

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**ESTUDOS DAS POTENCIALIDADES DO REUSO DE ÁGUA EM UMA
INDÚSTRIA FRIGORÍFICA**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Moreira Soares

NEI FRONZA

Florianópolis

2004

**A Daniele por todo o amor e
companheirismo.
A Deus por dar-me sabedoria para saber a
diferença...**

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Hugo Moreira Soares, pela orientação, disponibilidade, atenção prestada e principalmente à amizade construída durante o curso.

Aos membros da banca examinadora: Professor Jorge Luiz Ninow, Professor Antônio Augusto Ulson de Souza. Obrigado pelas contribuições e sugestões oferecidas a este trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos e à Ivana, pelo auxílio sempre que necessário.

Aos amigos e colegas de Mestrado, Carlota, Mônica, Eliana, Dri, Gabi, Dú e Mari, pelos divertidos momentos que passamos juntos.

A Universidade do contestado, pela concessão das análises físico-químicas, especialmente a Márcia Pelisser.

À minha família, pela confiança e incentivo, em todos os momentos.

A Daniele pelo amor e companheirismo.

Ao Rodrigo, por ter auxiliado em todas as etapas deste trabalho.

A Deus, sempre.

RESUMO

A crescente preocupação com o uso racional da água no Brasil e no mundo impulsionou as empresas a aderirem a tecnologias e processos que procurem reduzir os rejeitos gerados, e a demanda de água sobre os mananciais. A redução do volume de efluentes, através da recirculação e reaproveitamento da água, constitui um dos desafios enfrentado pela indústria de alimentos. No processamento de carne bovina, que compreende as operações de recebimento, banho, atordoamento, sangria, esfolagem, evisceração até a operação final de divisão e lavagem das carcaças, é constatado um grande volume de água consumido e também de efluente gerado. Por este motivo, este trabalho teve por principal objetivo a caracterização das águas utilizadas nas várias etapas do processo e de seus respectivos efluentes e o estudo de possibilidades de reuso de água dentro do mesmo. Foram determinados os parâmetros: Temperatura, pH, alcalinidade total e parcial, série de sólidos (ST e SV) e demanda química de oxigênio (DQO) das correntes de processo de uma indústria frigorífica de grande porte do estado de Santa Catarina. Foi estabelecida uma estratégia para o reuso de água oriundo dos rejeitos da operação do processamento de lavagem de carcaças, o que representa 28,6% do total da vazão de água utilizada pela empresa. O impacto do reuso desta corrente na estação de tratamento de efluentes também foi verificado.

ABSTRACT

The grocering case about water rational use in Brazil and in the world brought the industries to use processes and technologies that reduce the waste generated and the water demand on natural resources. The wastewater volume reduction through water recirculation and reuse is the biggest challenge for the food industry. On the bovine meet processing, that includes the operations of receiving, bath, dazed, bleeding, flay, evisceration, until the final operation of carcasses spread apart and washing, it is noticed a great water volume consumption and wastewater generation. For this reason, the main objective of this work was to characterize the water used in all steps of the process and their respective wastewater and propose a possibility to reuse it. It was determined the following parameters: temperature, pH, total and partial alkalinity, solids series and chemical oxygen demand (COD) of some interested streams of a big food industry, located in the State of Santa Catarina. It was established a strategy the water reuse from the carcasses washing wastewater stream, that resulted in 28% of the total water used in the industry. The impact on the wastewater treatment plant promoted by the reuse of this stream was verified.

Keywords: reuse, wastewater, bovine meet processing.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais opções para o reuso de água na indústria	24
Tabela 2: Categorias de água em função de seu grau de qualidade	26
Tabela 3: Características da água de processo utilizada pela empresa	56
Tabela 4: Características da água de saída do banho	59
Tabela 5: Características da água de saída da esola	61
Tabela 6: Características da água de saída do box de lavagem das carcaças.	62
Tabela 7: Tabela global dos resultados obtidos nas caracterizações.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Crescimento do rebanho brasileiro	28
Figura 2: Fluxograma do processo de abate bovino	29
Figura 3: Fluxograma do processo de abate bovino	54
Figura 4: Processo de abate bovino com as respectivas correntes afluente/efluentes, e sugestão para reuso	67
Figura 5: Fluxograma básico das operações de tratamento de efluentes da etapa de lavagem das carcaças	69
Figura 6: Contribuição de cada corrente no sistema de tratamento de efluentes	72
Figura 7: Fluxograma da estação de tratamento proposta para implantação ...	74

LISTA DE SÍMBOLOS

C_0	Carga orgânica total (KgDQO/h)
DQO	Demanda Química de Oxigênio (mgO_2/L)
Q	Vazão da corrente (m^3/h)
q_h	Carga orgânica hidráulica ($\text{KgDQO}/\text{m}^3\text{dia}$)
S	Concentração do efluente (mgDQO/L)
V_r	Volume do reator (m^3)
ST	Sólidos totais
SV	Sólidos Voláteis
SF	Sólidos Fixos
SST	Sólidos Suspensos Totais
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis
SSF	Sólidos Suspensos Fixos
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SDF	Sólidos Dissolvidos Fixos
SDV	Sólidos Dissolvidos Voláteis
P	Peso

SUMÁRIO

RESUMO.....	III
ABSTRACT.....	IV
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 A ÁGUA E SEU USO RACIONAL.....	14
3.2 O REUSO DE ÁGUA.....	18
3.3 A ÁGUA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS.....	24
3.4 A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA (ABATE BOVINO).....	27
3.4.1 O estabelecimento e processamento de abate bovino.....	28
3.5 TECOLOGIAS LIMPAS.....	38
3.6 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS.....	39
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4.1 OS PARÂMETROS DE INTERESSE PARA CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS.....	43
4.2 A COLETA DAS AMOSTRAS.....	44
4.2.1 Coleta da água do processo.....	44
4.2.2 Coleta da água de saída do box de lavagem, água da esfolagem e água de lavagem das carcaças.....	45
4.3 MÉTODOS ANALÍTICOS.....	45
4.3.1 Série de sólidos.....	46
4.3.2 Sólidos voláteis.....	46
4.3.3 Sólidos Suspensos totais.....	47
4.3.4 Sólidos Suspensos voláteis.....	47
4.3.6 Sólidos dissolvidos totais.....	48

4.3.6 Sólidos dissolvidos voláteis	48
4.3.7 Demanda química de oxigênio (DQO)	49
4.3.8 Óleos e graxas	49
4.4.9 Alcalinidade Parcial e Total	51
4.4.10 Determinação das vazões das correntes	52
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DA ÁGUA INDUSTRIAL E TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	53
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE PROCESSO (ÁGUA INDUSTRIAL).....	56
5.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE SAÍDA DO BOX DE LAVAGEM (BANHO DOS ANIMAIS)	57
5.4 ÁGUA DA ESFOLA	60
5.5 ÁGUA DE LAVAGEM DE CARÇAÇAS.....	62
5.6 AVALIAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DO REUSO DAS ÁGUAS.....	64
5.7 SISTEMA DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS PARA REUTILIZAÇÃO.....	68
5.8 IMPACTOS DA PRÁTICA DO REUSO NO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	70
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	76
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda mundial por água de boa qualidade, à uma taxa superior à da renovação do ciclo hidrológico é, consensualmente, previsto nos meios técnicos e científicos. A eficiência do uso da água, tanto qualitativa quanto quantitativa, é tema de grande preocupação entre órgãos competentes de todo o país, com finalidade de estudos de variação da disponibilidade hídrica.

Além da disponibilidade de variar no tempo e no espaço, a água, durante sua utilização, acaba tendo qualidade e quantidade comprometida, acarretando na contaminação pelas mais diversas formas de agressão por diferentes tipos de substâncias desenvolvidas e utilizadas pelo homem, levando à contaminação.

Atualmente, um dos problemas mais sérios relacionados à contaminação dos mananciais hídricos é o lançamento dos efluentes industriais, que agregam à água diversas substância tóxicas que podem resultar em efeitos adversos aos seres vivos. Sobre esta ótica, levando em consideração a problemática da escassez de água no Brasil e no mundo, surge a idéia de otimizar e minimizar o uso da água, e conseqüentemente reduzir a demanda sobre os mananciais e a geração de resíduos tóxicos na forma de efluentes.

É facilmente constatado que a estratégia utilizada para o gerenciamento de águas e efluentes, não é adequada. Uma vez que: A complexidade dos processos industriais, o aumento do número de indústrias, da demanda do uso de água para abastecimento público são os maiores argumentos que podem tornar eficaz a

necessidade de conscientização da população com relação às questões ambientais, além do desenvolvimento e aplicação de normas mais restritivas.

Considerando a abordagem dada pela *Agenda 21*, o gerenciamento de águas e efluentes, para que possa ser efetivo, deve levar em consideração aspectos legais, institucionais, técnicos e econômicos. Estes fatores deverão ser relacionados também ao consumo de água e lançamentos de efluentes no meio ambiente.

Por todos estes motivos de demanda de água e poluição dos mananciais por alto volume de efluentes gerados, vem surgindo lentamente, a necessidade das indústrias adaptarem seus processos às práticas de reuso de água, que minimizem os gastos de água no do processo produtivo. As práticas de reuso e reciclagem de água também colaboram significativamente na concentração dos efluentes a serem tratados posteriormente via processos tradicionais.

De acordo com o tipo de tecnologias e de processos industriais utilizados atualmente pelas indústrias alimentícias, podem existir situações favoráveis ou desfavoráveis a aplicações de práticas de reuso de efluentes. Sistemas de reuso de água, poderão aumentar a segurança quanto a situações de falta d'água. Para aplicações destas possíveis práticas, faz-se necessário um estudo das características da água utilizada por cada processo, e também, das características dos efluentes por elas descartados. Com todas estas informações, cria-se uma sólida base de dados para o estudo de possíveis técnicas de tratamento destes efluentes para fins de reutilização.

O estado de Santa Catarina vem se destacando na produção de produtos derivados de origem animal, principalmente derivados de Bovinos e Suínos. Paralelo a este crescimento produtivo, requer grandes volumes de água nas diversas etapas processuais, tendo como consequência a geração de grandes volumes de efluentes agressivos ao meio ambiente, sendo alvo de estudos de práticas de reutilização da água com objetivo de preservar o meio ambiente.

Segundo Hübner (2001) preservar o meio ambiente não é mais um modismo de minorias, mas uma necessidade universal para a preservação de nossa espécie

humana, que não teria sentido sem mínimas condições de bem-estar. Toda e qualquer obra ou tarefa que persiga estes dois objetivos, separadamente ou conjuntamente, será um grande passo, uma importante contribuição para a missão que é de todos nós”.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por principal objetivo verificar a potencialidade de reuso de correntes efluentes no processo produtivo de uma indústria frigorífica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar e apresentar estratégias que visem a otimização do uso de água e possibilitem a adoção de práticas de reuso;
- b) Identificar e apresentar as limitações associadas às práticas de reuso de efluentes tratados;
- c) Avaliar o impacto de práticas de reuso na planta de tratamento de efluentes;
- d) Sugerir processos de tratamento de efluentes para posteriormente serem utilizados como correntes de reuso.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo está dividido em tópicos. No primeiro, é apresentado um breve comentário sobre águas, qualidade, recursos hídricos.

No segundo tópico são abordados os conceitos de “reuso” e reutilização de água, a importância da água na indústria de alimentos e cobrança do uso da água.

No terceiro tópico é apresentada a revisão bibliográfica sobre os processos genéricos de uma indústria frigorífica, bem como os fundamentos da mesma e as correntes geradas de resíduos de cada etapa do processamento e uma breve definição sobre tecnologias limpas.

3.1 A ÁGUA E SEU USO RACIONAL

“Quase todas as substâncias em maiores ou menores quantidades, podem ser dissolvidas pela água” (VIANA, 1997). A água potável é portanto uma solução, praticamente incolor, agradável a vista e ao paladar. Trás dissolvida consigo, entre outras substâncias, silicatos, bicarbonatos, íons metálicos, e halogênios, cujos teores variam de local para local. Poder-se-ia dizer que é praticamente impossível, encontrar dois mananciais em que as análises de laboratório apresentem resultados idênticos. Algumas substâncias encontradas são adicionadas nas estações de tratamento de água, entre as quais destacam-se o cloro desinfetante, alcalinizantes para reduzir agressividade da água e íons flúor destinados a redução de incidência

de cáries dentárias em crianças de idade escolar. Na vida moderna, a água é de grande importância para os seres humanos pois, além de sua função básica que é a manutenção da vida no planeta, ela apresenta um grande número de aplicações, como, geração de energia, produção e processamentos diversos, (químicos, alimentícios, produção agrícola) e na preservação da fauna e flora (HESPANHOL, 1992).

O desenvolvimento harmônico de todas estas atividades só é possível quando a disponibilidade dos recursos hídricos excede, significativamente, as demandas exigidas. À medida que a relação entre disponibilidade hídrica e demanda vai diminuindo a probabilidade de surgimento de conflitos entre os diversos usuários dos recursos hídricos, bem como o surgimento de estresse ambiental, vai se tornando mais acentuada (MIERZWA, 2002).

De maneira geral, existem duas razões pelas quais a alteração da relação entre disponibilidade hídrica e demanda de água pode ocorrer. A primeira delas se deve aos fenômenos naturais, associados às condições climáticas de cada região, o que pode ser um fator predominante em determinados países do globo. A Segunda razão está diretamente associada ao crescimento populacional, que acaba exercendo uma pressão cada vez mais intensa sobre os recursos hídricos, seja pelo aumento da demanda, ou então, pelos problemas relacionados à poluição destes recursos, devido ao desenvolvimento destas atividades (MIERZWA, 2002).

Dados estatísticos publicados por Abrão (1999), comprovam que para sobreviver, o ser humano necessita de 1000 litros de água potável por ano. O consumo médio de grãos por pessoa é de 277Kg/ano, só para esta produção são necessários 277 mil litros de água por ano. A resistência média do ser humano sem água é de sete dias.

Publicações feitas pela UNESCO e a Organização Meteorológica Mundial (1997), descreve de modo particular e interessante, como se distribui a água sobre a terra.

A água cobre 75% da superfície do planeta terra, somando um volume total de 1,4 bilhões de Km³. Deste total, 97,3% estão nos oceanos. Dos 2,7% de água doce restante, 79% encontram-se nas calotas polares e geleiras, 20,6% são águas subterrâneas de difícil acesso e somente 0,33% são águas superficiais. Do total de 0,33%, 53%, encontram-se em rios e lagos, 38% na umidade do solo e 8% na forma de vapor atmosférico e 1% encontra-se nos organismos vivos.

O Brasil possui 24% de toda a água doce líquida do mundo, ficando em uma posição privilegiada em relação a muitas outras nações. Desta água, 66% estão nas bacias hidrográficas da região Amazônica, onde vive 5% da população brasileira.

A distribuição aproximada do consumo de água ocorre da seguinte forma: 6% uso doméstico, 24% nas indústrias e 70% na agricultura (HUBNER,2001).

No Brasil, apesar de haver abundância de água a situação está se tornando alarmante em vários pontos, como em regiões do nordeste e também na região metropolitana de São Paulo. Urge a necessidade de um controle sobre seu uso. Atualmente já estamos passando por um processo de transição através do qual a água deixará de ser um produto que se pode usufruir livremente. Este processo certamente desencadeará uma grande mudança cultural, onde o usuário deverá se adaptar e reconhecer a água com um bem econômico e com valor determinado pelos órgãos governamentais. Conseqüentemente o consumidor será induzido a racionalizar seu uso (NOVAES, 1999).

A questão que se coloca não é a disponibilidade hídrica ou a falta dela, mas sim as formas de utilização que estão levando a uma acelerada perda de qualidade, em especial nas regiões intensamente urbanizadas ou industrializadas.

