



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Anderson Carneiro de Souza

CONSUMO DE ÁGUA E DE ENERGIA: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DO
LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE ABATE DE ANIMAIS DO
ESTADO DA BAHIA

FEIRA DE SANTANA - BAHIA

2015

Anderson Carneiro de Souza

CONSUMO DE ÁGUA E DE ENERGIA: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DO
LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE ABATE DE ANIMAIS DO
ESTADO DA BAHIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia Civil e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Roberto M. Orrico

FEIRA DE SANTANA - BAHIA

2015

CONSUMO DE ÁGUA E DE ENERGIA: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DO
LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE ABATE DE ANIMAIS DO
ESTADO DA BAHIA

ANDERSON CARNEIRO DE SOUZA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.

Aprovada por:

Prof. Silvio Roberto Magalhães Orrico, Dr.
(Universidade Estadual de Feira de Santana)

Prof. Eduardo Henrique Borges Cohim Silva, Dr.
(Universidade Estadual de Feira de Santana)

Prof. Severino Soares Agra Filho, Dr.
(Universidade Federal da Bahia)

Prof.^a Marcia Mara de Oliveira Marinho, Dra.
(Universidade Federal da Bahia)

FEIRA DE SANTANA, BA – BRASIL

MAIO/2015

Aos meus filhos, **Gustavo** e **Enrique**, que este trabalho seja fonte de inspiração para a formação educacional deles, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus**, pelo dom da vida e pela saúde que gozo, dando-me capacidade e sabedoria para enfrentar essa etapa profissional;

Aos meus pais, **Normando e Ivone**, pela dedicação e apoio na minha formação pessoal e profissional. Ao meu irmão **Hudson** pelo incentivo;

À minha esposa, **Rita de Cássia**, pela compreensão dos momentos ausentes e apoio para a realização desta pós-graduação;

Ao INEMA, em especial à **Diretora Márcia Telles**, por viabilizar e apoiar a qualificação do corpo técnico desse Instituto;

Aos colegas de trabalho, em especial da Unidade Regional Portal do Sertão e da ATEND, que se dedicaram em selecionar os processos de licenciamento ambiental analisados nesta pesquisa;

À UEFS, por disponibilizar à sociedade um ensino de qualidade e gratuito;

Ao PPGECEA, pela oportunidade dada a diversos profissionais em se qualificar na área ambiental;

Aos professores do PPGECEA, pela dedicação e conhecimentos transmitidos;

Aos professores **Eduardo Cohim, Sandra Furiam, Roque Angélico e Maria do Socorro** pela paciência e contribuições que herdarei para toda a minha vida profissional;

Aos colegas de curso, em especial a **Aline, Josi, Zenilda, Juliana e Fernanda**, pela ajuda nos trabalhos acadêmicos e pelos momentos felizes que passamos, sem esquecer os momentos difíceis que nos ajudaram a crescer nesta etapa profissional;

A **Mariana e Kátia**, pela disponibilidade e disposição em resolver os problemas administrativos do curso;

A todos os colegas e amigos que contribuíram e deixaram suas digitais neste trabalho, incluindo **Isys, Rubyana e Paulo Sérgio** pelos conhecimentos aqui depositados;

Por último, agradeço ao Professor **Silvio Orrico** pela orientação, paciência, compreensão e conhecimentos transmitidos e por ser o grande incentivador para a realização deste Mestrado;

Enfim, agradeço a todos que direta e indiretamente contribuíram para esta realização.

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGECEA/UEFS como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

CONSUMO DE ÁGUA E DE ENERGIA: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DO
LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE ABATE DE ANIMAIS DO
ESTADO DA BAHIA

Anderson Carneiro de Souza

Maio/2015

Orientador: Prof. Dr. Silvio Roberto Magalhães Orrico

Programa: Engenharia Civil e Ambiental

O Brasil atualmente é um dos maiores produtores e exportadores de carne no mundo. Apesar deste enfoque positivo, agrega-se a esta atividade impactos ambientais que necessitam ser analisados. Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar o consumo de água e de energia informados nos processos de licenciamento ambiental do estado da Bahia para a atividade de abate de animais. Para isso, utilizou-se de dados de 13 abatedouros e 12 frigoríficos protocolados no INEMA no período de 2006 a 2012. Os resultados indicaram que 75% das indústrias que abatem bovinos possuem altos índices de consumo de água, com resultados médios de 1.663 L/animal nos abatedouros e de 1.216 L/animal nos frigoríficos, chegando esse índice a 100% nas indústrias de abate de suínos, com consumo médio de 1.093 L/animal nos abatedouros e 1.125 L/animal nos frigoríficos. No abate de frango, o consumo médio de água foi de 16 L/animal nos abatedouros e 18 L/animal nos frigoríficos, compatível com dados de *benchmark* do setor. No aspecto energia não foi possível quantificar o consumo total devido à inexistência de dados de consumo de energia elétrica. Quanto à energia térmica, tanto as indústrias de abate de bovinos, consumindo em média 241,9 kWh/animal, como a de frango, com consumo médio de 1,8 kWh/animal nos abatedouros e 1,6 kWh/animal nos frigoríficos, apresentaram valores elevados, ressaltando-se a falta de dados desta natureza no abate de suínos. A inexistência tais dados indica que esse tipo de abordagem ainda não é uma iniciativa do Órgão Ambiental e que o conceito de ecoeficiência não está incorporado nas análises do licenciamento ambiental.

Palavras-chave: consumo de água, consumo de energia, frigorífico, abatedouro, abate, Órgão Ambiental e licenciamento ambiental.

Dissertation Abstract presented to PPGECEA/UEFS as a partial fulfillment of the requirements for Master Degree at Science (M.Sc.)

WATER AND ENERGY CONSUMPTION: AN ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE
OF ENVIRONMENTAL LICENSING IN ANIMALS SLAUGHTERING INDUSTRY
FROM THE STATE OF BAHIA

Anderson Carneiro de Souza

May/2015

Counselor: Prof. Dr. Silvio Roberto Magalhães Orrico

Department: Civil and Environment Engineering

Brazil is nowadays one of the largest producers and exporters of meat in the world. Despite this positive result, the environmental impacts which were caused by those production activities need to be analyzed. Thus, this paper aimed to evaluate the consumption of water and energy, informed in the environmental licensing processes in Bahia, spent for animal slaughtering activity. For that, data from 13 slaughterhouses and 12 refrigerators recorded in INEMA, from 2006 up to 2012 were used. The results have showed that 75% of the industries that slaughter cattle have high rates of water consumption, with average scores of 1.663 L/animal in slaughterhouses and 1,216 L/animal in cold storage chamber, reaching this figure to 100% in pig slaughtering industries, with an average consumption of 1,093 L/animal in slaughterhouses and 1,125 L/animal in refrigerating chambers. In chicken slaughtering, the average water consumption was 16 L/animal in slaughterhouses and 18 L/animal in cold storage chamber, compatible to benchmark data in the industry. In the energy aspect, it was not possible to quantify the total consumption due to the absence of electricity consumption data. Related to thermal energy, both cattle slaughter industries, which consume on average 241.9 kWh/animal, such as chicken slaughter, with an average consumption of 1.8 kWh/animal in slaughterhouses and 1.6 kWh/animal in refrigerators, they have showed high values, emphasizing the lack of data from that nature for the pigs slaughtering. The absence of such data indicates that this approach is not yet part of the Environmental Agency initiatives and that the concept of eco-efficiency is also not incorporated in the analysis of environmental licensing.

Keywords: water consumption, energy consumption, refrigerating chambers, slaughter houses, slaughter, Environmental Agency and environmental licensing.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE QUADROS	xv
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL.....	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2 REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA.....	20
2.2 USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA.....	22
2.3 ASPECTOS LEGAIS PARA O USO DA ÁGUA.....	26
2.4 USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA.....	28
2.5 CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA.....	32
2.5.1 Tipos de Reúso da Água	34
2.5.2 Programa de Conservação e Reúso de Água	37
2.5.3 Reúso da Água na Indústria Frigorífica	40
2.6 PRATICAS DE P+L NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA.....	42
2.7 CONSUMO ENERGÉTICO NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA.....	47
2.8 LICENCIAMENTO AMBIENTAL NO ESTADO DA BAHIA.....	53
3 METODOLOGIA	57
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	57
3.2 OBJETO DE ESTUDO.....	57
3.3 COLETA DE DADOS.....	57
3.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1 CONSUMO DE ÁGUA NO PROCESSO DE ABATE DE ANIMAIS.....	62
4.1.1 Bovinos	62
4.1.2 Suínos	71
4.1.3 Frango	76
4.2 CONSUMO DE ENERGIA NO PROCESSO DE ABATE DE ANIMAIS.....	81
4.2.1 Bovinos	81
4.2.2 Frango	84

4.3 OS CONSUMOS DE ÁGUA E DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE ABATE DE ANIMAIS E A RELAÇÃO COM LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....	88
5 CONCLUSÃO	91
REFERÊNCIAS	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas comuns nos processos de abate de boi, frango e porco	21
Figura 2 - Demandas de consumo de água no Brasil.....	23
Figura 3 - Demandas do consumo de água nas Bacias Hidrográficas do Atlântico Leste e do São Francisco.....	24
Figura 4 - Consumo de água nos frigoríficos de frango.....	29
Figura 5 - Consumo de água no processo de abate de frango.....	30
Figura 6 - Priorização das ações de conservação da água	33
Figura 7 - Etapas para implantação de um PCRA.....	38
Figura 8 - Fluxograma para implementação do plano de conservação e reúso da água	39
Figura 9 - Técnicas de minimização de resíduos (P+L)	43
Figura 10 - Percentuais das fontes de energia na matriz energética brasileira.....	48
Figura 11 - Princípio, objetivo e diretriz da Lei Estadual nº. 10.431 que incentivam uma melhor eficiência do processo produtivo.	56
Figura 12 - Localização dos abatedouros e frigoríficos avaliados	59
Figura 13 - Comparação do consumo médio de água dos abatedouros e frigoríficos bovinos com a tecnologia compatível	66
Figura 14 - Consumo médio de água por porte dos abatedouros e frigoríficos	67
Figura 15 - Consumo médio de água por etapa nos abatedouros e frigoríficos bovinos	69
Figura 16 - Comparação do consumo médio de água dos abatedouros e frigoríficos de suínos com a tecnologia compatível	73
Figura 17 - Consumo médio de água por etapa nos abatedouros de suínos	75
Figura 18 - Consumo médio de água por etapa nos abatedouros de suínos	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de água em abate de animais.....	31
Tabela 2 - Consumo de água na indústria frigorífica da Dinamarca.....	31
Tabela 3 - Classes de água para reúso definidas pela NBR 13.969.....	36
Tabela 4 - Indicadores do processo produtivo em um abatedouro na Bósnia antes e depois das ações de P+L.....	46
Tabela 5 - Coeficiente de intensidade de impacto causada pela geração de eletricidade.....	49
Tabela 6 - Percentual do consumo de energia elétrica na indústria frigorífica.....	51
Tabela 7 - Percentual do consumo de energia elétrica no processo de abate de frango.....	51
Tabela 8 - Temperatura recomendada para salas e câmaras.....	52
Tabela 9 - Consumo energético em kWh na indústria frigorífica, conforme tecnologia utilizada.....	52
Tabela 10 - Consumo de energia no processo de abate de animais.....	53
Tabela 11 - Classificação dos empreendimentos conforme porte e potencial poluidor.....	55
Tabela 12 - Porte de abatedouros e frigoríficos conforme capacidade instalada e potencial poluidor, para fins de licenciamento ambiental no estado da Bahia.....	56
Tabela 13 - Porte e produção dos abatedouros bovinos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012).....	63
Tabela 14 - Porte e produção dos frigoríficos bovinos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012).....	63
Tabela 15 - Consumo de água nos abatedouros bovinos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012).....	64
Tabela 16 - Consumo de água nos frigoríficos de bovinos licenciados no estado da Bahia.....	65
Tabela 17 - Consumo de água (L/cab) nos abatedouros bovinos licenciados no estado da Bahia por etapa (2006 a 2012).....	68
Tabela 18 - Consumo de água (L/cab) nos frigoríficos bovinos licenciados no estado da Bahia por etapa (2006 a 2012).....	69
Tabela 19 - Porte e produção dos abatedouros suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012).....	71
Tabela 20 - Porte e produção dos frigoríficos suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012).....	71

Tabela 21 - Consumo de água nos abatedouros para abate de suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012).....	72
Tabela 22 – Consumo de água nos frigoríficos para abate de suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012).....	72
Tabela 23 - Consumo de água nos abatedouros por etapa para abate de suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)	74
Tabela 24 - Consumo de água nos frigoríficos por etapa para abate de suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)	74
Tabela 25 - Porte e produção dos abatedouros de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)	77
Tabela 26 - Porte e produção dos frigoríficos de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)	77
Tabela 27 - Consumo de água nos abatedouros para abate de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012).....	78
Tabela 28 - Consumo de água nos frigoríficos para abate de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012).....	78
Tabela 29 - Consumo de água nos abatedouros por etapa para abate de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)	79
Tabela 30 - Consumo de água nos frigoríficos por etapa para abate de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)	79
Tabela 31 - Consumo de energia e de combustíveis nos abatedouros de bovinos licenciados no estado da Bahia	81
Tabela 32 - Consumo de energia nos frigoríficos de bovinos licenciados no estado da Bahia	82
Tabela 33 - Geração de vapor d'água nos abatedouros licenciados no estado da Bahia	82
Tabela 34 - Geração de vapor d'água nos frigoríficos licenciados no estado da Bahia	83
Tabela 35 - Consumo estimado de energia térmica nos frigoríficos bovinos licenciados no estado da Bahia.....	84
Tabela 36 - Consumo de energia nos abatedouros de frango licenciados no estado da Bahia	85
Tabela 37 - Consumo de energia nos frigoríficos de frango licenciados no estado da Bahia	85
Tabela 38 - Consumo de vapor d'água nos abatedouros licenciados no estado da Bahia	86
Tabela 39 - Consumo de vapor d'água nos frigoríficos licenciados no estado da Bahia	86

Tabela 40 - Consumo estimado de energia térmica nos abatedouros licenciados no estado da Bahia.....	87
Tabela 41 - Consumo de energia térmica nos frigoríficos licenciados no estado da Bahia	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aplicações e critérios de qualidade da água na atividade industrial.....	25
Quadro 2 - Tipo de reuso de água.....	35
Quadro 3 - Exemplos de indicadores ambientais utilizados para avaliar a eficiência dos processos de abates de animais.....	44
Quadro 5 - Impactos ambientais provocados pelo uso de diversas fontes de energia.	48
Quadro 6 - Medidas para redução de perdas de vapor d'água em caldeiras.....	50

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, atualmente, é um dos maiores produtores e exportadores de carne no mundo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2014; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES, 2014). Neste cenário, destacam-se as indústrias de carne bovina e de frango como os maiores produtores (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014), pois a indústria de carne suína ainda não possui a mesma dimensão produtiva, quando comparada com as outras citadas acima.

No estado da Bahia, percebe-se uma maior produção da carne bovina, diferente do que acontece no cenário nacional, em que a maior produção é a de frango (IBGE, 2014).

A atividade de abate de animais é essencial para o fornecimento de alimento para o brasileiro e, conseqüentemente, para a população baiana. Além desse benefício, tal atividade contribui para elevar os índices econômicos, principalmente da balança comercial, com a exportação desse produto. No entanto, como na maioria dos processos produtivos, devem ser adotadas medidas mitigadoras para minimizar os impactos ambientais inerentes à sua cadeia produtiva.

No caso específico da criação de bovinos e devido ao fato do Brasil desenvolver a pecuária, predominantemente, com método extensivo, essa atividade contribui bastante para o desmatamento e, conseqüentemente, para a degradação do solo, além de outros impactos como a emissão de gases de efeito estufa durante a queima da vegetação. No entanto, existem alternativas menos impactantes. Macedo (2009) cita a técnica de integração lavoura-pecuária. Nesse sistema, a produção de grãos e a criação de animais se interagem, racionalizando o uso de insumos e melhorando a fertilidade do solo, sem o uso de agrotóxicos e fertilizantes.

Na etapa de abate, os abatedouros e frigoríficos ocasionam impactos ambientais em três aspectos: geração de resíduos sólidos, emissões atmosféricas e efluentes líquidos. Os resíduos sólidos são, preponderantemente, materiais orgânicos originados de partes não comestíveis do animal, sendo que a sua destinação inadequada pode causar impactos negativos ao meio ambiente, principalmente com a geração de odores, já que se trata de material putrescível. Em empreendimentos com

uma boa gestão ambiental, os impactos são minimizados com a utilização de tais resíduos para a produção de ração animal.

As emissões atmosféricas estão relacionadas com a geração de energia térmica utilizada no processo de abate de animais. Neste caso, tanto a utilização de material lenhoso como de óleo combustível pode ocasionar incômodos à população circunvizinha e, num caso mais extremo, alterar a qualidade do ar.

De todos os aspectos ambientais citados, o efluente líquido gerado na indústria de abate de animais é o que causa maior impacto. O lançamento desse efluente, geralmente, ocorre em recursos hídricos superficiais, poluindo os mananciais, caso não seja tratado adequadamente.

O tratamento adequado no efluente originado na indústria de abate de animais necessita de grandes lagoas para redução da alta carga orgânica e uma boa eficiência nesse tratamento, na maioria das vezes composto por sistemas biológicos e físico-químicos, projetados para atendimentos aos padrões de lançamento permitidos na legislação ambiental. No entanto, a indisponibilidade de água em várias regiões do nosso país já não permite este tipo de comportamento. Atualmente, as indústrias já devem projetar o seu sistema de tratamento pensando na possibilidade de reúso.

No caso específico dos abatedouros e frigoríficos, a legislação sanitária pátria estabelece condições que não permitem o reúso de efluente quando este tem contato direto com o alimento. Porém, tal fato não impossibilita a prática de reúso nesse tipo de atividade, principalmente em etapas que requerem o uso menos nobre ou com qualidade de água não potável. Além de diminuir os impactos ambientais, a prática de reúso também interfere no consumo de energia, já que reduz o bombeamento e tratamento de água bruta.

Apesar de estar mais relacionada como um insumo, a energia, por meio de sua geração, também provoca impactos ambientais. Em abatedouros e frigoríficos, há uma grande demanda no uso de vapor d'água, o que, conseqüentemente, impacta na emissão de gases poluentes através da queima de combustíveis em caldeiras. Sendo assim, o uso racional desse insumo também deve ter a mesma importância que a água possui ou que deveria possuir.

Portanto, água e energia são insumos essenciais para a maioria dos processos produtivos, não sendo diferente na indústria de abate de animais, devendo alcançar o máximo de eficiência produtiva de forma a reduzir também os custos de produção.

Analisando num contexto mais amplo, para além da indústria frigorífica, água e energia estão associadas. A energia é necessária para fornecer a água e, para tratar a água e o efluente gerado pelo seu uso na indústria, necessita-se de energia, deixando claro que os dois insumos possuem uma grande importância para a sociedade. Porém, de que forma esses dois insumos são vistos do ponto de vista ambiental, já que, na maioria dos empreendimentos, o que se prioriza é a questão da disponibilidade e de custos dos insumos?

Neste ponto, a presença do Estado deve ser mais intensa, cobrando dos empreendimentos a adoção de melhores tecnologias já disponibilizadas no mercado. Assim, a fiscalização e o licenciamento ambiental são instrumentos importantes, principalmente este último na etapa de instalação, quando é aprovado pelo Órgão Ambiental o processo a ser utilizado.

Quando o meio ambiente se torna uma preocupação no que se refere ao uso da água e da energia, o uso eficiente associado à redução do consumo desses insumos está muito interligado ao retorno financeiro, ou seja, à diminuição dos custos operacionais do processo produtivo. Além disso, a principal preocupação das empresas em avaliar o grau de eficiência da sua gestão ambiental é atender às obrigações legais.

Diante do exposto, percebe-se que a questão ambiental ainda necessita evoluir sob o enfoque da ecoeficiência, e a água e a energia têm um papel fundamental no processo de minimização dos impactos ambientais das atividades industriais. Neste contexto, assim como em outros aspectos, o licenciamento ambiental deve considerar o enfoque citado acima, avaliando os processos produtivos por meio de indicadores, bem como a melhor tecnologia a ser utilizada. Portanto, este cenário ocorre no estado da Bahia ou apenas é avaliada a disponibilidade desses insumos, assim como as respectivas autorizações para uso?

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os consumos de água e de energia no licenciamento ambiental do estado da Bahia para o abate de animais e relacioná-los com os valores de “benchmarking” desse setor.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar os índices de consumo total de água e por cada etapa do processo de abate de animais nos abatedouros e frigoríficos licenciados no estado da Bahia;
- Quantificar os índices de consumo total de energia, de energia elétrica e de energia térmica nos abatedouros e frigoríficos licenciados no estado da Bahia;
- Avaliar os índices de consumo de água e de energia com os valores de “benchmarking” do setor de abate de animais do estado da Bahia;
- Analisar os procedimentos adotados no licenciamento ambiental e seus impactos nos índices obtidos de consumo de água e de energia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

Os empreendimentos responsáveis pela indústria de abate de animais podem ser classificados em Matadouros e Frigoríficos, podendo ser acrescidas as Graxarias. A diferença na classificação está no nível de processamento do abate animal, conforme definições a seguir:

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

Frigoríficos: podem ser divididos em dois tipos: aqueles que abatem os animais, separando sua carne e vísceras, industrializando-as, gerando seus derivados e subprodutos, ou seja, fazendo todo o processo dos abatedouros/matadouros e também industrializando a carne; e aqueles que não abatem os animais, apenas compram a carne em carcaças ou cortes, bem como vísceras, dos matadouros ou de outros frigoríficos, para o processamento e geração de seus derivados e subprodutos, ou seja, somente industrializam a carne;

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

Analisando o processo da indústria frigorífica, verifica-se que muitas etapas são comuns nos processos de abate de boi, porco e frango, diferenciando-se apenas no tratamento dado ao tipo de cobertura que o animal possui. Na Figura 1, o fluxograma apresenta as etapas comuns no abate desses animais e, logo abaixo, especifica-se cada fase.

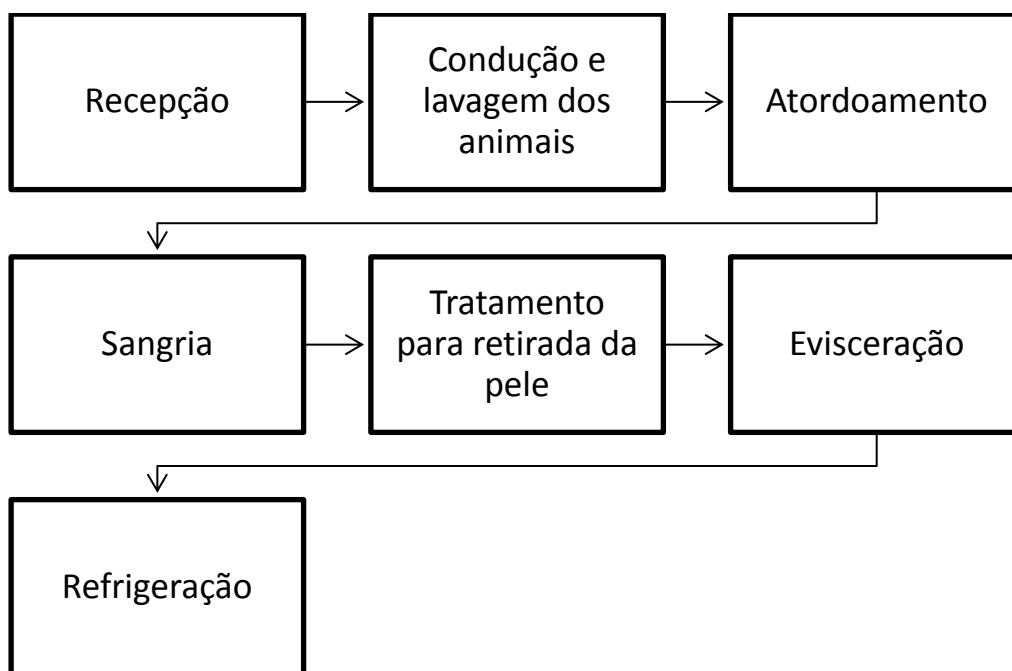


Figura 1 - Etapas comuns nos processos de abate de boi, frango e porco

Fonte: Adaptada de FEAM¹ (2010) e CETESB² (2006).

