

ESTUDO DE RECUPERAÇÃO TÉRMICA DA ÁGUA DE DESCARTE EM CHILLER DE RESFRIAMENTO DE FRANGO¹

Djonatan Rafael Garcia²

Rodrigo Konrath³

Fabiano Faller⁴

Bruno Turmina Guedes⁵

RESUMO

Com o aumento de demandas de produção e níveis de rigorosidade das normas ambientais se faz necessário otimizar o sistema produtivo da indústria frigorífica. Com uma pesquisa aplicada e abordagem quantitativa exploratória. A obtenção dos dados para o estudo foi com levantamento de campo *in loco* onde se utilizou de sistemas de medição de vazão e temperatura para coletar dados do processo produtivo buscando uma etapa da produção de um frigorífico de aves que tenha a possibilidade de reaver algum recurso natural (água, energia elétrica, produtos químicos). Os resultados da pesquisa se deram através de análises dos dados coletados a campo e compilados posteriormente, obtendo um resultado positivo, disponibilizando um grande volume de água gelada a uma temperatura média de 0,9 °C, a quantidade de recuperação está associada a aplicação e a forma utilizada, para um sistema que utilize 20,7 °C do volume descartado a capacidade de energia térmica desperdiçada é de mais de 25 milhões de quilocalorias por dia de produção. As condições climáticas podem gerar sazonalidade na recuperação dependendo da localização geográfica da fábrica.

Palavras-chave: Ambiental. Chiller. Reaproveitamento. Recursos naturais.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da população mundial, o consumo de alimentos e recursos é proporcional. A eficiência de produção e os cuidados com o consumo consciente de recursos naturais são de grande importância. As agroindústrias são grandes transformadores de produtos primários em secundários, em sua grande parte a produção de alimentos. Se tratando de agroindústrias frigoríficas são consumidoras de recursos naturais diretos e indiretos, os diretos são: água, energia elétrica, lenha; já os indiretos dependem de outra empresa geradora de produtos, como: produtos químicos para limpeza, produtos fármacos para cuidados dos animais, além de materiais de consumo para manutenção.

Segundo Fontana (2015), o crescimento populacional mundial vem se concentrando em países subdesenvolvidos devido a taxa de natalidade ser alta e a mortalidade vem se

¹ Artigo Científico apresentado com requisito para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

² UCEFF Faculdades. Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica. E-mail: djonatanrafael@hotmail.com

³ UCEFF Faculdades. Me em Física E-mail konrath@uceff.edu.br.

⁴ UCEFF Faculdades. Docente do curso de Engenharia Mecânica. E-mail: fabiano.faller@uceff.edu.br.

⁵ Docente do curso de Eng. Mecânica. E-mail: brunoguedes@uceff.edu.br.

reduzindo devido melhores condições médico-sanitárias, o uso de medicamentos e produtos de combate a transmissores de doenças. Diante destes fatos, a necessidade de otimização da produção industrial é primordial para reduzir o valor agregado dos alimentos, assim sendo possível atender toda população mundial com alimento de baixo custo e com produção socioecológica.

Diante da condição mundial e populacional é visto que se deve criar um modelo de desenvolvimento socioeconômico sustentável, reduzindo e otimizando o uso de recursos naturais. A condição futura é incerta, o mundo pode entrar em uma grande crise colocando em risco a sobrevivência do planeta em conjunto com a destruição do meio ambiente (FONTANA, 2015).

Quanto maior a produção, maior o consumo de recursos naturais, água, energia elétrica e lenha. A preocupação das empresas em se adequarem as leis e normas ambientais está cada vez maior. A qualidade do produto é um fator de grande importância, mas também deve se ter valor acessível. Para se tornar competitivo no mercado busca-se melhor rendimento e economia de recursos a fim de reduzir o custo do produto.

Ainda segundo Dias (2011), embora ações socioambientais não sejam implantadas por muitas organizações, aquelas que fazem representam lideranças e se tornam referências em seus segmentos e se tornam modelos para adoção de padrões de excelência ambiental.

