, industriais ou de águas lixiviadas de criatórios de animais (MELLO, 2006 *apud* SANTOS 2009; LIBÂNIO, 2005; VON SPERLING, 2005).

O fósforo é indispensável a todas as formas de vida, dado que participam dos processos de respiração, fotossíntese e reprodução celular. É de extrema importância para o crescimento dos microrganismos que agem na estabilização da matéria orgânica presente na água (MACIEL JR., 2000).

O fósforo está presente nas águas naturais e residuais, quase exclusivamente na forma de fosfato. Pela ação dos microrganismos, a sua concentração pode ser baixa (< 0,5 mg/l) em águas naturais e com valores acima de 1,0 mg/l são geralmente indicativo de águas poluídas (FEITOSA *et. al.*, 1997).

No meio aquático, o fósforo encontra-se na forma de fosfato orgânico e fosfato inorgânico, distribuídos principalmente, sob as formas de ortofosfatos dissolvidos e fosfatos organicamente ligados. Em concentrações elevadas são oriundos de despejos de efluentes

domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes agrícolas (CREPALLI, 2007; GLEBER, 2002).

Sua alta concentração acarreta proliferação excessiva de algas e, conseqüente, eutrofização do corpo hídrico, acarretando alterações nas condições físico-químicas das águas e na comunidade aquática (CREPALLI, 2007; MACIEL JR., 2000).

O nitrogênio é um dos elementos de maior importância no metabolismo de ecossistemas aquáticos, por possuir uma química complexa, devido aos vários estágios que pode assumir e aos impactos que a mudança do estado de oxidação pode trazer sobre os organismos vivos. O fenômeno do ciclo do nitrogênio descreve estágios, que enfatizam o papel da atmosfera como um reservatório no qual o nitrogênio é constantemente renovado pela ação da descarga elétrica e pela fixação das bactérias. Durante as descargas, grandes quantidades de nitrogênio são oxidadas a N_2O_5 e a sua união com a água produz HNO_3 , normalmente levado para a terra com a chuva. Os nitratos são também produzidos através da oxidação direta do nitrogênio ou da amônia e encontram-se nos fertilizantes comerciais (LIMA 2001).

Esses elementos se encontram na natureza na forma de: amônia (NH_3), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), íon amônio (NH_4^+), nitrogênio molecular (N_2), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio orgânico dissolvido e nitrogênio orgânico particulado, sendo que determinado sua forma predominante pode fornecer indicações sobre o estágio de poluição. Logo, uma poluição é recente, quando o nitrogênio estiver basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia, uma vez que não houve oxidação dos mesmos e, antiga, se for encontrada na forma de nitrato (VON SPERLING, 2005).

O nitrito é um intermediário redutivo e rapidamente oxidado para nitrato, geralmente com concentração baixa (1 mg/L). O nitrato se forma no efluente por ação de microrganismos e por oxidação química da amônia. Assim, quanto mais velho o efluente, mais alto o teor de nitrito e mais baixo o teor de nitrogênio orgânico. Sua razão DQO/ NKJT é de aproximadamente 20, podendo variar entre 10 e 30 (RECESA, 2008).

O ciclo do nitrogênio em águas naturais está diretamente relacionado ao nível de oxigênio dissolvido do corpo hídrico. Portanto, se houver alterações na concentração de nitrogênio no meio hídrico pode-se ter uma série de problemas com outros parâmetros de qualidade da água. Essencialmente, a maioria dos problemas ocasionados por nitrogênio é resultante dos processos de nitrificação/desnitrificação e eutrofização, bem como, da poluição

por nitrato e da alta concentração de amônia tóxica presente na água (CHAPRA, 1997 *apud* SANTOS, 2009).

O oxigênio dissolvido (OD) é o parâmetro mais importante, pois expressa a qualidade de um ambiente aquático e é fundamental para a manutenção dos organismos aquáticos aeróbios. Desta forma, o meio aquático irá produzir e consumir o oxigênio que é retirado da atmosfera pela interface água/ar e dos processos fotossintéticos de algas e plantas (GLEBER, 2002; LIBÂNIO, 2005; MACIEL JR., 2000; RECESA, 2008).

Os níveis de OD sofrem com oscilações sazonais em períodos de 24 horas. As águas naturais possuem uma concentração em torno de 8,0 mg/L a 25 °C, sendo o valor mínimo para a manutenção da biota aquática na faixa de 2,0 mg/L a 5,0 mg/L (LIBÂNIO, 2005).

Esta concentração pode ser reduzida pelo lançamento de resíduos orgânicos, por meio do consumo de OD pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Se a concentração de OD pode ser reduzida, ela também pode ser saturada, isto é, as saturações OD podem ser provenientes de processos fotossintéticos, sugerindo eutrofização do sistema aquático. Águas eutrofizadas, por sua vez, podem apresentar concentração de OD >10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20 °C. Nesse sentido, determinar a concentração de OD é fundamental para se conhecer quais as condições naturais da água de um rio e detectar os impactos ambientais que decorrem sobre o mesmo (CREPALLI, 2007; MELLO, 2006 *apud* SANTOS, 2009; VON SPERLING, 2005).