Recepção: Local onde os animais são retidos nos currais, pocilgas e engradados para o abate de bois, porcos e frangos, respectivamente. Nesses locais, os animais são inspecionados e devem passar por um período de repouso, para recuperar-se do “stress”, e por um jejum, para diminuir o conteúdo estomacal.

Condução e Lavagem dos animais: No caso do abate de bovinos e suínos, estes são conduzidos por corredores cercados em direção ao abate, ao mesmo tempo em que recebem jatos ou “sprays” de água clorada. Para o abate de frangos, estes são transportados por esteira móvel, onde ficam dependurados pelos pés.

¹ FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente do estado de Minas Gerais.

² CETESB - Companhia Ambiental do estado de São Paulo.

Atordoamento: Método utilizado para evitar dor no processo de sangria. Tanto no abate de bovinos quanto de suínos e de frangos, são utilizadas descargas elétricas para atordoar o animal. A CETESB (2006) cita outro método no qual os animais são colocados em uma câmara rica em gás carbônico (CO₂), sendo atordoados por falta de gás oxigênio (O₂).

Sangria: Operação realizada para retirada do sangue, em que os animais ficam pendurados em trilho aéreo para drenagem desse material.

Escaldagem: Após o tempo necessário para a drenagem de todo o sangue, os animais são imersos em tanque com água quente (60 a 65°C), para facilitar a retirada dos pelos, unhas ou cascos, no caso de porcos, e das penas, no caso do frango.

Depilação: Etapa para o tratamento de retirada da pele dos suínos, quando são removidos os pelos do animal por meio de máquinas de depilação compostas por cilindros giratórios com pás retangulares.

Evisceração: Fase em que são abertos a barriga e o peito do animal para retirada das vísceras, sendo estas inspecionadas e encaminhadas para processamento, de acordo com o resultado da inspeção.

Corte da Carcaça e Refrigeração: No caso de bois e porcos, as carcaças são serradas longitudinalmente, etapa esta que finaliza o processo de beneficiamento em abatedouros ou matadouros. Com a obtenção da meia carcaça e, no caso do frango, da carcaça inteira, segue o processo de beneficiamentos nos frigoríficos o qual contempla o corte e desossa e, posteriormente, refrigeração, estocagem e expedição.

2.2 USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA

A água é um tipo de insumo e/ou de matéria-prima essencial para a grande parte dos processos produtivos, situados nos mais diversos setores. Os grandes

consumos estão voltados para o uso em irrigação, indústria, abastecimento humano (urbano e rural) e criação de animais, conforme apresentado na Figura 2.

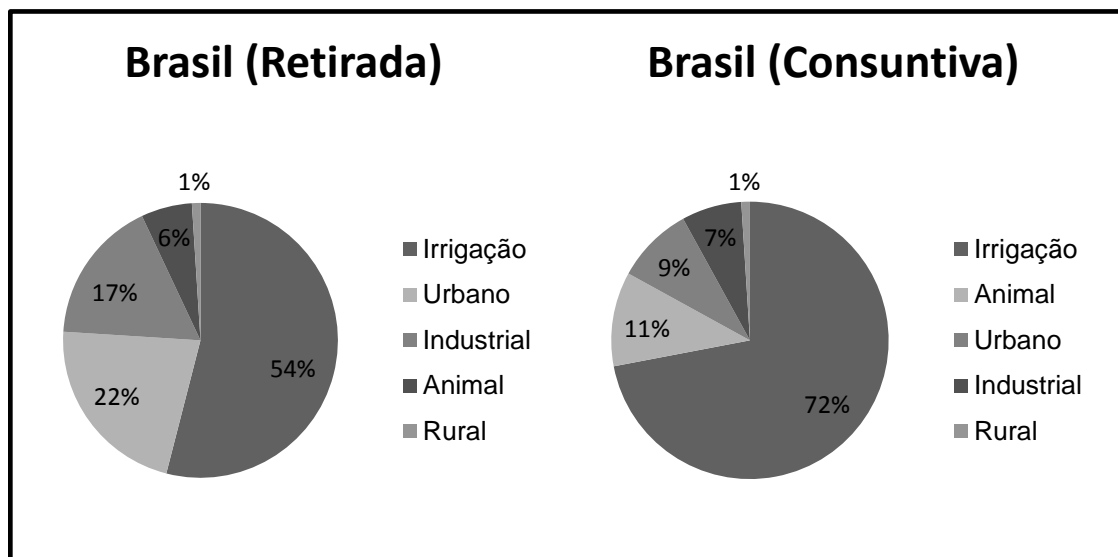


Figura 2 - Demandas de consumo de água no Brasil

Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA) (2013)

Na indústria em geral, o grande consumo de água está voltado para as funções ou equipamentos responsáveis pela transferência de energia. Estudos realizados pela Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM), da UFBA – Universidade Federal da Bahia, indicam que em algumas indústrias, como siderúrgicas, metalúrgicas e petroquímicas, a água de reposição (“makeup”) dos sistemas de resfriamento representa mais de 50% da demanda de água desses empreendimentos (KIPERSTOCK *et al.*, 2011).

No Brasil, a agricultura é o setor que mais demanda o uso de água. Além desse setor, o consumo urbano ainda requer um gasto maior que o setor industrial, conforme pode ser observado na Figura 2. Quando tal cenário é avaliado sobre o aspecto da demanda consuntiva, o setor industrial ainda tem um consumo menor do que é utilizado para dessedentação de animais. Mesmo não tendo um grande impacto na quantidade de água utilizada nos seus processos, há no setor industrial uma atenção maior da sociedade e dos órgãos fiscalizadores pela qualidade que essa água (efluente líquido) é devolvida ao meio ambiente.

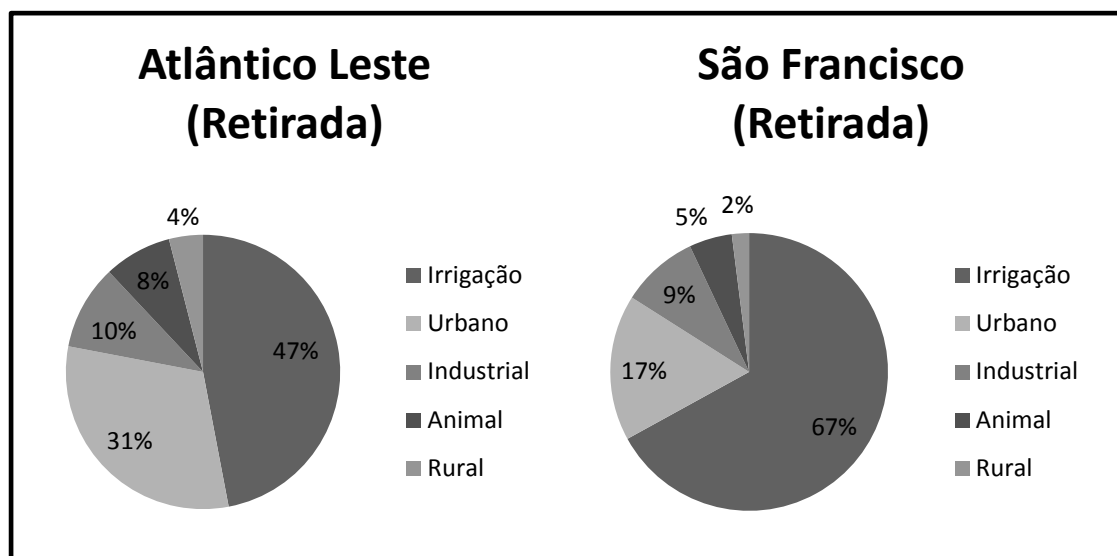


Figura 3 - Demandas do consumo de água nas Bacias Hidrográficas do Atlântico Leste e do São Francisco

Fonte: ANA (2013)

Quando se analisa tal questão para as bacias hidrográficas do São Francisco e do Atlântico Leste, parte delas inserida no estado da Bahia, percebe-se, conforme Figura 3, que o setor industrial ainda tem uma contribuição menor no consumo de água se comparado ao consumo nacional.

Além da quantidade, outro aspecto importante é a qualidade da água a ser utilizada no setor industrial que, conforme o segmento, pode utilizar esse recurso hídrico com características bastante variáveis. Um bom exemplo é a indústria de bebidas, em que boa parte da composição de refrigerantes e cervejas é composta por água, tendo a qualidade desta uma grande importância devido ao fato de interferir diretamente na qualidade do produto.

A qualidade e a disponibilidade da água em quantidade suficiente são essenciais para que o setor industrial opere e expanda as ações que serão necessárias nos seus processos produtivos. Mierzwa e Hespanhol (2005) e a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e o Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP/CIESP, 2004) citam no Quadro 1 as aplicações e os critérios de qualidade da água que podem ser utilizados na indústria, com definições e exemplos práticos.

Quadro 1 - Aplicações e critérios de qualidade da água na atividade industrial

	Aplicações	Critérios de Qualidade
Consumo humano	Utilizada em ambientes sanitários, vestiários, cozinhas e refeitórios, bebedouros, equipamentos de segurança ou em qualquer atividade doméstica com contato humano direto.	Água potável, atendendo às características estabelecidas pela Portaria nº 2.914 de 12/12/2011, do Ministério da Saúde.
Matéria-prima	Pode ser incorporada ao produto final, a exemplo do que ocorre nas indústrias de bebidas, ou, então, a água é utilizada para a obtenção de outros produtos.	Admite-se a utilização de água com característica equivalente ou superior à da água potável, para proteção dos consumidores finais e/ou a qualidade final do produto.
Uso como fluido auxiliar	Pode ser utilizada em diversas atividades, destacando-se a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo ou, ainda, para as operações de lavagem.	Caso entre em contato com o produto final, será mais ou menos restritivo, em função do tipo de produto que se deseja obter. Não havendo contato, esta poderá apresentar um grau de qualidade menos restritivo que o da água potável.
Uso para geração de energia	Pode ser utilizada para transformação da energia cinética, potencial ou térmica, acumulada na água, em energia mecânica e, posteriormente, em energia elétrica.	Para a energia potencial ou cinética, pode ser utilizada na forma bruta, devendo impedir materiais de grandes dimensões. Para a energia térmica, deve-se apresentar um elevado grau de qualidade, evitando problemas nos equipamentos.
Uso como fluido de aquecimento e/ou resfriamento	Remoção do calor de misturas reativas ou outros dispositivos que necessitem de resfriamento devido à geração de calor ou, então, devido às condições de operação estabelecidas.	Para a utilização na forma de vapor, o grau de qualidade deve ser bastante elevado. Como fluido de resfriamento requer um grau de qualidade bem menos restritivo.
Transporte e assimilação de contaminantes	Bastante difundido para instalações sanitárias, lavagem de equipamentos e instalações, ou para incorporação de subprodutos sólidos, líquidos e gasosos.	A qualidade não é muito importante, sendo neste caso um uso menos nobre desse recurso hídrico.
Outros Usos	Combate a incêndio, rega de áreas verdes etc.	A qualidade também não é muito importante, devido um uso menos nobre desse recurso hídrico.

Fonte: Mierzwa e Hespagnol (2005) e FIESP/CIESP (2004)

Com relação ao consumo de água, vários fatores podem influenciar a demanda desse recurso mineral na indústria, como os citados por Mierzwa e Hespagnol (2005):

- Ramo de atividade;
- Capacidade de Produção;
- Condições climáticas da região;
- Disponibilidade;
- Método de produção;
- Idade da instalação;

- Práticas operacionais;
- Cultura da empresa e da comunidade local.

Dentre estes fatores, a idade da instalação merece ser destacada. Indústrias com tecnologias antigas ou obsoletas gastam mais água do que as indústrias mais modernas. Além disso, equipamentos antigos apresentam vazamentos com mais frequência, aumentando o consumo de água no processo produtivo.

2.3 ASPECTOS LEGAIS PARA O USO DA ÁGUA

As atividades que são desenvolvidas em qualquer setor são regidas, de uma forma ou de outra, por regras e, quando estas são estabelecidas pelo governo, são denominadas de leis. No caso da água não é diferente. Por isso, as indústrias e todos os outros usuários devem seguir as regulamentações que estabelecem objetivos, diretrizes e instrumentos para um melhor uso.

A legislação que trata dos recursos hídricos existe desde 1934, quando foi instituído o Código das Águas, por meio do Decreto de nº 24.643 (BRASIL, 1934). Somente em 1997, com a Lei de nº 9.433 (BRASIL, 1997a), é que foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Essa lei também criou o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo como um dos objetivos implantar a PNRH, com a participação, inclusive, dos comitês de bacias hidrográficas que são compostos por representantes da União, Estados, Municípios, usuários e entidades civis. Como ferramentas de gestão dos recursos hídricos, foram estabelecidos os seguintes instrumentos:

- Planos de Recursos Hídricos;
- Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- Cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- Compensação a municípios;
- Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Dentre esses instrumentos, a outorga tem uma função fundamental na conservação dos recursos hídricos, seja no aspecto quantidade, garantindo a disponibilidade de água para o usuário, seja na qualidade, através do controle de parâmetros de lançamento de efluente em corpos d'água superficiais e de estudos de autodepuração da carga poluidora.

Além da PNRH, outro instrumento legal voltado também para o controle da qualidade dos recursos hídricos é a Resolução de nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), alterada pela Resolução de nº 430/2011. Esta estabelece parâmetros para o lançamento de efluente e instituiu a classificação segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes em três classes de qualidade, bem como as diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005a; BRASIL, 2011a).

O estado da Bahia possui uma política específica para a gestão dos recursos hídricos, instituindo, através da Lei de nº 11.612 de 08 de outubro de 2009, a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Da mesma forma que na PNRH, a outorga também é um importante instrumento de gestão, sendo concedido pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), nos casos que são de competência estadual (BAHIA, 2009).

Além da outorga, a PERH estabeleceu outros instrumentos de gestão dos recursos hídricos:

- O Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH;
- Os Planos de Bacias Hidrográficas;
- O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes;
- A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- O Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos – SEIRH;
- O monitoramento das águas;
- A fiscalização do uso de recursos hídricos;
- O Fundo Estadual de Recursos Hídricos da Bahia – FERHBA;
- Conferência Estadual do Meio Ambiente.

Dentre esses instrumentos, pode-se destacar a cobrança pelo uso de recursos hídricos como sendo o único de natureza econômica, não tendo sido, ainda,

implementado tal mecanismo no estado da Bahia. Os objetivos da cobrança pelo uso da água, segundo a PERH, são:

- Conferir racionalidade econômica e ambiental ao uso da água;
- Incentivar a melhoria dos níveis de qualidade dos efluentes lançados nos corpos de água;
- Contribuir para o desenvolvimento de projetos, programas e ações contempladas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacias Hidrográficas.

Pode-se inferir que a cobrança pelo uso dos recursos hídricos é um instrumento legal com capacidade de interferir na racionalização do uso da água e de contribuir para a implementação de outros instrumentos, minimizando a poluição e maximizando a oferta e qualidade desse recurso indispensável para muitas atividades, entre estas, a atividade industrial.

2.4 USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

A água é um insumo indispensável para a maioria dos processos produtivos e, a depender da atividade, ingressa diretamente no processo como matéria-prima, conforme já relatado nesta dissertação. No caso da indústria frigorífica, a realidade não é diferente, já que a água é utilizada para diversos usos, sendo essencial ao funcionamento dessa atividade, bem como ao atendimento da legislação sanitária.

O uso elevado desse recurso hídrico na indústria frigorífica está associado a padrões sanitários de higiene, tendo como principais usos as seguintes atividades:

- Consumo animal e lavagem dos animais;
- Lavagem dos caminhões;
- Escaldagem e “toilette”, para suínos;
- Lavagem de carcaças, vísceras e intestinos;
- Movimentação de subprodutos e resíduos;
- Limpeza e esterilização de facas e equipamentos;

- Limpeza de pisos, paredes, equipamentos e bancadas;
- Geração de vapor;
- Resfriamento de compressores.

Dentre os procedimentos citados acima, as operações de lavagem são as que mais demandam água no processo de abate de animais. Além disso, outros fatores influenciam no consumo de água, como as características da unidade (abatedouro, frigorífico, com ou sem graxaria etc.), a tecnologia adotada, “lay-out” da planta, procedimentos operacionais, entre outros (CETESB, 2006).

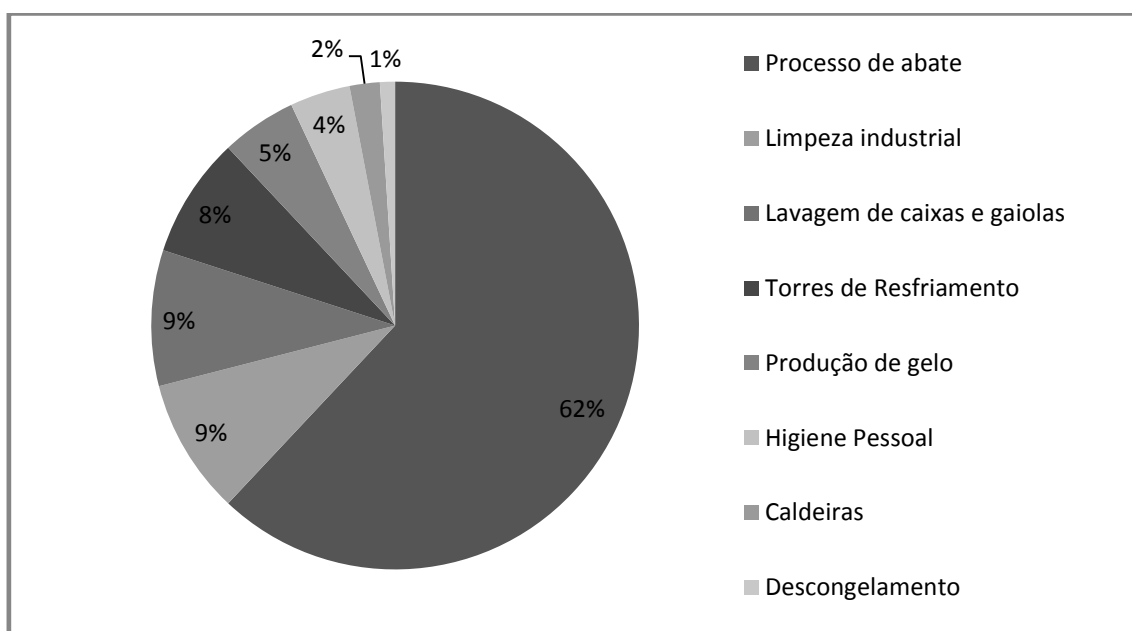


Figura 4 - Consumo de água nos frigoríficos de frango

Fonte: Amorim, Nardi e Nery (2007).

Amorim, Nardi e Nery (2007) avaliaram o consumo de água em um frigorífico de aves e constataram, conforme demonstrado na Figura 4, que grande parte deste consumo está relacionada com o abate industrial e limpeza e higienização do processo, sendo responsáveis, respectivamente, por 62% e 9% do total de água consumida.

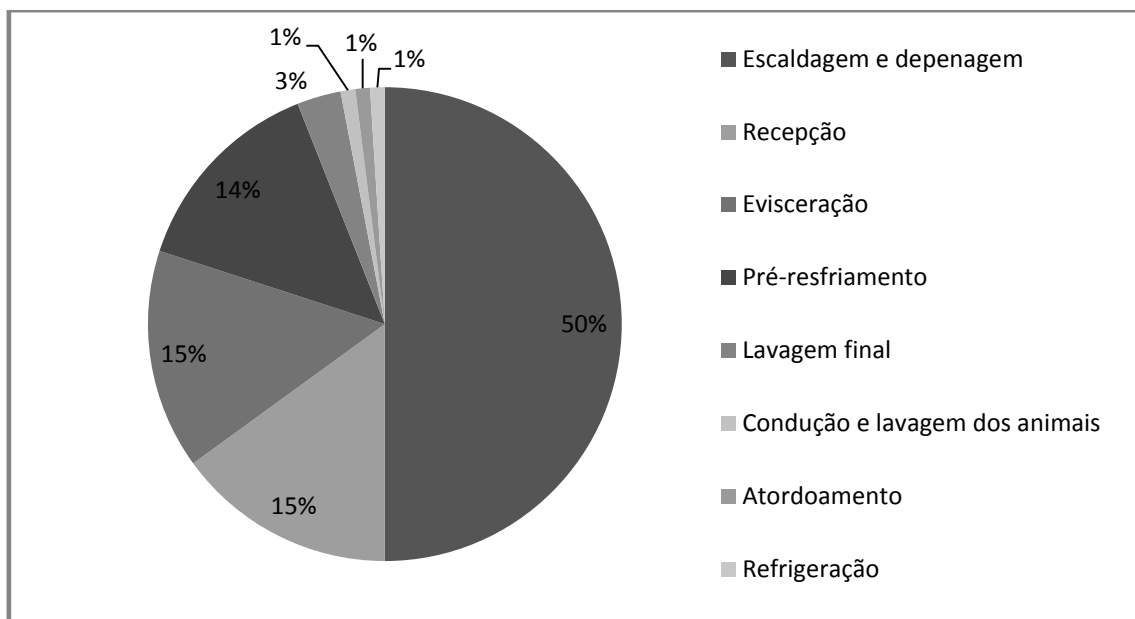


Figura 5 - Consumo de água no processo de abate de frango

Fonte: Amorim, Nardi e Nery (2007)

Quando a análise realizada por Amorim, Nardi e Nery (2007) é efetuada especificamente no processo de abate de frango, metade do consumo de água é usada na etapa de escaldagem e depenagem, como apresentado na Figura 5.

No caso de abate bovino, Martins, Astorga e Silveira (2006) constataram que 90% do consumo de água estão relacionados às etapas de abate, limpeza dos currais e dessedentação, percentual este maior quando comparado às etapas similares do processo de abate de aves.

Na indústria de abate de suínos, Krieger (2007) constatou que a etapa de abate também é responsável pelo maior consumo de água, com 39% da demanda total. Nesse estudo, o consumo de água nas torres de resfriamento (26%) foi superior ao consumo requerido pela etapa de limpeza e higienização (18%), fato este que pode estar associado a alguma anormalidade operacional, já que em outros estudos a última etapa demanda mais água.

Na Tabela 1, são apresentados valores de consumo de água em frigoríficos de abate bovino, suíno e de frango, relatados em estudos desenvolvidos por diversos autores e instituições.