Diante dos fatores apontados, empresas passam a aderir a causa de otimização e uso consciente de recursos naturais, visando redução de consumo de recursos que geram impacto no meio ambiente como a demanda de água e energia elétrica. Esta pesquisa tem como objetivo realizar levantamento prático de consumo de água gelada de um frigorífico de aves exclusivamente nos tanques de resfriamento denominados tanques chiller, e propor uma forma de reaproveitá-la visando redução no consumo de energia elétrica na sala de máquinas de refrigeração com amônia.

A motivação para o desenvolvimento desta pesquisa é que o setor avícola representa muita força e desenvolvimento para o país, fato que conseqüentemente quanto maior a entrega de produtos, maior é o consumo de recursos naturais para manter a cadeia produtiva. Portanto deve-se buscar formas de minimizar os impactos ambientais gerados pelo aumento expressivo no desenvolvimento da indústria.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AGROINDÚSTRIA AVÍCOLA NO BRASIL

A agroindústria representa grande parte do desenvolvimento de produção de carne no Brasil, e apresenta uma grande abrangência, começa com desenvolvimento e aprimoramento genético de uma ave até o transporte final do produto para a mesa do cliente.

A carne é constituída de tecidos animais, geralmente tecido muscular que é usado como alimento. São considerados não somente carne *in natura*, mas também produtos processados, sendo no geral subdivididas em carne “branca” e “vermelha”. As carnes chamadas “brancas” vêm de aves domésticas, com mais presença as galinhas e perus. (PARDI, 2001).

Segundo Barbosa (2021), o agronegócio brasileiro tem força consolidada no mundo alimentando milhões de pessoas, em destaque o estado do Paraná. Atualmente o estado representa mais de 35 % da produção do Brasil, em 2020 atingiu a marca de 1,95 bilhões de aves abatidas. Exportando para mais de 160 países comparado com o ano anterior mesmo com a pandemia Covid-19 houve um aumento de 4,2 % representando 39,62 % de toda exportação feita pelo Brasil.

Empresas que já possuíam negócios na produção de suínos e outras em cereais diversificaram-se para uma atividade nova, a produção e comercialização de carnes de frango. Foram alavancadas pela oferta de crédito para investimentos de longo prazo, associada à utilização de inovações importadas, no que tange à genética e às técnicas de manuseio ambiental, nutricionais, de abate e processamento. Outros fatores, como a força do setor empresarial, a evolução do PIB brasileiro e a estrutura regional também oferecida pelo governo, contribuíram para a consolidação da agroindústria de aves no Sul do Brasil (CANEVER et al, 1997).

Dessa forma a avicultura como empreendimento no Brasil surgiu de forma planejada, sendo que a instalação das empresas foi direcionada pela proximidade das regiões produtoras de grãos e principalmente em locais onde havia a proximidade e possibilidade de se fechar a parceria produtor rural - agroindústria (CANEVER et al, 1997).

2.2 O FRIGORÍFICO DE AVES

Segundo Pacheco (2006), os frigoríficos podem ser divididos em dois tipos:

1 – Os que realizam o abate de animais, corte e separação da sua carne, suas vísceras e realizam o processamento, gerando outros produtos como matérias primas para outros processos e subprodutos, então consideramos que fazem o processo dos abatedouros/matadouros e o processo de industrialização da carne;

2 – Os que não realizam abate de animais, fazem a compra da carne em carcaças ou cortes, em certos casos as vísceras vêm dos matadouros ou de outros frigoríficos, realizam o processamento para entrega de seus produtos derivados ou então somente o processamento de matéria prima vinda de outro local.

2.2.1 Etapas do abate de aves (área suja e área limpa)

Dentro de um frigorífico de aves temos várias etapas do processo, cada etapa deve ser cumprida criteriosamente para atender as normas de qualidade e sanitárias do Ministério da Agricultura que são inspecionados pela Inspeção Federal SIF (Serviço de Inspeção Federal), a ave segue o traslado interno após a sangria sendo eles inicialmente: Escaldagem, depenagem, corte dos pés (área suja).