Os fatores que mais influenciam a concentração desse gás no ambiente aquático segundo FEPAM (2010) são: Temperatura da água (quanto maior, menor será a concentração de OD presente no meio hídrico), Pressão atmosférica (altitude) e Salinidade.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio requerido para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea. É também, uma indicação indireta do carbono orgânico biodegradável. Sua estabilização requer cerca de 20 dias para esgotos domésticos, correspondendo a DBO última, e para evitar esse longo tempo padronizou-se uma DBO padrão que determina o teste a ser efetuado após o quinto dia de consumo a temperatura de 20 °C (APHA, 1999).

A DBO possui duas grandes vantagens: Possibilita comparar o potencial poluidor de diferentes efluentes, advindos das mais variadas fontes, conforme uma mesma grandeza e avaliar o estado da qualidade da água de um rio qualquer, por ser uma medida indireta do consumo de oxigênio dissolvido do meio hídrico (EIGER, 2003).

Os altos valores de DBO provem de efluentes domésticos, industriais ou de águas lixiviadas de criatórios de animais, similarmente a DQO (LIBÂNIO, 2005).

Os óleos e graxas representam um grupo de substâncias, que envolvem óleos, graxas, ceras, ácidos graxos, que se encontram presente em restos de manteiga, margarina, gorduras e óleos vegetais, gorduras de carnes vermelhas, como também em uma parcela de matéria oleosa devido à presença de lubrificantes empregados em estabelecimentos industriais. São extraídas empregando-se um solvente, denominado extratante, indicado pelo método experimental preconizado no APHA (1999). O método da extração com solvente permite separar os óleos e graxas da fase sólida e líquida do efluente por meio do processo de evaporação (GUIMARÃES *et al* , 2002).

A importância de se determinar o teor de óleos e graxas (TOG) está ligada ao fato de que, a presença de concentrações elevadas de óleos e graxas nas águas residuárias, promove problemas operacionais à etapa do tratamento primário e interferem no tratamento biológico (secundário). Estes problemas são acarretados porque os óleos e graxas causam uma resistência à digestão anaeróbia, ocasionando acúmulos de escumas nos digestores e deixando inviável o uso do lodo na prática da fertilização. (GUIMARÃES *et al* , 2002).

A necessidade da remoção da gordura vai evitar obstruções dos coletores e a aderência nas peças especiais da rede de esgotos, principalmente, o acúmulo nas unidades de tratamento, visto que os óleos e graxas provocam odores desagradáveis e perturbações dos dispositivos de tratamento (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

Os surfactantes são moléculas formadas de uma parte hidrofóbica e outra hidrofílica. A parte apolar da molécula é comumente uma cadeia hidrocarbonada enquanto a parte polar pode ser iônica (aniônica ou catiônica), não-iônica ou anfotérica. A maioria dos surfactantes disponível comercialmente é sintetizada a partir de derivados de petróleo (NITSCHKE & PASTORE, 2002).

Metais pesados são dificilmente encontrados em águas naturais, sendo que suas concentrações em corpos hídricos são provenientes, geralmente, do lançamento de efluentes industriais e da lixiviação de áreas de garimpo e mineração (LIBÂNIO, 2005).

Os metais que apresentam maior toxicidade são: alumínio (Al), cobre (Cu), cromo (Cr), estanho (Sn), níquel (Ni), mercúrio (Hg), vanádio (V) e zinco (Zn). Estes possuem altos fatores de bioacumulação, por serem consideradas substâncias que se conservam no sistema, mesmo que haja algum tipo de transformação, sedimentação e/ou ressolubilização (GIORDANO, 2005).

Os coliformes indicam que o corpo hídrico está contaminado por esgoto doméstico, pois este grupo de bactérias habita o trato intestinal de seres humanos e animais (VON SPERLING, 2005).

Embora esse grupo de bactérias não seja, em sua maioria, patogênicos, funcionam como indicadores de uma contaminação potencial de bactérias patogênicas, vírus e protozoários que também moram no trato intestinal. Além disso, os coliformes também se apresentam em menores quantidades nos ambientes naturais, como pastagens, solos e plantas submersas, sendo assim denominados de coliformes totais. Enquanto que os coliformes fecais são bactérias específicas do trato intestinal (GLEBER, 2002).