Tabela 1 - Consumo de água em abate de animais

País	Consumo de água no abate (L/animal)			Tipo	Referência
	Bovino	Suíno	Frango		
Brasil	2.532	---	---	Frigorífico	Martins, Astorga e Silveira (2006)
	2.312	---	---	Frigorífico	Forlani, Medeiros e Léo (2004)
	1.000 – 3.000	---	---	Frigorífico	CETESB (2006)
	1.000	---	---	Abatedouro	CETESB (2006)
	3.864	---	---	Frigorífico + Graxaria	CETESB (2006)
	---	400 – 1.200	---	Abatedouro	CETESB (2006)
	---	500 – 1.500	---	Frigorífico	CETESB (2006)
	---	---	17,6 -24	Frigorífico	Unfried e Yoshi (2012)
	---	776	---	Abatedouro + Graxaria	Krieger (2007)
	---	---	16,9	Frigorífico	Matsumura (2007)
Dinamarca	---	---	23,8	Abatedouro	Silva (2007)
	1.000	300	---	Frigorífico	UNEP (2000)
Canadá	800 – 1.700	180 - 230	---	Frigorífico	UNEP (2000)
Bolívia	973 – 2.800	373 - 500	--	Frigorífico	CPTS (2009a) CPTS (2009b)

---: Não analisado

Pode-se observar na Tabela 1 uma grande variação nos índices de consumo de água para o abate de animais em diversos países. Neste contexto, a United Nations Environment Programme (UNEP) desenvolveu um estudo na Dinamarca classificando esse tipo de índice, conforme apresentados na Tabela 2, segundo as tecnologias utilizadas pelos frigoríficos de suínos e bovinos daquele país (UNEP, 2000).

Tabela 2 - Consumo de água na indústria frigorífica da Dinamarca

Tipo de animal	Tecnologia Tradicional	Tecnologia Intermediária	Melhor Tecnologia
Suínos (L/animal)	1.400	700	300
Bovinos (L/animal)	5.000	2.500	1.000

Fonte: Adaptada de UNEP (2000)

A Melhor Tecnologia foi caracterizada como empreendimentos que utilizam toda a capacidade instalada e métodos de produção mais limpa para uma melhor eficiência do processo produtivo. A Tecnologia Intermediária foi relacionada a empreendimentos com pouco uso de métodos de P+L. Já a Tecnologia Tradicional é caracterizada pelo baixo uso da capacidade instalada e não utiliza métodos de P+L, estando também associada a indústrias localizadas em países em desenvolvimento.

Vale ressaltar que os valores de consumo de água apresentados nas Tabelas 1 e 2 correspondem ao processo de abate. Quando se avalia toda a cadeia de produção, englobando também a criação de animais, o impacto sobre esse insumo

ainda é maior, resultando na “pegada hídrica” do produto. Esse conceito é definido por Hoekstra *et al.* (2011) como um indicador abrangente da apropriação de recursos hídricos, considerando o volume de água necessário para produzir um produto ou serviço, medido ao longo de toda a cadeia produtiva. No caso específico das carnes, Mekonnen e Hoekstra (2010) avaliaram a pegada hídrica necessária para produzir 1kg de boi, porco e frango no Brasil e obtiveram os seguintes valores: 23.895, 8.924 e 3.960 litros, respectivamente.

2.5 CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA

A disponibilidade de água para os diversos fins já encontra restrições em várias partes do mundo, inclusive em áreas onde a precipitação pluviométrica não é um problema. Existem vários motivos para a escassez, entre estes podem ser citados os de cunho natural, como as condições climáticas da região, e os de origem antrópicas, como as altas taxas de densidade demográficas que exigem cada vez mais água para consumo humano, além das demandas de água na atividade industrial para a produção de bens de consumo, alimentos etc.

Um bom exemplo de uma gestão hídrica eficiente é a que ocorre no Estado de Israel. Quanto ao aspecto climatológico, essa nação possui duas grandes regiões, sendo uma delas de clima árido, com regime pluviométrico menor que 300 mm por ano, ou seja, menor que a precipitação do semiárido brasileiro. Com este cenário, a alternativa em Israel foi desenvolver práticas de reúso, de modo que 75% dos efluentes tratados são reutilizados, o que reduziu em 30% a demanda de água doce na agricultura no período de 1985 a 2005 (JUANICÓ, 2011).

No Brasil, apesar de haver uma grande reserva hídrica, já existem regiões com estresse hídrico, principalmente no Nordeste, Sudeste e Sul, onde estão localizadas as maiores demandas de água para consumo humano, agricultura e atividade industrial. Matsumura e Mierzwa (2008) relatam que, desde o ano de 2000, já existiam 26 regiões metropolitanas que não possuíam água suficiente para o abastecimento humano, quando, naquela época, o percentual da população urbana brasileira era de

81%. No último censo demográfico do IBGE, em 2010, esse percentual passou para 84% (IBGE, 2013).

Diante deste cenário, muitas indústrias já estão buscando alternativas para manter ou expandir suas atividades, seja com a conservação de água ou com o reúso das águas residuárias. FIESP/CIESP (2004) definem conservação da água como “as práticas, técnicas e tecnologias que aperfeiçoam a eficiência do uso da água”, ou seja, qualquer ação que:

- Reduza a quantidade de água extraída das fontes de suprimento;
- Reduza o consumo de água;
- Reduza o desperdício de água;
- Reduza as perdas de água;
- Aumente a eficiência do uso da água;
- Aumente a reciclagem e o reúso da água; e
- Evite a poluição da água.

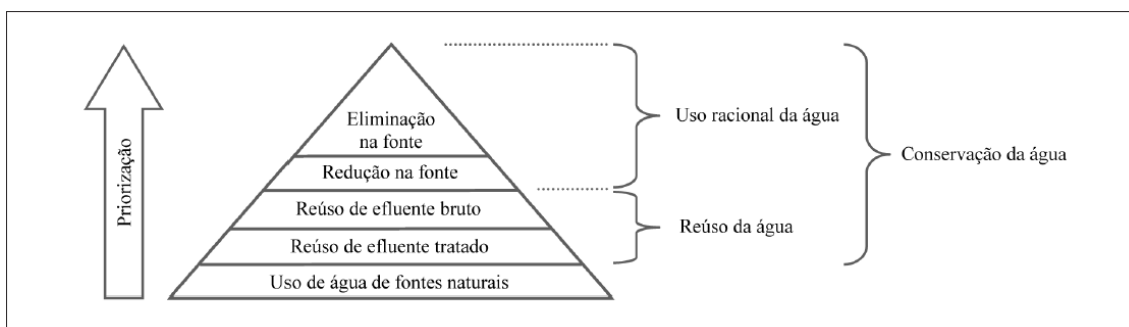


Figura 6 - Priorização das ações de conservação da água

Fonte: Weber, Cybis e Beal (2010).

Na Figura 6, Weber, Cybis e Beal (2010) ilustram a priorização das ações de conservação da água, tendo o uso racional como ação mais nobre, fato este que também não diminui a importância do reúso, já que as águas residuárias são inerentes em muitos processos produtivos.

Mierzwa e Hespanhol (2005) citam alguns instrumentos que podem ser usados para minimizar o consumo de água e, conseqüentemente, a geração de efluente na atividade industrial, como:

- Eliminação de desperdícios;
- Mudanças de procedimentos operacionais;
- Treinamento de operadores;
- Substituição de dispositivos e equipamentos; e

- Alteração do método de produção.

Mesmo com tais medidas de minimização do consumo de água, o reúso deve ser implantado paralelamente e funciona como uma medida de prevenção da poluição ao evitar o lançamento de efluentes em corpos hídricos. Assim, o reúso pode reduzir os custos operacionais, melhorar a imagem da instituição com a sociedade e evitar custos adicionais com o pagamento de multas decorrentes de infrações ambientais.

O reúso de água pode ser definido como o aproveitamento de águas residuárias dentro do mesmo processo produtivo, ou em outra parte do processo, com ou sem tratamento, podendo ser originado de ações planejadas ou não planejadas.

2.5.1 Tipos de Reúso da Água

A água, através do seu ciclo hidrológico, é um recurso renovável, mantendo, naturalmente, a sua qualidade como uma solução limpa, inodora e de paladar agradável. No entanto, ações antrópicas alteram a qualidade da água, poluindo e modificando suas características ou composição. Portanto, quando se avalia a questão do reúso deve-se analisar a qualidade e a destinação específica que será dada, para que sejam estabelecidos o tratamento adequado, os critérios de segurança, principalmente quando a atividade envolve o manuseio de alimentos e medicamentos, e os custos para implantação, operação e manutenção.

O reúso de água pode ser utilizado em diversas etapas de um processo industrial e em outras atividades, como a agricultura, desde que possua a qualidade mínima necessária que a atividade requer. O reúso pode ser classificado em diversas formas, conforme demonstra o Quadro 2.

Quadro 2 - Tipo de reúso de água

Tipo de reúso	Definição
Direto Planejado	Ocorre quando os efluentes, após devidamente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso.
Indireto Planejado	Ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico.
Indireto não Planejado	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.
Potável Direto	Ocorre quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
Potável Indireto	Ocorre quando o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de água superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.
Não Potável para fins agrícola	Utilizado para irrigação de plantas alimentícias e não alimentícias, além de ser aplicável para dessedentação de animais.
Não Potável para fins recreacionais	Utilizado para irrigação de plantas ornamentais, campos de esporte, parques e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais etc.
Não Potável para fins domésticos	São considerados aqui os casos de reúso de água para rega de jardim residencial, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.
Não Potável para fins industriais	Abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras, torre de refrigeração, etc.

Fonte: Brega Filho e Mancuso (2003)

Quando se analisa a questão do reúso para uso industrial, Hespanhol (2003) subdivide em três modalidades: macroexterno, macrointerno e interno específico. A primeira modalidade está associada ao uso de esgoto, tratado pelas companhias de saneamento como água de utilidade para as indústrias, podendo ser utilizada em:

- Torres de resfriamento;
- Caldeiras;
- Lavagem de peças e equipamentos, principalmente nas indústrias mecânicas e metalúrgicas;
- Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagem de pisos e veículos; e
- Processos industriais.

Na modalidade macrointerno, as águas residuárias são provenientes da própria indústria, enquanto o reúso interno específico é realizado por meio de reciclagem de efluentes, provenientes do próprio processo ou de outros processos que se desenvolvem em sequência e tenham qualidade compatível com o efluente em consideração (HESPANHOL, 2003)

O reúso é uma ferramenta importante para conservação e uso racional da água, minimizando a demanda desse recurso hídrico. No entanto, a prática de reúso planejado ainda não está incorporada na política ambiental das indústrias e nem de outros setores.

Quanto aos aspectos legais, o grande marco da legislação sobre recursos hídricos é a Lei de nº. 9.433 de 08 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Apesar de estabelecer vários instrumentos para uma melhor gestão das águas superficiais e subterrâneas e ter como um dos objetivos a utilização racional e integrada, a referida lei não traz nenhum mecanismo que possa tornar o reúso uma ação obrigatória por parte do usuário, apenas estimula tal prática (BRASIL, 1997a).

No mesmo ano em que foi publicada a PNRH, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a NBR 13.969 que tem como objetivo “oferecer alternativas de procedimentos técnicos para o projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementares, e disposição final dos efluentes líquidos de tanque séptico, dentro do sistema de tanque séptico para o tratamento local de esgotos” (ABNT, 1997, p. 2). Essa norma é o primeiro instrumento regulatório sobre o reúso de água no Brasil, estabelecendo quatro classes com os respectivos padrões de qualidade, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Classes de água para reúso definidas pela NBR 13.969

	Aplicações	Padrões de qualidade
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 200 NMP/100 mL Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L pH entre 6 e 8 Cloro residual entre 0,5 mg/L a 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL Cloro residual superior a 0,5 mg/L
Classe 3	Descargas em vasos sanitários.	Turbidez < 10 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL
Classe 4	Irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliformes Termotolerantes < 5000 NMP/100 mL Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

Fonte: ABNT (1997)

Em 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) publicou a Resolução de nº 54 que estabeleceu modalidades, diretrizes e critérios gerais para a

prática de reúso direito não potável de água. Na Resolução, é incumbida aos Órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) a obrigação de estabelecer instrumentos regulatórios e de incentivo para as diversas modalidades de reúso. Apesar de ser um instrumento legal sobre o assunto e de ter a sua importância, o mesmo só abrange a modalidade de reúso direito não potável (BRASIL, 2005b).

Olivo e Ishiki (2012) defendem que a prática de reúso deve ser regulamentada no Brasil e estar associada a um programa de educação ambiental voltado ao estímulo à participação da comunidade na implementação de diversos projetos com essa finalidade, já que a percepção e a opinião pública podem impulsionar o sucesso ou o fracasso do programa de reúso.

2.5.2 Programa de Conservação e Reúso de Água

No item anterior, foram discutidos os tipos de reúso de água e entre estes o não planejado, que pode ser realizado de forma involuntária pelo usuário, como nos casos de efluentes que são lançados em corpos d'água e, a sua jusante, são reaproveitados para outras atividades. No entanto, quando se estabelecem uma metodologia e uma análise mais crítica do seu processo, os resultados alcançados podem refletir com mais eficácia na redução do consumo de água e em outros benefícios que serão abordados neste item.

A FIESP/CIESP (2004) estabelecem uma metodologia para implantar um Programa de Conservação e Reúso de Água (PCRA), considerado como planejado, apresentado na Figura 7.

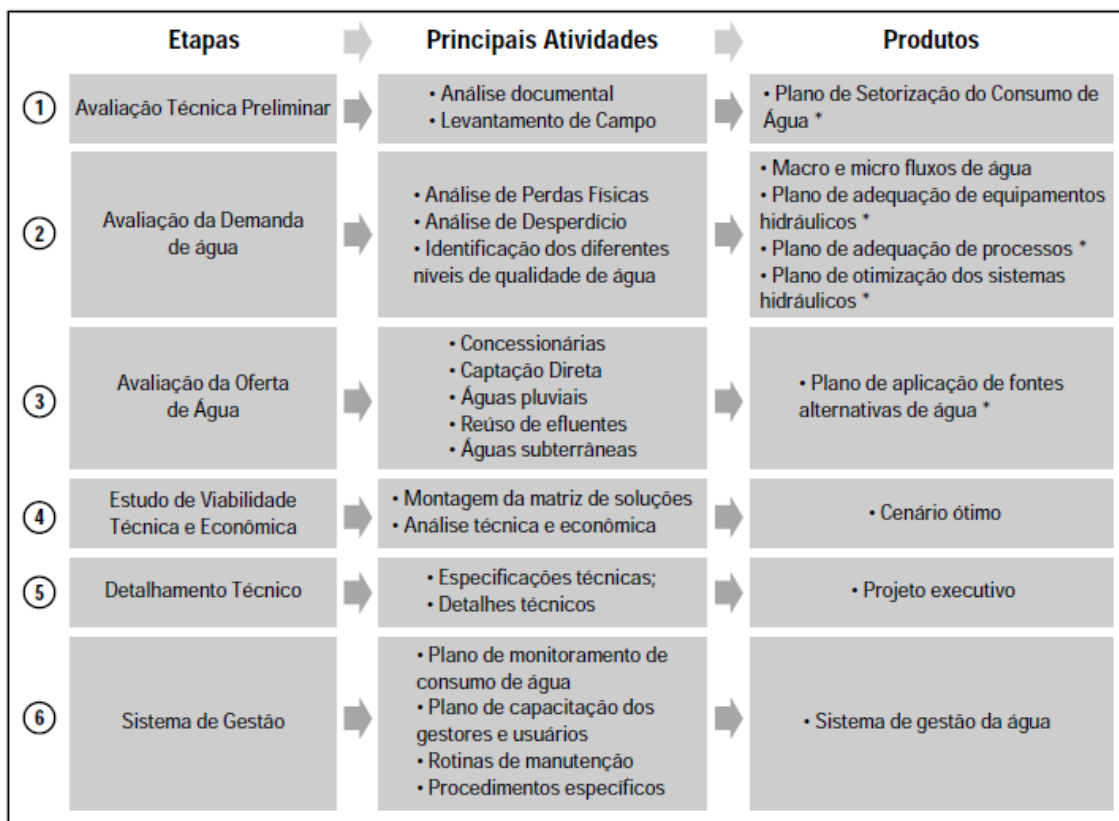


Figura 7 - Etapas para implantação de um PCRA

Fonte: FIESP/CIESP (2004).

O PCRA proposto pela FIESP/CIESP (2004) é composto por seis etapas – desde a avaliação preliminar até o sistema de gestão – que deverão ser implantadas no processo produtivo, conforme definições a seguir:

Avaliação técnica preliminar: consiste no levantamento de todos os dados e informações que envolvam o uso da água na indústria, objetivando o pleno conhecimento sobre a condição atual de sua utilização;

Avaliação da demanda de água: identificação das diversas demandas para avaliação do consumo de água atual e das intervenções necessárias, para eliminação e/ou redução de perdas, racionalização do consumo e minimização de efluentes;

Avaliação da oferta de água: identificação das fontes disponíveis de água, avaliando custos de captação, adução, distribuição, operação e manutenção, a garantia da qualidade e as eventuais discontinuidades do abastecimento;

Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica: fornecer os subsídios necessários para a consolidação do PCRA e o planejamento das ações de implantação do mesmo, com ênfase nos maiores consumidores, bem como

para a imediata geração de economias, com baixos investimentos e períodos atrativos de retorno;

Detalhamento e Implantação de PCRA: detalhamento das ações tecnológicas a serem implementadas, em função da configuração selecionada, das metas de redução estabelecidas e da disponibilidade de investimento;

Sistema de Gestão de Água: etapa necessária para monitorar e manter os indicadores de economia obtidos.

O principal objetivo da implantação de um PCRA é a redução do consumo de água, mas, outros benefícios também podem ser obtidos, como a redução do volume de efluente a ser descartado, do consumo de energia para captação e para tratamento de água e efluente, bem como dos produtos químicos utilizados no processo de tratamento de efluente e água bruta.

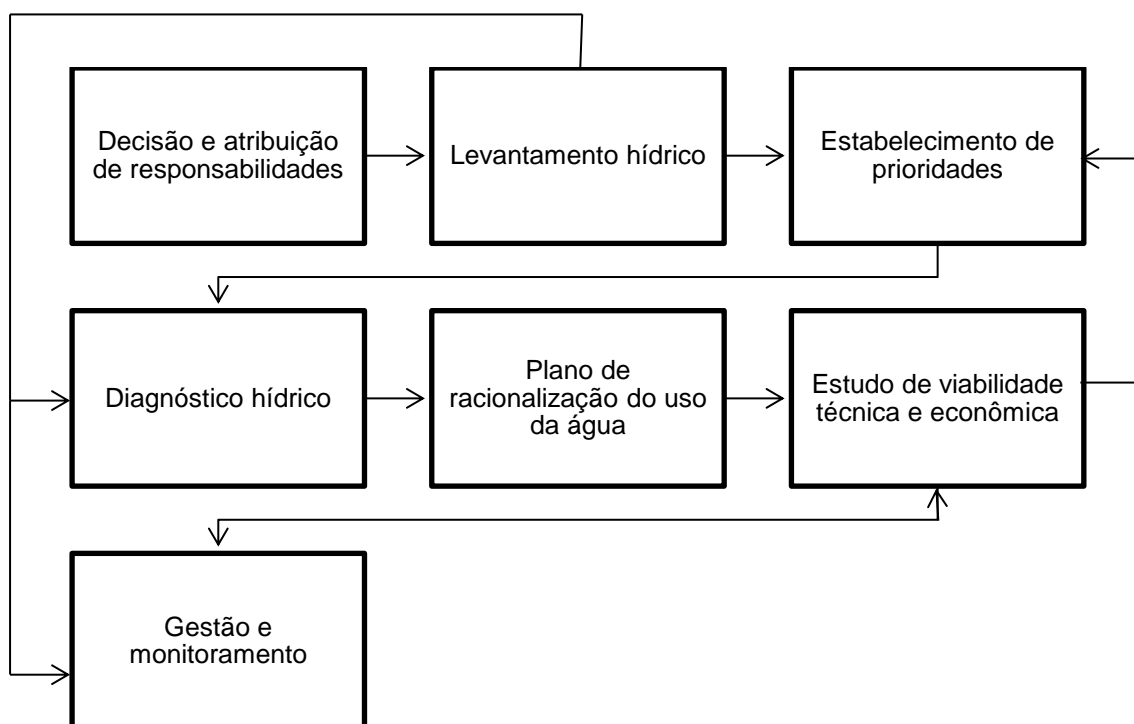


Figura 8 - Fluxograma para implementação do plano de conservação e reúso da água

Fonte: Adaptada de Martins, Astorga e Silveira (2006).

Um PCRA deve ser atualizado periodicamente e mudanças devem ser implementadas, visando sempre à conservação e ao uso racional da água. Martins, Astorga e Silveira (2006) propuseram, conforme demonstrado na Figura 8, uma mudança na metodologia estabelecida pela FIESP/CIESP (2004). Segundo esses autores, a verificação das possibilidades de reúso deve anteceder as medidas de otimização dos processos e/ou a substituição dos equipamentos por equipamentos

hidricamente mais eficientes, devido aos custos elevados, tornando o PCRA pouco atraente do ponto de vista econômico e, conseqüentemente, de difícil aceitação pela direção da empresa.

Independente da metodologia a ser utilizada, o PCRA é uma ferramenta importante a ser implementada nas indústrias e em outros tipos de atividades, principalmente por avaliar o uso da água de forma sistêmica, desde as fontes disponíveis de fornecimento de água, passando pela minimização do consumo no processo, até a geração de efluente e o seu lançamento.

2.5.3 Reúso da Água na Indústria Frigorífica

A prática de reúso pode ser aplicada em qualquer processo produtivo, devendo ser avaliadas as condições técnicas referentes à qualidade e à necessidade de tratamento para atender ao uso requerido. No entanto, determinadas atividades ainda possuem salvaguardas para proteger a qualidade do produto e a saúde dos trabalhadores.

No caso da indústria de alimentos, a legislação sanitária estabelece algumas obrigatoriedades que dificultam a prática de reúso. Em 1997, a Secretária de Vigilância Sanitária (SVS) do Ministério da Saúde publicou a Portaria SVS/MS de nº 326, aprovando o Regulamento Técnico 'Condições Higiênicas Sanitárias e Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos', para compatibilizar a legislação nacional com base nos instrumentos harmonizados no Mercosul. Na Portaria, são estabelecidos alguns procedimentos listados abaixo, que determinam o uso de água com qualidade potável (BRASIL, 1997b):

- Não devem ser cultivados, produzidos nem extraídos alimentos ou criações de animais destinados à alimentação humana, em áreas onde a água utilizada nos diversos processos produtivos possa constituir, através de alimentos, um risco à saúde do consumidor;
- Dispor de um abundante abastecimento de água potável com pressão adequada e temperatura conveniente, com um adequado sistema de

distribuição e com proteção eficiente contra contaminação, sendo imprescindível um controle frequente da potabilidade da água;

- O vapor e o gelo utilizados em contato direto com alimentos ou superfícies que entram em contato direto com os mesmos não devem conter nenhuma substância que possa ser perigosa para a saúde ou contaminar o alimento, obedecendo ao padrão de água potável.