A etapa de escaldagem deve ser realizada logo após o término da sangria (etapa onde é realizado um corte manual próximo as vértebras cervicais com a intenção de retirar o sangue da ave). Para realizar a escaldagem utilizam-se métodos de pulverização de vapor d'água a alta temperatura ou por imersão em tanque com água aquecida através de vapor. O modelo mais utilizado é por imersão sendo realizado em tanques com água a temperatura entre 52 e 60 °C, por um tempo entre 1,5 e 2 min. O resultado esperado deste processo é a remoção de sujidades externas da superfície da ave, promover o afrouxamento das penas devido a abertura dos poros da pele assim facilitando a remoção das penas. Além disso não se permite a imersão da ave ainda viva no tanque de escaldagem (GHERARDI, 2013).

O processo de depenagem pode ser feito manualmente ou com equipamento apropriado no caso de frigoríficos é realizado por depenadeira (Figura 1), em sua parte interna contém sistema mecânico de tambores giratórios, neles presos “dedos de borracha”. No processo após a escaldagem a ave é transportada pela nória (linha de transporte utilizado em processos produtivos permitindo o transporte mecânico de produto suspenso). A ave passa pela máquina e tem suas penas totalmente removidas, deve-se ter cuidado com a regulagem do equipamento para não danificar a carcaça (PINTO *et al*, 2015).

Figura 1: Depenadeira industrial



Fonte: Semil (2021).

Após a depenagem é realizado a lavagem das carcaças com objetivo de diminuir a carga microbiana superficial, é nesta etapa que os agentes do SIF fazem a inspeção da carcaça. Após ela é liberada e realizado corte dos pés que são classificados e destinados para exportação ou para insumo da fábrica de farinhas (GHERARDI, 2013).

2.2.1.1 Evisceração, Pré-resfriamento, Gotejamento, Classificação, Embalagem e Armazenamento (área limpa)

Segundo Beraquet (1992), a evisceração consiste na retirada completa das vísceras da ave de dentro da carcaça, seja ela executada manualmente ou automática com máquinas. Para retirada com máquinas quando se trata de um processo industrial é imprescindível a padronização de tamanho da ave para evitar ruptura das vísceras e posterior contaminação da carne.

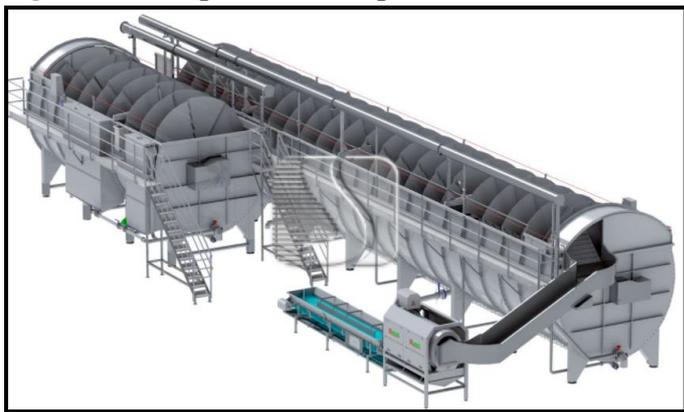
De acordo com o Ministério da Agricultura (1998), pré-resfriamento é o processo de rebaixamento de temperatura que deve ser realizado logo após a etapa de evisceração e lavagem da ave, pode ser realizado via imersão em água gelada + gelo este modo consiste em imersão da ave em um tanque com água resfriada, etapa denominada pré-chiller.

O resfriamento é o processo de redução da temperatura da ave, no chiller estabelece a temperatura entre 0 °C e + 4 °C, dos produtos de aves sendo eles cortes, carcaças, miúdos etc. Etapa comumente realizada pelos tanques chiller, tanques helicoidais cheios com água gelada + gelo, a ave permanece por tempo determinado até a sua saída já com temperatura limite atingida. Com tolerância de 1 °C e são medidos na parte interna da peça(carne) com medidor de temperatura manual chamado de termômetro.

O processo de resfriamento é um grande consumidor de água, considerado uma etapa crítica, pois deve-se atender, temperatura, velocidade da produção da linha e conciliar com a

PORTARIA N° 210 DE 10 DE NOVEMBRO DE 1998, de renovação de água por carcaça de frango. No sistema de resfriamento submerso em água, as aves são depositadas dentro de um tanque cilíndrico cheio de água gelada entre 0,5 e 2 °C com helicóide dentro, o qual é responsável por movimentar a ave até a saída conforme Figura 2.