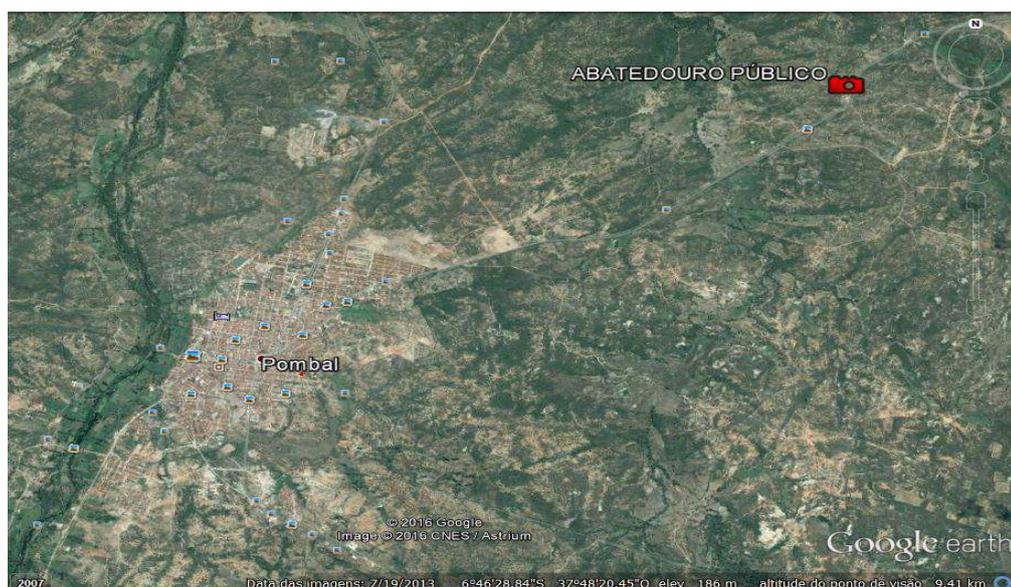
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O abatedouro público do município de Pombal-PB, está localizado na zona rural da cidade, se encontrando a Oeste do território paraibano mais precisamente nas coordenadas geográficas com latitude de 6°44'41.61"S e longitude de 37°44'57.61"O, conforme Figura 2 abaixo. O município encontra-se inserido na Região Hidrográfica do Rio Piranhas a Sul.

Esta pesquisa visou proporcionar uma visão de como vem sendo tratado o tema abate de animais no município de Pombal –PB, trazendo uma visão desta realidade.

FIGURA 2 –Localização do abatedouro público do município de Pombal-PB.



Fonte -Imagens Google Earth de 10/03/2016

4.2 Equipamentos do Sistema de tratamento de Efluente

Para caracterização do Sistema de tratamento de efluente do abatedouro e caracterização de seus equipamentos, foram realizadas visitas *in loco*, fotos, medições e layout da estrutura do Sistema de tratamento de Efluente (STE), para avaliação da eficiência deste sistema foram realizadas análises físico-químicas para determinação dos parâmetros de qualidade.

4.3 Efluente coletado e pontos de coleta

Para caracterização do efluente da STE e realização da pesquisa foram definidos dois principais pontos/locais adotados como referências para coleta das amostras: Ponto 1 tratamento secundário (após gradeamento), ponto 2 após o tratamento terciário (depois da foça céptica), estes foram definidos por serem os pontos que melhor caracterizam o efluente para posterior sugestão de reuso.

As coletas de amostras foram realizadas durante o período de agosto de 2015 a janeiro de 2016; foram feitas quatro coletas em datas distintas e meses diferentes, sendo que, em cada data, eram coletadas amostras com volume de 2 L para cada ponto, sempre no período da manhã (horário dos abates).

Todas as amostras foram do tipo compostas, para melhor representatividade do efluente, onde estas foram constituídas por 500 ml de efluente coletado em intervalos de uma hora e uma hora pelo período de 4 horas, sendo que no decorrer da coleta o efluente foi armazenado em recipientes de polipropileno esterilizados, de acordo com a norma brasileira NBR 9898/1987. Após a realização das coletas compostas, o efluente foi homogeneizado e armazenado em pequenas recipientes de 2 litros. No momento de cada coleta foram realizadas leituras de alguns parâmetros como pH e temperatura do efluente, temperatura ambiente e medição de vazão.

As vazões foram obtidas através de medições mecânicas, com cronômetros e recipientes graduados (provetas graduadas), obtendo a relação volume/tempo.

4.4 Caracterização físico-química das amostras de efluentes coletadas

A caracterização físico-química das amostras de efluentes coletadas nos dois pontos do sistema de tratamento de efluentes do abatedouro do município de Pombal-PB se deu quanto aos parâmetros: Fósforo Total (FT), Nitrogênio Total (NT), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Sedimentáveis (SSed), Óleos e Graxas, Turbidez e pH os métodos analíticos empregados para a caracterização das amostras de efluentes são oficiais e estão descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 2012).