De acordo com Freitas (2002)¹ *apud* Bello (2000), no Brasil a ilusão de abundância de água, esconde a péssima gestão e o problema de distribuição de recursos hídricos. Esta idéia de ausência de acompanhamento sistemático das

¹ FREITAS, K. R. *Caracterização e Reuso de Efluentes do Processo de Beneficiamento da Indústria Têxtil*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

condições de poluição dos sistemas hídricos também é abordada por Novaes *et al* (2000).

Os problemas mais graves na gestão das águas doces do Brasil se devem a dados e informações insuficientes ou inacessíveis para promover a adequada avaliação dos recursos hídricos; manejo inadequado do solo na agricultura; inexistência de práticas efetivas de gestão de usos múltiplos e integrados dos recursos hídricos; critérios diferenciados na implementação dos processos de gestão no país; inadequação dos meios disponíveis no poder público para implementar uma gestão eficiente; base legal insuficiente para segurar a gestão descentralizada; participação incipiente da sociedade na gestão, com excessiva dependência das ações de governos; distribuição injusta dos custos sociais associados ao uso intensivo da água; recursos científico-tecnológicos insuficientes para a gestão; decisões tomadas sem recurso sistemático a métodos quantitativos de avaliação; escassez de água natural ao causada por uso intensivo dos recursos hídricos; disseminação de uma cultura da abundância dos recursos hídricos; ocorrência de enchentes periódicas nos grandes centros urbanos brasileiros (FREITAS, 2002 *apud* NOVAES *et al.* 2000,).

A racionalização do uso da água pelo homem contribui muito para a redução dos riscos de contaminação hídrica. Quanto menores os volumes de água utilizado-se descartados pelas atividades humanas, menores serão as necessidades de tratamento e de seu acondicionamento às condições originais de pureza, conseqüentemente menor será o valor cobrado por litro. Para tanto, se faz necessário o uso de práticas de reutilização de águas (HUBNER,2001).

A fiscalização e o gerenciamento dos recursos hídricos transforma a água de um bem de uso comum, para um bem de uso controlado com valor econômico. A proposta da metodologia para a cobrança sobre a utilização dos recursos hídricos, deve atender duas situações: a cobrança sobre o lançamento, contemplando a carga de poluição, e sobre o consumo de água (BELLO, 2000; SOUZA, 1995).

O objetivo da cobrança de utilização dos recursos hídricos não é arrecadação mas dispor de uma ferramenta de gestão para induzir o uso racional, a localização

da indústria onde se tem mais água disponível e obrigar a devolução da mesma com qualidade satisfatória. Está estabelecido pela legislação federal que o valor arrecadado será empregado no próprio local de cobrança, para posteriores planos e obras de controle e recuperação de recursos hídricos (BELLO, 2000).

Segundo Alves (2000), a água para beber se tornou muito cara e se tornará ainda mais cara, devido aos altos gastos no processo de tratamento adequado para cada manancial e também devido a escassez das fontes. Uma comparação, por exemplo, entre o custo médio da água produzida pela cidade de São Paulo pela Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), que é inferior a R\$1,00/m³, e o custo médio da água tratada em países da Europa, que gira em torno de R\$1,60/m³, comprovam custos processuais agregados aliados a fatores políticos, mostrando o quanto a água está se valorizando, principalmente para beber. A tendência do valor para a água tratada é aumentar, pois, a medida que vem ocorrendo o aumento da poluição dos mananciais, novas tecnologias de tratamento e purificação deverão ser utilizadas, gerando custos adicionais ao consumidor.

3.2 O REUSO DE ÁGUA

Considerando-se que a escassez dos recursos hídricos em algumas regiões do Brasil poderá ser uma realidade, já que em alguns casos, a adoção de estratégias relacionadas ao reuso da água vem ganhando destaque entre os diversos setores, objetivando a economia de água em setores que utilizam deste recurso tão imprescindível (MIERZWA, 2002).

A opção pelo reuso da água visa, principalmente, garantir o atendimento às demandas exigidas para o desenvolvimento das diversas atividades humanas, possibilitando desta forma, que as aspirações por uma melhor qualidade de vida possam ser atingidas (MIERZWA, 2002).

A agenda 21 (documento desenvolvido durante a realização da conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento) dedicou importância especial ao reuso de água recomendando aos países participantes da ECO a

implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública com práticas ambientais adequadas.

No Capítulo 21- "Gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos", Área Programática B - "Maximizando o reuso e a reciclagem ambientalmente adequadas", estabeleceu-se, como objetivos básicos: "vitalizar e ampliar os sistemas nacionais de reuso e reciclagem de resíduos" e "tornar disponíveis as informações, tecnologia e instrumentos de gestão apropriados para encorajar e tornar operacional, sistemas de reciclagem e uso de águas residuárias".

A reutilização ou reuso de água ou ainda em outra forma de expressão o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Há relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. Contudo, a demanda crescente por água tem feito do seu reuso planejado um tema atual e de grande importância. Neste sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente deste bem, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios e a minimização da produção de resíduos e do consumo de água (HESPANHOL, 1997).

No que concerne as políticas públicas, segundo Cordeiro-Netto e Barraqué (1991), elas raramente são caracterizadas por uma medida isolada e específica. Pelo contrário, são geralmente objetos complexos, tratando de diversas questões e englobando várias instituições, disponibilizando meios de usos múltiplos e fixando vários objetivos.

Assim sendo e observando-se o relato de Cavalcanti (1997), o Brasil deve prestar mais atenção aos princípios de gestão adequada de seus recursos naturais. Mais do que isso, o País tem de conceber formas de promover o bem-estar humano sem aceitar que seu capital natural seja usado ou degradado como se pouco valesse. Além disto, o tratamento dos esgotos é de fundamental importância a fim de se evitar problemas de contaminação ambiental e de saúde pública, conforme mencionado por Germer *et al.* (1995).

Dentro desta ótica, os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação. Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos (GERMER *et al.*, 1995).

O reuso da água reduz a demanda sobre seus mananciais devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Esta prática, atualmente muito discutida e posta em evidência e já utilizada em alguns países é baseada no conceito de *substituição de mananciais*. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico. Desta forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados pelo reuso quando se utiliza água de qualidade inferior (geralmente efluentes pós-tratados) para atendimento das finalidades que podem prescindir de água dentro dos padrões de potabilidade. (GERMER *et al.*, 1995).

Segundo Hübner (2001), de maneira geral o reuso de água pode ocorrer de forma direta ou indireta, através de ações planejadas ou não.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (1973), os diferentes tipos de reuso de água são:

- a. **Reuso indireto:** ocorre quando a água já usada uma ou mais vezes, para o uso doméstico ou industrial é descartada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída.
- b. **Reuso direto:** é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, indústria, recarga de aquífero subterrâneo e água potável.
- c. **Reciclagem interna:** é o reuso de água dentro das instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Ainda da mesma fonte, podemos diferenciar o reuso indireto intencional do não intencional, estabelecendo que quando o reuso indireto é devido a descargas planejadas a montante, ou quando a recarga planejada do aquífero subterrâneo, ele é designado reuso Indireto Intencional.

Lavrador (1987), classifica o reuso da água de uma forma mais detalhada conforme a seguir:

- a. **Reuso da água:** é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como, decorrer de ações planejadas ou não.
- b. **Reuso direto e não planejado da água:** ocorre quando a água já utilizada uma ou mais vezes em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Neste caso o reuso da água é um subproduto não intencional de descarga montante. Após sua descarga no meio ambiente, o efluente estará em seu caminho até o ponto de captação para o novo usuário sujeito não só às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração), como também eventuais misturas com outros despejos, advindos de outras atividades humanas.
- c. **Reuso planejado de água:** ocorre quando o reuso é resultado de uma ação humana consciente, posterior ao ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reuso planejado das águas pressupõe a existência de uma estação de tratamento de efluentes que atenda os padrões de qualidade, requeridos pelo reuso objetivado. O reuso planejado pode também ser denominado Reuso Intencional da Água.
- d. **Reuso indireto planejado da água:** Ocorre quando os efluentes depois de convenientemente tratados, são descartados de forma planejada nos corpos d'água, superficiais ou subterrânea, para serem utilizados a jusante de forma diluída, de maneira controlada, no atendimento de algum uso ou benefício. O reuso indireto e planejado das águas pressupõe que, além do controle das quantidades na descarga e à jusante, além da captação, exista também um controle de eventuais novas cargas de efluentes no caminho percorrido até a

disposição final para garantir que, além das ações naturais do ciclo hidrológico, o efluente tratado estará sujeito apenas a eventuais misturas com outros efluentes que também atendam aos requisitos de qualidade do reuso objetivado. A descarga do efluente tratado no meio ambiente pode se dar para a melhoria de sua qualidade, armazenamento, modulação de vazões ou até por motivos psicológicos do usuário à jusante.

- e. **Reuso direto planejado:** ocorre quando os efluentes, após convenientemente tratados, são encaminhados diretamente do seu ponto de descarga até o local do reuso, sofrendo em seu percurso os tratamentos adicionais e o armazenamento necessário, mas não sendo, em nenhum momento descarregados no ambiente.
- f. **Reciclagem de água:** é o reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular de reuso direto.

A classificação mais abrangente de reuso de água é a de Westerhoff (1984), e prevê dois grande tipos de reuso: potável e não potável.

Reuso potável

- a. **Reuso potável direto:** é o caso em que o esgoto recuperado através de tratamento avançado, é injetado diretamente no sistema de água potável.
- b. **Reuso potável indireto:** Neste caso o esgoto, após tratamento, é disposto na captação de águas superficiais ou subterrâneas para a diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Reuso não potável

- a. **Reuso não potável agrícola:** Embora quando se pratica esta modalidade de reuso via de regra haja, como sub-produto, recarga do lençol subterrâneo, objetivo precípua desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais etc., bem como plantas não alimentícias tais como pastagens e forrações e também, a dessedentação de animais.
- b. **Reuso não potável industrial:** abrange todos os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para caldeiras, etc.
- c. **Reuso não potável recreacional:** classificação reservada para a irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimentos de lagoas ornamentais, recreacionais, etc.
- d. **Reuso não potável doméstico:** São considerados aqui os casos de reuso da água para a rega de jardins residenciais, para a descargas sanitárias e a utilização deste tipo de água em grandes edifícios.

Como já descrito anteriormente por Hespagnol (1997), a idéia de reuso ou reutilização de águas residuárias não é recente. São vários os trabalhos que abordam esta questão e apresentam as opções de reuso relacionados a esta prática. Dentre estes trabalhos podem ser destacados os de Takashi Assano (ASSANO e MILLS, 1990)¹ e (ASSANO e LEVINE, 1995)¹ os de Ivanildo Hespagnol (HESPANHOL, 1990 e 1997)³ e o trabalho de Menahem Rebhun (REBHUN e ENGEL, 1988)⁵ onde são apresentadas e discutidas, de uma forma abrangente, as principais categorias de reuso da água.

A Tabela 1 apresenta algumas das principais opções para o reuso de água, conforme descrito pelos autores citados.

Tabela 1: Principais opções para o reuso de água na indústria

REFERÊNCIA	INDICAÇÃO DE USO
ASSANO, (1991) ¹	<ul style="list-style-type: none"> • Refrigeração; • Alimentação de Caldeiras; • Água de processo; • Construção pesada.
CROOK, (1996) ²	<ul style="list-style-type: none"> • Todas as citadas em ASSANO, (1991)¹ • Lavador de gases.
HESPANHOL, (1997) ³	<ul style="list-style-type: none"> • Todas as citadas em ASSANO, (1991)¹ • Lavagem de pisos e peças; • Irrigação de áreas verdes.
BEECKMAN, (1998) ⁴	<ul style="list-style-type: none"> • Todas as citadas em ASSANO, (1991)¹
MUJERIEGO e ASSANO, (1991) ⁵	<ul style="list-style-type: none"> • Todas as citadas em ASSANO, (1991)¹

Fonte: (MIERZWA, 2002)²

Através do ciclo hidrológico a água se constitui em um recurso renovável. Quando reciclada através de sistemas naturais, é um recurso limpo e seguro que é, através da atividade antrópica, deteriorada a níveis diferentes de poluição.

Entretanto, uma vez poluída a água pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos. A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reuso, estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital e de operação e manutenção associados. As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 1997).

3.3 A ÁGUA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Concordando com Mierzwa (2002), de um modo geral, a quantidade e a qualidade da água necessária ao desenvolvimento das atividades industriais, dependem do Ramo de Atividade da Indústria e Capacidade de Produção.

² FREITAS, K. R. *Caracterização e Reuso de Efluentes do Processo de Beneficiamento da Indústria Têxtil*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

O ramo de atividade da indústria o qual define as atividades desenvolvidas na mesma, determina o grau de qualidade da água a ser utilizada, ressaltando-se que em uma mesma indústria podem ser utilizados vários tipos de água, com diferentes níveis de qualidade. Estes níveis de qualidade são definidos em função das características físicas, químicas e biológicas, que a água apresenta. Por outro lado, o porte da indústria que está relacionado com a capacidade de produção irá definir qual a necessidade de água para cada uso.

No caso de indústria de alimentos, os tipos de águas deverão apresentar características que variam segundo sua aplicação conforme a necessidade dos processos, podendo ser denominadas em água para uso geral e água de processo: BARUFFALDI E RENATO, (1998).

- a. A água de uso geral é empregada em limpeza, lavagem e higienização de equipamentos, operações unitárias de aquecimento e resfriamento, e nos serviços auxiliares como também, operações de lavagens dos cortes de carnes e vegetais. Deve ser limpa, potável, clara, incolor, insípida, inodora e isenta de íons tóxicos e aceitável microbiologicamente, conforme descrito na legislação vigente.
- b. As características da água para processo para a fabricação de alimentos, ou seja, quando usada diretamente na forma de ingrediente agregado ao produto final, deve ser potável e isenta de sais que promovem a dureza. O abrandamento destina-se a separar os sais solúveis que podem influir sobre a textura de certos vegetais e causar depósitos nas superfícies dos equipamentos. Em linhas gerais, pode-se dizer, que esta água é utilizada como matéria-prima.

Para este tipo de aplicação, o grau de qualidade da água pode variar significativamente, podendo-se admitir a utilização de uma água com características equivalente ou superior à da água pura para processo utilizada para o consumo humano, tendo-se como principal objetivo proteger a saúde dos consumidores finais e/ou garantir a qualidade final do produto (MIERZWA, 2002).

Já no que se refere à água de processo (que não é agregada no produto na forma de ingrediente) irá depender do processo que se destina. Não havendo agregação da água ao produto, esta poderá apresentar um grau de qualidade menos restritivo que o da água para consumo humano principalmente com relação à concentração residual de agentes desinfetantes (MIERZWA, 2002).

Para o uso em operações unitárias de geração de energia, resfriamento e aquecimento, outras características ainda poderão ser admitidas como parâmetros de tolerância. Para a utilização da água na forma de vapor, o grau de qualidade deve ser bastante elevado, enquanto a utilização da água como fluido de resfriamento requer um grau de qualidade bem menos restritivo, devendo levar-se em consideração a proteção dos equipamentos com os quais esta água entrará em contato.

A Tabela 2, demonstra valores do grau de qualidade dos tipos de águas para cada função citada cima.

Tabela 2: Categorias de água em função de seu grau de qualidade

GRAU DE QUALIDADE	PARÂMETROS			
	SDT (MG/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	Dureza (mg/L)
TIPO – I: Água Ultra Pura	<10	<1	0	0
TIPO – II: Água de Processo de Alta Qualidade	10 - 60	0 - 10	0	<30
TIPO – III: Água Tratada	20 - 60	0 - 10	0 - 10	30 – 75
TIPO – IV: Água Bruta ou Reciclada	60 - 800	10 - 150	10 – 100	--x--

Fonte: ANEEL, 2000

Mierzwa, (2002) cita que em função de sua origem e de seu grau de poluição a água antes de sofrer processos específicos de purificação pode ser submetida a pré-tratamentos físicos e químicos para eliminar os sólidos em suspensão; odores causados pela decomposição de microorganismos ou presença de matéria orgânica; coloração devido a materiais orgânicos e inorgânicos presentes na água na forma coloidal.