Com essas determinações, o uso de água residuária para a indústria de alimento deve passar por tratamentos que podem inviabilizar o reúso do ponto de vista econômico. Apenas para a produção de vapor, sistema de refrigeração, controle de incêndio e outros fins análogos não relacionados com alimentos é que pode ser utilizada água com qualidade não potável (BRASIL, 1997b).

Mesmo com tais limitações da legislação sanitária, o reúso pode ser implementado na indústria frigorífica. Schatzmann (2009) avaliou o processo de abate de frango e, baseado em outros estudos, estimou o volume de efluente tratado possível de ser praticado o reúso, concluindo que 30% podem ser reutilizados no processo produtivo, considerando as atividades que não possuem contato direto com o produto.

Forlani, Medeiros e Léo (2004) avaliaram, também, a possibilidade de reúso em frigorífico, sendo, nesse caso, referente ao abate de bovinos. Os autores realizaram teste em laboratório com o efluente, simulando os processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração, e obtiveram uma água de reúso com qualidade compatível com algumas etapas desse processo produtivo.

Avaliando os dois estudos, verifica-se que cerca de 1/3 do efluente originado do processo de abate de animais pode ser reusado para atividades que não possuem contato direto com o produto, como lavagem de caminhões, caixas, gaiolas e de currais, irrigação de jardins, torre de resfriamento e outras, diminuindo o impacto de captação de água nos mananciais.

2.6 PRÁTICAS DE P+L NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

Em 1989, a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da UNEP ou Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), passou a apoiar as atividades relacionadas com a Produção Mais Limpa. Com base nas informações contidas no Relatório de Brudtland, denominado 'Our Common Future', definiu-se a produção mais limpa como sendo uma "aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, aplicada a processos, produtos e serviços" (MOLINARI; QUELHAS; NASCIMENTO FILHO, 2013)

A partir de 1995, a UNEP, juntamente com a United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), implantaram Centros de Produção Mais Limpa em vários países, como Brasil, China, Costa Rica, República Checa, El Salvador, Etiópia, Guatemala, Hungria, Coreia, Líbano, México, Marrocos, Moçambique, Nicarágua, República Eslovaca, África do Sul, Tanzânia, Tunísia, Uganda, Vietnam e Zimbábue. No Brasil, esses centros foram denominados de Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), tornando-se em 1999 a Rede Brasileira de Produção Mais Limpa, com núcleos em vários estados brasileiros, e com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável nas micro e pequenas empresas (PIMENTA; GOUVINHAS, 2012).

Sendo a Produção Mais Limpa uma estratégia ambiental preventiva, depara-se com o princípio básico dessa metodologia que é eliminar a poluição durante o processo de produção, e não no final, quando são denominadas ações de fim-de-tubo, ou seja, soluciona-se o problema na sua origem (SILVA; MORAES; MACHADO, 2012).

Além de obter bons resultados quanto aos aspectos ambientais, a Produção Mais Limpa possibilita a redução dos custos operacionais a partir do momento que se utilizam menos recursos naturais e aumenta-se a produção.

Um programa de produção mais limpa pode ser implementado em níveis que vão desde a redução na fonte, implicando em modificações no produto e/ou no processo, até a reciclagem interna e externa. No entanto, para uma maior eficiência, a prioridade deve ser dada à redução na fonte, quando se utilizam técnicas de minimização de resíduos sólidos, de efluentes líquidos e de emissões atmosféricas na

própria fonte de geração (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2003).

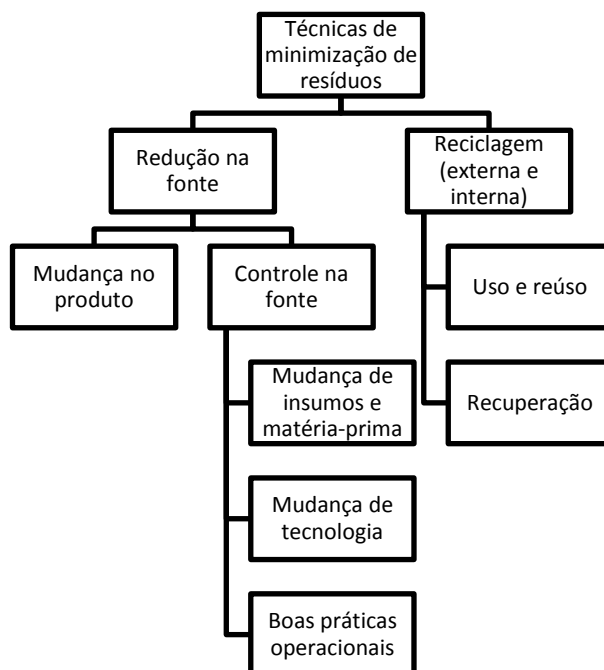


Figura 9 - Técnicas de minimização de resíduos (P+L)

Fonte: Adaptada de EPA (1988).

Em 1988, a Environmental Protection Agency (EPA), órgão ambiental dos Estados Unidos, elaborou o Manual intitulado Waste Minimization Opportunity Assessment Manual. Este foi publicado um ano antes da ONU se referir ao termo produção mais limpa, já utilizando o termo redução na fonte como uma técnica de minimização de resíduos, conforme apresentado na Figura 9 (EPA, 1988).

Uma boa ferramenta para avaliar a eficiência de um processo produtivo, com implantação ou não de um Programa de Produção Mais Limpa, são os indicadores ambientais. Gomes e Malheiros (2012) definem esses indicadores da seguinte forma:

Ferramentas que fornecem informações ao longo do tempo em uma variedade de escalas espaciais que podem mostrar as tendências ambientais, sendo, por tais propriedades, cada vez mais usadas como uma maneira simples de observar o complexo ambiente, avaliar o impacto das atividades e direcionar respostas a estes problemas (GOMES; MALHEIROS, 2012, p.156).

No Quadro 3, estão relacionados alguns tipos de indicadores ambientais que podem ser utilizados para avaliar a eficiência de um processo produtivo, inclusive para a atividade de abate de animais, onde CE: Consumo energético; CA: Consumo de

água; UNP: Unidade Produzida de Carne; VAC: Volume de Água de Chuva; RS: Quantidade de Resíduos Sólidos; RR: Quantidade de Resíduos Sólidos Reciclados; VEF: Volume de Efluente; e EFR: Eficiência de Remoção de Carga Orgânica.

Quadro 3 - Exemplos de indicadores ambientais utilizados para avaliar a eficiência dos processos de abates de animais

Atividade	Aspecto ambiental	Indicador
Utilização dos recursos naturais	Consumo de energia	CE/UNP
	Consumo de água	CA/UNP VAC/CA
Processo produtivo	Geração de resíduos	RS/UNP RR/RS
	Geração de efluente	VEF/UNP VEF/CA
	Remoção de carga orgânica	EFR

Seguindo os princípios da produção mais limpa, principalmente no que tange à redução do uso de recursos naturais, a ecoeficiência é um conceito complementar (VAN BERKEL, 2007), definido por Oggionia *et al.* (2011 *apud* Anacleto *et al.*, 2012, p. 479) como “a habilidade para produzir produtos ou serviços pela economia de energia e recursos e/ou pela redução do desperdício e emissões”.

No entanto, a busca pela Melhor Técnica Disponível (MTD) deve ser sempre almejada através do aperfeiçoamento dos processos produtivos. Neste contexto, Kiperstok *et al.* (2002) relatam que o MTD dirige as práticas de controle para a fonte geradora da poluição, dentro do processo, de forma a evitá-la ou torná-la inofensiva.

Nesta pesquisa, já foram abordados os temas de reúso e uso racional da água que são consideradas práticas de P+L dentro de um processo produtivo. Além destas, outras medidas podem ser adotadas na indústria frigorífica. A CETESB (2006) cita medidas que podem ser seguidas neste tipo de atividade, após a implementação de avaliações do consumo e monitoramento da água, como:

- Utilizar técnicas de limpeza a seco, o quanto for possível, em todas as áreas, pisos e superfícies antes de qualquer lavagem com água. Equipamentos que recolhem resíduos a vácuo podem facilitar a coleta e o direcionamento destes para destinação e processamento adequados;
- Após as limpezas a seco, utilizar sistemas de alta pressão e baixo volume para fazer as lavagens com água;

- Controlar o nível de água no tanque de escaldagem de suínos, evitando transbordamentos e/ou perdas pelo ladrão do tanque;
- Fazer o esvaziamento do conteúdo dos estômagos ou buchos (rúmens etc.) a seco, instalando sistema de transporte do material removido que não utilize água;
- Realizar, o quanto possível, esvaziamento das tripas a seco, separando e destinando adequadamente o material removido, para que não se junte aos efluentes líquidos;
- Utilizar fluxos de água descontínuos, intermitentes ao invés de fluxos contínuos nas mesas de lavagem e processamento das vísceras;
- Utilizar técnicas e/ou sistemas para transporte de vísceras e outros subprodutos ou resíduos que não utilizem água ou que reduzam o seu consumo;
- Utilizar sistemas de acionamento automático do fluxo de água nas estações de lavagem das mãos, de esterilização de facas e em pontos de lavagem de vísceras e outras partes;
- Utilizar o mínimo fluxo de água quente necessário para esterilizar facas e outros equipamentos, controlando e dotando o equipamento de isolamento para manter/ controlar melhor a temperatura desejada;
- Utilizar, onde possível, sistemas de lavagem das carcaças com fechamento/abertura automática de água, em sincronia com a movimentação das carcaças nos trilhos aéreos;
- Dotar todas as mangueiras de água com gatilhos, na sua extremidade de uso, para acionamento do fluxo de água pelos operadores somente quando necessário;
- Utilizar “timers” para comandar abertura/fechamento de válvulas de água nos dispositivos e máquinas de lavagem das vísceras;
- Utilizar, quando possível, bocais com “sprays” nos pontos de saída/uso de água, ao invés de tubos perfurados ou saídas de tubos livres.

A limpeza dos currais é uma atividade que demanda bastante água no processo de abate. Alterando o método tradicional de lavagem com água por uma limpeza a seco, pode-se reduzir o consumo de água entre 20 a 30%. Neste caso, os currais devem ser construídos ou reformados com pisos adequados para facilitar a remoção a seco (UNEP, 2002).

Kupusovic *et al.* (2007) analisaram o processo de abate em um abatedouro de pequeno porte na Bósnia, que implementou algumas medidas de P+L, como: boas

práticas operacionais, investimento na capacitação dos funcionários; melhor controle de estoque dos insumos utilizados nesse processo; redução da alimentação dos animais pré-abate; utilização das águas residuárias na lavagem de pisos e caminhões; priorização da limpeza a seco antes de lavar com água; lavagem com ângulos de inclinação dos jatos de água de até 60°, dando prioridade à água fria na primeira limpeza; instalação de redutores de pressão e válvulas para reduzir o consumo de água; monitoramento rotineiro do consumo de água; melhor segregação do sangue e resíduos do processo de abate etc. Com essas medidas, obteve-se uma redução de 15% no consumo de água, 60% do consumo de sal e de 42% na Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), conforme Tabela 4, e, conseqüentemente, uma diminuição no custo operacional.

Tabela 4 - Indicadores do processo produtivo em um abatedouro na Bósnia antes e depois das ações de P+L

Indicadores	Antes	Depois	Redução (%)
Consumo de água (m ³ /ano)	1.831	1.557	15
Consumo de sal (ton/ano)	3	1,2	60
DBO (mgO ₂ /L)	3.520	2.052	42

Fonte: Kupusovic *et al.* (2007).

A implementação de medidas de produção mais limpas pode também interferir no consumo de energia de um processo produtivo. No caso específico de abatedouros e frigoríficos, a CETESB (2006) apresenta algumas medidas que podem minimizar o consumo energético, como:

- Implementar programas de desligamento de chaves/interruptores elétricos associados a sensores, para desligar luzes e equipamentos quando seu uso é desnecessário ou há parada na produção;
- Desligar as câmaras frigoríficas por certos períodos, uma vez que se tenha atingido a temperatura necessária para preservação dos produtos, permanecendo-as fechadas por horas, e que não comprometa a qualidade dos produtos;
- Garantir boa vedação das câmaras frigoríficas;
- Utilizar água quente somente quando seja necessário e sem desperdício;
- Isolar termicamente e, se possível, cobrir tanques de escaldo de suínos, para diminuir perdas de energia;
- Isolar termicamente tubulações de sistemas de aquecimento e de refrigeração;
- Instalar motores de alto rendimento, principalmente onde se demanda potências maiores;

- Recuperar calor residual de correntes quentes, como efluentes líquidos, gases de combustão das caldeiras, vapores/gases de exaustão dos digestores/secadores da graxaria, de compressores etc;
- Manter sistemas de ar comprimido e de geração e distribuição de vapor sem vazamentos;
- Otimizar e manter a eficiência de combustão nas caldeiras;
- Utilizar iluminação natural, o quanto possível;
- Utilizar sistemas de iluminação ou lâmpadas mais eficientes, econômicas;
- Utilizar sensores de proximidade/presença em salas e/ou áreas para desligar luzes quando não houver pessoas;
- Executar um bom programa de manutenção para garantir uso eficiente de energia dos equipamentos.

Além das medidas propostas acima, se deve dar prioridade ao uso de energias alternativas e menos poluentes, como a eólica e solar, bem como ao uso de biomassa como energia renovável.

2.7 CONSUMO ENERGÉTICO NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

A energia é um insumo essencial à atividade industrial, e a sua geração está relacionada a impactos ambientais, principalmente quando originada de fontes não renováveis.

Como a matriz energética brasileira é composta, em grande parte, por hidroeletricidade, conforme apresentada na Figura 10, o setor industrial utiliza principalmente fonte de energia renovável, mas é comum também o uso de energia não renovável, como o óleo combustível para caldeira.

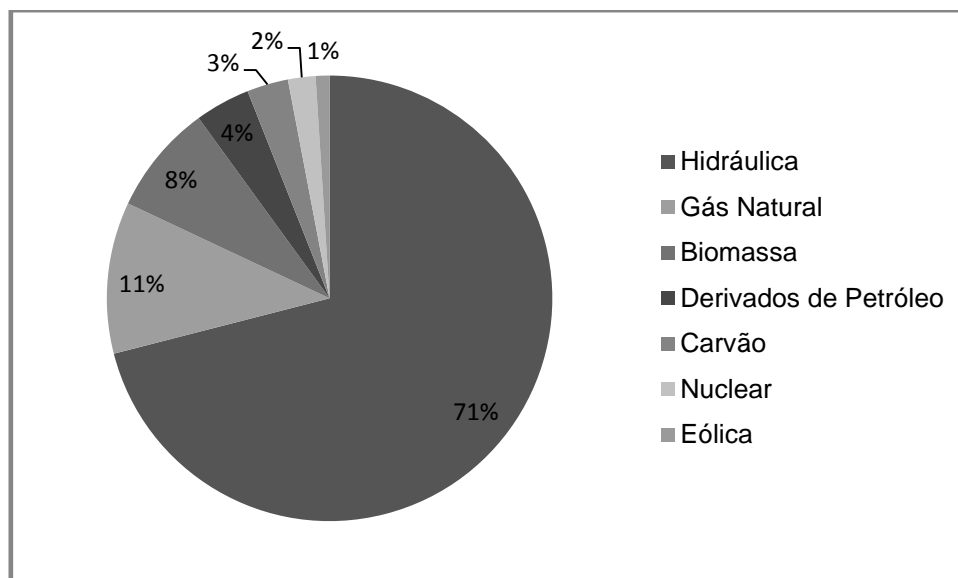


Figura 10 - Percentuais das fontes de energia na matriz energética brasileira

Fonte: EPE (2014).

Nessa circunstância, a queima de combustíveis fósseis tem impacto direto na qualidade do ar, e a sua substituição por outras fontes mais limpas deve ser cada vez mais implementada na indústria. Goldemberg e Villanueva (2003) citam alguns dos impactos ambientais, no Quadro 4, conforme a fonte de energia usada.

Quadro 4 - Impactos ambientais provocados pelo uso de diversas fontes de energia

	Problema	Principal causa
Local	Poluição urbana do ar. Poluição do ar em ambientes fechados.	Uso de combustíveis fósseis para transporte. Uso de combustíveis sólidos (biomassa e carvão) para aquecimento e cocção).
Regional	Chuva ácida	Emissões de enxofre e nitrogênio, matéria particulada, e ozônio na queima de combustíveis fósseis principalmente no transporte.
Global	Efeito estufa Desmatamento Degradação costeira e marinha.	Emissões de CO ₂ na queima de combustíveis fósseis. Produção de lenha e carvão vegetal e expansão da fronteira agrícola. Transporte de combustíveis fósseis.

Fonte: Fonte: Goldemberg e Villanueva (2003).

Cesaretti (2010) pesquisou em várias referências bibliográficas dados sobre os impactos ambientais ocasionados por diversas fontes de energia, conforme apresentado na Tabela 5, gerando coeficientes de intensidade desses impactos. Pode-se verificar que as fontes de energia fósseis têm um grande impacto na emissão de CO₂, no entanto, apresenta um impacto baixo quanto ao aspecto área imobilizada, ao contrário da energia hidrelétrica que é uma fonte de energia renovável.

Tabela 5 - Coeficiente de intensidade de impacto causada pela geração de eletricidade

Fonte de energia	Emissão atmosférica (kg CO ₂ /MWh)	Área imobilizada (m ² .ano/MWh)	Consumo de água (m ³ /MWh)
Carvão	1.019,5	59	68,92
Petróleo	823,8	---	31,53
Gás Natural	661,7	11	37,41
Hidrelétrica	120,6	6.500	26,50
Nuclear	58,2	3.175	60,04
Eólica	37,6	1.510	0,0045
Biomassa	6,7	1.830	3,65

---: Não citado pelo autor.

Fonte: Adaptada de Cesaretti (2010)

Ainda considerando os dados de Cesaretti (2010), pode-se observar que as fontes de energia de biomassa e eólica apresentaram bons resultados na emissão de CO₂, mas o grande destaque para tais fontes foi o consumo de água, principalmente para a última citada na Tabela 5.

Na indústria de abate de animais, a energia térmica, utilizada para esterilização e limpeza nos abatedouros e frigoríficos e para cozimento, digestão ou secagem, quando estes possuem graxarias, corresponde de 80% a 85% (UNEP, 2000). Tal energia é gerada através de caldeiras que utilizam, geralmente, óleo combustível e lenha, sendo neste caso um combustível de origem fóssil e outro de biomassa, respectivamente. No abate de suínos, as perdas nesses equipamentos são responsáveis por 25% desta energia (CETESB, 2006).

Silva (2013) avaliou um balanço de energia num sistema de vapor típico, e identificou que entre 18% a 22% desta energia é perdida nos gases de combustão, seguidos de 1% a 4% de perdas por radiação, e de 1% a 3% nas descargas de fundo (purgas). Portanto, de toda energia térmica gerada na combustão, entre 71% a 80% fica contida no vapor. No entanto, também foi identificado que o sistema de distribuição é responsável por perdas que variam de 5% a 15%, ocasionando uma perda total de 25% a 44%.

Diante do exposto, verifica-se que, na indústria de abate de animais, na qual a energia térmica é responsável pela maior demanda de energia, e gerada por meio de caldeiras, estas podem aumentar ou reduzir o consumo desse insumo a depender da sua operação. No Quadro 5, estão relacionadas medidas que podem melhorar a eficiência energética na geração de vapor d'água.

Quadro 5 - Medidas para redução de perdas de vapor d'água em caldeiras

Etapas do sistema de vapor	Medidas para redução de perdas
Geração de Vapor	Medições frequentes dos gases Verificação do excesso de ar Instalar economizador para aquecimento da água de alimentação Manutenção e isolamento térmico da tubulação de água de alimentação da caldeira; Manutenção e isolamento do costado da caldeira Limpeza de incrustações e inspeção das áreas de transferência de calor Tratamento eficiente da água de alimentação para eliminar gases e sólidos dissolvidos e sólidos suspensos; Manter temperatura constante nas descargas Evitar descargas excessivas
Distribuição de Vapor	Drenagem eficiente do condensado nos pontos de acúmulo Instalação e manutenção de purgadores, separadores de umidade e botas coletoras. Manutenção e isolamento térmico da tubulação Verificar presença de ar em pontos altos e finais de linha para eliminação; Aplicação de elementos termostáticos para eliminação Verificação frequente e reparo de vazamentos
Utilização de Vapor	Redução da pressão de operação no ponto de consumo Limpeza e manutenção das áreas de troca térmica Manutenção e isolamento térmico de partes aquecidas Verificação do desempenho dos equipamentos
Retorno do Condensado	Verificação de aproveitamento do vapor flash Considerar a formação do vapor flash no dimensionamento da tubulação Verificação dos pontos onde o condensado não é recolhido Possibilidade de retorno por gravidade Verificação da viabilidade do bombeamento Isolamento térmico do tanque de condensado Isolamento térmico da tubulação.

Fonte: Adaptado de Silva (2013).

Apesar de a energia térmica ser a principal fonte de energia num processo de abate de animais, o consumo de energia elétrica não deve ser desconsiderado, já que este varia de 15% a 20% do consumo total de energia, segundo a UNEP (2000).

Pode-se verificar na Tabela 6 que o setor que mais demanda energia elétrica na indústria frigorífica é o de refrigeração, que neste caso engloba a refrigeração do produto e do ar ambiente.

Tabela 6 - Percentual do consumo de energia elétrica na indústria frigorífica

Operação	Porcentagem do Total (%)
Refrigeração	59
Sala da caldeira	10
Processamento de subprodutos	9
Área de abate	6
Geração de ar comprimido	5
Área de desossa	3
Outras	8

Fonte: UNEP (2000).

Bueno (2008) avaliou o consumo de energia elétrica no processo de abate de frango e também constatou que a refrigeração é o setor de maior consumo desse tipo de energia, conforme apresentado na Tabela 7. Nesse caso avaliado, a sala de espera e a plataforma de abate possuem ventiladores para evitar o estresse devido ao calor e à melhora da sensibilidade térmica do animal, juntamente com a nebulização por água, reduzindo a temperatura corporal.

Tabela 7 - Percentual do consumo de energia elétrica no processo de abate de frango

Etapas do processo de abate	Consumo médio de energia elétrica
Sala de espera e plataforma de abate	28,62
Insensibilização	1,56
Sangria	1,04
Escaldagem	8,34
Depenagem	7,03
Nória de evisceração	4,54
Esteira de evisceração	12,43
Corte de pés	2,14
Pré resfriador	2,71
Resfriador de carcaça	2,51
Resfriador de subprodutos	1,65
Máquina de gelo	24,61
Respingo	2,46
Corte	4,33

Fonte: Bueno (2008).

Conforme obrigações estabelecidas na legislação sanitária, após a etapa de evisceração, o frango deve ser resfriado para evitar a proliferação de microrganismos e, conseqüentemente, reduzir a qualidade da carne. O processo utilizado nessa etapa é o resfriamento através de imersão da carcaça em água gelada em dois estágios: pré-resfriamento (pré-chiller) e resfriamento (chiller). A água gelada é obtida com gelo gerado na máquina de gelo, sendo esta outra fonte que também demanda um grande percentual do consumo total de energia elétrica (BUENO, 2008).

Além dessas etapas, outras obrigações sanitárias também demandam consumo de energia no processo de abate de animais. Na sala de corte, o ar do ambiente deverá ser refrigerado, não podendo ultrapassar a temperatura de 12 °C

(BRASIL, 1998). A Tabela 8 apresenta alguns dados de temperatura do ar ambiente na indústria frigorífica de frango.