As amostras coletadas foram analisadas no Laboratório da UFCG - Universidade Federal de Campina Grande campus de Pombal, no Laboratório de Análise. Todas as análises foram feitas à temperatura controlada 20° C em triplicata sendo os resultados expressos em média dos valores encontrados. Estes parâmetros foram selecionados, pois são o que melhor caracterizam o efluente da STE, para comparação com o CONAMA 357/05.

4.5 Aplicação da água de reuso

Após as análises dos parâmetros físico-químicos foi realizado um estudo comparativo entre os resultados obtidos, os padrões exigidos pela legislação brasileira vigente com os índices desejados para reuso do efluente.

4.6 Projeto de uma Estação de Tratamento de Efluente

Foi realizado um projeto piloto de uma estação de tratamento de efluente que atendesse de forma satisfatória o abatedouro municipal de Pombal-PB.

4.7 Análises estatística

Para análise dos dados utilizou-se o programa ASSISTAT versão 7.5 Beta. (Azevedo, 2009), para verificar prováveis diferenças estatísticas entre os parâmetros determinados no efluente, foi aplicado o teste de comparação entre médias Tukey a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do processo de abate

Os resultados da caracterização do processo de abate dependem das características da região em que o abatedouro está situado. Segundo dados fornecidos pelos funcionários da prefeitura a capacidade máxima de abate diária é de 50 bovinos e 200 suínos. A contribuição de água por bovino é de aproximadamente de 1000 litros por cabeça e de suíno 700 litros por cabeça dia.

De acordo com os dados fornecidos pelo abatedouro em estudo, são abatidos semanalmente aproximadamente 200 suínos e 80 bovinos com um consumo médio de água de 700 litros por suíno e 1000 litros por bovino abatido, gerando cerca de 94 metros cúbicos de efluentes líquidos semanalmente. O abatedouro possui aproximadamente 12 funcionários, que contribui a partir destes dados, com 15 metros cúbicos de esgoto sanitário por semana, que após tratamento (fossa séptica), seguem para uma vala de adsorção (Infiltração).

O volume de água utilizado é proveniente de carros pipas Figura 3 do município, sendo necessário abastecimento todos os dias de abate.

FIGURA 3: Abastecimento de água do abatedouro proveniente de carros pipas



O processo industrial do abatedouro consiste basicamente nas seguintes etapas: plataforma de recebimento, pocilgas, atordoamento, sangria, escaldagem e depilação; Todo o processo é realizado de forma manual.

5.2 Caracterização da STE

Os dejetos líquidos oriundos do processo dos suínos são gerados pelo banho dos animais; lavagens de pisos dos boxes de atordoamento e demais áreas do processo produtivo (vômito, sangria, esfola e higienização das cavidades do animal para a perfeita remoção dos resíduos). A lavagem dos pisos dos boxes de atordoamento (pocilgas) é proporcional ao recebimento de animais, pois não é determinado um número constante de lavagem. As lavagens ocorrem através do número de recebimento dos lotes de animais, contudo quanto mais animais recebidos maior será o número de lavagens, no final do dia é realizada uma lavagem com adição de hipoclorito para desinfecção do local todos os funcionários realizam este procedimento porém, nenhum teve treinamento específico para realização de tal atividade.

A carga do efluente resultante é sempre constante, pois a carga é resultante da concentração e da vazão.

O Abatedouro em estudo dispõe de tratamento preliminar através de peneiramento, sistema físico-químico, através de decantação, e tratamento biológico, Fossa séptica.

Avaliando o sistema de tratamento existente no abatedouro público de Pombal-PB, percebe-se a necessidade de alteração deste, haja vista que o sistema é composto apenas de fossa séptica e lagoas de estabilização Figura 4 abaixo, sem nenhuma estrutura adequada para mitigar os efluentes gerados, apresentando falhas no dimensionamento.

O sistema de tratamento de efluente do abatedouro do município de Pombal - PB é realizado rotineiramente, não apresentando nenhum tipo de controle de qualidade na sua forma documental (registro, análises etc.), o mesmo não possui licenciamento ambiental.

Figura 4: Lagoas de estabilização



Fonte: Arquivo do autor

5.2.1 Parâmetros obtidos

A) Vazão

Como não há existência de licença expedida pelo órgão competente, se torna difícil saber a capacidade de operação do abatedouro, entretanto no projeto de construção consta que o mesmo teria a possibilidade de vazão de até 150 m³ por dia.

Por não existir instrumento de medição de vazão no abatedouro, a quantificação foi realizada de forma manual, utilizando um cronometro, onde foi utilizado um recipiente com volume conhecido (provetas graduadas) e calculou-se o tempo gasto para que o mesmo fosse cheio completamente.

Os resultados das análises de medições demonstraram valores médios de 31,75 m³/dia no ponto de coleta 1 e valores médios de 31,35 m³/dia no ponto de coleta 2. Tais valores demonstram que o abatedouro opera dentro dos limites das vazões máximas de operação.

B) Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores médios de pH resultantes mantiveram-se constantes ao longo do sistema de tratamento, apresentando valores com pouca variação de valores situando-se entre 8,19 para o ponto 1 e de 7,63 para o ponto 2 de coleta das amostras. Como se observa na Figura 14, estes valores apresenta-se dentro dos limites de variação de 6,0 a 9,0 estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05.

C) Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Os resultados obtidos para DQO nos pontos de coleta variaram de 3353 mg/L à 2197 mg/L nos dois pontos de coleta 1 e 2 respectivamente, valores médios estes que apresentam-se muito acima dos limites exigidos pela legislação CONAMA 357/05 que estabelece valores menor igual que ≤ 120 mg/L para efluente de abatedouro.

D) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Segundo a Resolução CONAMA 357/05 estabelecem limites de concentrações máximas de 350 mg/L para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), os resultados das análises demonstraram valores médios de 1378 mg/L para o ponto 1 e valores médios de 894 mg/L para o ponto 2 de coleta das amostras de efluente. Tais valores demonstram-se muito acima dos valores estipulados pelas resoluções supracitadas.

Os efluentes líquidos gerados pela indústria de abate, em geral, apresentam elevadas concentrações de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos em suspensão, óleos e graxas (OG) e nitrogênio orgânico. O sangue segregado para os efluentes é o grande fator potencializador para elevados teores de DBO e DQO destes efluentes.

E) Fósforo

As concentrações de fósforo total resultantes das coletas realizadas nos pontos 1 e 2 respectivamente de coleta apresentaram uma variação entre 19,3 mg/L à 17,6 mg/L. Os valores estabelecidos pela Legislação são de ≤ 3 mg/L, sendo assim estes apresentam se bem acima do valores estipulados pela legislação.

F) Nitrogênio

Os valores médios encontrados para a concentração de nitrogênio total sofreu uma variação de 35 mg/L à 56 mg/L para os pontos 2 e 1 de coleta de amostras analisados. Estes valores de concentração de nitrogênio estão acima do limite estipulado pela Legislação CONAMA 357/05 que estabelece valores ≤ 20 mg/L.

G) Sólidos Sedimentáveis

Os valores médios de sólidos sedimentáveis apresentou valores médios ao longo do sistema de tratamento, apresentando valores situando-se entre 37,0 mg/L. para o ponto 1 e de 22 mg/L para o ponto 2 de coleta de amostras. Tais valores apresentam-se fora dos limites de estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 sendo de ≤ 1 mg/L.

H) Óleo e graxas

Os valores médios obtidos a partir dos dois pontos de coleta para teores de óleo e graxas apresentou teores de 400 mg/L para o ponto 1 de coleta e de 289 mg/L para o ponto 2 de coleta das amostras, valores estes acima dos padrões conforme estipulados pela legislação de ≤ 30 mg/L.

I) Turbidez

Os resultados obtidos para turbidez nos pontos de coleta variaram de **331 NTU** à **267 NTU** – (Numero de Unidades de Turbidez), segundo a CONAMA 357/05 os padrões não estão nos exigidos que é até 100 NTU.

J) Temperatura

Observa-se que as temperaturas dos efluentes obtidas nos dias de coletas estavam abaixo dos limites máximos considerados pela legislação CONAMA 357/05, de ≤ 40 °C, apresentando valores médios de 39,2 °C e de 29,9 °C respectivamente para o ponto 1 e o ponto 2 de coleta de amostras.

5.3 Análises estatística

A tabela 4 encontram-se todos os parâmetros analisados do efluente do abatedouro público do municio de Pombal - PB onde foi aplicado o teste de comparação entre as médias Tukey a 5% de probabilidade para determinação das diferenças estatísticas..

TABELA 4 – Valores médios da caracterização físico-químicas dos parâmetros analisados do efluente do abatedouro público do município de Pombal –PB

Médias seguidas por letra distintas, minúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Parâmetros analisados do efluente do abatedouro	Ponto de coleta 1	Ponto de coleta 2	Parâmetros legislação CONAMA nº 357/05
Vazão (m ³ /dia)	31,75 a	31,35 a	m ³ /dia
pH	8,19 a	7,63 b	6,0 a 9,0
DQO (mg/L)	3353,0 a	2197,0 b	≤ 120 (mg/L)
DBO (mg/L)	1378,0 a	894,0 b	≤ 350 (mg/L)
Fósforo (mg/L)	19,3 a	17,6 b	≤ 3,0 (mg/L)
Nitrogênio (mg/L)	56,0 a	35,0 b	≤ 20,0 (mg/L)
Sólidos Sed. (mg/L)	37,0 a	22,0 b	≤ 1,0 (mg/L)
Óleos e Graxas (mg/L)	400,0 a	289,0 b	≤ 30,0 (mg/L)
Turbidez (NTU)	331,0 a	267,0 b	100 NTU
Temperatura (°C)	39,2 a	29,9 b	≤ 40 °C

6- Tratamento Recomendado e Indicação de Reuso

Foi feito um projeto de uma estação de tratamento de efluente que atendesse de forma satisfatória o abatedouro municipal de Pombal-PB, tendo como princípio a sua adequação ao layout da estação de tratamento já existente, este será apresentado aos gestores públicos municipais para futura viabilização.