Figura 2: Tanque “chiller” para resfriamento de carcaças por imersão em água + gelo



Fonte: Semil (2021).

Gotejamento tem por finalidade a remoção de excesso de água absorvida pela carcaça da ave no processo de resfriamento, o tempo mínimo de gotejamento é de 3 minutos podendo trabalhar com tempo maior (BERAQUET, 1992).

Terminadas as etapas de pré resfriamento e resfriamento, inicia-se a etapa de classificação e embalagem, após são mantidas sob refrigeração constante ou passam pelo processo de congelamento de acordo com a escolha da empresa ou o mercado atendido onde existem exigências pontuais. As aves que estiverem em mais perfeito estado são embaladas inteiras, as que apresentarem algum problema como marcar de pancadas e ossos quebrados são eliminadas ou realizado desmembramento manual (GHERARDI, 2013).

2.3 O CICLO DE REFRIGERAÇÃO EM UM FRIGORÍFICO

Em empresas frigoríficas processadoras de carne é necessário dispor de ambientes climatizados e refrigeração dos produtos, no caso de empresa que abate para venda diária, mas nos casos em que a planta frigorífica abate grande quantidade deve estar munida de um sistema de refrigeração industrial capaz de realizar o resfriamento e congelamento dos produtos no período especificado nas normas sanitárias de qualidade.

A refrigeração industrial se compara ao condicionamento de ar para conforto, tem-se o objetivo de resfriar algo ou um local. Os componentes base de ambos os processos não se

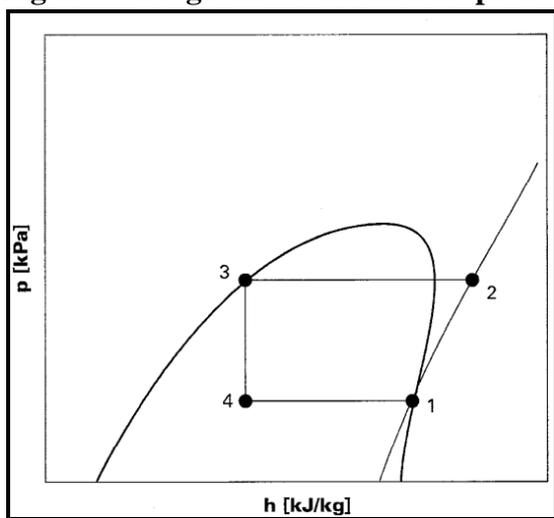
diferem: compressores, condensadores, evaporadores e trocadores de calor. Para gerar um circuito fechado temos que ter o transportador de energia que no caso é o fluido refrigerante. Mas a refrigeração industrial não deve ser caracterizada como um subproduto do condicionamento de ar, pois apresenta características somente vistas em sistema de grande porte e com temperaturas de trabalho abaixo do entregue em condicionamento de ar (STOECKER e JABARDO, 2018).

2.3.1 Ciclo de refrigeração

Um sistema de refrigeração industrial deve ser contínuo e estável para atender o processo produtivo. Portanto se faz necessário utilizar um sistema de refrigeração fechado, para isso utiliza-se um fluido refrigerante que passa por uma série de processos e retorna ao seu estado inicial (ponto de partida) na mesma condição física e química. Este processo envolve a remoção de calor proporcionando a um ambiente ou um material a redução de sua temperatura.

Para melhor entender temos a Figura 3 que apresenta o diagrama de Mollier (Pressão X Entalpia) de um ciclo simples (único estágio) fechado de compressão de vapor. São apresentadas neste diagrama as linhas de vapor, líquido saturado, linhas isotérmicas, isentrópicas de volume específico constante.