Tabela 8 - Temperatura recomendada para salas e câmaras

Temperatura normatizada (°C)	Câmara de Resfriamento (°C)	Câmara de Congelamento (°C)	Túnel de Congelamento (°C)	Sala de Corte e Embalagem (°C)	Sala de Tempero (°C)
Produto na intimidade muscular	-1 a 4 (± 1)	-12 (± 2)	---	7	7
Ar	0 a 4 (± 1)	-18	-30	12	12

Fonte: MAPA (1998, *apud* Bueno, 2008) e Roça (2000).

A UNEP (2000) avaliou o consumo energético do processo de abate de animais e estabeleceu níveis de consumo para cada tipo de tecnologia utilizada, conforme apresentado na Tabela 9. A melhor tecnologia foi caracterizada como empreendimentos que utilizam toda a capacidade instalada e métodos de produção mais limpa para uma melhor eficiência do processo produtivo. A tecnologia intermediária foi relacionada a empreendimentos com pouco uso de métodos de P+L. Já a tecnologia tradicional é caracterizada por baixo uso da capacidade instalada e não utiliza métodos de P+L, estando também associada a indústrias localizadas em países em desenvolvimento.

Tabela 9 - Consumo energético em kWh na indústria frigorífica, conforme tecnologia utilizada

Tipo de animal	Tecnologia Tradicional	Tecnologia Intermediária	Melhor Tecnologia
Suíños	125	50	30
Bovinos	300	125	70

Fonte: Adaptada da UNEP (2000).

Na tabela 10, são apresentados os dados de consumo de energia no processo de abate de animais, considerando a energia total como o somatório das energias elétrica e térmica, conforme algumas referências bibliográficas.

Tabela 10 - Consumo de energia no processo de abate de animais

País	Consumo de energia (kWh/animal)			Fonte	Referência
	Bovino	Suíno	Frango		
Brasil	---	---	0,15	Energia Elétrica	Bueno (2008)
	---	---	0,176 – 0,267	Energia Elétrica	Frozza (2013)
	---	---	0,216	Energia Elétrica	Zanin <i>et al.</i> (2002)
Dinamarca	70 - 300	30 - 125	---	Energia Total	UNEP (2000)
Bolívia	0,95 - 18,2	0,95 – 1,08	---	Energia Elétrica	
	8,41 – 29,87	6,67 – 8,41	---	Energia Térmica	CPTS (2009a) CPTS (2009b)
	9,36 – 48,07	7,62 – 9,49	--	Energia Total	
Finlândia	47 – 55	18 – 28	0,66 – 0,67	Energia Elétrica	
	41 – 57	31 – 51	0,69	Energia Térmica	FEI (2002)
	88 – 112	49 – 79	1,35 – 1,36	Energia Total	

---: Não avaliado pelo autor.

2.8. LICENCIAMENTO AMBIENTAL NO ESTADO DA BAHIA

A base legal para a legislação ambiental brasileira é o Capítulo VI da Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1988) e a Lei Federal de nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), e que cria o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), tendo como órgão consultivo e deliberativo o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 1981).

Uma das competências do CONAMA definida na PNMA é estabelecer normas e critérios para o licenciamento de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras. Em 1997, o Conselho publicou a Resolução de nº. 237 (BRASIL, 1997c) que define as competências da União, dos Estados e Municípios referentes ao licenciamento ambiental. Recentemente, foi sancionada a Lei Complementar de nº. 140, de 08 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011b), que estabelece as regras de cooperação entre os entes Federativos, contemplando, entre outras, o licenciamento e a fiscalização ambiental.

No estado da Bahia, o marco legal da legislação ambiental foi a Lei Estadual de nº. 3.163 de outubro de 1973, que cria o Conselho Estadual de Proteção Ambiental (CEPRAM), sendo este o primeiro do país (SOUZA, 2009). Atualmente, a legislação ambiental estadual é regida pela Lei de nº. 10.431, de 20 de dezembro de 2006 (BAHIA, 2006), que dispõe sobre a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia e dá outras providências, sendo o licenciamento ambiental também um de seus instrumentos.

O licenciamento ambiental é um procedimento administrativo voltado para as atividades potencialmente poluidoras ou capazes de causar degradação ambiental. Dentre estas, as atividades de frigoríficos e abatedouros estão entre as tipologias passíveis ao licenciamento (BAHIA, 2012). Uma condição importante no processo de licenciamento ambiental é a concessão de licença previamente, ou seja, o ato administrativo deverá anteceder os procedimentos necessários para as etapas de localização, implantação, operação e alteração do empreendimento, concedendo as licenças pertinentes para cada uma dessas etapas.

A legislação ambiental do Estado da Bahia estabelece oito modalidades de licença: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI), Licença de Operação (LO), Licença Prévia de Operação (LPO), Licença Unificada (LU), Licença de Alteração (LA), Licença de Regularização (LR) e a Licença Ambiental por Adesão e Compromisso (LAC). A LP está relacionada com a aprovação da sua localização e da concepção do projeto, atestando a sua viabilidade ambiental e já estabelecendo as medidas necessárias para a próxima fase do licenciamento.

Para implantação do empreendimento ou atividade, é necessária a obtenção da Licença de Instalação. Nessa fase, já são analisados os equipamentos e medidas de controle ambiental especificados nos planos, programas e projetos.

A próxima etapa do licenciamento está relacionada com o início da produção. Nessa fase, é solicitada a Licença de Operação, devendo o Órgão Ambiental verificar o cumprimento das exigências contidas nas licenças anteriores, estabelecidas nos condicionantes. Além disso, devem-se determinar as medidas de controle ambiental para a fase de operação.

No caso em que haja dúvidas sobre a eficiência dos equipamentos e medidas de controle, e sendo uma atividade com alto poder poluidor, o Órgão Ambiental poderá conceder uma Licença Prévia de Operação para avaliar o processo produtivo, antes de conceder a Licença de Operação.

Em caso de empreendimentos da classe 1 ou 2, conforme a classificação estabelecida na Tabela 11, pelo Regulamento da Lei de nº. 10.431 de 20 de dezembro de 2006, será concedida Licença Unificada englobando as fases de localização, implantação e operação (BAHIA, 2006).

Tabela 11 - Classificação dos empreendimentos conforme porte e potencial poluidor

Classificação dos empreendimentos		Potencial Poluidor Geral		
		Pequeno	Médio	Alto
Porte do Empreendimento	Pequeno	1	1	3
	Médio	2	3	5
	Grande	4	5	6

Fonte: Bahia (2012).

Para empreendimentos ou atividades de baixo e médio potencial poluidor, poderá, em situações definidas pela Lei de nº. 10.431 de 20 de dezembro de 2006, ser concedida Licença Ambiental por Adesão e Compromisso, através de declaração do empreendedor, atendendo aos critérios e condições pré-definidas pelo Órgão Ambiental.

Além dessas modalidades de licenças ambientais definidas pela Política Estadual de Meio Ambiente do Estado da Bahia (PEMA), existem outras duas que são concedidas em caso de ampliação ou modificação no processo produtivo e para regularização de atividades ou empreendimentos em instalação ou em funcionamento, definidas como Licença de Alteração e Licença de Regularização, respectivamente.

A depender do porte do frigorífico ou abatedouro e do potencial poluidor, os quais são definidos conforme os dados apresentados na Tabela 12, tem-se o tipo de licenciamento ambiental que esta atividade será submetida, segundo a Legislação Ambiental atual do estado da Bahia. Para tais empreendimentos, que foram classificados como classes 3, 5 e 6, devido ao alto potencial poluidor, referentes aos portes pequeno, médio e grande, respectivamente, será necessário que estes passem por todas as etapas de licenciamento, relativas às Licenças Prévia, de Instalação e de Operação. O que será diferenciado é o tipo de estudo ambiental, conforme apresentado na Tabela 12 (BAHIA, 2012).

Tabela 12 - Porte de abatedouros e frigoríficos conforme capacidade instalada e potencial poluidor, para fins de licenciamento ambiental no estado da Bahia

Atividade	Porte (cabeças/dia)			Potencial Poluidor
	Pequeno	Médio	Grande	
Frigorífico e/ou Abate de Bovino	≥ 10 <100	≥ 100 <200	≥ 200	Alto
Frigorífico e/ou Abate de Suínos.	≥ 50 <300	≥ 300 <1.000	≥ 1.000	Alto
Abate de Aves	≥ 1.000 <10.000	≥ 10.000 <50.000	≥ 50.000	Alto
Classificação	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	
Tipo de estudo a ser apresentado no licenciamento ambiental	EPI – Estudo Ambiental para Atividade de Pequeno Impacto	EMI – Estudo Ambiental para Atividade de Médio Impacto	EIA/RIMA - Estudo Prévio de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental	

Fonte: Adaptada de Bahia (2012).

Independente do estudo a ser apresentado no processo de licenciamento ambiental, este deve incentivar a busca por processos mais eficientes. Neste contexto, o Art. 104 do regulamento da Lei de nº. 10.431 estabelece, como um dos critérios, a aplicação da melhor tecnologia disponível, adotando-se os princípios da produção mais limpa, durante a apreciação de projetos submetidos ao licenciamento ambiental. Esse incentivo também está contido nos princípios, objetivos e nas diretrizes da PEMA, conforme pode ser observado na Figura 11.

Princípio	Objetivo	Diretriz
<ul style="list-style-type: none"> da adoção de práticas, tecnologias e mecanismos que contemplem o aumento da eficiência ambiental na produção de bens e serviços, no consumo e no uso dos recursos ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> otimizar o uso de energia, bens ambientais e insumos, visando à economia dos recursos naturais e à redução da geração de resíduos líquidos, sólidos e gasosos 	<ul style="list-style-type: none"> o uso sustentável dos recursos ambientais, o desenvolvimento de pesquisas, a inovação tecnológica ambiental e a busca da eco-eficiência

Figura 11 - Princípio, objetivo e diretriz da Lei Estadual nº. 10.431 que incentivam uma melhor eficiência do processo produtivo.

Fonte: Adaptada de Bahia (2006).

Apesar de estarem contidas em um instrumento legal, muitas empresas utilizam práticas de Produção Mais Limpa por iniciativa própria, visando a reduzir os seus custos de produção, ao mesmo tempo em que atingem suas metas de ecoeficiência e, com isso, evitam penalidades da legislação ambiental e prejuízos com a sua imagem.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

O trabalho desenvolvido caracteriza-se como uma pesquisa documental e bibliográfica, com o objetivo de avaliar o consumo de água e de energia nos frigoríficos e abatedouros licenciados pelo Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado da Bahia – INEMA e, assim, permitir obterem-se indicadores e compará-los com dados de “benchmarking”.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

Nesta pesquisa, o objeto de estudo analisado foram as tecnologias adotadas pelos frigoríficos e abatedouros de bovinos, suínos e frangos licenciados no estado da Bahia, através de dados de consumo de água e de energia, declarados no licenciamento ambiental desses empreendimentos.

3.3 COLETA DE DADOS

Na primeira etapa, para selecionar os empreendimentos a serem analisados, foram catalogados todos os processos formados no período de 2006 a 2012,

relacionados com a atividade de abate de animais. Determinou-se esse período com vistas a contemplar todos os empreendimentos, considerando um tempo médio de cinco anos para o prazo de validade das licenças ambientais, e, com isso, contemplar também os pedidos de renovação.

Para a seleção dos processos, foi utilizado o Sistema de Tecnologia e Gestão (CERBERUS³) do INEMA, obtendo-se um quantitativo de 92 processos. Nesta listagem, estavam incluídas todas as etapas do licenciamento ambiental (localização, implantação e operação), além de alteração de licença e manifestação prévia sobre a viabilidade ambiental.

Nesta pesquisa, decidiu-se por selecionar apenas os processos relacionados à etapa de operação, devido à possibilidade de se obterem dados com empreendimentos em funcionamento e não estimados em projetos. Neste cenário, foram listados 53 processos de licenciamento ambiental. Vale ressaltar que 32 destes são do tipo simplificado e unificado, cujo licenciamento também contempla as etapas de localização e implantação.

Dentre os 53 processos listados acima, foram descartados os empreendimentos que não abatem boi, porco e frango e aqueles que não estavam sob a guarda do arquivo técnico do INEMA, obtendo-se os 25 processos de licenciamento ambiental analisados nesta pesquisa. Destes, foram coletados dados de consumo de água e de energia, sendo 12 frigoríficos e 13 abatedouros, em diversas regiões do estado da Bahia, conforme pode ser observado na Figura 12.

³ O CERBERUS é um sistema (software) de gerenciamento de processos do INEMA utilizado nas áreas técnicas (licenciamento e fiscalização ambiental), administrativa e financeira.

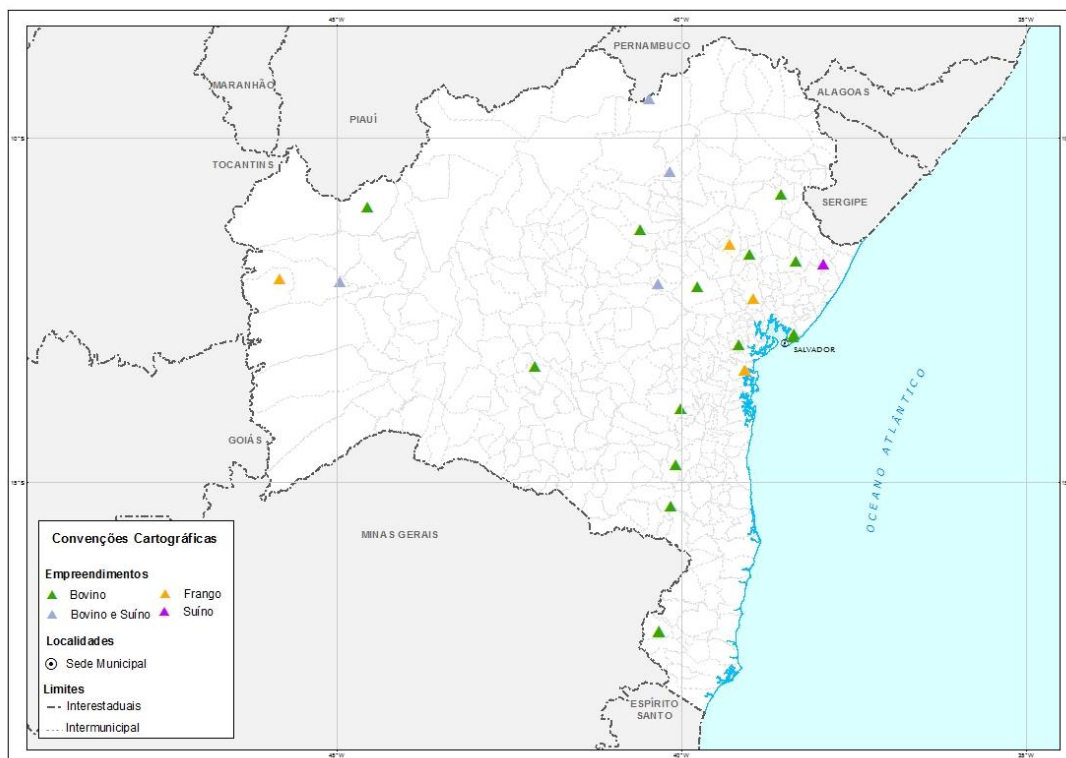


Figura 12 - Localização dos abatedouros e frigoríficos avaliados

Os dados coletados foram obtidos nos documentos apensados aos processos analisados nesta pesquisa, como:

- Roteiro de Caracterização do Empreendimento – RCE;
- Auto Avaliação para o Licenciamento Ambiental – ALA;
- Parecer Técnico – PT; e
- Estudos ambientais apensados aos processos de licenciamento.

O RCE é um documento obrigatório para formalização do processo de licenciamento ambiental, contendo as informações do processo produtivo, inclusive dos insumos necessários para atividade, entre eles, água e energia, além de dados de produção, fluxo do processo e caracterização ambiental do empreendimento associada aos impactos ambientais provocados, principalmente, pela geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas.

No documento ALA, são contidas as informações sobre as medidas adotadas pela empresa para minimizar os impactos ambientais, durante a validade da licença, e o cumprimento das condicionantes, além das medidas adotadas por iniciativa própria. Nesse caso, trata-se de um documento necessário para a renovação de licença de operação.

Na elaboração do Parecer Técnico, muitas das informações são obtidas no RCE e ALA, mas também são apresentadas aquelas colhidas na inspeção de campo, as quais podem não estar contidas nesses dois outros documentos, e que também ajudaram na coleta de dados.

Em tais documentos, foram coletadas as informações abaixo, sendo todos estes dados secundários:

- Animais abatidos (unidade, peso e tipo);
- Porte do empreendimento;
- Consumo de água (quantidade total e por etapa de abate e a fonte de captação); e
- Consumo de energia (quantidade e tipo de energia);

Com essas informações, pode-se relacionar a produção de carne com o consumo de insumos (água e energia), para avaliar a eficiência operacional obtida nestes empreendimentos.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

As indústrias de abate de animais foram classificadas por tipo de processo produtivo (abatedouros e frigoríficos); porte (pequeno, médio e grande), segundo critérios estabelecidos no Decreto Estadual de nº. 14.024 de 06 de junho de 2012; e por tipo de animal (bovino, suíno e frango).

Os dados obtidos foram agrupados em tabelas, analisando, separadamente, o consumo de cada insumo (água e energia), com o auxílio de gráficos. Nas tabelas, foram determinadas as médias e o desvio padrão, segregando a análise por tipo de animal. Alguns dados foram estimados considerando os pesos médios de abate dos animais.

Para a determinação do consumo de energia térmica, foram utilizados dados de consumo de lenha nos empreendimentos, fazendo a relação desse consumo com o potencial energético da madeira. Nesta relação, utilizou-se o estudo realizado por

Santos *et al.* (2013) que avaliaram o potencial energético da madeira em espécies do estado do Rio Grande do Norte. Entre as espécies avaliadas, utilizou-se para esta pesquisa a Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poiret), que é uma espécie do bioma caatinga, e, conseqüentemente, o potencial energético (5.052 kWh/m³) e o rendimento de material lenhoso (5,88 m³/há) obtidos pelos referidos autores.

Para avaliar o consumo de água e de energia entre os frigoríficos e abatedouros, foi realizado Teste *t*, para cada tipo de animal (boi, porco e frango), separadamente, utilizando para tanto o Software PAST, versão 2.17c (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001), e adotando um limite de confiança de 95% e significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, são apresentados os dados de consumo de água e de energia, coletados em 12 frigoríficos e 13 abatedouros. Esses empreendimentos correspondem a 58% do número de indústria de abate e 78%, 56% e 90% da produção de carne de boi, porco e frango no estado da Bahia, respectivamente, segundo dados da Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia (ADAB, 2014), do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2014) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014).

Dos 25 empreendimentos analisados, 56% estão localizados nas bacias hidrográficas do Recôncavo Norte, do Rio Paraguaçu e do Rio Grande, bacias importantes para as atividades industriais e agrícolas.

Nas bacias do Recôncavo Norte e do Rio Paraguaçu, estão localizados os maiores aglomerados industriais do estado da Bahia, ou seja, o Pólo Industrial de Camaçari e o Centro Industrial do Subaé. Além disso, essas bacias são responsáveis pelo abastecimento humano da Região Metropolitana de Feira de Santana e parte da Região Metropolitana de Salvador. Da mesma maneira, foram avaliados abatedouros e frigoríficos em outras quatro (4) bacias: Rio de Contas (3), Recôncavo Sul (2), Rio Itapicuru (4) e Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu (2).

4.1 CONSUMO DE ÁGUA NO PROCESSO DE ABATE DE ANIMAIS

4.1.1 Bovinos

Para a atividade de abate de bovinos, foram analisados 10 empreendimentos, estabelecendo o porte destes e obtendo-se a produção em números de animais

abatidos, como também no quantitativo de carne gerada no abate, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 - Porte e produção dos abatedouros bovinos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Abatedouro	Porte	Abate (cab/dia)	Produção (kg/dia)	Peso animal (kg)
AB1	Pequeno	100	NI	NI
AB2	Pequeno	40,9	8.181,8	200,04
AB3	Pequeno	68,2	13.636,4	199,95
AB4	Pequeno	30	NI	NI
AB5	Pequeno	30	NI	NI
AB6	Pequeno	50	11.250	225
AB7	Grande	500	92.500	185
AB8	Pequeno	30	NI	NI
AB9	Pequeno	100	NI	NI
AB10	Pequeno	30	NI	NI
Total		979,1		
Média		98 ± 144	31.392 ± 40.800	202 ± 17

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Do mesmo modo, foram analisados nove (9) empreendimentos com características de frigoríficos, obtendo-se dados referentes ao porte e à produção em números de animais abatidos, como também no quantitativo de carne gerada, apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Porte e produção dos frigoríficos bovinos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Frigorífico	Porte	Abate (cab/dia)	Produção (kg/dia)	Peso animal (kg)
FB1	Grande	350	81.666,7	233,33
FB2	Pequeno	30	NI	NI
FB3	Pequeno	100	NI	NI
FB4	Grande	300	NI	NI
FB5	Pequeno	50	NI	NI
FB6	Pequeno	99	22.275	225
FB7	Grande	250	NI	NI
FB8	Grande	600	NI	NI
FB9	Grande	700	NI	NI
Total		2.479		
Média		275 ± 241	51.971 ± 41.996	229 ± 6

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Pode-se observar que os empreendimentos com característica de abatedouros são, em sua maioria, formados por indústrias de porte pequeno, enquanto nos frigoríficos, predominam as de porte grande.

Com relação à produção desses empreendimentos, o número de abate de animais, na média, é maior entre os frigoríficos, e isso está relacionado à presença de indústrias de grande porte. O valor do peso médio dos animais bovinos foi também maior nos frigoríficos, indicando que animais com melhor qualidade de carcaça são utilizados para produção de cortes mais nobres, diferentes dos abatedouros.

Além dos dados de produção, esta pesquisa avaliou os dados de consumo de água nos abatedouros de bovinos, apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Consumo de água nos abatedouros bovinos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Abatedouro	Consumo de água		
	(L/dia)	(L/cab)	(L/kg)
AB1	120.000	1.200	5,9*
AB2	69.540	1.700	8
AB3	115.909	1.700	8
AB4	NI	NI	NI
AB5	NI	NI	NI
AB6	75.000	1.500	7
AB7	500.000	1.000	5
AB8	75.000	2.500	12,3*
AB9	120.000	1.200	5,9*
AB10	75.000	2.500	12,3*
Total	1.150.449		
Média	143.806±145.653	1.663±573	8,1±2,84

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

*: Valores calculados com base no peso padrão de abate de 250 kg (UNEP, 2000)

Na Tabela 16, também são apresentados os dados de consumo de água, porém, nos frigoríficos de bovinos.