Conforme citado por Mierzwa (2002), a água utilizada no processamento

deve ser pura e aceitável microbiologicamente, com concentrações aceitáveis de desinfetante, que poderá ser de ordem química ou física.

O desinfetante deve destruir microorganismos patogênicos e reduzir a carga microbiana total à temperatura da água em intervalo breve de tempo. Sua concentração residual deve ser tolerável, inócua e não agressiva aos equipamentos nas concentrações usadas, o desinfetante deve ser inodoro e insípido (BARUFFALDI e RENATO, 1998).

A desinfecção por cloro constitui-se em uma das práticas mais comuns em todo o mundo para a desinfecção de águas destinadas ao abastecimento público, segundo a legislação vigente, a concentração residual de cloro na água deve ser de 1,00 a 1.5 ppm (RIBEIRO, 2001).

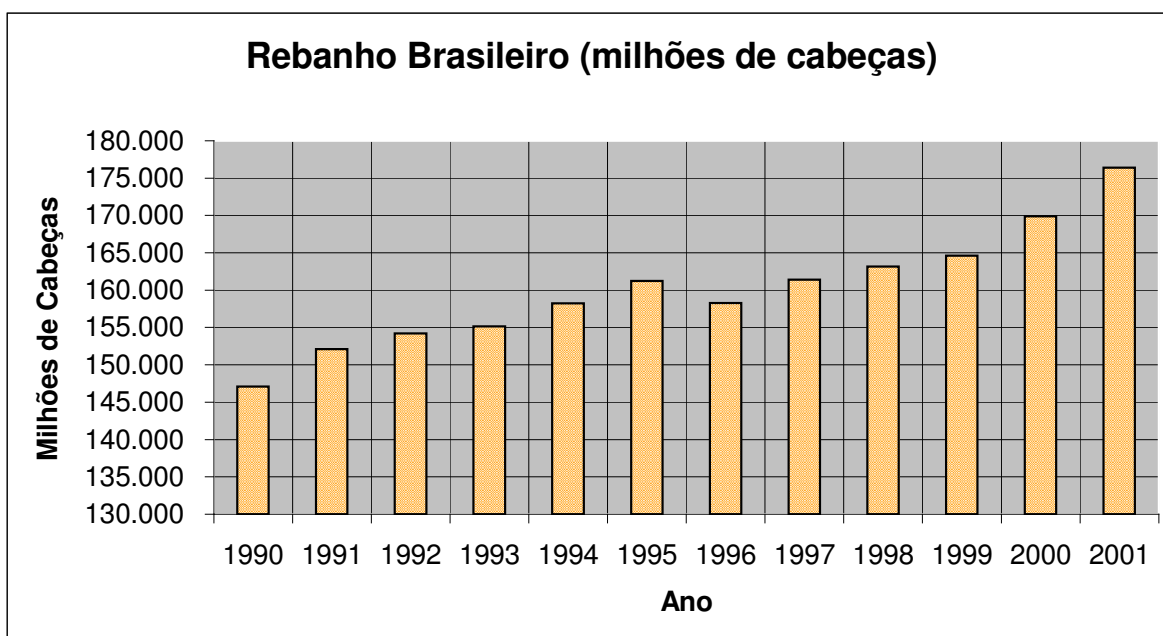
3.4 A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA (ABATE BOVINO)

O termo carne se utiliza com distintos significados, de acordo com as disposições sobre inspeção de carne, e uma expressão muito ampla, já que compreende todas as porções de um animal que serve para o consumo humano, e também freqüentemente os alimentos elaborados a partir das mesmas, em contra partida, se limita a aqueles gêneros e espécies que são objetos de inspeção legal (PARDI, 1993).

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne bovina, terceiro maior produtor de carne de frango e oitavo maior produtor de carne suína. No entanto, o consumo nacional, anual, *per capita* dessas carnes, estimado em 36kg de carne bovina, 30kg de aves e 12kg de suínos, ainda é muito pequeno quando comparado aos níveis de consumo dos países mais desenvolvidos (BRANDÃO 1995).

As exportações de carne bovina devem fechar o ano de 2004 em cerca 650 mil toneladas em equivalente carcaça, apresentando 16% de aumento sobre o volume de 1999. O vigoroso aumento das exportações, a partir de 1998, vem

contribuindo para a recuperação do preço da carne bovina no mercado interno. Este ano, contudo, o aumento dos embarques do produto se deu em ritmo mais lento em relação a 1998 e 1999, quando se observou crescimento de 32% e 48%, respectivamente. Em receitas, as exportações de carne bovina devem render próximo de US\$ 850 milhões. A Figura 1 mostra o crescimento do rebanho bovino brasileiro (milhões de cabeças) do ano de 1990 até 2001 (GERMER *et al.*, 1995).



Fonte: IBGE- Pesquisa pecuária

Figura 1: Crescimento do rebanho brasileiro

A indústria de carnes é composta por estabelecimentos onde se procedem a matança dos animais e o preparo de carcaças e vísceras (abatedouro ou matadouro), locais de venda “*in-natura*”, e os estabelecimentos de industrialização de produtos cárneos (salsicharias e outras indústrias) (HUBNER, 2001).

3.4.1 O estabelecimento e processamento de abate bovino

Um estabelecimento de abate e processamento de carne bovina, compreende as seguintes etapas fundamentais, conforme fluxograma detalhado das

etapas de processamento de abate bovino demonstrado na Figura 1 (HUBNER, 2001).

- a. recepção;
- b. abate;
- c. recuperação de subprodutos;
- d. tratamento de resíduos.

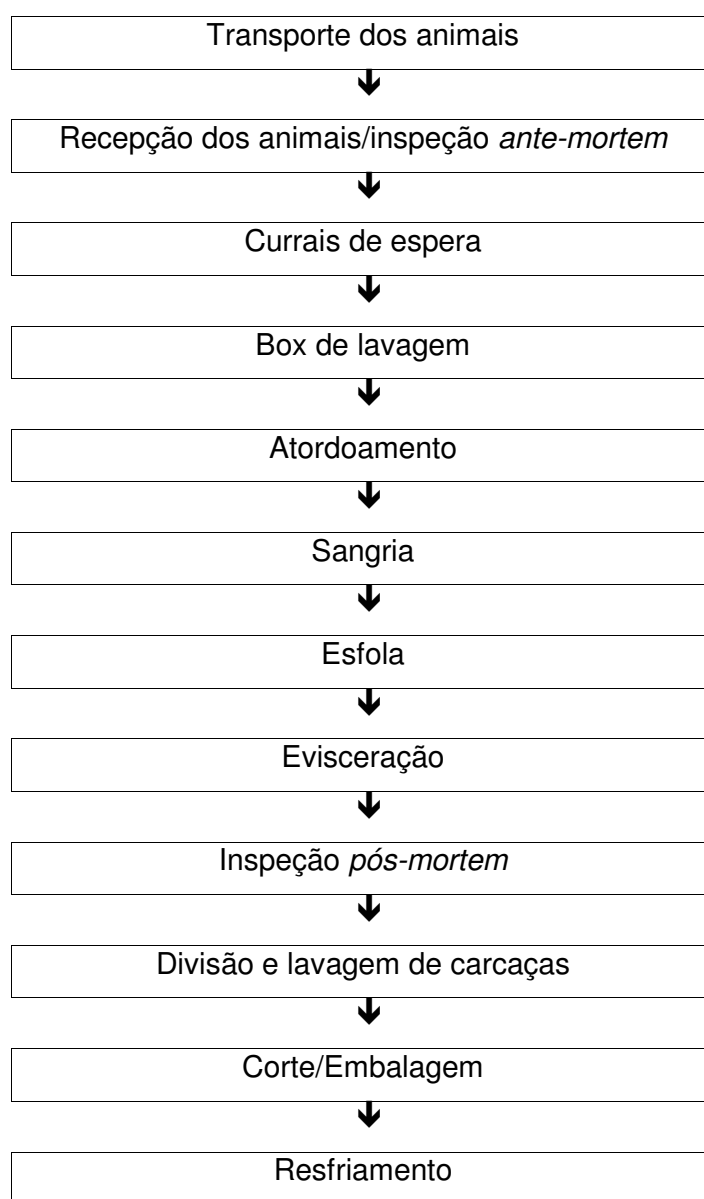


Figura 2: Fluxograma do processo de abate bovino

3.4.1.1 Transporte dos animais

O processo de comercialização inicia-se pelo deslocamento das boiadas dos seus locais de produção. O estresse dos animais destinados ao abate começa com o abandono dos locais aos quais se habituaram, e onde por vezes nasceram. (EVANGELISTA, 1998).

O mesmo autor ainda cita que também o transporte é responsável, em algumas circunstâncias mais graves que outras por contusões que danificam a pele e a carne, refletindo no agravamento do estresse do animal. O meio de transporte mais utilizado no Brasil é o transporte rodoviários, chamados de “caminhões-boiadeiros”. A capacidade desses caminhões varia de 12 a 22 animais (CANHOS e DIAS,1983).

Para garantir o bem-estar dos animais durante o transporte e necessário respeitar o limite de 550Kg de animal m² de transporte. A não adequação também pode ocasionar grandes perdas financeiras, provocando a morte dos animais, perda de peso e animais estressados (REVISTA NACIONAL DA CARNE, 2002).

3.4.1.2 Recepção dos animais

Os animais, seguidamente após sua chegada ao estabelecimento de abate, são selecionados e previamente separados em animais enfermos (onde foi detectada alguma anomalia ou doença, os quais são mantidos em currais sanitários, já os animais que não apresentaram nenhum indício de anomalia ou doenças, partem para o período de descanso e dieta hídrica, que pode variar entre 12 a 24 horas (FISCHER,NOACK e PFEIL-1974)

Nesta etapa os resíduos são gerados apenas pela limpeza dos currais e da lavagem dos caminhões que são utilizados no transporte dos animais, e os resíduos gerados no banho de aspersão também são considerados deste setor (HUBNER, 2001).

3.4.1.3 Currais de descanso-descanso e dieta hídrica

O descanso dos animais antes do abate é necessário pois é o tempo em que os animais se recuperam totalmente das perturbações adquiridas no transporte desde o local de origem até o local de abate. Segundo Canhos e Dias (1983), ``outro fator importante é o jejum antes do abate, pois os animais em jejum sagram melhor e a carcaça tem um aspecto mais favorável``.

A dieta hídrica é feita com o objetivo de reduzir o conteúdo gástrico e facilitar a serragem da meia carcaça durante o processo de abate, é nesta etapa do processo que é realizado a inspeção *ante-mortem* (HUBNER, 2001).

Segundo Pardi (1993), durante todo o período de repouso e dieta hídrica deve ser evitado o estresse do animal, bem como devem ser tomados os seguintes cuidados:

- a. Evitar aglomeração excessiva e espera prolongada nos currais, inclusive como meio para controlar a salmonelose, cuidando, ao mesmo tempo, da segregação de eventuais portadores ativos.
- b. Obedecer rigorosamente as prescrições impostas quanto ao detalhamento físico e às facilidades de higienização em si dos currais de chegada, de observação e matança, dos banheiros, corredores, rampas de acesso, departamento de necrópsia, balanças e adjacências.
- c. Tomar cuidado com as instalações de limpeza e desinfecção sistemáticas dos veículos transportadores de animais.
- d. Prestar atenção às condições de transito dos animais até o box de atordoamento evitando fadiga, abuso do choque elétrico, e outras formas de excitação e traumatismo que levam ao estresse dos animais.
- e. Fazer os banhos de aspersão sob a pressão de 3atm (3.03Kgf/cm²) com água potável, preferencialmente hiperclorada, e contendo agente fungistático, tendo em vista a redução da flora contaminante da pele.
- f. Realizar os banhos antes do acesso a rampa de matança e repeti-lo na seringa periférica antes do atordoamento, considerando que ocorre

vasoconstrição periférica e vasodilatação interna, o que propicia uma sangria mais eficiente.

- g. Redobrar os cuidados de higiene e desinfecção quando for empregado o “matadouro-sanitário” para abater animais suspeitos.

3.4.1.4 Box de lavagem

Local provido de chuveiros onde o animal recebe um banho para a retirada de sujidades, possuindo a função principal de reduzir a poeira que foi adquirida no transporte do animal, diminuindo desta maneira a sujeira na sala de abate e também evitando a contaminação cruzada na etapa do contato entre a faca (esfola) e a carcaça (SOUZA, 2003).

Segundo Evangelista (1998) “o objetivo do banho no animal antes do abate é assegurar a esfola higiênica, reduzindo a poeira e deixando-o livre de contaminações”.

A água deve ter pressão não inferior a 3atm (3.03Kgf/cm²) e recomenda-se a hipercloreção com 15 ppm de cloro livre (SOUZA, 2003).

3.4.1.5 Atordoamento

O atordoamento ou insensibilização pode ser considerado a primeira etapa do processo de abate propriamente dito. Consiste em colocar o animal em estado de inconsciência, perturbando-o até o final da sangria, não causando sofrimento desnecessário (SOUZA, 2003).

A insensibilização ou atordoamento é indicada para facilitar a operação de manejo e sangria, e visando a humanização do sacrifício (PARDI, 1993).

Nesta etapa, os animais são conduzidos ao box ou câmara de atordoamento correspondente, para isto, são utilizadas rampas não escorregadias sem partes

salientes e isentas de desníveis e providos de um corredor estreito com passagem individual (PARDI, 1993).

No atordoamento, pode haver uma ou duas câmaras para tal operação, que depende da velocidade desejada do abate, já que são dimensionadas para abrigar um animal de cada vez (GERMER et al., 1995).

Os boxes de atordoamento intercomunicam-se por porta do tipo guilhotina, e consistem de estrutura metálica com fundo falso e de duas comportas, sendo a primeira para permitir a entrada do animal e a segunda que é lateral, para a sua saída quando já estiver insensibilizado (GERMER et al., 1995).

A segunda comporta, quando acionada, faz com que o fundo falso se incline cerca de 50 graus, permitindo que o animal deslize para a área do vômito (GERMER et al., 1995).

A pistola de dardo cativo é o método de abate que tem recebido mais destaque, este consiste em atravessar o crânio em alta velocidade (100 a 300m/s) e força de (50kg/mm²) produzindo uma cavidade temporária no cérebro. A injúria cerebral é provocada pelo aumento da pressão interna e pelo efeito dilacerador do dardo (SOUZA, 2003).

3.4.1.6 Sangria

Consiste na introdução de uma faca nos grandes vasos, (abertura sagital da barbela) do pescoço do animal. As facas devem ser mergulhadas em uma caixa de esterilização após a sangria de cada animal (SOUZA, 2003).

Como regra, para proporcionar uma sangria completa e eficiente, ela deve ser feita logo em seguida à insensibilização. A duração da sangria é aproximadamente 3 minutos, tempo este ajustado pelo comprimento da canaleta, a ponto de permitir o extravasamento do sangue durante o curso normal da nora e calha transportada (PARDI, 1993).

A calha consiste em uma construção de alvenaria revestida por cimento liso, aço inoxidável epoxi ou outro material impermeável. Seu fundo deve ser bastante inclinado e com dois ralos centrais, em que conduzirá o sangue para a transformação em produtos, e outro para escoar a água após o procedimento de limpeza (GERMER et al., 1995).

O volume de sangue de bovinos é estimado em 6.4 a 8.2 Litros/100Kg de peso vivo. Em uma boa sangria, necessária para a obtenção de uma carne com adequada capacidade de conservação, é removido cerca de 50% do volume total de sangue, sendo que o restante fica retido nos músculos, vasos e órgãos vitais. (SOUZA, 2003).

3.4.1.7 Esfola

Sob essa denominação inclui-se todo o processo, desde a remoção do couro, a visceração e todas as demais operações, até a “toilette” final da carcaça (SOUZA, 2003).