6.1- Equipamentos sugeridos para constituir a nova ETE de forma a otimizar o processo são:

6.1.1 Gradeamento

Esta operação unitária tem como finalidade reter sólidos grosseiros suspensos das águas residuárias, evitando sua passagem para os outros dispositivos da ETE.

6.1.2- Medidor de Vazão – Calha Parshal

Na entrada da unidade deverá ser instalada uma Calha Parshal para acompanhamento operacional da vazão de efluentes e demais ajustes que se fizerem necessários.

6.1.3- Caixa de retenção de gorduras / Caixa de Areia.

Tem a função básica de separar as gorduras contidas nos efluentes líquidos. Os tanques também são utilizados como caixas de areia. O projeto prevê dois canais separados para operações individuais. Isto permitirá a limpeza de um tanque com o outro em operação.

6.1.4-Tanques de Equalização / Aeração

Tanques de equalização / aeração tem como finalidades regularizar a vazão, pH, temperatura, turbidez, sólidos, DBO, DQO e cor e, adicionalmente, proceder necessária aeração de toda a massa de efluente proveniente do processo industrial.

O tanque deve permanecer com uma lâmina mínima de 1,0m para que a vazão do efluente seja sempre homogeneizada e as bombas não funcionem a seco.

Uma perfeita homogeneização da massa líquida será conseguida pela ação do aerador flutuante que, conforme já comentado, realizará a homogeneização do conteúdo do tanque.

6.1.5-Tanques de Decantação

Após haver sido submetido à ação de aeração, na etapa anterior do tratamento, o efluente receberá agentes químicos de floculação, com o intuito de promover-se a sedimentação de materiais até então dispersos na massa fluída. O encaminhamento do efluente para o Decantador possibilitará essa remoção. O material mais denso se depositará no fundo do equipamento enquanto a fase fluida isenta desses materiais sólidos se dirigirá para a etapa seguinte – a de Cloração.

6.1.6 -Poço de Recepção de Efluente Tratado

Este poço receberá o efluente tratado e o encaminhará, mediante bombeamento, ou para o sistema de dispersão correspondente ao “Campo de Nitrificação” que receberá o efluente tratado e o disporá finalmente ao solo, ou para sistema de irrigação, que alimentará de águas as áreas (jardins) previamente definidas pela empresa para este fim.

6.1.7 -Vala de absorção (Infiltração)

O efluente será encaminhado para câmaras de infiltração ao solo, como alternativa de destinação final para a parcela do efluente que não tiver sido utilizado em operações de lavagens não nobres e em jardinagem. Detalhes técnicos a respeito estão presentes em anexo.

6.2 - Aplicação de reuso

O reuso de efluentes tratados é uma importante alternativa devido à crescente escassez dos recursos hídricos, sobretudo para a agroindústria deste estudo, a partir de análises sobre a realidade local onde o abatedouro encontra-se inserido e considerando fatores econômicos, sociais e principalmente ambientais, propõem-se que o resíduo após tratamento indicado poderá ser reutilizado das seguintes formas:

- a) Lavagem de calçadas e cômodos do abatedouro público em estudo.
- b) Irrigação de áreas verdes como praças, jardins, canteiros etc.
- c) Lavagem de veículos oficiais municipais.

7- CONCLUSÕES

De acordo com os resultados do presente estudo podemos concluir que:

O efluente do sistema de tratamento do abatedouro municipal de Pombal - PB se encontra em desacordo com os parâmetros estipulados pela legislação brasileira vigente, ferindo assim a leis ambientais desta atividade.

Dentre as características físico-químicas analisadas do efluente do sistema de tratamento do abatedouro, destacam-se os parâmetros DBO e DQO os quais apresentaram índices muitos elevados quando comparados com os parâmetros estipulados pela legislação, sendo estes indicadores da eficiência do tratamento do efluente, fica claro a necessidade da implantação de medidas corretivas de melhoria no processo de tratamento de efluente.

Foi possível projetar um sistema de tratamento adequado, para esta atividade sugerindo modificações na planta de tratamento de efluente local existente, de forma a aperfeiçoar o processo e atender as exigências da legislação ambiental pertinente.

A partir do atendimento das modificações no sistema de tratamento efluente do abatedouro municipal de Pombal – PB, sugeridas neste trabalho, será possível implantar técnicas de reuso deste efluente dentro do próprio abatedouro, promovendo assim à preservação dos recursos hídricos, a água tratada para fins menos nobres e a redução dos impactos ambientais desta atividade.