Figura 3: Diagrama de Mollier no plano Pressão x Entalpia padrão



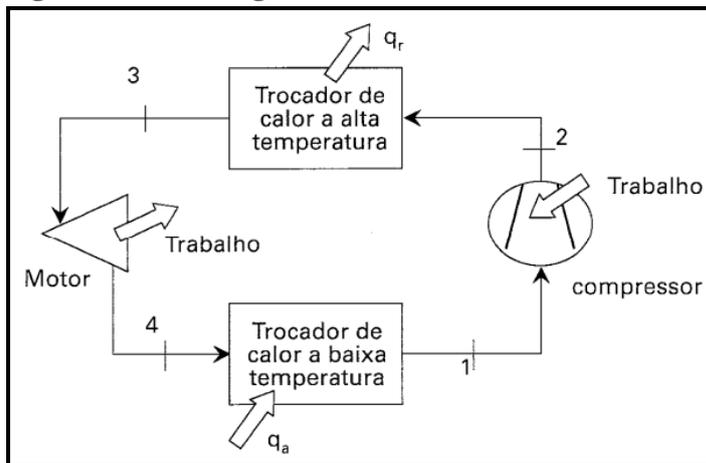
Fonte: Stoecker e Jabardo (2002).

Tal ciclo tem os seguintes processos associados aos respectivos pontos:

- 1 - 2 Compressão isotérmica de vapor saturado até a pressão de condensação, gerando vapor superaquecido;
- 2 - 3 Condensação é a redução da temperatura do vapor superaquecido seguido da condensação até o líquido saturado a pressão constante;
- 3 - 4 Passagem pelo dispositivo de expansão (dispositivo que proporciona diferencial de pressão entre 2 lados do sistema de refrigeração, expansão isoentálpica até a pressão de evaporação no dispositivo de expansão);
- 4 - 1 Evaporação do fluido até o estado de vapor saturado a pressão constante; (sucção do compressor).

Para se tornar mais fácil a compreensão na Figura 4 temos o ciclo de refrigeração simples estágio no mesmo plano do diagrama de Mollier. Entre 1 e 2 sistemas de compressão, 2 e 3 condensação, 3 e 4 expansão (mudança de pressão e temperatura), 4 e 1 evaporação (remoção de calor).

Figura 4: Ciclo frigorífico de Carnot



Fonte: Stoecker e Jabardo (2002).

2.3.2 Processos que necessitam de refrigeração em um frigorífico de aves

Nas indústrias frigoríficas, o condicionamento de ar pode ser dividido em duas categorias, conforto, neste caso visa somente o conforto térmico dos trabalhadores isto é aplicado geralmente onde não se processa produtos perecíveis. E a refrigeração industrial que visa atender condições de processos como qualidade. No condicionamento industrial a diferenciação de um sistema de conforto muda em alguns aspectos como o nível de temperatura, as condições de controle e variação quanto ao padrão definido na qualidade, em

certos casos a condição de filtragem e remoção de agentes contaminantes (STOECKER e JABARDO, 2018).

A Figura 5 apresenta um ambiente de corte de aves, a partir do momento em que o produto já saiu da área suja, é necessário que o ambiente em que este produto está sendo processado seja climatizado para atender a temperatura adequada. Nos frigoríficos de aves a temperaturas ambiente (processo), varia entre + 8 ~ + 12 °C.

Figura 5: Linha de processamento de carne in natura

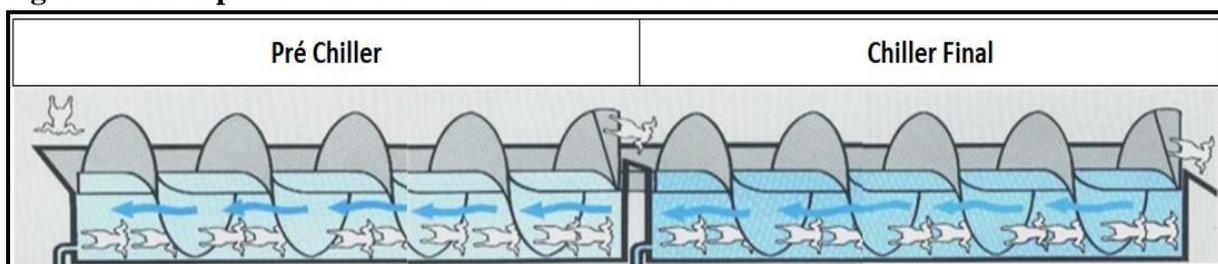


Fonte: Alvarenga (2018).

Grande parte do processo de uma planta frigorífica é climatizada dentre eles temos: Área de resfriamento inicial (chiller a água para frangos e perus), área de rependura, área de corte (automático ou manual), área de desossa (automático ou manual), área de reprocessos, área de produção de CMS (Carne Mecanicamente Separada), área de embalagem de produtos, área de encaixotamento e expedição.