O processo é iniciado com a desarticulação das patas dianteiras, sem desprendê-las totalmente (presas somente pelo couro), seguida pela abertura da barbela e pelo corte dos chifres. Esses trabalhos são realizados quase simultaneamente (PIBOUL, 1973).

Porém, antes de sumariar o mecanismo da esfola e as operações que são realizadas simultaneamente, esquematizados alguns cuidados de natureza higiênica a serem adotados quanto ao ambiente da chamada sala de matança (PARDI, 1993).

- a. Manutenção de permanentes condições de higiene do ambiente antes, durante e após os trabalhos;
- b. Emprego apropriado de detergentes, desinfetantes e soluções bacteriostáticas em geral, utilizados na higienização;
- c. disponibilidade de esterilizadores apropriados para facas, ganchos, chairas dos funcionários da inspeção sanitária e dos operários em geral;

- d. higienização, durante os trabalhos, do equipamento e instrumental em geral, como serras de chifres, de peito e de divisão de carcaça, “saca-rolhas” de deslocamento de estômagos, carretilhas e ganchos;
- e. higiene e condições de saúde pessoas;
- f. higiene das vestes, gorros, capacetes, botas, etc.
- g. emprego exclusivo de água potável hiperclorada para diversos fins;
- h. disponibilidade de vapor para limpeza e higienização;
- i. higiene das instalações sanitárias;
- j. higiene e uso adequado dos lavabos (torneiras acionadas por pedais, toalhas não reutilizáveis, etc.)
- k. dispositivos para higienização de botas e aventais.

No Brasil, a operação de esfolar nos estabelecimentos sob inspeção federal já é feita sistematicamente pelo método de *esfolar aérea*, ou seja, com animais suspensos no trilhamento (PARDI, 1993).

3.4.1.8 Evisceração

A evisceração é uma operação realizada habitualmente pela abertura da cavidade torácica, abdominal e pélvica, através de um corte que passa em toda sua extensão. É feita a serragem do osso externo e a oclusão do duodeno, próximo ao reto, juntamente com a bexiga urinária. Estas operações devem ser realizadas cuidadosamente para evitar lesões e liberação do conteúdo gastrintestinal (SOUZA, 2003).

A retirada da cabeça é feita em seguida, sendo conduzida à lavagem, a língua é desarticulada para o exame, e as cabeças são conduzidas após a inspeção para a seção correspondente, onde são desossadas (CANHOS e DIAS, 1983).

As vísceras são separadas em vermelhas ou comestíveis (fígado coração) e brancas ou não-comestíveis (tripas, mondongo). Estas últimas são tratadas para se tornarem comestíveis (SOUZA, 2003).

3.4.1.9 Inspeção pós-mortis

Durante o tempo de abate, os fiscais da inspeção, terão que estar presentes para realizar a inspeção *pós-mortis*, cada fiscal segue um procedimento (YAMAOKA, 2003).

As cabeças deverão ser imediatamente submetidas à inspeção, sendo lavadas desde que seja necessário para o exame, bem como os miúdos pelos mesmos procedimentos (BRASIL, 1968).

Individualmente, os órgãos e as carcaças são examinadas por elementos credenciados pela Inspeção Federal e sempre que qualquer lesão for constatada nas vísceras ou nas carcaças, estas poderão ser rejeitadas, conforme a gravidade da lesão. Quando rejeitadas, são enviadas por meio de condutores à graxaria, para a transformação em farinha de carne ou de ossos, e em sebo, após cozimento à temperatura de 120 graus Celsius e a pressão de vapor de 90lb/pol². (BRASIL, 1968)

3.4.1.10 Divisão e lavagem de carcaças

As carcaças, com apenas rins e rabo são divididas e cortadas em duas por serras: a alta e a baixa. Após a liberação dos últimos exames de inspeção, são submetidas à operação final com a remoção de rins, rabo, sebo de rins, capadura, sangria e medula (GERMER *et al.*, 1995).

Após a evisceração, a carcaça (livre de todos os miúdos) deve ser lavada com água tratada (nos padrões potáveis) para a retirada de farelo de osso (resíduos do osso ocasionados por ação mecânica da serra), e pequenos fragmentos de carne (BRESSAN e PEREZ, 2000).

Em linhas gerais a lavagem é feita com jatos d'água à temperatura em torno de 38 graus Celsius, sob pressão de 3 atm. Os melhores resultados vem sendo proporcionados por jatos d'água dirigidos através de pistolas acionadas manualmente que funciona com uma entrada d'água e outra de ar comprimido,

sendo os jatos orientados no sentido das meias-carcaças, de cima para baixo, por operadores postados em plataformas de diferentes alturas. Nestas operações é terminantemente proibido emprego de panos e escovas de quaisquer espécies (PARDI, 1993).

3.4.1.11 Resfriamento

Para os abatedouros e indústrias de carnes em geral, a utilização do frio tem sido um papel fundamental no aspecto de qualidade, principalmente durante a estocagem de matérias-primas, processamento, transporte e distribuição de boa parte de seus produtos (GERMER *et al.*, 1995).

As carcaças são armazenadas em câmara fria para a perda de calor, em condições de temperatura e umidade controlada. Em condições de umidade muito baixa a carcaça perde percentuais em massa acima de 2%, o que causará prejuízo no abatedouro. Em condições de umidade muito elevada, ocorrerá uma condensação de umidade sobre a superfície da carcaça, aumentando a quantidade de água e favorecendo o crescimento de microorganismos psicrófilos (GERMER *et al.*, 1995).

O mesmo autor cita ainda que, a temperatura final das carcaças no interior das massa musculares, às 24 horas *pós-mortis*, deve ser de 7 graus Celsius.

3.4.1.12 Desossa e embalagem

Após o período de resfriamento é realizada a desossa, que conseqüentemente influencia nas propriedades da carne, como textura, maciez e coloração (BRESSAN e PEREZ, 2000).

Em seguida é realizada a operação de cortes, ou comercializada em meias carcaças.

3.5 TECOLOGIAS LIMPAS

Acredita-se que a mudança de paradigma, reduzir na fonte de efluente ao invés de tratá-lo no final do processo, faz com que as empresas tenham que assumir outras funções e responsabilidades além daquelas inseridas na produção-econômica, ou seja, uma alteração nas considerações inerentes ao processo de tomada de decisão, que eram apenas de âmbito técnico e econômico, e agora passam a ter um caráter mais amplo incorporado a variável ambiental (SILVA e SANTOS, 1998).

A mudança de postura, de tratamento final (“end of pipe”) por otimização no processo, para a prevenção de geração de resíduos, está condicionada a questão tecnológica e a vontade de mudar as rotinas estabelecidas (TORRES, 1996).

De acordo com Torres (1996), é prática normal nas grandes empresas a adoção de uma escala de prioridades, para definir a forma de encaminhar a solução do problema da geração de resíduos. A escala mais adotada na forma decrescente de importância estabelece os seguintes passos:

1. evitar a geração;
2. minimizar a geração;
3. reciclar o resíduo;
4. reutilizar o resíduo;
5. dar-lhe um tratamento químico, físico biológico ou incineração;
6. dispô-lo adequadamente no solo.

No entanto, se o objetivo fosse estabelecer uma escala em que levasse em consideração a freqüência de utilização dos métodos listados, com certeza a escala seria invertida.

De acordo com Machado *et al.* (1995), O termo *minimização de despejos* tem sido equivocadamente confundido na literatura com o termo *tecnologia limpa*.

Provavelmente se deva o fato destes termos terem como pressuposto a *poluição zero*. *Poluição zero* é um termo usado para promover a conservação e a qualidade do meio ambiente. Em diferentes contextos, este termo pode ter diferentes significados, um sentido restrito o termo *poluição zero* implica em que todas as substâncias e reagentes sejam integralmente convertidas em que todos os auxiliares de processamento sejam reutilizados e, em consequência nenhum despejo seja gerado. Naturalmente, isto se refere ao contexto de um processo ideal.

Segundo Kiperstok (1999), as tecnologias limpas se caracterizam por priorizar a eliminação da poluição nas fontes de geração de resíduos, visando aproximar o processo produtivo da condição de emissão zero, tentando afastar a visão do binômio tratamento/disposição final como solução para os problemas ambientais gerados pela indústria.

3.6 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS

A escolha da tecnologia mais adequada para o tratamento um efluente é função da análise detalhada dos tipos e características dos contaminantes que devem ser eliminados ou minimizados. Isto justifica pelo fato da maioria dos processos e operações unitárias de tratamento serem aplicadas a diferentes tipos de efluentes.

Precipitação química: O processo de precipitação química consiste em converter parte das substâncias dissolvidas em uma corrente líquida em substâncias insolúveis por meio de alteração do equilíbrio químico de forma a alterar a solubilidade das mesmas (KIANG e METRY, 1982) e (IDAHO,1982).

A alteração do equilíbrio das espécies que se deseja remover pode ser obtida por um dos procedimentos abaixo, ou combinação destes procedimentos:

- a. Adição de uma substância que reage quimicamente coma substância em solução formando um composto insolúvel;

- b. Adição de uma substância que altera o equilíbrio de forma a não favorecer a solubilidade da mesma;
- c. A adição de substâncias que reagem entre si formando um precipitado, o qual irá arrastar ou absorver a substância a ser removida;
- d. Alteração da temperatura de uma solução saturada, ou próximo a saturação, no sentido de diminuir a solubilidade da substância presente.

As reações de precipitação mais comuns envolvem a remoção de espécies iônicas e inorgânicas de diversos meios aquosos, principalmente a remoção de íons metálicos. Contudo, também pode ser utilizada, em alguns casos, para remoção de matéria orgânica (MIERZWA, 1983).

Neutralização: É utilizada para ajuste de pH, geralmente na faixa de 4.0 e 9.0. O procedimento pode ser feito de forma contínua ou intermitente, dependendo do modo de geração, e são utilizadas para este fim, substâncias ácidas Ácido clorídrico (HCl) ou ácido sulfúrico (H₂SO₄) e substâncias alcalinas Hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) ou carbonato de cálcio (CaCO₃). Também pode se dizer que o processo é simples consistindo de bombas, tanques, misturadores e medidores de pH para controle de processo (MIERZWA, 2003).

Filtração e centrifugação: A filtração é o processo pelo qual as substâncias insolúveis são separadas de uma corrente líquida quando esta passa por uma meio ou uma barreira permeável, que é denominada meio filtrante. No processo de filtração devido ao acúmulo de material sólido sobre a superfície do filtro, ocorre um aumento da resistência à passagem do fluido, o que resulta no aumento da perda de carga. Atualmente podem ser encontrado no mercado vários tipos de sistemas de filtração, filtros tipo cartuchos, com meio granular, à vácuo, filtros prensas e prensas desaguadoras (OSMONICS, 1997).

A operação de centrifugação também é utilizada para separar componentes de uma mistura, só que, neste caso, por meio da ação da força centrífuga, criada pela rotação em alta velocidade através de um vaso rígido. Neste caso as partículas com maior densidade irão migrar para a periferia do vaso enquanto as de menor densidade tendem a permanecer no centro do vaso.

Flotação: Para que os sólidos possam ser separados do líquidos uma fração clarificada do efluente é pressurizada com ar, fazendo com que parte do oxigênio seja dissolvida no líquido para que, posteriormente o efluente pressurizado seja liberado no interior de um dispositivo adequado no qual o efluente floculado também está sendo alimentado, então pequenas bolhas de ar são formadas, devido à expansão do oxigênio, as quais aderem às partículas presentes na massa líquida fazendo com que estas flutuem. Na superfície do dispositivo existe um sistema que remove o material sólido que foi flotado, enquanto o líquido, do qual as partículas sólidas foram removidas, saem pelo fundo do equipamento. O dispositivo utilizado para a separação dos sólidos com base neste processo é conhecido como flotador, estando disponíveis no mercado, modelos que incorporam em um único equipamento, os processos de coagulação, floculação, flotação e filtração, e a água resultante deste processo poderá passar novamente por um processo de filtração para a retirada de partículas sólidas que não foram extraídas na flotação (KROFTA,1990).

Tratamento biológico: Inicialmente desenvolvido para tratamento de esgotos, são em geral os mais eficientes para tratamento de efluentes contendo matéria orgânica (MARTIN E JOHNSON, 1987) e constituem basicamente, em colocar uma cultura adequada de microrganismos os quais irão degradar a matéria orgânica do efluente.

Os microorganismos utilizados no processo se adaptam às condições ambientais adequadas que se estabelecem nas câmaras de aeração (aeróbio) ou nos biodigestores (anaeróbios) (KIANG e METRY, 1982).

Os microorganismos aeróbios podem, decompor substâncias simples ou compostas em gás carbônico (CO_2) e água (H_2O) enquanto os anaeróbios são capazes de degradar substância simples sendo gerado como um subproduto metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para abordar o problema e também os métodos analíticos empregados na qualificação e quantificação das correntes estudadas, bem como a descrição dos parâmetros de interesse do processo que foram avaliados nesta pesquisa.

A caracterização da água de descarte e da água utilizada no processamento de carne bovina, foi realizada no processo industrial de uma empresa frigorífica de grande porte, que possui processos automatizados, com capacidade nominal de 80 cabeças de gado/dia.

Análises quantitativas e qualitativas foram utilizadas para caracterizar tanto os parâmetros de qualidade na emissão da água de descarte de cada etapa estudada, quanto a verificação dos parâmetros de tolerância da qualidade da água a ser recuperada (reusada).

4.1 OS PARÂMETROS DE INTERESSE PARA CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS

A escolha dos parâmetros depende certamente das características do processo industrial . No caso deste frigorífico, são identificados como parâmetros importantes a concentração de matéria orgânica, os sólidos em suspensão, o pH, a temperatura, os cloretos e a contaminação por microrganismos (bacteriológica).

Como o controle microbiológico é muito rigoroso, visto que, trata-se de uma indústria de alimentos, exigindo uma água de alto grau de pureza, decidiu-se verificar a viabilidade de reuso de águas em etapas do processo onde não há esta exigência. Conseqüentemente, a análise bacteriológica não foi um parâmetro avaliado neste trabalho, não sendo realizada a sua determinação.

4.2 A COLETA DAS AMOSTRAS

Para a realização de ensaios experimentais e caracterização dos afluentes e efluentes, foi coletado uma amostra de cada ponto abordado do processo: amostra da água de abastecimento industrial, da água de saída do box de lavagem dos animais, da água de saída da esfolagem, e da água de lavagem de carcaças. Repetindo-se esta amostragem cinco vezes com intervalo de uma semana à cada coleta.

As amostras que necessitaram de técnicas para conservação, do ponto de coleta até o laboratório, foram utilizadas conforme proposto por CETESB (1998).

Os pontos de amostragem e mais alguns detalhes adicionais relativos às várias correntes analisadas estão apresentadas a seguir.

4.2.1 Coleta da água do processo

A amostra para a análise de toda água industrial, foi coletada na saída da tubulação que abastece todas as correntes do processo, sendo esta amostra, representativa de todos os pontos de uso de água em toda a linha de produção, haja vista, que a mesma tubulação tem as devidas ramificações para todos os esguichos utilizados na linha de produção.

No momento da coleta, a amostra foi submetida a medida do pH e temperatura. O pH foi medido com o auxílio de um potenciômetro utilizando um eletrodo combinado de vidro e prata/cloreto de prata. O potenciômetro foi calibrado

com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, conforme indicado *pelo Standart Methods for Examination of Water and Wastewater* (1995).

Posteriormente, um volume de aproximadamente 5L foi coletado em frasco de POLIETILENO, acondicionado em caixas de isopor com gelo e, encaminhado imediatamente para o laboratório analítico, para posterior manipulação.

As análises químicas realizadas no laboratório foram: série de sólidos (ST, SV, SST, SSV, SDT,SDV), DQO, alcalinidade total e parcial, óleos e graxas e cloro residual.

4.2.2 Coleta da água de saída do box de lavagem, água da esfolia e água de lavagem das carcaças

As amostras para a análise de cada uma destas etapas do processo, foram coletadas na canaleta de escoamento do resíduo, que tem destino à estação de tratamento de efluentes.