Tabela 16 - Consumo de água nos frigoríficos de bovinos licenciados no estado da Bahia

Frigorífico	Consumo de água		
	(L/dia)	(L/cab)	(L/kg)
FB1	350.000	1.000	4,0
FB2	NI	NI	NI
FB3	124.000	1.240	5,4*
FB4	450.000	1.500	6,5*
FB5	63.636	1.273	5,6*
FB6	148.500	1.500	7,0
FB7	250.000	1.000	4,4*
FB8	900.000	1.500	6,5*
FB9	500.000	714	3,1*
Total	2.786.136		
Média	348.267 ± 272.202	1.216 ± 290,59	5,3 ± 1,38

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

*: Valores calculados com base no peso padrão de abate de 250 kg (UNEP, 2000)

O consumo de água desses empreendimentos não apresentou diferenças significativas ($F = 3,8889$; $p = 0,093822$). Na média, o consumo nos abatedouros foi de 1.663 ± 573 L/cab, variando entre 1.000 a 2.500 L/cab, sendo este volume maior que a média obtida nos frigoríficos, que foi de 1.216 ± 290 L/cab, com uma variação de 714 a 1.500 L/cab. Esse mesmo cenário foi obtido quando os resultados são computados por peso, obtendo-se $8,1 \pm 2,84$ L/kg nos abatedouros, e $5,3 \pm 1,38$ L/kg nos frigoríficos. Era esperado que o consumo de água nos abatedouros fosse menor devido às características do processo produtivo, já que esse tipo de empreendimento não realiza o beneficiamento da carne. No entanto, tal resultado pode ser justificado pelo melhor uso da capacidade instalada nos frigoríficos, devido a uma maior produção de carne.

Com relação ao consumo de água por animal de todos os empreendimentos, avaliaram-se esses dados com os indicadores da UNEP (2000) citados na Tabela 2, originando a Figura 13.

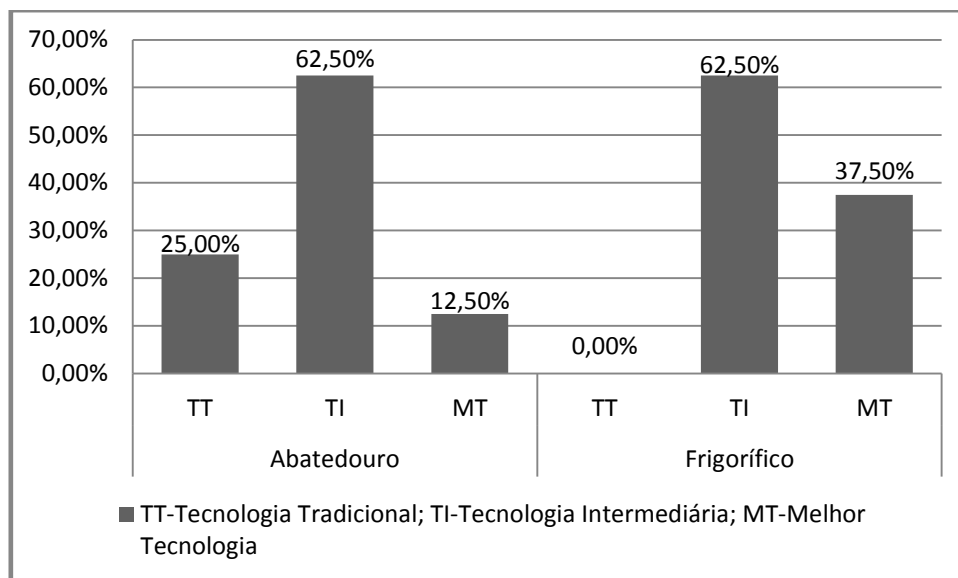


Figura 13 - Comparação do consumo médio de água dos abatedouros e frigoríficos bovinos com a tecnologia compatível

Considerando os níveis de consumo de água nos abatedouros e frigoríficos citados no licenciamento ambiental desses empreendimentos, e quando comparados com os dados da UNEP (2000), verifica-se que os índices obtidos nos frigoríficos são mais compatíveis com o uso de Melhores Tecnologias quando confrontados com os abatedouros, conforme pode ser observado na Figura 13.

Ainda analisando a Figura 13, verifica-se que 25% dos abatedouros possui consumo de água compatível com tecnologias tradicionais, ou seja, com consumo acima de 2.500 L/cab, sendo maior em 2,5 vezes quando se adotam melhores tecnologias. Esse mesmo percentual é encontrado quando os dois tipos de empreendimentos possuem dados de consumo de água compatíveis com as melhores tecnologias. Portanto, 75% das indústrias de abate de animais avaliadas ainda possuem altos índices de consumo de água.

Na Figura 14, o consumo de água por animal é avaliado de acordo com o porte do empreendimento.

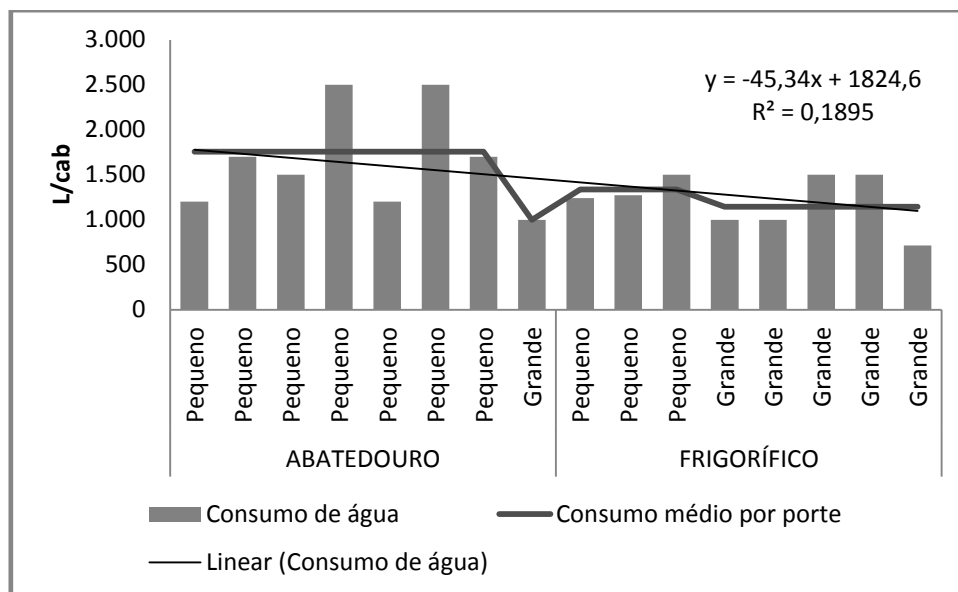


Figura 14 - Consumo médio de água por porte dos abatedouros e frigoríficos

Na Figura 14, verifica-se uma tendência a um consumo de água por animal abatido maior quando o porte dos empreendimentos é menor, o que também deve estar associado a uma melhor utilização da capacidade instalada.

Quando se mede o consumo de água em determinado processo, é necessário conhecer também tal consumo em cada etapa. Nesta pesquisa, os dados coletados por etapa de abate representaram apenas cerca de 42% do universo amostral, já que a maior parte dos abatedouros e frigoríficos citou apenas o consumo total. Na Tabela 17, é apresentado o consumo de água dos abatedouros por cada etapa do processo produtivo.

Tabela 17 - Consumo de água (L/cab) nos abatedouros bovinos licenciados no estado da Bahia por etapa (2006 a 2012)

Abatedouro	Recepção	Sangria	Retirada da pele	Evisceração	Refrigeração	Caldeira	Graxaria
AB1	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
AB2	237,9	NI	NI	NI	NI	NI	NI
AB3	237,93	NI	NI	NI	NI	51,03	56,6
AB4	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
AB5	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
AB6	46	260	220	220	20	30	NI
AB7	40	156	140	140	16	20	NI
AB8	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
AB9	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
AB10	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Média	140 ± 113	208 ± 74	180 ± 57	180 ± 57	18 ± 3	34 ± 16	57

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Percebe-se na Tabela 17 que apenas quatro abatedouros apresentaram dados de consumo de água por etapa, porém, com informações que não contemplavam todas as fases do processo produtivo.

Na Tabela 18, são apresentados os dados de consumo de água também por etapa, nos frigoríficos licenciados no estado da Bahia.

Tabela 18 - Consumo de água (L/cab) nos frigoríficos bovinos licenciados no estado da Bahia por etapa (2006 a 2012)

Frigorífico	Recepção	Sangria	Retirada da pele	Evisceração	Refrigeração	Caldeira	Graxaria
FB1	28,57	142,86	137,14	274,29	10,00	15,71	NI
FB2	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
FB3	NI	NI	NI	NI	NI	2	NI
FB4	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
FB5	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
FB6	59,6	210,1	210,1	210,1	15,15	20,2	NI
FB7	40	140	140	140	14	20	NI
FB8	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
FB9	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Média	43±16	164±40	162±41	208±67	13±3	14±9	

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

A situação encontrada nos frigoríficos bovinos é a mesma citada acima nos abatedouros, ou seja, apenas quatro (4) dos nove (9) empreendimentos informaram os consumos de água por cada etapa do processo produtivo, resultando em poucas informações para análise do licenciamento ambiental.

Apesar de poucas informações disponíveis, elaborou-se a Figura 15, com o percentual médio do consumo de água em cada etapa do processo de abate de bovinos.

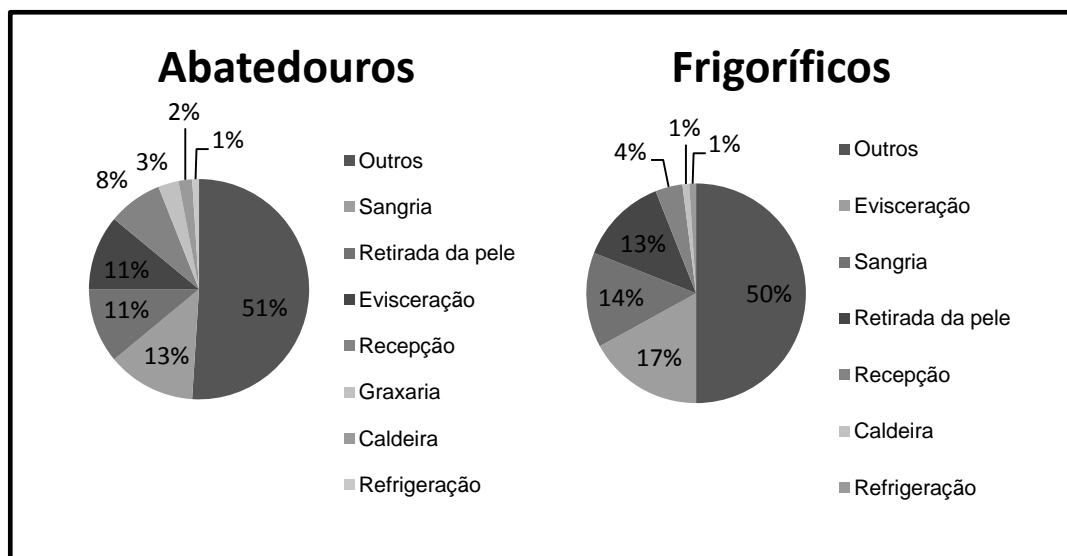


Figura 15 - Consumo médio de água por etapa nos abatedouros e frigoríficos bovinos

Pode-se observar na Figura 15 que metade da parcela do consumo de água, baseada nos consumos médios, não especifica o uso desse recurso hídrico, o que, provavelmente, deve estar relacionado ao procedimento de lavagem dos currais e caminhões dos empreendimentos, e que não foram citados nos processos de licenciamento ambiental como uma etapa específica de uso. Martins, Astorga e Silveira (2006) avaliaram um processo de abate de animais bovinos e constataram que cerca de metade do uso da água está relacionada com esta etapa, ou seja, mesmo percentual que não foi citado quando o uso é declarado de forma fracionada.

Quando comparados os resultados entre abatedouros e frigoríficos, houve algumas discrepâncias em algumas etapas. Nestes últimos, a etapa de recepção contribuiu menos para o consumo de água total, enquanto a etapa de evisceração teve uma contribuição menor nos abatedouros.

É importante contabilizar o consumo de água nas etapas consideradas sujas do processo de abate de animais, que, neste caso, engloba as etapas de recepção e lavagem de currais e caminhões, devido ao alto potencial de utilização de água de reúso em tais áreas. Forlani, Medeiros e Léo (2004) avaliaram a possibilidade de reúso do efluente de frigorífico bovino a partir de um sistema de tratamento contendo as operações de coagulação, floculação, sedimentação e filtração, e verificaram que 27% do consumo de água total podem ser reduzidos. A etapa de lavagem de currais tem uma grande demanda de água com tais características.

Fronza (2004) também realizou uma pesquisa semelhante à citada acima, mas utilizando apenas o efluente gerado na lavagem de carcaça, por apresentar menor concentração de matéria orgânica e não ter contato com as fezes dos animais. Nesse caso, foram necessárias apenas as operações de filtração e cloração, para este efluente ser utilizado nos banhos dos animais, sendo o volume excedente utilizado na lavagem de pisos e caminhões. Com isso, conseguiu reduzir em 28,6% o consumo de água total.

4.1.2 Suínos

Referente à indústria de abate de suínos, verifica-se na Tabela 19 um número de abatedouros reduzido quando comparado ao abate de bovinos, fato este que deve estar associado ao menor consumo da carne de porco.

Tabela 19 - Porte e produção dos abatedouros suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Abatedouro	Porte	Abate (cab/dia)	Produção (kg/dia)	Peso animal (kg)
AS1	APP*	9,09	818,2	NI
AS2	APP*	45,4	4.090,9	90,1
AS3	APP*	16	1.530	95,6
Total		70,49	6.439,1	
Média		23 ± 19	2.146 ± 1.721	93 ± 4

NI: Dado não informado no processo de licenciamento ambiental.

APP*: Abaixo do enquadramento de Pequeno Porte

Apesar da quantidade inferior citada, pode-se observar também que os empreendimentos com característica de abatedouros estão mais relacionados com portes menores, inclusive abaixo do enquadramento de pequeno porte.

Na Tabela 20, são apresentadas as características dos frigoríficos de suínos licenciados no estado da Bahia, contendo porte e produção. O cenário é semelhante ao encontrado nos abatedouros, com exceção de um empreendimento que foi enquadrado como pequeno porte.

Tabela 20 - Porte e produção dos frigoríficos suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Frigorífico	Porte	Abate (cab/dia)	Produção (kg/dia)	Peso animal (kg)
FS1	Pequeno	100	NI	NI
FS2	APP*	10	NI	NI
Total		110		
Média		55 ± 64		

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

APP*: Abaixo do enquadramento de Pequeno Porte

Quando comparados os dados produtivos entre abatedouros e frigoríficos, observa-se o mesmo comportamento obtido no abate de bovinos. O número de abate

de animais, na média, é maior para os frigoríficos, justificado pela presença de uma indústria com um porte maior neste tipo de atividade.

Com relação ao consumo de água nos abatedouros de suínos, este é apresentado na Tabela 21.

Tabela 21 - Consumo de água nos abatedouros para abate de suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Abatedouro	Consumo de água		
	(L/dia)	(L/cab)	(L/kg)
AS1	9.820	1.080,3	12
AS2	54.545	1.201,4	13
AS3	16.000	1.000	10
Total	80.365		
Média	26.788 ± 24.236	1.093,91 ± 101,4	11,93 ± 1,44

Na Tabela 22, também são apresentados os dados de consumo de água, mas nos frigoríficos de suínos.

Tabela 22 – Consumo de água nos frigoríficos para abate de suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Frigorífico	Consumo de água		
	(L/dia)	(L/cab)	(L/kg)
FS1	100.000	1.000	11,1*
FS2	12.500	1.250	13,9*
Total	112.500		
Média	56.250±61.872	1.125±177	12,50±1,96*

*: Valores calculados com base no peso padrão de abate de 90 kg (UNEP, 2000).

O consumo de água desses empreendimentos não apresentou diferenças significativas ($F = 3,0517$; $p = 0,44553$). Na média, o consumo de água por animal nos abatedouros foi de 1.094 ± 101 L/cab, variando entre 1.000 a 1.201 L/cab, e nos frigoríficos foi de 1.125 ± 177 L/cab, com uma variação de 1.000 a 1.250 L/cab.

Analisando os resultados obtidos no consumo de água para o abate de suínos, verifica-se que esses valores, comparados com os índices citados na Tabela 1, estão muito acima dos encontrados na literatura, principalmente, quando tais índices não são da indústria nacional de abate de animais.

Da mesma forma em que foi analisado o processo de abate de bovinos, a UNEP (2000) também avaliou o processo de abate de suínos e estabeleceu alguns valores de consumo de água para essa atividade, conforme a tecnologia adotada. Na Figura 16, são apresentadas as tecnologias relacionadas aos seus respectivos consumos.

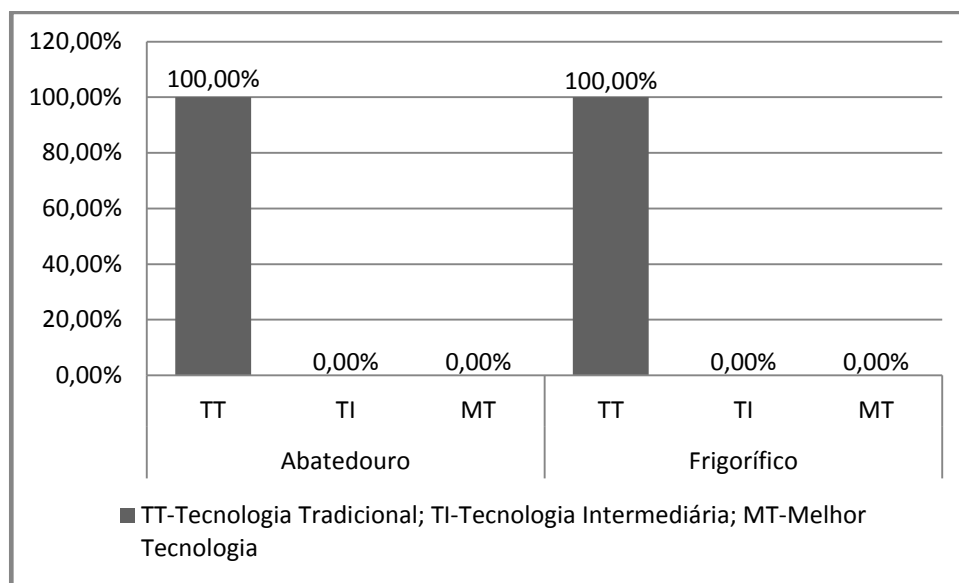


Figura 16 - Comparação do consumo médio de água dos abatedouros e frigoríficos de suínos com a tecnologia compatível

Comparando os índices de consumo de água obtidos no estado da Bahia, conforme apresentados na Figura 16, verifica-se que todos os abatedouros e frigoríficos estão com índices compatíveis com tecnologia considerada tradicional, ou seja, tecnologias que ainda utilizam bastante água e não aproveitam toda a sua capacidade instalada.

No entanto, os abatedouros e frigoríficos de suínos avaliados nesta pesquisa possuem índices de consumo de água compatíveis com a utilização de tecnologias intermediárias e de melhores tecnologias adotadas no abate de bovinos, já que se trata de empreendimentos que abatem nas mesmas instalações os dois tipos de animais. Deste modo, devem-se avaliar melhor os procedimentos operacionais e equipamentos utilizados nesses processos para determinar se os abates conjuntos ou nas mesmas instalações podem ocasionar um maior consumo de água no abate de suínos.

A seguir, nas Tabelas 23 e 24, são apresentados os dados de consumo de água por cada etapa do processo de abate de suínos.

Tabela 23 - Consumo de água nos abatedouros por etapa para abate de suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Abatedouro	Recepção	Sangria	Retirada da pele	Evisceração	Refrigeração	Caldeira	Graxaria
AS1	168,32	NI	NI	NI	NI	36,30	59,41
AS2	168,19	NI	NI	NI	NI	36,04	60,07
AS3	37,5	184,375	91,875	110,625	18,75	18,75	NI
Média	125±75	184	92	111	19	30±10	60±0,47

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Tabela 24 - Consumo de água nos frigoríficos por etapa para abate de suínos licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Frigorífico	Recepção	Sangria	Retirada da pele	Evisceração	Refrigeração	Caldeira	Graxaria
FS1	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
FS2	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Quando se avalia o consumo de água por cada etapa do processo de abate, percebe-se que nenhum dos frigoríficos informou os dados de consumo. No entanto, apesar do número reduzido desses empreendimentos, todos os abatedouros citaram consumo específico, mas que não contemplou todas as etapas do processo.

Apesar de poucas informações disponíveis, semelhantes às encontradas no processo de abate de bovinos, elaborou-se a Figura 17, com o percentual médio do consumo de água em cada etapa do processo de abate de suínos.

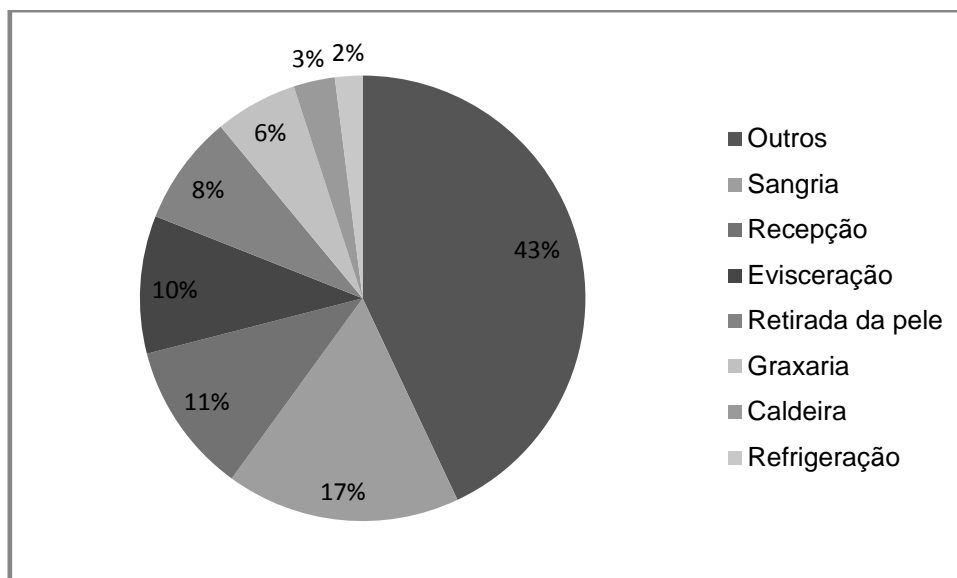


Figura 17 - Consumo médio de água por etapa nos abatedouros de suínos

Conforme apresentado na Figura 17, pode-se verificar que uma parcela considerável do consumo de água não tem a sua destinação citada, o que deve estar relacionado com a lavagem de currais, já que esses empreendimentos também realizam o abate de bovinos. As etapas (sangria, retirada da pele e evisceração) relacionadas diretamente com o processo de abate apresentam um percentual de consumo similar ao do abate de bovinos. No entanto, os gastos com refrigeração, geração de vapor e graxaria apresentaram um maior consumo quando comparados também ao abate de bovinos.

Na Figura 18, são apresentados, segundo Krieger (2007), percentuais de consumo de água em cada etapa do processo de abate de suínos, para serem comparados com os dados desta pesquisa. A autora avaliou o consumo de água em um abatedouro exclusivo de suíno, e obteve, excluindo as etapas do processo de abate, percentuais de consumo diferentes dos que foram encontrados neste trabalho. Verifica-se um consumo considerável para torre de resfriamento e um percentual pequeno para lavagem de caminhões e pocilgas, diferente do percentual encontrado nesta pesquisa.