Após a passagem da ave pelo processo de evisceração, inspeção e lavagem, segue para o resfriamento. Na saída da área de evisceração a ave se encontra a uma temperatura entre 38 e 40 °C. Na sequência é transportado por nórea (sistema de transporte suspenso utilizados em frigoríficos) até o chiller.

O tanque chiller submerso se resume a um tanque grande cilíndrico com uma helicoide giratória sem fim (Figura 6). A ave é depositada em uma ponta do chiller que está cheio de água + gelo. A helicoide realiza a movimentação das aves até a parte final do tanque, onde é retirada por um braço de remoção giratório. Este sistema mais utilizado devido a velocidade do resfriamento, porém com um grande consumo de água gelada o que acarreta grande consumo de energia elétrica neste processo.

Figura 6: Exemplo sistema Pré chiller + 1 chiller final

Fonte: Saúde e Inspeção Animal (2020).

De acordo com o Ministério da Agricultura (1998), o processo de resfriamento que conta com mais de um tanque de resfriamento na linha de produção deve atender os seguintes requisitos: A água do chiller de pré resfriamento não deve ser superior a 16 °C, a água do chiller final deve ter temperatura não superior a + 4 °C, para aves com peso entre 2,5 e 5 kg, a taxa de renovação de água deve ser no sentido contra fluxo e com as respectivas quantidades: pré chiller mínimo 1,5 litros por carcaça, chiller final 1 litro por carcaça. Caso tenha um terceiro tanque na linha deve respeitar a renovação mínima de 1,5 litro por carcaça com peso entre 2,5 e 5 kg.

Como exemplo, para atendimento a uma produção de 150 mil aves/dia, com 3 chiller de resfriamento em uma linha teríamos um consumo aproximado de 600 m³ por dia de água gelada, o que se torna um grande consumidor de água gelada por consequência consumo de refrigeração.

De acordo com o Ministério da Agricultura (1998), a temperatura de saída da ave no chiller final é adotado o limite máximo permitido pela PORTARIA N° 210 DE 10 DE NOVEMBRO DE 1998, medido no interior do músculo do peito do frango a temperatura deve ser entre 0 e + 4 °C. Em certos casos somente a água gelada não é suficiente para atender a temperatura desejada, portanto a adição de gelo se faz necessário.

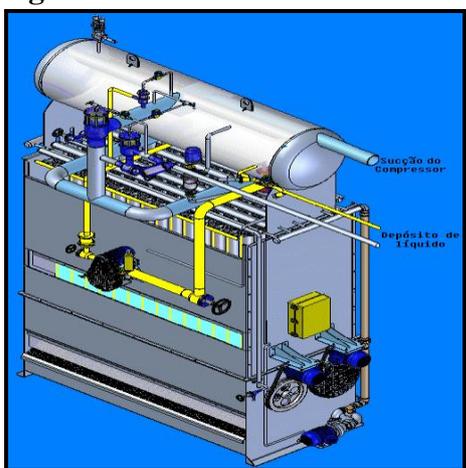
A produção de gelo para ser adicionado ao chiller deve ser proveniente de água potável, e a quantidade de gelo depositada nos tanques deve ser contabilizada como taxa de renovação, contanto que se disponha de medidores de vazão e o gelo seja depositado no processo de contrafluxo.

Para atender a demanda do chiller convencional, emprega-se fábricas de gelo de grande capacidade de produção, ligadas ao sistema de refrigeração com amônia dos frigoríficos. usualmente são utilizadas as fábricas de gelo chamadas de “fábrica de gelo em escamas” que consistem em tubos cilíndricos encamisados onde internamente circula amônia a uma temperatura de - 10 °C e externamente água potável a temperatura ambiente.

A formação de gelo é gerada por bateladas, um período chamado de formação onde a água bombeada entra em contato com a tubulação e forma a camada de gelo. Para desprender o gelo formado o ciclo se reverte. Então abre-se uma válvula gás de amônia a alta temperatura e pressão por um curto período, assim elevando a pressão e temperatura interna dos tubos cilíndricos soltando o gelo.