No momento da coleta, as amostras foram submetidas a medida do pH e temperatura, conforme procedimento descrito no item anterior. Em seguida, um volume de aproximadamente 5L foi coletado em frasco de POLIETILENO e encaminhado imediatamente para o laboratório analítico, onde a amostra foi conservada sob refrigeração de 4°C até o momento da manipulação.

As análises químicas realizadas no laboratório foram as mesmas mencionadas no item anterior.

4.3 MÉTODOS ANALÍTICOS

Os métodos analíticos seguiram o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* e adaptados conforme necessário. A seguir faz-se uma descrição sucinta dos métodos utilizados.

4.3.1 Série de sólidos

A análise de sólidos é realizada através de pesagem da amostra em cadinho de porcelana e secagem 105°C *overnight* (dependendo da amostra). O peso do cadinho após previamente seco e resfriado em dessecador, menos o peso inicial, representa a umidade da amostra, e o restante da massa os sólidos totais (ST).

$$P_2 - P_1 = ST \quad \text{Eq. 4.3.1}$$

Onde:

P_2 = Peso do cadinho após seco e resfriado (g)

P_1 = Peso inicial do cadinho (g)

ST = Sólidos totais (g/L)

4.3.2 Sólidos voláteis

A amostra depois de seca (ST) é calcinada à temperatura de 550°C durante um tempo de duas horas. O peso do cadinho após o período de calcinação, menos o peso depois da secagem, representa os sólidos voláteis (SV) ou seja, a massa de matéria orgânica que foi transformada em CO₂ e H₂O.

$$P_3 - P_2 = SV \quad \text{Eq.4.3.2}$$

Onde:

P_3 = Peso do cadinho após secagem (g)

P_2 = Peso do cadinho após a calcinação (g)

SV = Sólidos voláteis (g/L)

4.3.3 Sólidos Suspensos totais

O procedimento para a determinação do teor de sólidos em suspensão segue o mesmo fundamento dos anteriores, porém a diferença está na amostra. A amostra para a determinação dos sólidos suspensos é retirada dos sólidos retidos em suspensão, através de uma filtração à vácuo utilizando papel de filtro quantitativo. Para a determinação da fração proveniente da amostra, o peso relativo do papel de filtro era descontado, sendo este determinado previamente.

$$P_{2s} - P_{1s} = SST \quad \text{Eq. 4.3.4}$$

Onde:

P_{2s} = Peso do cadinho após seco e resfriado (g)

P_{1s} = Peso inicial do cadinho (g)

SST = Sólidos suspensos totais (g/L)

4.3.4 Sólidos Suspensos voláteis

A amostra depois de seca (SST) é calcinada a 550°C durante duas horas. O peso do cadinho após o período de calcinação, menos o peso depois da secagem, representa os sólidos voláteis (SSV), ou seja, a massa de matéria orgânica que foi transformada em CO₂ e H₂O. Da mesma forma, a fração orgânica relativa ao papel de filtro era determinada antes da análise para que o mesmo fosse descontado da fração orgânica final da amostra.

$$P_{2s} - P_{3s} = SSV \quad \text{Eq. 4.3.5}$$

Onde:

P_{2s} = Peso do cadinho após calcinação (g)

P_{3s} = Peso do cadinho após a secagem (g)

SSV= Sólidos suspensos voláteis (g/L)

4.3.5 Sólidos dissolvidos totais

O procedimento para a determinação dos sólidos dissolvidos segue a mesma seqüência anterior, a diferença é que a amostra utilizada para esta determinação é oriunda do sobrenadante do filtrado.

$$P_{2d} - P_{1d} = SDT \quad \text{Eq. 4.3.7}$$

Onde:

P_{2d} = Peso do cadinho após seco e resfriado (g)

P_{1d} = Peso inicial do cadinho (g)

SDT= Sólidos dissolvidos totais (g/L)

4.3.6 Sólidos dissolvidos voláteis

A amostra depois de seca (SDT) é calcinada a 550°C durante duas horas. O peso do cadinho após o período de calcinação, menos o peso depois da secagem, representa os sólidos dissolvidos voláteis (SDV) ou seja, a massa de matéria orgânica que foi transformada em CO₂ e H₂O.

$$P_{2d} - P_{3d} = SDV \quad \text{Eq. 4.3.8}$$

Onde:

P_{2d} = Peso do cadinho após calcinação (g)

P_{3d} = Peso do cadinho após a secagem (g)

SDV= Sólidos dissolvidos voláteis (g/L)

4.3.7 Demanda química de oxigênio (DQO)

DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente toda a matéria orgânica, levando-a a CO_2 e H_2O .

A medida da demanda química de oxigênio foi realizada segundo o método HACH, o qual utiliza amostra de pequeno volume (2mL) que são introduzidas em tubos contendo reativo (dicromato de potássio em meio ácido) e, em seguida levadas à incubação durante duas horas à temperatura de 150°C . O dicromato de potássio é um agente oxidante forte. Os componentes orgânicos oxidáveis reduzem o íon dicromato Cr^{6+} em íon cromo verde Cr^{3+} . O espectrofotômetro permite medir a quantidade de dicromato restante, ou seja, a quantidade de cromo trivalente produzido, desta forma determinando a demanda de oxigênio.

Os tubos reativos contém, também sais de prata e de mercúrio.

A prata atua como catalizador enquanto que o sal de mercúrio serve para evitar a interferência do íon cloro. A leitura é realizada por espectrofotômetro (fento 700-plus) a um comprimento de ondas $\lambda = 620\text{nm}$ para os tubos à gama de 0 a 1500g/L de DQO e comprimento de onda 420nm para àqueles entre 0 a 150mg/L de DQO.

4.3.8 Óleos e graxas

Na determinação de óleos e graxas não se mede uma quantidade absoluta de uma substância específica, mas determina-se quantitativamente a substância solúvel

em um solvente. Quer dizer que são considerados graxas os ácidos graxos, as gorduras animais, os sabões, as graxas, as ceras, os óleos vegetais, ou qualquer outro tipo de substância que o solvente consegue extrair de uma amostra acidificada, que não volatilizam durante a evaporação. Utilizou-se para determinar este parâmetro, a norma da CETESP (1998).

Procedimento:

1. Ajustar o pH da amostra para $\text{pH} < 2$ dentro do próprio frasco da coleta;
2. Transferir 1 litro da amostra para o funil de separação;
3. Lavar o franco de coleta com 15mL de hexano, e acrescentar esta porção ao funil;
4. Adicionar mais 25mL de hexano ao funil e agitar por 2 minutos;
5. Esperar que as duas camadas se separem e recolher a porção da amostra em uma proveta;
6. Filtrar a porção que contém o solvente em papéis filtro, adaptado em funil raiado, recolhendo o filtrado em balão tarado (precisão $\pm 0,0001$);
7. Voltar a porção da amostra para o funil de separação, lavando a proveta com 15mL de solvente e acrescentar esta porção ao funil;
8. Repetir os itens 4,5,6 e 7;
9. Após lavar o funil de separação com 20mL de hexano e filtrar esta porção recolhendo-a no balão tarado;
10. Lavar o papel filtro duas vezes com porções de 5mL de solvente, recolhendo estas porções no balão tarado;
11. Destilar e recolher o solvente, para posterior recuperação, até que restem cerca de 2mL apenas, em banho Maria a 70°C ;
12. Desconectar o condensador, deixando evaporar completamente estes 10mL;
13. Esfriar o balão em dessecador por 30 minutos exatamente e pesar (precisão $\pm 0,0001\text{g}$);
14. Efetuar a prova em branco, evaporando um volume de solvente (100mL) em balão tarado.

O cálculo de óleos e graxas é feito pela fórmula:

$$\text{Óleos e graxas (mg/L)} = [(A - B) \cdot 1000] - C$$

Onde:

A = peso do balão com resíduos de óleos e graxas, mg;

B = peso do balão vazio, mg;

C = valor da prova em branco, mg/L;

4.4.9 Alcalinidade Parcial e Total

Alcalinidade Parcial:

1. Colocar 50mL da amostra em erlenmeyer de 250mL;
2. Adicionar 03 gotas do indicador fenolftaleína 1%. A amostra deverá adquirir uma coloração avermelhada. Caso isto não aconteça, a alcalinidade parcial será zero;
3. Titular sobre agitação constante a solução contendo o indicador, com ácido sulfúrico com concentração de 0,1N. A solução deverá adquirir uma coloração rosa, próximo ao incolor.
4. A solução deve ser guardada para o ensaio de alcalinidade total. A bureta não deve ser zerada.

Alcalinidade Total:

1. Adicionar sobre a amostra titulada anteriormente, 03 gotas de indicador alaranjado de metila;
2. Titular com a solução de ácido sulfúrico 0,1N até que atinja a coloração avermelhada.

4.4.10 Determinação das vazões das correntes

A determinação da vazão das correntes estudadas, foi feita na empresa por coleta em latões com volume conhecido de capacidade nominal de 200L, e cronometragem do tempo para ser feita a razão tempo/volume.

Este procedimento foi repetido por cinco vezes com intuito de obter uma média com maior confiabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DA ÁGUA INDUSTRIAL E TRATAMENTO DE EFLUENTES

O abatedouro possui uma estação de tratamento de águas (E.T.A) que é alimentada por água extraída de poços artesianos no terreno da empresa, sendo esta utilizada com apenas um pré-tratamento de cloração, sendo este adicionado em linha na forma de uma solução de HOCl. A vazão média de água tratada na estação é de 140m³/h. Cerca de 120m³/h do total são utilizados para as linhas de produção, que envolvem da recepção do animal, até o resfriamento. O restante do volume é utilizado para outros fins, como limpeza de caminhões, limpeza e higienização de equipamentos e ambientes, operações unitárias de resfriamento e cozimento além do consumo em laboratório e cozinha. Todas as águas e efluentes do processamento e de outras utilidades são enviadas para a E.T.E onde é utilizado um processo de lagoas de estabilização.

Para limpeza e higienização de ambientes e equipamentos, a empresa utiliza soluções sanitizantes ácidas e alcalinas às quais são posteriormente descartadas como efluentes, devendo-se considerar ainda, a água utilizada para remoção do excesso destas soluções utilizadas diariamente nos processos operacionais de higienização. Os compostos químicos freqüentemente utilizados são: ácido clorídrico, ácido acético, hidróxido de amônia, hidróxido de potássio, inibidores de corrosão, detergentes alcalinos e fosfatos em concentrações que variam de 0,3 a 4,8g/L.

O processo de abate bovino compreende as operações desde recepção dos animais para inspeção até o corte final e embalagem do produto acabado. Dentre todas estas operações, cada uma das etapas do processamento utiliza uma corrente de água de processo e, conseqüentemente, gera uma corrente do respectivo efluente. No entanto, nesta pesquisa, foi analisada apenas uma corrente do afluente, que é a mesma para todas as etapas do processamento (água do processo) e o efluente de três etapas do processo devido aos seguintes fatores: O processo de abate dividido em área suja e área limpa está sendo demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma do processo de abate bovino, dividido em área suja e área limpa.

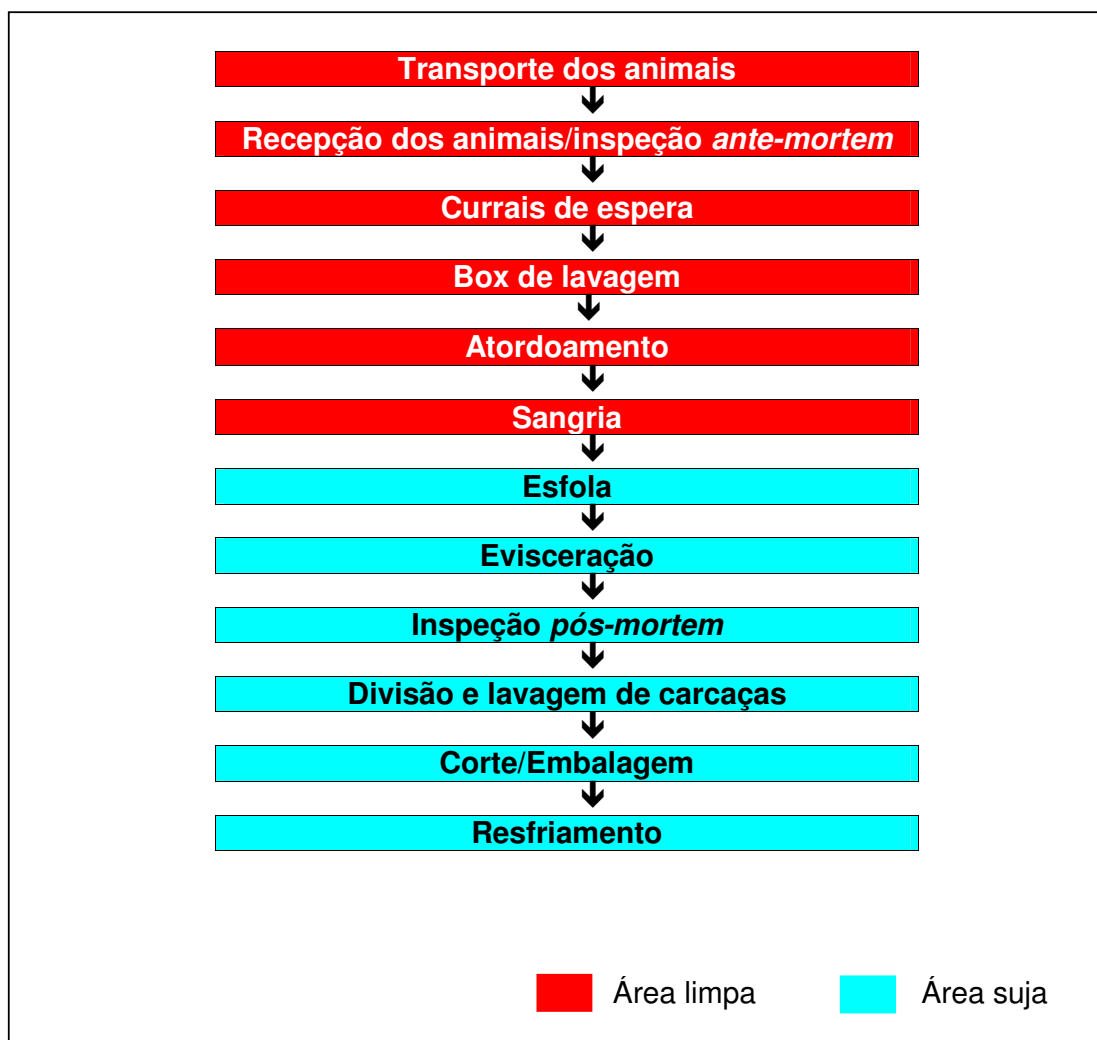


Figura 3: Fluxograma do processo de abate bovino

- As etapas iniciais, denominadas de etapas da área “suja” (recepção e inspeção dos animais para abate, currais de espera, currais de matança), utilizam água apenas para a limpeza do piso, sendo o total utilizado de 20m³/h. Nesta fase do processo, o animal excreta uma quantidade elevada de vômito, fezes e sangue (sangria), conseqüentemente o efluente permanece com uma carga orgânica elevada tornando-se inviável a possibilidade de estudá-lo para fins de reuso. Além de todas estas características, os efluentes escoam para uma calha com fundo falso, que está diretamente ligado às linhas de efluente global da empresa, tornando sua amostragem muito difícil.
- As etapas do processo de atordoamento, evisceração e sangria, além de utilizar água para a limpeza de pisos e higienização de equipamentos, utiliza água de forma direta nos animais abatidos. Porém, nesta etapa, há uma extração volumétrica de sangue bastante significativa. Assim, ao final destas etapas, o efluente contém um teor de matéria orgânica (sangue) elevado, tornando também inviável a possibilidade de estudá-lo para fins de reutilização no processo. As etapas de inspeção *pós-mortem* e corte/embalagem, não utilizam água diretamente com o produto, utilizando água apenas na limpeza de pisos e higienização dos equipamentos e utensílios envolvidos. A forma de coleta destes efluentes é semelhante às das etapas iniciais, o que também inviabiliza sua amostragem. Estas etapas em conjunto com as outras utilizadas na fábrica somam 21m³/h de água consumida.