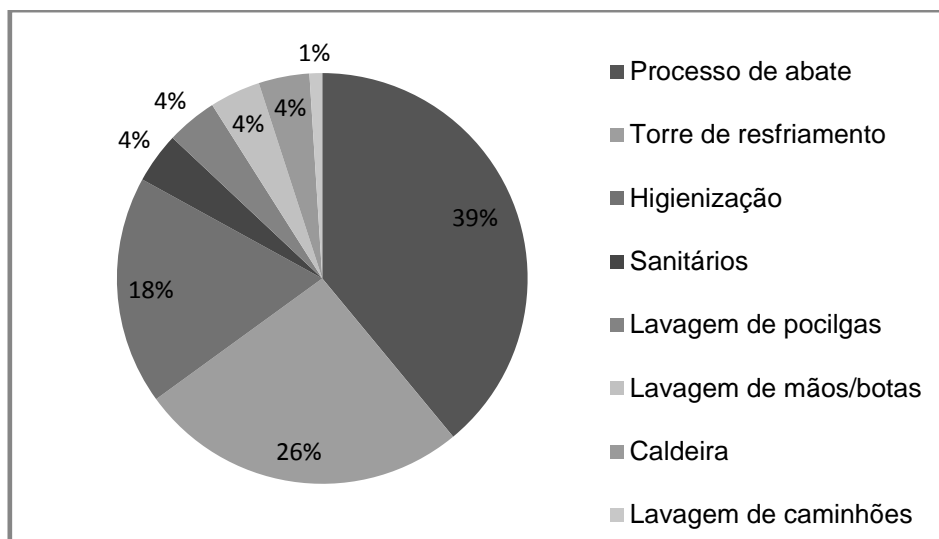


Figura 18 - Consumo médio de água por etapa nos abatedouros de suínos

Fonte: Krieger (2007)

Da mesma forma que citado no abate de bovinos, devem-se também conhecer os gastos por etapa no abate de suínos, para que se possa implementar um programa de reúso e de uso racional da água. Krieger (2007) implementou algumas medidas de P+L e conseguiu reduzir de 776 para 480 L/cab o consumo de água, obtendo um percentual de redução de 38%. Comparando esses resultados com os dados obtidos nesta pesquisa, verifica-se que os dados declarados nos processos de licenciamento ambiental encontram-se muito acima do que se pode obter em uma indústria de abate de suínos.

4.1.3 Frango

A quantidade de empreendimentos analisados na indústria de abate de frango foi equivalente à indústria de suínos, mas, abaixo do quantitativo dos que realizam o abate de bovinos. Na Tabela 25, são apresentadas as características dos abatedouros de frangos.

Tabela 25 - Porte e produção dos abatedouros de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Abatedouro	Porte	Abate (cab/dia)	Produção (kg/dia)	Peso animal (kg)
AF1	APP*	150	NI	NI
AF2	Pequeno	3.000	NI	NI
AF3	Pequeno	3.000	NI	NI
Total		6.150		
Média		2.050 ± 1.645		

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

APP*: Abaixo do enquadramento de Pequeno Porte

Observa-se nos empreendimentos com características de abatedouros a predominância de indústrias de porte pequeno, sendo que um dos empreendimentos, inclusive, tem a produção abaixo do enquadramento mínimo para licenciamento ambiental.

Na Tabela 26, são apresentadas as características dos frigoríficos de frangos, contendo porte e produção, com um número também reduzido, assim como obtido nos abatedouros.

Tabela 26 - Porte e produção dos frigoríficos de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Frigorífico	Porte	Abate (cab/dia)	Produção (kg/dia)	Peso animal (kg)
FF1	Grande	195.000	563.200	2,9
FF2	Grande	75.000	NI	NI
Total		270.000		
Média		135.000 ± 84.853		

NI: Dados não informados no processo de licenciamento ambiental.

Pode-se observar que os empreendimentos com característica de frigoríficos possuem apenas porte grande, diferente dos empreendimentos ligados ao abate de bovinos e suínos cujos frigoríficos são de porte pequeno. Além do porte, existe uma grande desproporcionalidade na produção média em relação aos abatedouros, chegando a ter duas ordens de grandeza a mais.

Com relação ao consumo de água, são apresentados nas Tabelas 27 e 28 os dados de consumo dos abatedouros e frigoríficos.

Tabela 27 - Consumo de água nos abatedouros para abate de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Abatedouro	Consumo de água		
	(L/dia)	(L/cab)	(L/kg)
AF1	3.280	22	9,7*
AF2	40.000	13	5,7*
AF3	40.000	13	5,7*
Média	27.760 ± 21.200	16,0 ± 5,2	7,05 ± 2,29*

*: Valores calculados com base no peso padrão de abate de 2,27 kg (IBGE, 2014).

Tabela 28 - Consumo de água nos frigoríficos para abate de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Frigorífico	Consumo de água		
	(L/dia)	(L/cab)	(L/kg)
FF1	2.442.000	13	4,0
FF2	1.730.000	23	10,1*
Média	2.086.000 ± 503.460	18 ± 7,1	7,07 ± 4,34*

*: Valores calculados com base no peso padrão de abate de 2,27 kg (IBGE, 2014).

O consumo de água desses empreendimentos não apresentou diferenças significativas ($F = 1,8519$; $p = 0,61325$). Na média, o consumo nos abatedouros foi de $16 \pm 5,2$ L/cab, variando entre 13 a 22 L/cab, sendo este volume menor que a média obtida nos frigoríficos, que foi de 18 ± 7 L/cab, com uma variação de 13 a 23 L/cab.

Diferente dos resultados encontrados para o abate de bovinos e suínos, os resultados de consumo de água dos abatedouros e frigoríficos, obtidos nos processos de licenciamento ambiental, expressam uma boa eficiência quando comparados aos resultados obtidos em estudos nacionais.

Matsumura (2007) avaliou o processo de abate de frango em um frigorífico e constatou um consumo de água de 16,91 L/cab. No entanto, com a implementação de ações de P+L, através de identificação de perdas físicas e operações inadequadas, melhorias operacionais e reúso da água, o consumo reduziu em 12,66% (14,77 L/cab), podendo-se ter um aumento na produção de 14,5% com tal economia. Kist, Moutaqi e Machado (2009) também avaliaram o consumo de água em um frigorífico de frango, obtendo-se uma redução de 13%, devido à implementação de práticas de P+L.

Apesar do consumo médio dos frigoríficos e abatedouros de frangos declarados nos processos de licenciamento ambiental do estado da Bahia estar na faixa aceitável de consumo, pode-se verificar uma grande variação. Neste contexto, observa-se que, dos cinco empreendimentos avaliados, três possuem bons resultados, comparados aos melhores indicadores encontrados na literatura, enquanto dois têm resultados compatíveis aos empreendimentos com baixa eficiência no uso da água, ou seja, existe uma grande discrepância em tal setor quanto à gestão desse recurso mineral, essencial para o processo produtivo.

Nas Tabelas 29 e 30, são apresentados os dados de consumo de água nos abatedouros e frigoríficos de frango por cada etapa do processo.

Tabela 29 - Consumo de água nos abatedouros por etapa para abate de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Abatedouro	Recepção	Sangria	Retirada da pele	Evisceração	Refrigeração	Caldeira	Graxaria
AF1	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
AF2	NI	NI	NI	NI	NI	0,08	NI
AF3	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Tabela 30 - Consumo de água nos frigoríficos por etapa para abate de frango licenciados no estado da Bahia (2006 a 2012)

Frigorífico	Recepção	Sangria	Retirada da pele	Evisceração	Refrigeração	Caldeira	Graxaria
FF1	NI	NI	NI	NI	NI	0,13	NI
FF2	3,73	NI	2,93	3,93	0,13	0,13	NI
Média						0,13	

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Analisando os dados de consumo de água por etapa, verificam-se poucas informações, impossibilitando a determinação do consumo médio em cada etapa, com exceção para o uso em caldeira. Como já relatado nas análises referentes aos dados de abate de bovinos e suínos, a utilização de água por etapa deve ser avaliada num

processo produtivo, a fim de uma melhor eficiência do uso desse recurso. No caso do abate de frangos, não é diferente.

Amorim, Nardi e Nery (2007) avaliaram um frigorífico de frango e verificaram que o processo de abate é responsável por 62% do consumo de água, seguido pela etapa de limpeza que consome 9% do volume total. Apesar de o empreendimento ter implantado algumas medidas para redução do consumo de água, como a instalação de torneiras com fechamento automático, mangueiras utilizadas para a lavagem de piso com bicos pressurizados e reutilização do efluente das torres de resfriamento para a lavagem das gaiolas que transportam os frangos, aplicando medidas as quais relacionamos abaixo, foi possível reduzir o consumo de água em 12% e, conseqüentemente, em 10% na geração de efluente do frigorífico estudado:

- Utilização do efluente gerado no tanque de dessensibilização, após tratamento preliminar para a remoção de sólidos grosseiros, na pré-lavagem das gaiolas;
- Reutilização do efluente gerado nas torres de resfriamento e no descongelamento no túnel de resfriamento e câmaras de armazenamento, na etapa de recepção;
- Reutilização do efluente da lavagem final do processo de limpeza do frigorífico, na pré-lavagem da graxaria.

Matsumura e Mierzwa (2008) também avaliaram um processo de abate de frango com o uso racional e programas de reutilização da água, juntamente com medidas de P+L, em que houve redução do consumo de água total em 14,9%. A economia gerada proporcionou a redução de 16,9 para 11,25 L/cab. No entanto, este resultado só foi alcançado pelo fato de cada etapa do processo ser avaliada de forma segregada, reforçando a necessidade de conhecer, quantitativamente, o processo produtivo em análise.

4.2 CONSUMO DE ENERGIA NO PROCESSO DE ABATE DE ANIMAIS

4.2.1 Bovinos

Na Tabela 31, são apresentados os consumos das energias térmica e elétrica e dos combustíveis utilizados para a sua geração, necessários para o abate de bovinos.

Tabela 31 - Consumo de energia e de combustíveis nos abatedouros de bovinos licenciados no estado da Bahia

Abatedouro	Geração de vapor (kg/h)	Consumo de lenha (m ³ /dia)	Energia Elétrica (kWh)	GLP (kg/dia)	Óleo Diesel (L)
AB2	350	NI	NI	NI	NI
AB3	350	NI	NI	NI	NI
AB6	1.500	NI	NI	NI	NI
AB7	1.500	NI	NI	NI	NI
AB9	350	NI	NI	NI	NI
AB10	300	NI	NI	NI	NI
Média	725 ± 600				

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Pode-se verificar na Tabela 31 que apenas dados referentes à geração de vapor são disponibilizados nos processos de licenciamento ambiental dos abatedouros, com uma média de 725 ± 600 kg/h. No entanto, essa informação só estava contida em 60% dos empreendimentos, enquanto que o consumo de energia elétrica e o de outras fontes de energia não foram informados, bem como o licenciamento ambiental não considerou necessária a análise desses dados.

Na Tabela 32, são apresentados os consumos das energias térmica e elétrica nos frigoríficos, além dos combustíveis utilizados para a sua geração.

Tabela 32 - Consumo de energia nos frigoríficos de bovinos licenciados no estado da Bahia

Frigorífico	Geração de vapor (kg/h)	Consumo de lenha (m ³ /dia)	Energia Elétrica (kwh)	GLP (kg/dia)	Óleo Diesel (L)
FB1	1.500	NI	NI	NI	NI
FB2	300	NI	NI	NI	NI
FB3	500	0,7	NI	NI	NI
FB4	4.000	16	NI	NI	NI
FB5	250	NI	NI	NI	NI
FB6	1.500	NI	NI	NI	NI
FB7	300	NI	NI	NI	NI
FB8	2.000	50	NI	NI	NI
FB9	7.900	NI	NI	NI	NI
Média	2.028 ± 2.510	22 ± 25			

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

No caso dos frigoríficos, também se destaca a indisponibilidade de dados de consumo de energia quando comparados aos dados dos abatedouros, com exceção de alguns empreendimentos que forneceram dados de consumo de lenha.

Analisando os dados obtidos com a geração de vapor (energia térmica), pode-se observar uma demanda muito maior nos frigoríficos, mas proporcional à produção média desses empreendimentos quando comparados aos abatedouros.

Na Tabela 33, são apresentados os dados de geração de vapor d'água nos abatedouros.

Tabela 33 - Geração de vapor d'água nos abatedouros licenciados no estado da Bahia

Abatedouro	Abate (cab/dia)	Produção (kg/dia)	Peso animal (kg)	Geração de Vapor (kg/h)	Geração de Vapor por animal (kg/h.cab)
AB2	40,9	8.181,8	200,04	350	8,56
AB3	68,2	13.636,4	199,95	350	5,13
AB6	50	11.250	225	1.500	30,00
AB7	500	92.500	185	1.500	3,00
AB9	100	20.200*	202*	350	3,50
AB10	30	6.060*	202*	300	10,00
Média	132±182	25.305±33.282	202±13	725±601	10±10

*: Valores calculados com base no peso médio de abate.

Entre os abatedouros, observa-se discrepância em meio aos valores de geração de vapor d'água informados nos processos de licenciamento ambiental, conforme apresentados na Tabela 33. O abatedouro AB7 tem uma produção 10 vezes maior que o abatedouro AB6, porém, a capacidade de geração de vapor d'água é a mesma. Neste caso, pode estar havendo um superdimensionamento do sistema ou omissão de valores.

Na Tabela 34, é apresentado o consumo de vapor d'água nos frigoríficos.

Tabela 34 - Geração de vapor d'água nos frigoríficos licenciados no estado da Bahia

Frigorífico	Abate (cab/dia)	Produção (kg/dia)	Peso animal (kg)	Geração de Vapor (kg/h)	Geração de Vapor por animal (kg/h.cab)
FB2	30	6.870*	229*	350	11,67
FB3	100	22.900*	229*	350	3,50
FB6	99	22.275	225	1.500	15,15
FB7	250	57.250*	229*	1.500	6,00
FB9	700	160.300*	229*	350	0,50
Média	236±272	53.919±62.260	228±2	810±630	7±6

*: Valores calculados com base no peso médio de abate.

Analisando os dados da Tabela 34, percebe-se a mesma situação observada nos abatedouros. Os frigoríficos FB2 e FB9 possuem a mesma geração de vapor d'água, mas, a produção do último é maior em 20 vezes, indicando também um superdimensionamento em um dos dois sistemas. No entanto, o consumo de energia térmica em relação à produção, em média, é menor nos frigoríficos quando comparados com os abatedouros, assinalando uma melhor eficiência no uso deste insumo.

Quando se analisa a geração de vapor com relação à fonte de combustível, percebe-se também uma grande disparidade nos dados. Especificamente nos frigoríficos FB4 e FB8, o consumo de material lenhoso deste último é o triplo em relação ao outro, obtendo-se a metade da geração de vapor, o que indica uma baixa eficiência na conversão de energia e uma possibilidade de redução do consumo deste material e de custo no processo produtivo.

Durante a etapa de coleta de dados, verificou-se que todos os abatedouros e frigoríficos, apesar de não informarem a quantidade, afirmaram utilizar lenha para a geração de energia térmica. Uma forma de diminuir o impacto com a supressão de vegetação seria otimizar o uso dessa energia.

Santos *et al.* (2013) avaliaram o potencial energético da madeira de espécies do estado do Rio Grande do Norte, entre elas a Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poiret), que é uma espécie presente no bioma caatinga Baiana, e encontrou para esse tipo de madeira um potencial de 5.052 kWh/m³. Com tal dado, foi possível estimar o consumo de energia térmica, apresentado na Tabela 35.

Tabela 35 - Consumo estimado de energia térmica nos frigoríficos bovinos licenciados no estado da Bahia

Frigorífico	Abate (cab/dia)	Geração de vapor (kg/h)	Consumo de lenha (m ³ /dia)	Consumo de energia térmica (kWh/cab)
FB3	100	500	0,7	35,36
FB4	300	4.000	16	269,44
FB8	600	2.000	50	421,00
Média	333 ± 251,7	2167 ± 1.755,9	22,2 ± 25,23	241,9 ± 194,28

Verifica-se na Tabela 35 que o consumo médio de energia térmica nos frigoríficos é de 241,9 ± 194,28 kWh/cab. Comparando esse resultado com os dados obtidos por UNEP (2000), percebe-se que o consumo médio é compatível com empreendimentos que utilizam tecnologia tradicional, ou seja, aqueles que não utilizam a sua capacidade instalada e nem os métodos de P+L no seu processo produtivo. No entanto, observa-se uma grande variação entre os resultados, que justifica o valor elevado do desvio padrão, indicando empreendimentos com alta e baixa eficiência energética.

4.2.2 Frango

Da mesma maneira que ocorre no abate de bovinos, os abatedouros e frigoríficos de frangos também utilizam energias térmica e elétrica nos seus processos produtivos. Na Tabela 36, é apresentado o consumo desses tipos de energia e dos combustíveis utilizados para a sua geração, primeiramente, nos abatedouros.

Tabela 36 - Consumo de energia nos abatedouros de frango licenciados no estado da Bahia

Abatedouro	Geração de vapor (kg/h)	Consumo de lenha (m ³ /dia)	Energia Elétrica (kWh)	GLP (kg/dia)	Óleo Diesel (L)
AF1	30	NI	NI	25	NI
AF2	300	1	NI	NI	NI
AF3	300	1	NI	NI	NI
Média	210 ± 155,9	1		25	

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Conforme já citado nesta pesquisa, todos os empreendimentos avaliados utilizam lenha como combustível para a geração de energia térmica, com exceção do abatedouro AF1 que utiliza GLP (Gás Liquefeito de Petróleo). Apesar do quantitativo menor em relação aos empreendimentos da indústria de abate de bovinos, observa-se uma coerência nos dados declarados, existindo uma relação entre a produção e a utilização de vapor d'água.

Na Tabela 37, são apresentados os dados de consumo de energia nos frigoríficos de frango, também referente ao consumo das energias térmica e elétrica, além dos combustíveis utilizados para a sua geração.

Tabela 37 - Consumo de energia nos frigoríficos de frango licenciados no estado da Bahia

Frigorífico	Geração de vapor (kg/h)	Consumo de lenha (m ³ /dia)	Energia Elétrica (kWh)	GLP (kg/dia)	Óleo Diesel (L)
FF1	8.000	102,4	NI	NI	NI
FF2	2.800	9,5	NI	NI	NI
Média	5.400 ± 3.677	56,0 ± 65,69			

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Nos frigoríficos de frango, está relação tende ao mesmo panorama encontrado na indústria de abate de bovinos. O frigorífico FF1 possui uma geração de vapor d'água quase três vezes maior em relação ao frigorífico FF2. No entanto, o seu consumo de lenha é dez vezes maior, indicando também um superdimensionamento deste sistema.

Diferente do que aconteceu nos dados de consumo de energia no setor de abate de bovinos, todos os abatedouros e frigoríficos de frango informaram o consumo de combustível utilizado para geração de energia térmica.

Na Tabela 38, são apresentados os dados de consumo de vapor d'água nos abatedouros de frango.

Tabela 38 - Consumo de vapor d'água nos abatedouros licenciados no estado da Bahia

Abatedouro	Abate (cab/dia)	Produção (kg/dia)	Peso animal (kg)	Geração de Vapor (kg/h)	Geração de Vapor por animal (kg/h.cab)
AF1	150	375	2,27*	30	0,20*
AF2	3.000	7.500*	2,27*	300	0,10*
AF3	3.000	7.500*	2,27*	300	0,10*
Média	2.050 ±1.645	5.125 ±4.114	2,27	210 ±156	0,13 ±0.06

*: Valores calculados com base no peso médio de abate de 2,27 kg em 2012 (IBGE, 2014).

Quando os dados de geração de vapor são relacionados com a produção, observa-se um consumo superior ao encontrado nos abatedouros e frigoríficos bovinos. Esse resultado pode ser justificado pela etapa de escaldagem que utiliza o vapor d'água para aquecimento da água na retirada das penas, diferente do abate do boi, em que a pele (couro) é extraída mecanicamente e sem auxílio de aquecimento.

Na Tabela 39, são apresentados os dados de consumo de vapor d'água nos frigoríficos de frango.

Tabela 39 - Consumo de vapor d'água nos frigoríficos licenciados no estado da Bahia

Frigorífico	Abate (cab/dia)	Produção (kg/dia)	Peso animal (kg)	Geração de Vapor (kg/h)	Geração de Vapor por animal (kg/h.cab)
FF1	195.000	563.200	2,9	8.000	0,041
FF2	75.000	187.500*	2,27*	2.800	0,037
Média	135.000 ±84.853	375.350 ±265.660	2,6 ±0,27	5.400 ±3.677	0,039 ±0,003

*: Valores calculados com base no peso médio de abate de 2,27 kg em 2012 (IBGE, 2014).

Nos frigoríficos, o cenário é diferente do encontrado nos abatedouros. Os resultados obtidos não apresentaram diferenças significativas ($F = 16,667$; $p = 0,34133$), mas a eficiência no sistema de geração de energia térmica foi melhor quando comparada com os abatedouros de frango e, também, com os resultados obtidos no abate de bovino, mesmo contendo a etapa de escaldagem no seu processo produtivo. Esse resultado pode ser explicado devido ao porte de tais empreendimentos. A Agência Ambiental Finlandesa 'Finnish Environment Institute

(FEI)' relata que estudos realizados na Dinamarca e Noruega indicam um menor consumo de energia quanto maior é o porte dessas indústrias (FEI, 2002).

Além do consumo de energia térmica, a etapa de escaldagem também interfere no consumo de energia elétrica. Devido ao aquecimento da carcaça do animal, se gasta mais energia na etapa de refrigeração. No caso da indústria de abate de frango, tal incremento pode ser entre 120 a 260kWh por tonelada de produto (PONTOPPIDAN; HANSEN, 2000 *apud* RAMÍREZ; PATEL; BLOK, 2006).

Quando ocorre o beneficiamento da carcaça, etapa característica dos frigoríficos, há também um incremento no consumo de energia elétrica e térmica em consequência dos cortes. Segundo Ramírez, Patel e Blok (2006) esse aumento nos frigoríficos Finlandeses é de 60kWh e 216MJ, respectivamente, por tonelada de produto acabado.

Devido à indisponibilidade de dados de consumo de energia elétrica nesses empreendimentos, não foi possível determinar o consumo de energia total que está sendo utilizado para o abate de frango. No entanto, com o consumo de material lenhoso e dados obtidos por Santos *et al.* (2013), foi possível estimar a energia térmica utilizada nos abatedouros e frigorífico de frango, a qual é apresentada nas Tabelas 40 e 41.

Tabela 40 - Consumo estimado de energia térmica nos abatedouros licenciados no estado da Bahia

Abatedouro	Abate (cab/dia)	Geração de vapor (kg/h)	Consumo de lenha (m ³ /dia)	GLP (kg/dia)	Consumo de energia térmica (kWh/cab)
AF1	150	30	NI	25	2,13
AF2	3.000	300	1	NI	1,68
AF3	3.000	300	1	NI	1,68
Média	2.050 ± 1.645	210 ± 156	1	25,0	1,8 ± 0,26

NI: Dados não informados nos processos de licenciamento ambiental.

Verifica-se na Tabela 40 que o consumo médio de energia térmica nos abatedouros é de 1,8 ± 0,26 kWh/cab. Comparando esse resultado com o consumo na Finlândia (FEI, 2002), percebe-se que, em média, o caso brasileiro está 160% maior. Os dados dos frigoríficos são apresentados na Tabela 41.