Na Figura 7 temos um exemplo de uma fábrica de gelo em escamas. Existem modelos de variados tamanhos e capacidades geralmente em torno de 7000 e 88.000 kg de gelo por dia de produção. Para produções que necessitam de muito gelo em processo contínuo, é montada uma sala de produção de gelo onde são instaladas várias fábricas lado a lado em uma espécie de linha de produção. No momento do degelo (momento de desprender o gelo dos tubos de formação) é acionado um equipamento triturador que quebra as grandes placas de gelo em partes menores assim podendo ser transportadas por esteiras. Caso o layout da planta industrial possibilite, a fábrica de gelo é montada em cima do chiller e o gelo cai diretamente dentro dos tanques.

Figura 7: Gerador de Gelo em Escamas



Fonte: Frost Frio (2017).

Após o processo de resfriamento e corte das partes da ave, os produtos são embalados e expedidos para o consumidor na forma resfriada. Para indústrias de grande capacidade é realizado o congelamento dos produtos e armazenados em estocagens pelo período necessário até a venda e expedição.

O começo da indústria de alimentos congelados iniciou-se em 1912 – 1915. Clarence Birdseye, membro de uma expedição científica americana, observou que peixe congelado a temperaturas abaixo de 0°C mantinha as características por um longo período. A era moderna de congelamento de alimentos se iniciava. Birdseye criou uma espécie de congelador de

placas que utilizava para congelar alimentos perecíveis. Mas a prática se ampliou após 1880, devido ao fato de transporte de carne da Austrália para a Inglaterra, parte da carne transportada ter se congelado, e mantendo suas características físicas e de qualidade em boas condições de consumo. A prática se generalizou difundindo a indústria dos alimentos congelados (STOECKER e JABARDO, 2018).

Com a alavancagem mundial da produção de carne congelada, o impacto gerado ao meio ambiente logo chegou, envolvendo descarte de resíduos, consumo de produtos químicos, geração e consumo de água potável, consumo de energia elétrica entre outros fatores que se associam a um processo industrial. Todos gerando impactos diretos e indiretos ao meio ambiente, portanto melhorias e ajustes estão sendo necessários nas indústrias para entregar atendimento a normas ambientais e um conceito socioambiental diferenciado frente a concorrência.

2.4 NORMAS E ATENDIMENTO AMBIENTAL

Para empresas que buscam competitividade de mercado visando atender seus consumidores que atualmente estão atentos a questão ambiental, e serem vistas como adequadas a política de cuidados ambientais devem se adequar a padrões estabelecidos mundialmente, um deles é o atendimento a ISO 14001.

2.4.1 Controle ambiental iso 14001 na indústria frigorífica

Os aspectos ambientais são constituídos pelo que gera ou causa a alteração do meio ambiente, como emissão de gases atmosféricos, resíduos, efluentes líquidos, consumo de matérias primas, consumo de energia elétrica, água (PACHECO, 2006).

Segundo a definição da norma ABNT NBR ISO 14001:2015, aspecto ambiental é o “elemento das atividades, produtos e/ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente” e impacto ambiental é “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização”.

Os impactos ambientais são os efeitos ou consequências das ligações entre os aspectos ambientais e o meio ambiente, alteração da qualidade da água, do ar, contaminação do solo, consumo de recursos naturais, descarte de resíduos industriais de forma incorreta etc. Cada aspecto ambiental pode estar relacionado a um ou mais impactos ambientais, exemplo:

geração de efluente líquido (aspecto ambiental) descarte inadequado de resíduos com óleo/graxa (impactos ambientais) (PACHECO, 2006).

As plantas de abate de aves consomem recursos naturais e materiais que geram impactos na natureza para serem produzidos, água potável, energia elétrica, vapor gerado em caldeiras que utilizam como combustível a queima de madeira ou óleo extraído nas graxarias onde se processa o que não é utilizável para consumo humano, material chamado de subproduto.

Como em várias indústrias do setor alimentício, os principais aspectos e impactos ambientais gerados estão associados a um alto consumo de água e energia elétrica, à geração de efluentes líquidos, na maioria dos casos orgânicos (PACHECO, 2006).