Dentre todas as etapas de processamento, restaram apenas as operações de box de banho dos animais, esfolagem, e lavagem de carcaças. Estas etapas utilizam água diretamente em contato com o produto (animal abatido), excretando quantidades inferiores de sangue comparadas com as etapas descritas anteriormente. Além deste fator, nesta etapa denominada “área limpa” não há mais a presença de fezes e vômito, tornando o efluente mais clarificado com menor concentração de matéria orgânica. Por estes motivos, decidiu-se abordar estas três etapas do processamento de carne bovina.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE PROCESSO (ÁGUA INDUSTRIAL)

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos nas análises da água utilizada no processo após o sistema de tratamento. Os valores apresentados são uma média dos cinco valores obtidos nas determinações das cinco amostras coletadas. São apresentados também os valores máximos e mínimos encontrados, mostrando a faixa de variação destes valores.

Tabela 3: Características da água de processo utilizada pela empresa

ANÁLISE	UNIDADE	VARIAÇÃO	MÉDIA
pH		6,50 a 6,91	6,79
Temperatura	°C	20,0 a 21,8	20,8
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	40,7 a 43,0	42,1
Alcalinidade parcial	mg CaCO ₃ /L	11,2 a 12,8	11,9
Sólidos Totais (ST)	mg/L	36,9 a 39,1	37,6
Sólidos Voláteis (SV)	mg/L	21,0 a 22,8	22,2
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/L	-	-
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	mg/L	-	-
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	mg/L	36,9 a 39,1	37,6
Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV)	mg/L	21,0 a 22,8	22,2
Demanda química de oxigênio (DQO)	mg/L	*	*
Cloro residual	mg/L	1,2 a 1,7	1,5
Óleos e graxas	mg/L	-	-
Vazão	m ³ /h		140

*Fora dos limites de confiabilidade do método - Valores não detectados

Verificou-se que toda a água que abastece o processamento da carne bovina, oriunda de poços artesianos, atende aos parâmetros da água impostos pelo CONAMA. No entanto, não há legislação específica para a qualidade da água a ser utilizada neste processo. Os parâmetros de qualidade neste tipo de indústria baseiam-se nos padrões estabelecidos para o produto final. Estes padrões são controlados pelo Ministério da Saúde e pelas suas condições sanitárias. O principal padrão é a contaminação bacteriana do produto. Para minimizar a contaminação bacteriana, em todas as operações realizadas nesta indústria, utiliza-se o cloro adicionado à água como agente sanitizante. A concentração do cloro residual que deve ser mantida na água para garantir o grau de sanitização é de 1,5mg/L, podendo assim, observar que a água atende este quesito.

Na ausência de um padrão geral para águas processuais, os valores apresentados na Tabela 3 serão utilizados como parâmetros de comparação dos efluentes de cada etapa do processo para fins de reutilização.

Estes parâmetros, apresentados na Tabela 3, foram considerados neste estudo como sendo os limites de tolerância exigidos para o processo, quando a água estará em contato direto com a carne em processamento.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE SAÍDA DO BOX DE LAVAGEM (BANHO DOS ANIMAIS)

O banho dos animais antes da etapa de atordoamento é fundamental para a obtenção de um produto final de boa qualidade sensorial. Ele atua diretamente sobre o fator maciez, que no âmbito comercial é uma das principais características de um produto adequado ao consumo (indicador de qualidade).

Outro fator fundamental é a higienização do couro antes do corte. A lâmina de corte tem contato direto com as carcaças durante a operação de corte do couro. A cada animal abatido é efetuada uma higienização individual de cada lâmina, com uma solução de iodo. A ação da superfície contaminada do instrumento é muito rápida, ou seja, quanto maior a redução de sujidades do couro do animal, sejam de origens físicas ou biológicas, menores serão as chances de ocorrer uma contaminação cruzada na carcaça.

Sobre esta ótica, o animal que foi submetido à ação do cloro durante o banho, contém em seu couro uma concentração menor de agentes contaminantes, que foram degradados pelas ações bactericida e fungicida do cloro, evitando assim, a contaminação cruzada que inicia no corte e pode estender-se ao longo da linha de produção, chegando até o consumidor.

O cloro, como agente oxidante, penetra na célula dos microrganismos e combina-se com alguns componentes citoplasmáticos, ocasionando a morte dos mesmos. Como agente inibidor das funções enzimáticas, o cloro age mais

lentamente porque necessita de tempo para a difusão no citoplasma, sendo também mais eficiente na inativação de bactérias incrustadas nos sólidos em suspensão por causa da difusão no citoplasma, sendo mais eficiente na inativação de bactérias incrustadas na superfície do couro do animal e também nas fezes aderidas no animal.

Desta maneira, a vazão do jato de água hiperclorada, pode ser otimizada com o intuito de economia da mesma. Isto faria com que o tempo de contato da superfície do couro contaminado com a água clorada permanecesse constante, apenas variando o volume da água sobre a superfície, proporcionando da mesma forma a ação degradativa dos microrganismos. Esta possibilidade deve ser investigada com o intuito de diminuir o consumo de água nesta etapa.

A característica principal da água requerida neste processo é a alta concentração de cloro ativo (hipercloração-15ppm). Como já mencionado anteriormente, toda a água utilizada pela empresa passa por um processo de cloração. Esta solução de hipoclorito de sódio é adicionada apenas na tubulação que fornece água aos esguichos utilizados na aspersion do banho. Este processo de adição de cloro é realizado por bomba dosadora em fluxo contínuo, previamente dimensionada a esta vazão. Por este motivo, o excesso de cloro não foi caracterizado nesta bateria de análises para caracterização da corrente.

A Tabela 4 apresenta os valores obtidos na caracterização da água de saída do banho.

Tabela 4: Características da água de saída do banho

ANÁLISE	UNIDADE	VARIAÇÃO	MÉDIA
pH		5,9 a 6,5	6,2
Temperatura	°C	21,2 a 24,3	22,2
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	34,8 a 36,7	35,8
Alcalinidade parcial	mg CaCO ₃ /L	9,8 a 10,4	10,0
Sólidos Totais (ST)	mg/L	2.000 a 3.600	2.620
Sólidos Voláteis (SV)	mg/L	800 a 2200	1.300
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/L	1.840 a 1980	1.870
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	mg/L	640 a 930	760
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	mg/L	160 a 1620	750
Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV)	mg/L	110 a 970	200
Demanda química de oxigênio (DQO)	mg/L	155 a 150	159
Cloro residual	mg/L	-	-
Óleos e graxas	mg/L	-	-
Vazão	m ³ /h	m ³ /h	25

*Fora dos limites de confiabilidade do método - Valores não detectados

Observa-se que os valores máximos e mínimos obtidos na caracterização das cinco amostras coletadas, numa faixa muito estreita, mostrando que há uma constância na qualidade da água efluente do processo. Esta baixa variabilidade é atribuída ao fluxo constante do processo, o que indica que os valores médios aqui apresentados são representativos das características reais do efluente. Esta mesma característica de pouca variabilidade pode ser observada também na água de processo e dos efluentes das outras etapas.

A variabilidade muito baixa dos resultados obtidos na determinação das cinco amostras foi atribuída ao fluxo constante do processamento, podendo-se utilizar os valores médios obtidos como representante das características reais dos efluentes.

Os valores obtidos na determinação dos SV, que representam o teor de matéria orgânica total, juntamente com os valores de SDV e SSV apresentam-se mais elevados comparados com os padrões estabelecidos para a água industrial. Este aumento da concentração de matéria orgânica pode ser evidenciado pelo aumento da DQO.

Esta elevação na quantidade de matéria orgânica é conseqüência da excreção do couro do animal durante o transporte e também de fezes produzidas no trajeto fazenda/frigorífico, ficando aderida a superfície do couro, sendo apenas retiradas com a pressão exercida dos jatos de água clorada e, conseqüentemente, agregadas e computadas nesta corrente de efluentes como matéria orgânica.

Estas partículas de matéria orgânica transferidas do couro para a água dificultam a hipótese de reuso desta corrente nas outras do processo sem que haja um tratamento prévio mais sofisticado da mesma, haja vista o alto risco de contaminação microbiológica e os demais cuidados sanitários exigidos nas etapas subseqüentes que tem contato com a carne.

A vazão do consumo de água neste processo foi determinada, encontrando-se o valor de 25m³/h, em todos os jatos de banho da linha de produção.

Baseando-se nas afirmações citadas acima, pôde-se constatar, que o principal requisito da água utilizada nesta operação é a alta concentração de cloro com finalidade de redução da carga microbiana contida nas superfícies externas do animal a ser abatido, sendo então, um ponto merecedor de um possível estudo da hipótese de ser reutilizado uma outra corrente de efluentes do processo.

5.4 ÁGUA DA ESFOLA

Outro ponto significativo de gasto de água foi detectado na etapa de esfola, onde o animal já foi submetido à lâmina de corte do couro e após aberto recebe um jato de água com pressão de 4 atm.

Esta operação tem finalidade de remover todo o resíduo de sangue da superfície da carcaça que não foi extraído na etapa de sangria do animal, e também resíduos de “retalhos” de tecidos que foram provocados durante a operação de corte e retirada dos miúdos.

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos na caracterização da água de saída da esfoladora.

Tabela 5: Características da água de saída da esfoladora

ANÁLISE	UNIDADE	VARIAÇÃO	MÉDIA
pH		5,91 a 6,29	6,15
Temperatura	°C	25 a 28	27
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	30 a 33,2	31,5
Alcalinidade parcial	mg CaCO ₃ /L	7,6 a 8,7	8,2
Sólidos Totais (ST)	mg/L	8.230 a 8.610	8.430
Sólidos Voláteis (SV)	mg/L	5.160 a 5.410	5.280
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/L	4.360 a 4521	4.410
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	mg/L	1.440 a 1.840	1.760
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	mg/L	3.870 a 4090	4.020
Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV)	mg/L	1.990 a 1.770	1.920
Demanda química de oxigênio (DQO)	mg/L	737.2 a 872.0	823
Cloro residual	mg/L	-	-
Óleos e graxas	mg/L	161,8 a 167,3	165
Vazão	m ³ /h		34

*Valor não significativo - Valores não detectados

O sangue é o principal resíduo e em maior quantidade nesta etapa de processamento. Sendo este parcialmente solúvel em água, é o responsável pela brusca elevação nos teores de SV, SDV e SSV, que respectivamente representam a quantidade de matéria orgânica total, solúvel e a quantidade de matéria orgânica em suspensão.

O resultado da determinação da DQO (823,0mg/L) confirma a alta concentração de matéria orgânica total do efluente, dificultando ainda mais a possibilidade do reuso desta corrente dentro do processo sem prévio tratamento.

O teor de óleos e graxas também torna-se evidente indicando a necessidade de sua remoção antes de seguir seu fluxo para um possível tratamento.

O consumo médio constatado em relação à geração de efluente nesta etapa foi de 35m³/h, isto resulta em um elevado volume de efluente a ser tratado, comparando com outras etapas de geração de efluentes.

Todo o efluente gerado nesta operação é o que apresenta maior importância com relação à carga orgânica que é enviada à E.T.E da empresa.

5.5 ÁGUA DE LAVAGEM DE CARÇAÇAS

Esta etapa do processamento consiste na operação do produto de finalização, ou seja, são retirados fragmentos aderidos à carcaça ao longo dos processos realizados anteriormente, e também resíduos de serragem que são gerados neste ponto (serra que divide as carcaças). Portanto, no banho é gasto um volume expressivo de água, pois é a última etapa onde a carne tem contato direto com a água, gerando um grande volume de efluente.

A água requerida nesta operação segue os parâmetros de água Industrial, já apresentados na Tabela 3.

Na Tabela 6 são apresentados os valores obtidos na caracterização da água de saída da lavagem de carcaças.

Tabela 6: Características da água de saída do box de lavagem das carcaças

ANÁLISE	UNIDADE	VARIAÇÃO	MÉDIA
pH		6,4 a 6,7	6,54
Temperatura	°C	21 a 25	23
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	31.5 a 33	32,5
Alcalinidade parcial	mg CaCO ₃ /L	7.41a 8.0	7,8
Sólidos Totais (ST)	mg/L	910 a 1.400	1.200
Sólidos Voláteis (SV)	mg/L	740 a 860	810
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/L	591 a 643	860
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	mg/L	423 a 520	390
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	mg/L	370 a 422	340
Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV)	mg/L	120 a 460	320
Demanda química de oxigênio (DQO)	mg/L	164.4 a 197.8	186
Cloro residual	mg/L	-	-
Óleos e graxas	mg/L	-	-
Vazão	m ³ /h		40

*Fora do limite de confiabilidade do método - Valores não detectados

O consumo de água e a geração de resíduo da operação lavagem de carcaças é de aproximadamente de 40m³/h, e a temperatura média para a lavagem é de 22°C, para que não favoreça o crescimento microbiano.

Conforme resultados apresentados na Tabela 6, o teor de ST sofreu uma pequena elevação, comparado com os padrões de processo (Tabela 3). Tal fato deveu-se à incorporação da serragem do osso com o efluente gerado.

Os resultados obtidos nas determinações da alcalinidade total e alcalinidade parcial não sofreram grandes alterações. Estas alterações poderiam ter ocorrido devido a particularidades desta etapa do processo de onde se poderia detectar a presença de ácido láctico, que pode ser formado quando é cessado o fornecimento de oxigênio aos músculos do animal abatido, no momento que segue a morte do animal (*rigor mortis*).

Da mesma forma que os efluentes do banho dos animais, os teores de SV, SDV, e SSV, não apresentaram valores muito acima dos padrões requeridos no processo quanto ao teor de matéria orgânica, o que é confirmado pela concentração da DQO (186mgO₂/L). Isto foi observado devido ao alto volume de sangue a ser arrastado junto ao efluente gerado, não alterando de maneira significativa a carga orgânica neste ponto.

Porém, a origem da matéria orgânica nesta etapa tem uma diferença fundamental comparada com os efluentes da etapa de banho dos animais, com relação aos aspectos sanitários, fazendo com que este efluente seja mais interessante a ser considerado para reutilização.

Não houve um valor detectável na determinação de óleos e graxas, devido a massa lipídica estar totalmente fixa a carne, e a água ter temperatura inferior à temperatura de fusão desta gordura, logo, a mesma não é dissolvida, não apresentando-se somada ao efluente deste ponto do processo.

5.6 AVALIAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DO REUSO DAS ÁGUAS

Com base no que já foi comentado nos itens anteriores, podemos dividir a água de processo em duas categorias: uma menos exigente em termos sanitários envolvendo águas de lavagens de pisos dos currais de espera e matança e recepção dos animais, boxes de lavagens de banho e atordoamento, pois não tem contato direto com a carne do animal e nem se encontram em locais que haja algum risco de contaminação; outra é aquela que é mais exigente em termos sanitários, principalmente evitando o risco de contaminação do produto final, tais como sangria, esfolação e evisceração e lavagem de carcaças.

Com isso, a reutilização dos efluentes das várias etapas do processo, tratados ou não, somente podem ser considerados naqueles menos exigentes em termos sanitários.

Para uma melhor visualização, na Tabela 7 são mostrados os valores obtidos na caracterização da água de processo e também a caracterização de todas as correntes de efluentes estudados.