Tabela 41 - Consumo de energia térmica nos frigoríficos licenciados no estado da Bahia

Frigorífico	Abate (cab/dia)	Geração de vapor (kg/h)	Consumo de lenha (m ³ /dia)	Consumo de energia térmica (kWh/cab)
FF1	195.000	8.000	102,4	2,65
FF2	75.000	2.800	9,5	0,64
Média	135.000 ± 84.852	5.400 ± 3.677	56 ± 65,7	1,6 ± 1,42

Comparando os dados de energia térmica dos abatedouros com os dos frigoríficos, verifica-se uma melhor eficiência nestes últimos, com um consumo médio de $1,6 \pm 1,42$ kWh/cab, não apresentando diferenças significativas ($F = 29,927$; $p = 0,063657$) quando analisados individualmente. No entanto, pode-se observar uma grande variação em tais dados, justificando um desvio padrão mais elevado, sendo os empreendimentos FF1 e FF2, analisando conjuntamente com os abatedouros, os que obtiveram o maior e menor consumo de energia térmica, respectivamente.

4.3 OS CONSUMOS DE ÁGUA E DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE ABATE DE ANIMAIS E A RELAÇÃO COM LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Conforme já relatado nesta dissertação, a água e a energia têm uma relação de interdependência nas suas gerações e nos processos industriais que utilizam esses insumos. Mas, quando se trata de licenciamento ambiental, está relação, que deveria ser mais intrínseca, ainda não possui uma conexão com a questão da ecoeficiência.

Apesar da legislação ambiental do estado da Bahia já estabelecer que a análise dos processos de licenciamento deva explorar as melhores tecnologias disponíveis, o que se percebe nesta pesquisa é que os critérios de análises não focam a análise dos consumos de água e de energia. No caso do consumo de água, o cuidado do Órgão Ambiental é verificar se o volume disponibilizado pela outorga atende a demanda especificada no RCE e a fonte para captação.

Essa água utilizada no processo produtivo pode gerar efluentes líquidos que precisam de tratamento e uma destinação. Neste aspecto, o Órgão Ambiental tem

uma grande atuação com relação aos padrões de lançamento, mas esse tipo de análise equivale a uma prática de fim-de-tudo, quando o mais aceitável seria uma abordagem voltada aos princípios da P+L, com redução de consumo na fonte, ou obrigar as empresas a reusarem os efluentes nos processos.

Além disso, verificaram-se muitos processos de licenciamento ambiental em que não consta a informação do consumo de água a ser utilizado no processo produtivo. Neste caso, o Órgão Ambiental deveria criar mecanismos de avaliação, em que tornasse obrigatória a análise desse insumo, como também de energia, no licenciamento ambiental.

Caso tal abordagem fosse adotada nas análises dos processos de licenciamento ambiental, poderia esse instrumento contribuir mais na minimização dos impactos ambientais. No caso específico da atividade aqui analisada, considerando o abate de bovinos e suínos no estado da Bahia em 2014 de 1.370.275 e 105.290 animais, respectivamente (IBGE, 2014), excluindo os dados do abate de frango – visto que os índices de consumo de água nessas indústrias, informados no licenciamento ambiental, são aceitáveis –, utilizando os consumos médios que obtiveram os melhores resultados (frigoríficos bovinos e abatedouros de suínos) nesta pesquisa e, ainda, comparando com os dados de “benchmarks” da UNEP (2000) para as melhores tecnologias, estima-se que a economia de água gerada poderia abastecer uma população com cerca de 7.000 habitantes por ano.

Neste contexto, o licenciamento ambiental tem um papel importante no uso racional da água, requerendo da indústria de abate de animais, como também de outros processos produtivos, melhores tecnologias, principalmente no estado da Bahia, onde 40% do seu território (NASCIMENTO, 2010) estão inseridos na região semiárida.

Com relação ao aspecto energia, a análise do licenciamento ambiental ainda é mais superficial, principalmente quando se trata de energia elétrica. Quando se trata desse tipo de energia, a análise está voltada à disponibilidade de tal insumo pela concessionária, não importando a quantidade consumida. Nesta pesquisa, em nenhum processo da indústria de abate de animais, o consumo de energia elétrica foi informado.

Na análise do Órgão Ambiental referente à energia térmica, há um controle maior quanto ao tipo de combustível consumido. Quando os empreendimentos utilizam combustíveis de origem fóssil e material lenhoso, existe um grande controle para

avaliar a qualidade do ar impactada por poluentes originados da combustão. Além disso, no caso específico da lenha, é exigido que esse material seja proveniente de áreas com autorização de supressão emitida pelo Órgão Ambiental ou de reflorestamento, mas não há uma análise mais crítica com relação à quantidade utilizada.

De modo análogo ao consumo de água, analisando a produção de carne bovina de 2.999.994 t na Bahia, em 2014 (IBGE, 2014), e dados de “benchmarks” da UNEP (2000), para o gasto energético no abate desse animal, a área a ser suprimida para prover a energia consumida em tal processo seria de 2.834 a 12.148 ha/ano, considerando o pior (Tecnologia Tradicional) e o melhor (Melhor Tecnologia) cenário, respectivamente. Verifica-se que uma boa eficiência energética na atividade de abate de bovinos poderia contribuir para preservação da vegetação nativa ou de reflorestamento, com uma área potencial de quase 8.000 ha/ano.

Da mesma maneira, considerando o potencial de redução da energia térmica com base nos dados de consumo médio, os quais foram declarados no licenciamento ambiental do estado da Bahia, e comparando ao consumo obtido por FEI (2002), utilizando o estudo de Santos *et al.* (2013) e a produção de frango em 2014 de 217.567 t (IBGE, 2014), estima-se um potencial de área de cerca de 3.500 ha por ano a ser preservada, melhorando a eficiência energética na indústria de abate de frango.

Outras fontes de energia poderiam ser adotadas para aumentar a eficiência energética na indústria de abate de animais, seguindo os princípios da P+L e com estímulo por parte do licenciamento ambiental. Nessa circunstância, o uso da energia solar para pré-aquecimento da água utilizada na geração de vapor d'água poderia ser adotado, como, também, o metano gerado nos processos anaeróbicos dos sistemas de tratamento de efluentes poderia ser transformado em energia elétrica. No entanto, tal abordagem ainda não é uma iniciativa do Órgão Ambiental, ressaltando que esta deve ser analisada juntamente com a viabilidade financeira e o poder de investimento da indústria a ser licenciada.

5 CONCLUSÃO

Analisando os resultados de consumo de água licenciados na indústria de abate de animais do estado da Bahia, verifica-se que os frigoríficos bovinos alcançaram os melhores resultados, enquanto o abate de suínos teve um consumo superior ao dobro do obtido nos frigoríficos referidos acima.

Além disso, outras conclusões podem ser destacadas:

- 75% da indústria de abate de bovinos possuem altos índices de consumo de água (1.663 L/animal nos abatedouros e 1.216 L/animal nos frigoríficos, na média), com índices compatíveis com tecnologias tradicionais e intermediárias, apresentando melhores resultados os empreendimentos de grande porte;
- A indústria de abate de suínos informou dados de consumo de água (1.093 L/animal nos abatedouros e 1.125 L/animal nos frigoríficos, na média) com índices compatíveis com tecnologias tradicionais em todos empreendimentos avaliados;
- A indústria de abate de frango informou dados de consumo de água (16 L/animal nos abatedouros e 18 L/animal nos frigoríficos, na média) compatíveis aos obtidos em outros estudos, indicando uma boa eficiência no uso desse recurso mineral;
- Poucos dados de consumo de água por etapa do processo de abate de animais foram disponibilizados nos processos de licenciamento ambiental, indicando que tais empreendimentos necessitam melhorar a gestão quanto ao uso racional desse recurso mineral; e
- Estima-se que a economia gerada com o uso racional da água nessas indústrias poderia abastecer uma população com cerca de 7.000 habitantes por ano.

Portanto, os índices de consumo de água, especificamente para os abates de bovinos e de suínos por apresentarem resultados menos eficientes, devem estar associados ao não uso de melhores tecnologias, como também a não utilização de toda a capacidade instalada.

Com relação ao tópico energia, os dados apresentados no licenciamento ambiental foram ainda mais precários quando comparados ao uso da água. No entanto, foi possível obter as seguintes conclusões:

- Nenhum frigorífico ou abatedouro avaliado nesta pesquisa informou o consumo de energia elétrica, o que impossibilitou a obtenção do consumo total de energia;
- O consumo médio de energia térmica obtida nos frigoríficos bovinos (241,9 kWh/animal) foi compatível com empreendimentos que utilizam também tecnologias tradicionais, assim como aconteceu com o consumo de água para abate desse animal;
- Com relação ao abate de frangos, quando comparado com outro estudo realizado na Finlândia, percebe-se que o consumo de energia térmica (1,8 kWh/animal nos abatedouros e 1,6 kWh/animal nos frigoríficos, na média) informado no licenciamento ambiental está acima do encontrado neste país; e
- Com os valores obtidos no consumo de energia térmica da indústria de abate de animais e na produção de carne no estado da Bahia, estima-se que cerca de 11.500 ha/ano poderiam ser preservados com a supressão de vegetação para fornecimento de lenha, caso fossem utilizadas melhores tecnologias, empregando-se técnicas de P+L.

Diante do exposto, verifica-se que o licenciamento ambiental tem um grande papel para que os processos produtivos sejam mais eficientes. No entanto, observa-se nesta pesquisa que os dados de consumo de água e de energia informados pelas indústrias de abate de animais, e que são licenciados no estado da Bahia, poderiam estar num nível mais compatível com os alcançados por empreendimentos similares e que usam melhores tecnologias. Além disso, o licenciamento ambiental deve incorporar as análises de consumo de água e de energia com base na ecoeficiência, utilizando-se de indicadores ambientais. Frisa-se que muitos dos dados necessários para essa avaliação não constam nos processos por não ser requisitados pelo próprio Órgão Ambiental.

Ressalta-se que esta pesquisa foi baseada em dados informados no licenciamento ambiental e não medidos em campo, podendo ocorrer variações nos consumos efetivos de água e de energia durante a operação dos abatedouros e frigoríficos. Portanto, recomenda-se:

- Realização de estudos futuros avaliando o consumo real *in loco*;

- Reavaliar e ampliar as informações que devem fazer parte do Roteiro de Caracterização do Empreendimento, devendo constar dados estimados ou reais de consumo de água, de energia e de outros, os quais caracterizem os impactos ambientais do processo produtivo.
- Elaboração de manuais que auxiliem o corpo técnico do Órgão Ambiental nas análises e permissões das licenças, contendo indicadores ambientais que possam mensurar a ecoeficiência dos empreendimentos, assim como em outras atividades industriais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA DA BAHIA (Bahia). **Lista de estabelecimentos registrados no S.I.E. classificados por natureza do estabelecimento**. Disponível em: <<http://www.adab.ba.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/LISTADE-ESTABELECEMENTOS-REGISTRADOS-02.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília, 2013. 432 p.

AMORIM, A.k.b.; NARDI, I.r. de; NERY, V. del. Water conservation and effluent minimization: Case study of a poultry slaughterhouse. **Resources Conservation & Recycling**, Illinois, v. 51, n. 1, p.93-100, jul. 2007. Mensal.

ANACLETO, Cristiane et al. Ecoeficiência e produção mais limpa: uma análise das publicações em quatro periódicos brasileiros da engenharia de produção. **S&g**, [s.l.], v. 7, n. 3, p.476-489, 2012. LATEC. DOI: 10.7177/sg.2012.v7.n3.a15.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (São Paulo). **Exportações Brasileiras de Carne Bovina**. São Paulo: Abiec, 2014. 16 p. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/download/exportacao-jan-abr-2014.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (São Paulo). **Relatório Anual**. São Paulo: Abpa, 2014. 55 p. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/8ca705e70f0cb110ae3aed67d29c8842.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2014.

BAHIA (Estado). Lei nº 10431, de 20 de dezembro de 2006. **Dispõe sobre a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia e dá outras providências**. Salvador, BA: Diário Oficial do Estado da Bahia, 21 dez. 2006.

_____. Lei nº 11062, de 8 de outubro de 2009. **Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.** Salvador, BA: Diário Oficial do Estado da Bahia, 9 out. 2009.

_____. Decreto nº 14024, de 06 de junho de 2012. **Aprova o Regulamento da Lei Nº 10.431, de 20 de Dezembro de 2006, que instituiu a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia, e da Lei Nº 11.612, de 08 de Outubro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Salvador, BA: Diário Oficial do Estado da Bahia, 7 dez. 2012.

BRASIL. Decreto nº 24643, de 10 de junho de 1934. **Decreta o Código de Águas.** Brasília: CLBR, 27 jul. 1934.

_____. Lei nº 6981, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências..** Brasília: Diário Oficial da União, 2 set. 1981.

_____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília: Diário Oficial da União, 5 out. 1988. Seção 1, p. 1.

_____. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal, e altera o Art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 9 jan. 1997. Seção 1, p. 470.

_____. Ministério da Saúde. Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997. **Aprova o Regulamento Técnico: "Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos", conforme Anexo I..** Disponível em: < <http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 28 out. 2014.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.** Brasília, DF, 22 dez. 1997. p. 30841-30843.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998. **Aprovar o regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves.** Brasília: Diário Oficial da União, 26 nov. 1998. Seção 1, p. 226.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências..** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 18 mar. 2005. n. 053, p. 58-63.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 9 mar. 2006. Seção 1, p. 91.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 16 mai. 2011. n. 92, p. 89.

_____. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. **Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do Art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Brasília, DF, 09 dez. 2011.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Relação de estabelecimentos.** 2014. Disponível em: <http://bi.agricultura.gov.br/reports/rwservlet?sigisif_cons&estabelecimentos.rdf&p_id_area=1&p_cd_classe_estab=&p_sg_uf=BA&p_id_municipio=&p_serial=344191267¶mform=no>. Acesso em: 27 dez. 2014.

BREGA FILHO, Darcy; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água.** São Paulo: Manole, 2003. Cap. 2. p. 21-36.

BUENO, Leda Gobbo de Freitas. **Diagnóstico do uso de energia elétrica de um frigorífico de frangos de corte enfatizando medidas de eficiência energética.** 2008. 156 f. Tese (Doutorado) - Curso da Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

CENTRO DE PROMOCIÓN DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES (CTPS) (Bolívia). **Guía Técnica de Producción Más Limpia para Mataderos de Bovinos.** La Paz (Bolívia), 208p., 2009. Disponível em: < <http://www.cpts.org/capacitacion.php> >. Acesso em: 27 dez. 2014.

_____. **Guía Técnica de Producción Más Limpia para Mataderos de Porcinos.** La Paz (Bolívia), 177p., 2009. Disponível em: < <http://www.cpts.org/capacitacion.php> >. Acesso em: 27 dez. 2014.

CESARETTI, Marcos de Araújo. **Análise comparativa entre fontes de geração elétrica segundo critérios socioambientais e econômicos.** 2010. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Energia, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno).** São Paulo, 2006. 98 p. Disponível em : <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 27 set. 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional 2014: Ano base 2013.** Rio de Janeiro: EPE, 288 p., 2014.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO / CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP/CIESP). **Conservação e Reúso de Água – Manual de Orientação para o Setor Industrial.** Vol 1, 2004.

FINISH ENVIRONMENTAL INSTITUTE (Finlândia). **Finnish Expert Report on Best Available Techniques in Slaughterhouses and Installations for the Disposal or Recycling of Animal Carcasses and Animal Waste.** Helsinki: FEI; 42p., 2002.

FORLANI, João Pedro de Mello; MEDEIROS, Mônica; LÉO, Luis Fernando Rossi. O Potencial de Reuso de Água (Efluentes Tratados) em um Matadouro-Frigorífico. In: SIMPÓSIO DA ENGENHARIA AMBIENTAL, 1., 2004, São Carlos. **Anais...** . São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2004. p. 81 - 88.

FRONZA, Nei. **Estudos das potencialidades do reuso de água em uma indústria frigorífica.** 2004. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Pós-graduação em

Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (Minas Gerais). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Diagnóstico ambiental das indústrias de abate do Estado de Minas Gerais**: atualização. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 122 p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/producaosustentavel/diagnostico_industria_abate.pdf>. Acesso em: 3 set. 2013.

GOLDEMBERG, José; VILLANUEVA, Luz Dondero. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. 232 p.

GOMES, Priscila Rodrigues; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Proposta de análise de indicadores ambientais para apoio na discussão da sustentabilidade. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 8, n. 2, p.151-169, maio 2012. Quadrimestral.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. 2001.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. Cap. 3. p. 37-95.

HOEKSTRA, Arlen Y. et al. **Manual de avaliação da pegada hídrica**: Estabelecendo o Padrão Global. São Paulo: Earthscan, 2011. 191 p. Solução Supernova. Disponível em: <<http://www.waterfootprint.org/downloads/ManualDeAvaliacaoDaPegadaHidrica.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Atlas do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 160 p. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

_____. **Indicadores IBGE: Estatística da produção pecuária**. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201402_publ_completa.pdf>. Acesso em: 27 out. 2014.

JUANICÓ, Marcelo. Reúso de águas residuárias em regiões áridas e semiáridas: A experiência israelense. In: MEDEIROS, Salomão de Sousa et al (Ed.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap. 12. p. 361-381.

KIPERSTOCK, Asher *et al.* Conservação dos recursos hídricos no semiárido brasileiro frente ao desenvolvimento industrial. In: MEDEIROS, Salomão de Sousa et al (Ed.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap. 7. p. 207-247.

KIPERSTOCK, Asher *et al.* Inovação como requisito do desenvolvimento sustentável. **Read**, Porto Alegre, v. 30, n. 8, p.1-20, 6 nov. 2002. Bimestral.

KIST, Lourdes Teresinha; MOUTAQI, Said El; MACHADO, Ênio Leandro. Cleaner production in the management of water use at a poultry slaughterhouse of Vale do Taquari, Brazil: a case study. **Journal Of Cleaner Production**, 17, p.1200-1205, 2009.

KRIEGER, Elisabeth Ibi Frimm. **Avaliação do consumo de água, racionalização do uso e reúso do efluente líquido de um frigorífico de suínos na busca da sustentabilidade socioambiental da empresa**. 2007. 130 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ecologia, Departamento de Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

KUPUSOVIC, T. et al. Cleaner production measures in small-scale slaughterhouse industry: case study in Bosnia and Herzegovina. **Journal Of Cleaner Production**, 15, p. 378-383. 2007.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009 (supl. especial)

MARTINS, Márcia Viana Lisboa; ASTORGA, Oscar Armando Maldonado; SILVEIRA, José Luz. Conservação de água na indústria. **Revista Ciências Exatas**, Taubaté, v. 12, n. 1, p.107-113, jan. 2006. Semestral.

MATSUMURA, Erika Myho. **Perspectiva para conservação e reúso de água na indústria de alimentos: Estudo de uma unidade de processamento de frangos**. 2007. 249 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia, Departamento de Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MATSUMURA, E.M.; MIERZWA, J.C.. Water conservation and reuse in poultry processing plant: A case study. **Resources Conservation & Recycling**, Illinois, v. 52, p.835-842, mar. 2008. Mensal.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y.. **The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products**. Delft: UNESCO-IHE Institute For Water Education, 2010. 43 p. (Value of water research report). Disponível em: <<http://www.waterfootprint.org/Reports/Report-48-WaterFootprint-AnimalProducts-Vol1.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2013.

MIERZWA, José Carlos; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na Indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 143 p.

MOLINARI, Marcelo Alessandro; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves; NASCIMENTO FILHO, Armando Pereira do. Avaliação de oportunidades de produção mais limpa para a redução de resíduos sólidos na fabricação de tintas. **Revista Produção**, Niterói, v. 23, n. 2, p.364-374, abr. 2013. Trimestral.

NASCIMENTO, Humberto Miranda do. **Semiárido Brasileiro e Baiano: dimensão territorial e estratégia de desenvolvimento**. In: Congresso SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 48., 2010, Campo Grande. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/1199.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2015.

PIMENTA, Handson Claudio Dias; GOUVINHAS, Reidson Pereira. A produção mais limpa como ferramenta da sustentabilidade empresarial: um estudo no estado do Rio Grande do Norte. **Produção**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p.462-476, maio 2012. Quadrimestral.

OLIVO, Andréia de Menezes; ISHIKI, Hamilton Mitsugu. O reúso da água sob aspectos da aplicabilidade e determinações legais. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 8, n. 2, p.15-30, fev. 2012. Mensal

SANTOS, Rosimeire Cavalcante dos et al. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de Plano de Manejo Florestal no estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p.491-502, abr. 2013. Trimestral.

SCHATZMANN, Heloise Cristine. **Tratamento avançado de efluentes de frigorífico de aves e o reúso da água**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (Rio Grande do Sul). **Princípios básicos de produção mais limpa em matadouros frigoríficos**. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas, 2003. 59 p. (Série Manuais de Produção mais Limpa).

SILVA, André L. E.; MORAES, Jorge André Ribas; MACHADO, Enio Leandro. Proposta de um programa de P+L como ferramenta para promoção da gestão ambiental: estudo de caso. **Tecnológica**, Santa Cruz do Sul, v. 16, n. 1, p.40-47, jan. 2012. Semestral.

SILVA, Andressa Carla Cintra da. **Conservação e gerenciamento de energia em sistemas de vapor**. 2013. 195 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

SILVA, Jorge Luiz Araújo da. **Avaliação da gestão do uso e reúso de água em abatedouro de aves**. 2007. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

SOUZA, Maria Lucia Cardoso de. **Entendendo o licenciamento ambiental passo a passo: normas e procedimentos**. Salvador: Não Publicado, 2009. 85 p.

RAMÍREZ, C. A.; PATEL, M.; BLOK, K.. How much energy to process one pound of meat? A comparison of energy use and specific energy consumption in the meat industry of four European countries. **Energy**, Illinois, v. 31, n. 1, p.2047-2063, jan. 2006. Anual.

REIS, Lineu Belico dos; FADIGAS, Eliane A. Amaral; CARVALHO, Cláudio Elias. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. 415 p.

UNFRIED, Luiz Carlos; YOSHI, Cássia Valéria Hungaro. Sustentabilidade no abate e processamento de aves. **FACESI em Revista**, Ibiporã, v. 4, n. 4, p.1-14, jan. 2012. Semestral. Disponível em: <<http://www.facesi.edu.br/facesiemrevista/downloads/edicaoEspecial2012/artigo06.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2014.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME & DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Danish Ministry of Environment and Energy. **Cleaner Production Assessment in Meat Processing**. Dinamarca, 83p., 2000.

_____. Department of State Development, Qld, Food and Meat Industries Taskforce. **Eco-efficiency manual for meat processing**. Austrália, 138 p., 2002.

VAN BERKEL, Rene. Cleaner production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996–2004. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 15, n. 8-9, p.741-755, jan. 2007. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.jclepro.2006.06.012. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0959652606002265?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 jul. 2015.

WEBER, Cristiano Corrêa; CYBIS, Luiz Fernando; BEAL, Lademir Luiz. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 3, p.291-300, jul. 2010. Trimestral.

ZANIN, A. ; SOUZA, S. N. M. ; KOLLING, E. M. ; SORDI, A. . Perfil do consumo de energia elétrica no abate de frangos de corte- estudo de caso. In: IV Encontro de Energia no Meio Rural - AGRENER, 2002, Campinas. **Anais...** IV Encontro de Energia no Meio Rural - AGRENER, 2002. v. 1. p. 1-3.