8- SUGESTÕES

Viabilizar através da prefeitura municipal de Pombal e de seu secretário do meio ambiente o comprometimento dos gestores públicos quanto à realização de políticas públicas voltadas para o cumprimento da legislação quanto à adequação do sistema de tratamento do abatedouro municipal e o reuso deste efluente de forma a promover a preservação dos recursos hídricos locais e o meio ambiente.

Implantar práticas rotineiras de avaliação do Índice de Qualidade da Água do sistema de tratamento do abatedouro municipal e o reuso, avaliando de forma sistemática o processo.

9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPECS - **Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína**. Disponível em: http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/mercadoexterno/exportacoes/anuais/jan-dez-2014_jan-dez-2013.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2015.

ABIEC, **Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne - ABIEC** (2014). Disponível em <http://www.abiec.com.br/noticias/export-carne>. Acesso em 03 Nov. 20015.

ASANO, T. "**Wastewater reuse cuts down waste**". **Water Quality International**. Nº 2, 1998.

BEZERRA, L. F; MATSUMOTO, T. Avaliação da remoção da matéria orgânica carbonácea e nitrogenada de águas residuárias em biorreator de membranas. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. [online]. 2011, vol.16, n.3, pp. 253-260. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a08.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2015.

BLUM, J. R. C. **Critérios e padrões de qualidade da água**. In: Mancuso, P. C. S; Santos, H. F. Reuso de água. Cap. 5, Barueri, São Paulo: Manoli, 2003.

BRANCO, Otavio Eurico de Aquino. **Avaliação da Disponibilidade Hídrica: conceitos e aplicabilidade**. São Luis – MA, 2006;

BRASIL, Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para pratica de reuso direto não potável de água, e da outras providencias. **Diário Oficial da república federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 de novembro de 2005

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357, 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, e dá outras providências. **Diário Oficial da república federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 de março de 2005.

BRASIL. Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 de julho de 2000.**

CHILE, CONAMA – COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Guia para El Control y Prevencion de La Contaminacion Industrial – **Indústria Processadora de La Carne**, 1998.

CREPALLI, M. S. **Qualidade da água do Rio Cascavel**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2007.

EPA – **Environmental Protection Agency. Guidelines for Water Reuse**. EPA/625/R04/108, Washington, DC, September, 2004. Disponível em: <<http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/30006MKD.pdf>>. Acesso em: 02 Jan 2016.

ENVIROWISE, U. K. **Environmental good practice guide: Reducing water and effluent costs in red meat abattoirs**. GG234. 2000. Disponível em: <<http://infohouse.p2ric.org/ref/23/22904.pdf>>. Acesso em: 30 dez 2015.

FAPPI, D. A. **Micro e ultrafiltração como pós-tratamento para reuso de efluentes de abatedouro e frigorífico de suínos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais. Medianeira, 2015.

FIESP – **Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Manual de conservação e reuso de água na indústria**. Rio de Janeiro, 2006. 32p. Disponível em:<<http://www.firjan.org.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=4028808120E98EC70121222C66745337>>. Acesso em 03 dez. 2015.

FILHO, D. B. MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reuso de água. Reuso de água.** In: Mancuso, P.C.S; Santos, H. F. Reuso de água. Cap. 2, Barueri, São Paulo: Manoli, 2003.

FRACACIO, N. **Uso da água em atividades industriais.** São Paulo, 2009. Disponível em: <http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_36876131866.pdf>. Acesso em 05 dez. 2015.

GLEBER, L. **Redução de riscos de impacto ambiental na produção integrada das maçãs.** Circular técnica, n. 38, julho/2002.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Bahia Análise e Dados**, Salvador, v. 13, n. especial, 2013.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 3 ed. Rio de Janeiro: **ABES**, 1995. 692 p.

HAMMER, M. J; HAMMER, M. J. **Water and wastewater technology.** Ed. Pearson Prentice Hall. 6 th ed. 553 p, 2007.

KRIEGER, E. I. F. **Avaliação do consumo de água, racionalização do uso e reuso do efluente líquido de um frigorífico de suínos na busca da sustentabilidade socioambiental da empresa.** 2007. 130 p. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12050/000618507.pdf?..>. Acesso em: 15 jan. 2016.

KRIEGER, E. I. F; RODRIGUEZ, M. T. R. **Balanço hídrico em um matadouro de suínos e avaliação do uso da água em pocilgas de espera.** 2007. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR10559_Krieger.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2016.

LEMOS, C. A. **Qualidade da água de uma bacia hidrográfica inserida na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, Maquiné, Rio Grande do Sul, Brasil.** Dissertação (Programa

de Pós-Graduação em Ecologia – Instituto de Biociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

LENNTECH, **Water Treatment Solutions**. Características da água de alimentação da caldeira. 2015. Disponível em: <<http://www.lenntech.com.pt/aplicacoes/processo/caldeira/caldeira-agua-alimentacaocaracteristicas.htm>>. Acesso em 30 nov 2015.