Tabela 7: Tabela global dos resultados obtidos nas caracterizações

Análise	Água de processo	Água do Banho	Água da esfolação	Água de lavagem de carcaças
pH	6,79	6,2	6,15	6,54
Temperatura (°C)	20,8	22,2	27	23
Alcalinidade total mg CaCO ₃ /L	42,1	35,8	31,5	32,5
Alcalinidade parcial mg CaCO ₃ /L	11,9	10,0	8,2	7,8
Sólidos Totais (ST) mg/L	37,6	2.620	8.430	1.200
Sólidos Voláteis (SV) mg/L	22,2	1.300	5.320	810
Sólidos Suspensos Totais (SST) mg/L	-	1.870	4.410	860
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) mg/L	-	1.100	3.360	490
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) mg/L	37,6	750	4.020	340
Sólidos Dissolvidos Suspensos (SDS) mg/L	22,2	200	1.920	320
DQO mgO ₂ /L	*	159	823	186
Cloro residual mg/L	1,5	-	-	-
Óleos e graxas mg/L	-	-	165	-
Vazão m ³	140	25	34	40

*Fora dos limites de confiabilidade do método - Valores não detectados

Observa-se que a água do banho dos animais não possui um elevado teor de matéria orgânica e mesmo assim, boa parte da mesma encontra-se sob a forma insolúvel. Isto mostra que, com uma simples operação de filtração poderia melhorar muito as características deste efluente.

Porém, considerando ser esta água proveniente de uma etapa onde a principal fonte de matéria orgânica são as fezes dos animais durante o transporte e o confinamento, haveria necessidade de promover também uma operação de desinfecção cuidadosa, caso estas águas fossem consideradas ao reuso.

Já os efluentes da operação de esfolagem possuem uma elevada concentração de matéria orgânica. Mesmo por estes efluentes serem oriundos de uma operação “limpa”, pois não há contato com fezes animais, a matéria orgânica constitui-se principalmente de sangue animal.

O sangue, por sua constituição, é facilmente biodegradável, sofrendo o processo de putrefação e propiciando a proliferação de microrganismos naturais de sua composição e do ambiente, promovendo mau cheiro e aumentando os riscos de contaminação do produto que está sendo processado.

Para estas águas serem consideradas ao reuso, as mesmas deveriam passar por um processo físico-químico e/ou biológico para remover esta matéria orgânica, antes de seguirem para a adição de um agente desinfetante. Todas estas operações tornam estas águas menos interessante para serem reutilizadas.

O efluente do processo de lavagem de carcaças é aquele que mais se adequou com maiores possibilidades de ser reutilizado. A sua concentração de matéria orgânica não se apresentou muito elevada e também observou-se que a maior parte encontra-se sob a forma insolúvel, indicando que uma operação de filtração seria suficiente para tornar estes níveis muito baixos. Além disso, como comentado anteriormente, trata-se de uma água “limpa”, que não teve contato com fezes animais e não possui uma matéria orgânica de tão fácil biodegradabilidade, comparado com o sangue animal. O seu volume é aquele de maior significância em

todo o processamento podendo substituir totalmente a água usada em uma ou mais operações do processo.

Quanto aos outros parâmetros de interesse, verificou-se que a elevação da temperatura (1,9°C) é facilmente remediável, pois essa água ainda deve passar pela operação de cloração e armazenamento, após a filtração, antes de ser reutilizada, garantindo que esta atingirá a temperatura ambiente, que é recomendável para este tipo de operação. A diminuição do pH (0,25 unidades) não é relevante, pois em um pH de 6,54 não há qualquer problema de risco associado.

Uma outra consideração importante é com relação ao teor de óleos e graxas que não foi detectado. Isto evita uma operação adicional de remoção das gorduras em caso desta água ser reutilizada.

Conforme citado anteriormente, a etapa do banho dos animais antes do abate, requer água de qualidade inferior às outras etapas da cadeia de processamento. Tendo como principal exigência alta concentração de cloro ativo.

Uma alternativa de reuso, seria encaminhar a água de saída da lavagem das carcaças aos boxes de banho dos animais. Outra possibilidade seria de encaminhar os excedentes para as águas de lavagens de pisos das etapas anteriores, ou seja: Recepção dos animais, e currais de espera e matança.

A Figura 4 apresenta o fluxograma do processo industrial com todas as etapas e indicando a corrente a ser reutilizada e pontos de distribuição da mesma.

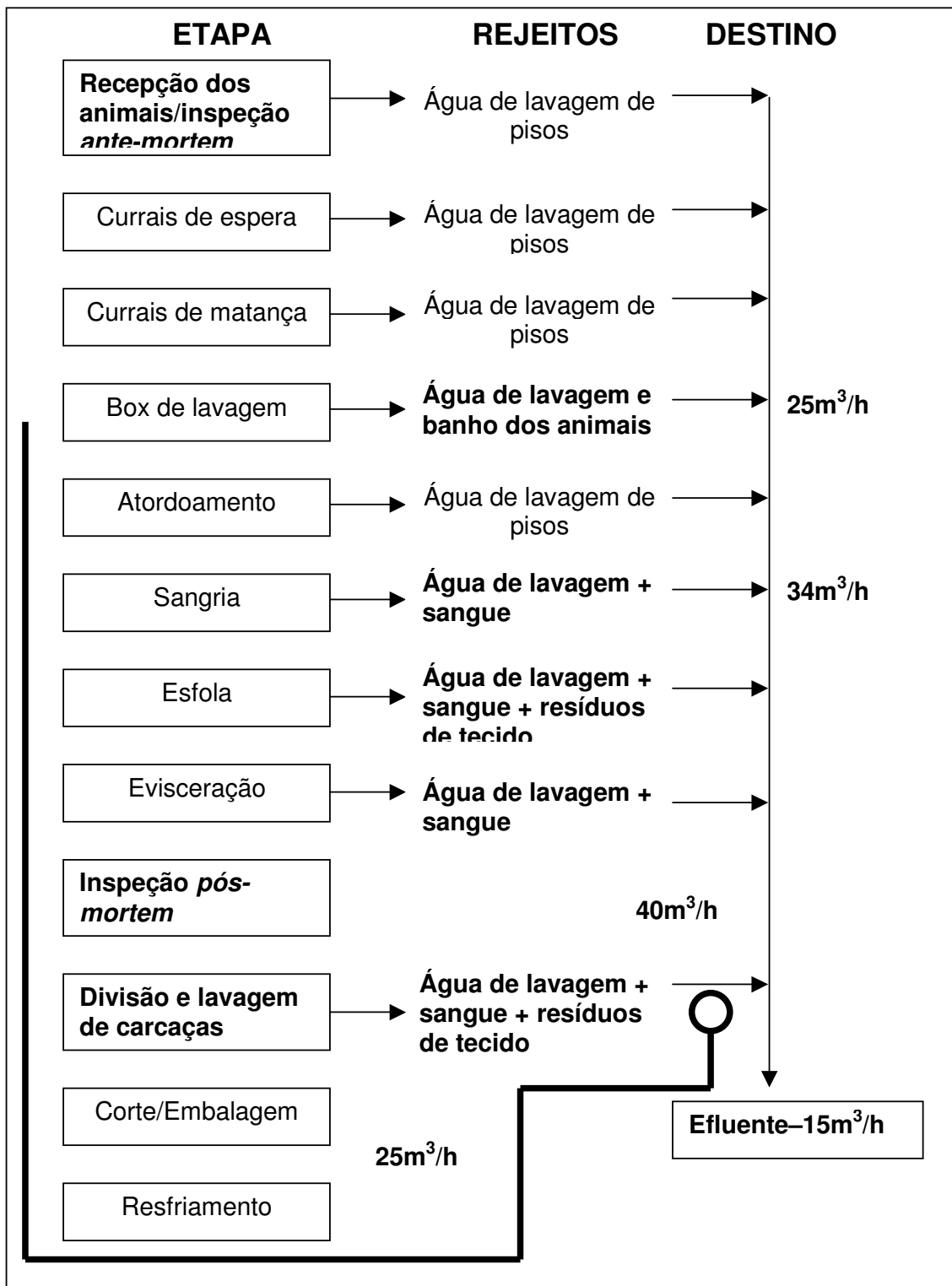


Figura 4: Processo de abate bovino com as respectivas correntes afluentes/efluentes, e sugestão para reuso

Com a alternativa apresentada, pode-se estimar que 25m³/h de água industrial hoje usada para o banho dos animais seriam economizados, este volume proveniente dos 40m³/h gerados na forma de efluente na etapa de lavagem de carcaças pré-tratadas, restando 15m³/h para serem utilizados em outras operações como primeira limpeza de pisos na área suja, que compreende desde a recepção dos animais, atordoamento e a área de vômito. Também poderia ser utilizada na lavagem dos caminhões de transporte de animais.

Atualmente, o custo da água utilizada pela empresa é nulo, desprezando-se os gastos com bombeamento, manutenção e depreciação dos investimentos feitos nos poços artesianos. No entanto, a legislação com relação ao uso da água, vem se modificando. A exploração destas águas subterrâneas será taxada em breve, a exemplo do que vem sendo praticado em países da Europa e também no Brasil (região metropolitana de São Paulo). Portanto, fica difícil neste momento fazer cálculos com relação ao custo/benefício trazidos por esta operação.

O consumo de água nos boxes de banho gira em torno de 25m³/h e o volume de efluente gerado na operação de lavagem de carcaças é de 40m³/h, o que seria possível suprir a água de consumo da operação de banho dos animais nos boxes e ainda restariam 15m³ para uso em outro ponto que fosse possível.

Com este reuso seria possível eliminar uma corrente de água de consumo de água (banho dos animais) sendo suprida com o rejeito da lavagem das carcaças. Isto representa (representaria) uma economia de 28,6 % de água.

5.7 SISTEMA DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS PARA REUTILIZAÇÃO

Como mencionado anteriormente, para o uso e acondicionamento da corrente de efluentes da etapa de lavagem de carcaças à serem utilizados no processo, haverá necessidade das seguintes operações básicas de tratamento: filtração, desinfecção, e armazenamento.

Portanto, propõem-se o seguinte fluxograma básico para efetuar estas operações, que está apresentado na Figura 5.

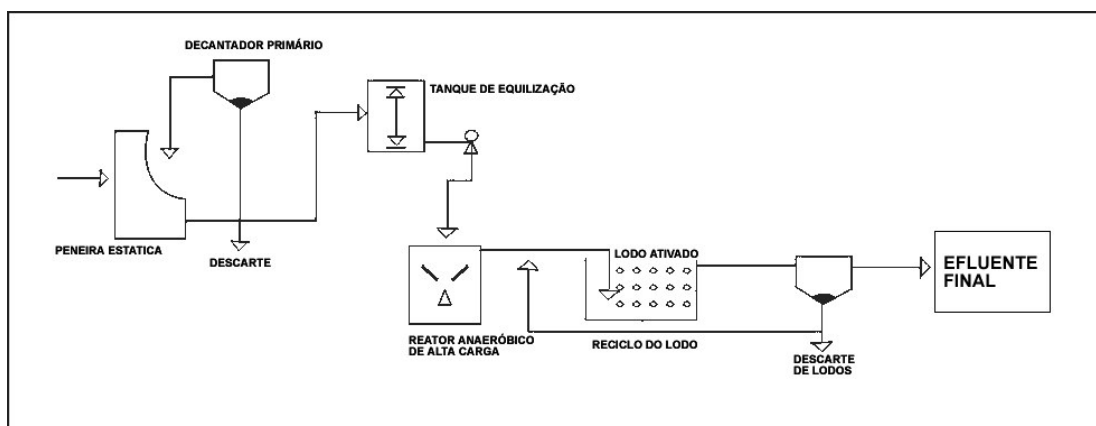


Figura 5: Fluxograma básico das operações de tratamento de efluentes da etapa de lavagem das carcaças

A peneira estática deve ser dimensionada com uma abertura de 1mm para a retenção de sólidos mais grosseiros, principalmente farelos de serragem de ossos e retalhos de tecidos cárneos, para estender o tempo de operação no que se refere a operação de filtração subsequente.

A operação de filtração pode ser feita com um filtro tipo rápido ($Q/A = 5$ a $25\text{m}^3/\text{h.m}^2$), para que se tenha um efluente clarificado, afim de que os aspersores de água da operação do banho dos animais, não venham a ser obstruídos.

Opcionalmente, pode-se adicionar agentes flocculantes como $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (sulfato de alumínio) ou FeCl_3 (cloreto férrico), para aumentar a eficiência da filtração.

A operação de cloração pode ser realizada em linha com a injeção da solução de NaHOCl_3^- (hipoclorito de sódio) num ponto de turbulência da tubulação. Caso seja necessária esta turbulência, para promover uma melhor mistura entre o desinfetante e a água, poderá ser feita através de um estrangulamento da tubulação por um tubo Venturi, que serve como um dosador da solução de hipoclorito de sódio, após sua calibração.

A água tratada poderia ser bombeada diretamente para a aspersão na operação de banho dos animais, porém, seria conveniente que houvesse um tanque pulmão para evitar o abastecimento com possíveis falhas no fornecimento de eventuais paradas no processo para manutenção no sistema de tratamento da água. A capacidade nominal do tanque pulmão, poderia ser de 160m^3 , devido a vazão ser de $40\text{m}^3/\text{h}$ e o tempo de processo ser de quatro horas.

Um ponto negativo do reuso seguido da hipercloração (15ppm), é que quando o cloro é adicionado em águas residuárias que contenham quantidades consideráveis de matéria orgânica, poderá haver formação de subprodutos que podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Uma alternativa seria verificar a possibilidade de usar outros agentes desinfetantes, que poderiam substituir o uso do cloro ativo (solução de hipoclorito de sódio) como agente desinfetante.

5.8 IMPACTOS DA PRÁTICA DO REUSO NO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

A reutilização de correntes internas do processo a princípio não traria modificações na carga orgânica média do efluente global. No entanto, como a corrente de lavagem de carcaças a ser utilizada, está sendo submetida a um processo de tratamento, a tendência seria de diminuir a carga global uma vez que boa parte da matéria orgânica solúvel e insolúvel está sendo removida. Neste caso, seria razoável considerar que a concentração de matéria orgânica e de sólidos em suspensão sejam próximas àquelas apresentadas para a água industrial.

Como não se conhece a contribuição de todas as correntes do processo, houve a necessidade de calcular a carga relativa das correntes das operações de lavagem de pisos, e de outras operações, pela carga global que chega na estação de tratamento de efluentes existente.

Segundo informações cedidas pela empresa, a carga global que chega na estação de tratamento é de $127,3\text{KgDQO}/\text{h}$. A vazão total de efluentes não foi

informada, portanto, será considerada igual a aquela que entra no sistema produtivo, que é de 140m³/h. Esta vazão de efluente pode ter uma variação, pois, por um lado há perdas no processo pela incorporação de água ao produto e pela evaporação, por outro lado o sangue drenado dos animais abatidos sai junto com os efluentes. Para efeitos de cálculo, também está sendo considerado o período de funcionamento do processo de 4 horas/dia, sendo o restante do dia dedicado a higienização de equipamentos, que gera quantidades mínimas de efluentes quando comparadas a aquelas geradas no processamento.

Conhecendo os valores de vazão e da concentração da matéria orgânica, na forma de DQO, das várias correntes do processo (Tabela 7), pode-se calcular a carga orgânica total referente a cada uma das correntes, utilizando a equação 1 e através do balanço de massa, representado pela equação 2, pode-se calcular a carga relativa às operações de limpeza de piso e outras operações de uma forma global.

$$C_o = Q_T S_T \quad (\text{Eq 1})$$

$$Q_1 S_1 + Q_2 S_2 + \dots + Q_n S_n = Q_T S_T \quad (\text{Eq 2})$$

Onde:

Q = Vazão da corrente (m³/h)

S = Concentração de matéria orgânica na corrente (KgDQO/m³)

C_o = Carga Orgânica (KgDQO/h)

T = Sub-índice da corrente Total

n = Sub-índice das várias correntes

A Figura 6 apresenta de forma gráfica a contribuição de cada uma das correntes quanto à carga orgânica do efluente final da empresa.

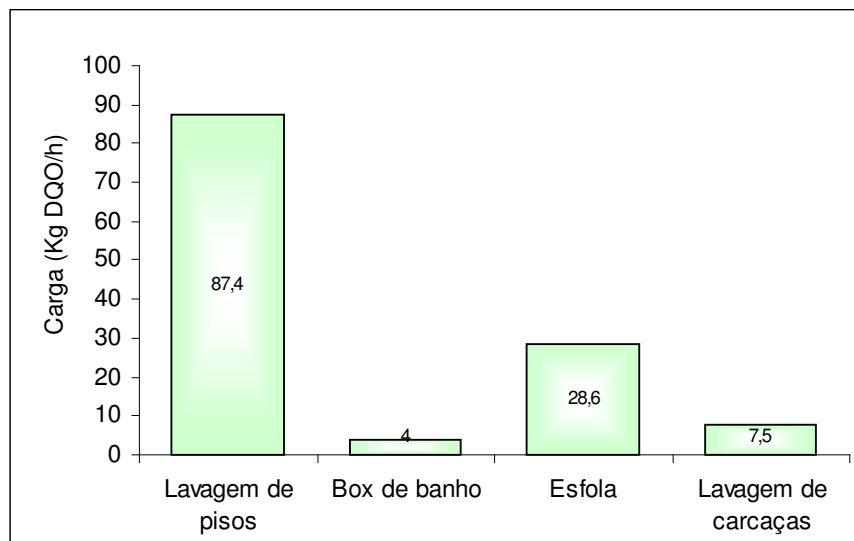


Figura 6: Contribuição de cada corrente no sistema de tratamento de efluentes

Considerando-se a hipótese de reuso proposta no item anterior, ou seja, reutilizando os efluentes da etapa de lavagem das carcaças ($40\text{m}^3/\text{h}$) nas etapas de lavagem de pisos e no banho dos animais, de forma integral, pode-se calcular a nova carga orgânica aplicada à estação de tratamento e, conseqüentemente, a nova vazão e concentração do efluente final. Os resultados dos cálculos são:

$$C_0 = 119,8\text{KgDQO/h}$$

$$Q_T = 100\text{m}^3/\text{h}$$

$$S_T = 1,198\text{KgDQO/m}^3$$

Percebe-se que a carga orgânica diminuiu em 5,9% da anteriormente aplicada, a vazão do efluente diminuiu 28,6%, da mesma forma que a economia de água na empresa, enquanto que a concentração do mesmo aumentou 15,7%. Isto trás um benefício relevante quanto ao projeto de uma planta de tratamento dos efluentes da empresa.

Com esta nova característica, pode-se calcular as dimensões básicas de uma planta de tratamento de efluentes, baseado em valores gerais da literatura (METCALF & EDDY, 1991; CHERNICHARO, 1997; SPERLING, 1997).

Supondo-se um sistema de tratamento biológico composto de um pré-tratamento utilizando um processo anaeróbio de alta eficiência, como por exemplo um reator de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), com as características de 10KgDQO/m³dia como carga orgânica hidráulica e uma eficiência de 80% de remoção de matéria orgânica, e um pós-tratamento com lodos ativados, com características de 2KgDQO/m³dia como carga orgânica hidráulica e uma eficiência de remoção de matéria orgânica de 95%, e aplicando as equações básicas de projeto, apresentadas pelas equações 3 e 4, ter-se-ia um sistema com as seguintes dimensões básicas:

$$V_R = \frac{C_0 \ 24 \ h}{q_h \ dia} \quad (\text{Eq 3})$$

$$S_{ef} = \frac{\%red \ S_{af}}{100} \quad (\text{Eq 4})$$

Onde:

V_R = Volume do Reator (m³)

q_h = Carga orgânica hidráulica (KgDQO/m³dia)

S_{af} = Concentração do afluente (KgDQO/m³)

S_{ef} = Concentração do efluente (KgDQO/m³)

Encontrou-se:

$V_{R \text{ anaeróbio}} = 287,5\text{m}^3$

$S_{ef \text{ anaeróbio}} = 240\text{mgDQO/L}$

$V_{R \text{ aeróbio}} = 288\text{m}^3$

$S_{ef \text{ aeróbio}} = 12\text{mgDQO/L}$

Observa-se que o sistema de tratamento possui tanques de dimensões proporcionais e de volumes não muito grandes, permitindo projetar-se uma planta de tratamento compacta, em termos de utilização de área para implantação. Seu efluente final pode atingir níveis elevados de depuração, conferindo características ao efluente que poderiam ser despejados na maioria dos mananciais.

Como complementação da proposta, a Figura 7 apresenta uma sugestão de um fluxograma da estação de tratamento para os efluentes desta empresa.

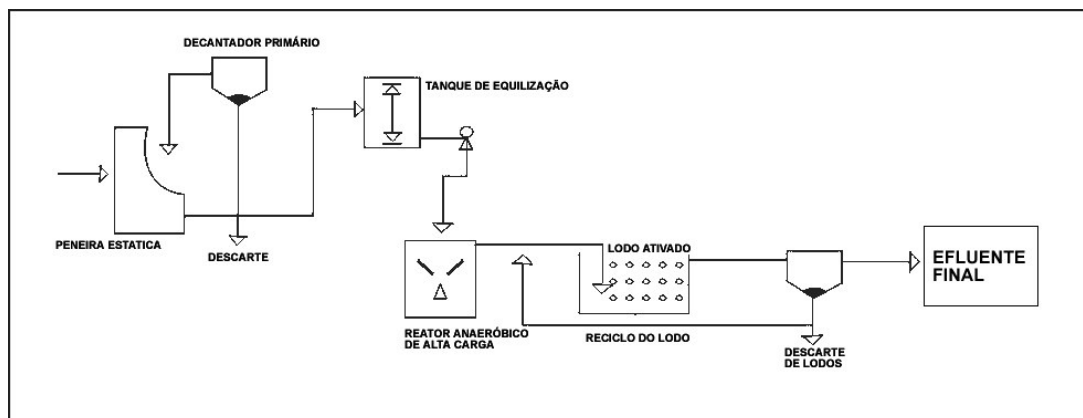


Figura 7: Fluxograma da estação de tratamento proposta para implantação

A proposta para tratamento dos efluentes gerados, parte basicamente de uma peneira estática que tem a finalidade de remoção dos sólidos grosseiros, principalmente farelos de osso que não são degradados pelas culturas de microrganismos. Em seguida, o efluente já isento de partículas físicas não degradáveis é submetido a um decantador primário que retira o excesso de matéria orgânica, fazendo com que diminua a concentração de substrato a ser degradado, uma vez que o sobrenadante do decantador terá destino às outras etapas de tratamento biológico.

Um tanque de equalização é recomendado ao processo devido a possíveis variações na vazão e na composição do efluente que possam ocorrer ao longo do período de processamento, auxiliando na homogeneização e favorecendo a eficácia nas reações de degradação.

A degradação poderia ser realizada primeiramente em um sistema anaeróbio. Este sistema é capaz de degradar substâncias orgânicas complexas transformando-as em metano e dióxido de carbono, conseqüentemente produzindo uma menor massa de lodo.

Após o digestor anaeróbio quando a maior parte da matéria orgânica já foi degradada, o efluente segue a um sistema de lodos ativados, tendo a finalidade de degradar ainda mais a matéria orgânica remanescente para atingir maiores níveis de eficiência de remoção das mesmas. Nesta etapa há necessidade de adicionar oxigênio no reator para a realização do processo. Um segundo decantador deve ser utilizado no auxílio da separação do excesso de lodo para a obtenção de um efluente final clarificado.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Constatou-se que há possibilidade de reutilizar os efluentes da etapa de lavagem das carcaças, que foi considerada uma corrente “limpa”, do ponto de vista sanitário, não apresentando maiores riscos de contaminação do produto. Estas águas podem ser reutilizadas na etapa do banho dos animais necessitando para isso um sistema de tratamento simplificado seguido de cloração para atingir as exigências do processo.

O reuso desta corrente representa para a indústria uma economia de aproximadamente 28,6% do consumo de água e uma redução de 7KgDQO/h aplicadas a estação de tratamento hoje existente.

A prática do reuso sugerido acarretará em um aumento da concentração da matéria orgânica (DQO) do efluente final de 15.7%. Este aumento vai no sentido da viabilização da implantação de um sistema de tratamento dos efluentes de alta eficiência podendo levar a altos níveis de depuração, atendendo melhor às exigências dos órgãos de controle ambiental.

Sugere-se à empresa criar e manter atualizado um banco de dados relativo ao consumo de água. Através de um acompanhamento de consumo nas diferentes etapas de produção, será possível analisar medidas tomadas com o objetivo de otimizar o uso de água, ou direcionar novas medidas. Estes dados são importantes para ações de otimizações como reciclagem, dimensionamentos de tanques para armazenagem de água, condutores de água entre outros.

Há necessidade de caracterizar outras correntes de afluentes/efluentes da linha de processamento de suínos, procurando outros pontos de reuso da corrente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, S. Fernando. Água: um bem precioso. **Revista Profissional**. CREA – SC

ALVES, F. **E se a água vier a faltar?** saneamento ambiental, n 64, p. 3, 2000.

ANELL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Microsistemas de Dados Hidrometeorológicos** – Sistemas de Qualidade de água, Agência Nacional de Energia Elétrica – Brasília 08/02/2000

ASANO, T.; LEVINE, A. D. **Wastewater reuse: a valuable link in water resources management**. WQI, n. 4, 1995, p. 20-24.

AZEVEDO NETTO, Jose Martiniano de. **Técnica de abastecimento e tratamento de água 2v**. 2. ed. São Paulo: CETESB; ASCETESB, 1976.

BARRUFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos, v. 3**. Atheneu, 1998.

BEECKMAN, G. B. **Water conservation, recycling and reuse**. Water Resources Development, vol. 14 – n. 03, p. 353-364.

BELLO, L. **Água**: a mais importante commodity do Século XXI. Revista Banas Ambiental, n. 8, p.34–42, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regulamento de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. São Paulo: Sibana, 1968, 346 p.

BRESSAN, M. C.; PEREZ, J. R. O. **Tecnologia de carnes e pescados: processamento e controle de qualidade em carnes, leites, ovos e pescados**. São Paulo: FAEPE – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 2000.

CANHOS, D. A. L.; DIAS, E. L. **Tecnologia de carne bovina e produtos derivados**. São Paulo: Secretaria da Indústria e Comércio, Ciências e Tecnologia, 1983.

CETESB. **Manual para implementação de um programa de prevenção a poluição**. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br>.

CHERNINCHARO, C. A. L. (1997). **Princípios de tratamento biológico de resíduos: reatores anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

Conselho Regional de Engenharia, arquitetura e agronomia de Santa Catarina. N° 8, p. 10 – 15, dezembro, 1999.

DIPEMAR. **Revista Nacional da Carne**, vol. 27, n. 313, ago. 2003. São Paulo.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Rio de Janeiro: Atheneu, 1998.

FELÍCIO, Pedro Eduardo de. **A indústria da carne bovina da produção ao consumo**. Centro de Pesquisa e Treinamento em Tecnologia de Carnes. ITAL / EMBRAPA, 1976.

FREITAS, K. R. **Caracterização e reuso de efluentes do processo de beneficiamento da indústria têxtil**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

GERMER, S. P.M. et al. **Princípios de esterilização de alimentos**. 2 ed. Campinas: ITAL, 1995.

HESPANHOL, I, Desenvolvimento sustentável e saúde ambiental. **Revista politécnica**. Tecnologia e ambiente: Conforto ou interação- nº 204/205, janeiro/junho de 1992.p.66-72.

HESPANHOL, I. **Esgotos como recurso hídrico parte I: dimensões políticas, institucionais, legais, econômico-financeiras e sócio-culturais**, Engenharia – Revista do Instituto de Engenharia , ano 55, n. 523, 1997 p. 45-48.

HESPANHOL, I. Esgotos como recursos hídricos: Parte I: Dimensões políticas , institucionais, legais, econômicos financeiras e sócio culturais. Engenharia – **Revista do Instituto de Engenharia**, ano 55, nº523, 1997.p.45-58.

HÜBNER, Ricardo. **Análise do uso de água em um abatedouro de aves**. Dissertação de mestrado, curso de pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

KIANG, Y. H.; METRY, A. A. **Hazardous waste processing technology**, ANN ARBOR SCIENCE: Michigan, 1982, 549 p.

KIPERSTOK, A. Tecnologias Limpas – Por que não Fazer já o que Certamente se Fará Amanhã? *Tecbahia – Revista Baiana de Tecnologia*, v. 14, n. 2, p. 45-51, 1999.

KROFTA. **Technical data sheet – sand float SAF 49**, Bulletin 8901-E, Krofta Enginnering Corporation, 1990.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. São Paulo. Dissertação de Mestrado (Escola Politécnica de São Paulo – USP), 1987.

LOPES, Luis Gustavo Cavalcanti de Oliveira; PIERI, Edson Roberto de. **Controle a estrutura variável aplicado a um atuador hidráulico**. 1997.95f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

MACHADO, F. N.; PLANCHTA, I.; RUSSO, C. Programa de gerenciamento de despejos líquidos de indústrias de processamento químico: uma proposta. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, n. 2, p. 35 – 44, 1995.

MARTIN, E. J. JOHNSON, J. H. **Hazardous waste management engennering**. Van Nostrand Reinhold Company. New York, 1987, 520 p.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering**. 3. Edition, Mc Graw Hill, 1991.

MUJERIEGO, R.; ASSANO, T. **The role of advanced treatment in wasterwater reclamation and reuse**, Water Sciense and Technology, vol. 40, n. 4-5, 1999, p. 1-9.

NOVAES, R. **Revista Banas Ambiental**. São Paulo, p. 16, agosto, 1999.

OSMONICS. **Pure water handbook**. 2. ed.. Osminics Inc., 1997.

OSMONICS. **WINFLOWS: reverse osmosis performance program** – Winflows Win95 v. 1.2.30, Osmonics Desal an Perlorica Inc., 1999.

PARDI, M. C. SANTOS, I. F. dos. SOUZA, E. R. de. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: CEGRAF-UFG, 1993.

PRÄNDL, O. FISHER, A. SCHMIDHOFER, T. **Tecnología e higiene de la carne**. Zaragoza: ACRIBIA S. A, 1994.

RIBEIRO, Leda Freitas; Universidade Federal de Santa Catarina. **Aplicação de dióxido de cloro como alternativa para desinfecção de esgotos sanitários**

tratados através de lagoas de estabilização. Florianópolis, 2001. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA SANTOS, N. E. **Utilização da análise de “Filiere” com a variável ambiental “efluentes líquidos e estações de tratamento” no estudo de comportamento das indústrias têxteis do Vale do Itajaí – SC.** Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1998.

SOUZA S.M. **Tecnologia de carnes e derivados.** Curso Técnico em Alimentos. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia. (Apostila de aula, 2003)

SOUZA, José Paulo de; Universidade Federal de Santa Catarina. **Gestão da competitividade na cadeia agroindustrial de carne bovina do Estado do Paraná.** Florianópolis, 2002. [260] f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina

SOUZA, M. P. A Cobrança e a água como bem comum. **Revista Brasileira de Engenharia.** Caderno de Recursos Hídricos, v. 13, p. 25 – 55, junho 1995.

SPERLING, Von S. **Princípios de tratamento biológico de resíduos:** lodos ativados. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 1997.

STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. Publication Office American Public Health Association. Washington, 19 ed., 1995 APHA, AWWA, WEF.

TORRES, E. M. A necessidade de redução da geração de resíduos nos processos de fabricação. **Revista de Química Industrial,** p. 12-14, 1996.

VIANA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água.** 3. ed. Belo Horizonte: Imprimatur, 1997.

WESTERHOFF, G. P. *Un update of research needs for water reuse. In Water Reuse Symposium, 3. Proceedings.* San Diego, California, 3: p. 1731-1742, 1984.

YAMAOKA, V. I. Controle Microbiológico de Carnes. **Trabalho de conclusão do curso de química industrial de alimentos.** Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí - UNIDAVI, Rio do Sul, 2003.