LEVINE, D. A. & ASANO, Water Reclamation, recycling and reuse in industry. In: **Water recycling and resource recovery in industry: Analysis, technologies and implementation**. IWA Publishing, 2002.

LIMA, E. B. N. R. **Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá**. Tese De Doutorado Em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2001.

LOBO, L. P. **Análise comparativa dos processos de separação em membranas e clarificação físico-química para reuso de água na indústria**. 2004. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2004/luciana paulalobo peamb2004.pdf>>. Acesso em: 29 jan 2016.

LUIZ, D. B. **Combinação de tratamentos químicos para a potabilização das águas descartadas de frigoríficos**. 2010. 185 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/93618/285734.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 06 jan 2016.

MIERZWA, J. C. **O uso racional e o reuso como ferramenta para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria – estudo de caso da Kodak Brasileira**. 2002. Tese (Engenharia Hidráulica e Sanitária), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

MANCUSO, P.C; SANTOS, H.F. **Reuso de Água**. Editora Manole Ltda, 576 p., 2003.

METCALF; EDDY. **Wastewater engineering treatment and reuse**. Mc Graw-Hill: Higler Education. Fourth Edition, 2003. 1819p

NOSCHANG, M. C. S. **Gestão e reuso da água em agroindústria**. 2011. 107 p. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) Universidade Feevale: Rio Grande do Sul, 2011. Disponível em: <<http://ged.feevale.br/bibvirtual/Dissertacao/DissertacaoMarilizNoschang.pdf>>. Acesso em 23 fev. 2016.

NOVAES, Rafael da Silva. **Análise da Sustentabilidade Hidroambiental da Unidade de Planejamento Hídrico do Alto Piranhas-PB**. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental – UFCG), Campina Grande – PB, 2014;

NUNES, D. G. **Modelagem a autodepuração e qualidade da água do rio Turvo Sujo**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa 2008.

OENNING JUNIOR, A. PAWLOWSKY, U. Avaliação de tecnologias avançadas para reuso de água em indústria metal-mecânica. **Eng. Sanit. Ambient.** [online]. 2007, vol.12, n.3, pp. 305-316. ISSN 1413-4152. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v12n3/a08v12n3.pdf>. Acesso em 05 fev 2016.

OLIVEIRA. M. D. **Desenvolvimento de sistema informatizado para avaliação de impacto ambiental**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. 2004.

PALUDO, José Roberto; BORBA, Julian. **Abastecimento de água e esgotamento sanitário: estudo comparado de modelos de gestão em Santa Catarina**. Ambiente. soc., São Paulo, v. 16, n. 1, Mar. 2016. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=

PINHO, F; VASCONCELOS, A.K; MARINHO, G. **Diagnóstico do reuso no Nordeste Brasileiro**. Trabalho apresentado no III Congresso de pesquisa e Inovação da rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, Fortaleza, 2008. Disponível em: <<http://www.intv.cefetce.br/connepi/papers/>>. Acesso em 20 dez. 2015.

SALES, Luís Gustavo de. **Indicadores de Sustentabilidade Hidroambiental para Bacias Hidrográficas do Semiárido Brasileiro: uma proposta de operacionalização na sub-bacia do Rio do Peixe – PB.** Tese (Doutorado em Recursos Naturais – UFCG), Campina Grande – PB, 2014;

SANTOS, V. R., **Avaliação da qualidade da água do Rio Andrada através do modelo QUAL2k.** Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Ambiental. Universidade de Passo Fundo, 2009.

SANTOS, V. R., **Avaliação da qualidade da água do Rio Andrada através do modelo QUAL2k.** Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Ambiental. Universidade de Passo Fundo, 2009.

SENAI – SERVIÇO NACIONAL DA INDÚSTRIA. PORTO ALEGRE. **Princípios básicos de produção mais limpa em matadouros frigoríficos.** Série Manuais de Produção mais limpa, 2003.

SEAB PR – SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ. Suinocultura – Análise da conjuntura agropecuária. Paraná, 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/SuinoCultura_2012_2013.pdf>. Acesso em 20 dez. 2015.

SCARASSATI, D; CARVALHO, R. F; DELGADO, V. I; CONEGLIAN, C. M. R; BRITO, N. N; TONSO, S; SOBRINHO, G. D; PELEGRINI, R. **Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos.** In III Fórum de Estudos Contábeis, [online], Claretianas, 2013. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/TRATAMENTO%20DE%20EFLUENTES%20DE%20MATADOUROS%20E%20FRIGOR%C3%8DFICOS.pdf>>. Acesso em: 25 dez 2015.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** In: Princípios do tratamento biológico de águas residuais. 3 ed. Vol.1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.