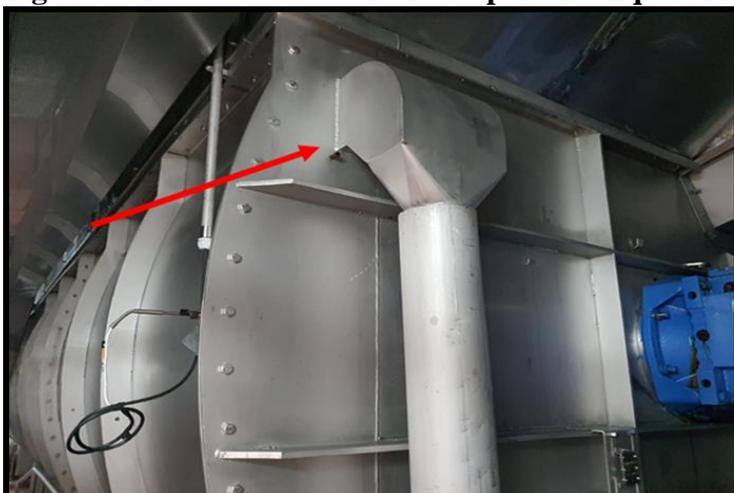
Com a escassez de água em diversas regiões do país o uso consciente é cada vez mais exigido nas indústrias, já que se tem uma ampla gama de utilização em praticamente todas as etapas do processo, sendo assim as leis, normas ambientais e auditorias serão cada vez mais rigorosas. A frequência e a velocidade das mudanças fazem com que a gestão do consumo de recursos que afetam o meio ambiente (água, energia elétrica) seja aprimorada cada vez mais (BAILONE; ROÇA, 2017).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa buscou identificar uma etapa do processo de um frigorífico de aves e indicar uma forma de reaproveitamento. após avaliação do processo foi definido estudar o processo de resfriamento das aves após a evisceração, processo chamado de resfriamento por tanques chiller

A pesquisa foi realizada em um frigorífico de aves localizado na cidade de Chapecó – SC. Em uma pesquisa de campo foi verificado a possibilidade de reutilização da água gelada que escoava continuamente pelo ladrão superior (figura 08) dos 4 tanques chiller no resfriamento de frango. A pesquisa abrangeu a produção de frangos e para a construção da pesquisa foram coletados dados em campo dos 4 tanques chiller de resfriamento mais o sistema de formação e transporte de gelo.

Figura 8: Ladrão de escoamento superior tanque chiller



Fonte: O Autor, (2021).

Devido à grande capacidade produtiva da indústria o consumo de água no processo de resfriamento das aves é grande. Para atendimento as normas sanitárias a renovação de água gelada nos chillers que é contínua e obrigatória, também é adicionado gelo produzido por fábricas de gelo de grande capacidade. A adição de gelo tem por finalidade a aceleração do resfriamento das aves que estão dentro dos tanques, assim atendendo a velocidade da produção.

A renovação de água ocorre em todo o período de produção a partir da entrada da primeira ave no pré-chiller. A coleta de dados foi realizada a partir da entrada da primeira ave entrar no chiller, pois a adição antecipada se considera como enchimento, coletando dados até o final da produção.

3.1 CONSUMO DE ÁGUA PARA RENOVAÇÃO (ATENDIMENTO LEGISLAÇÃO)

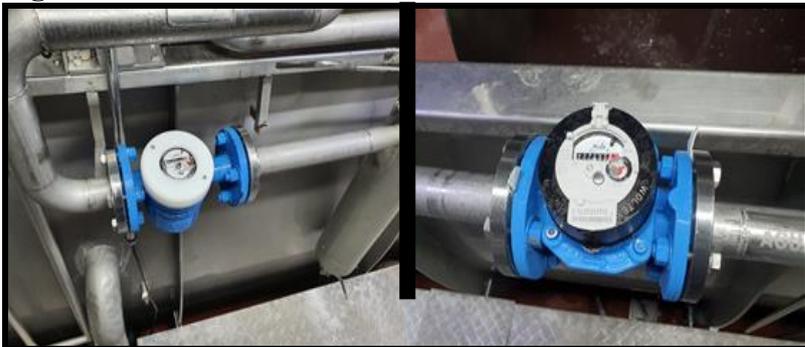
Para verificação do quanto de água é drenado pelo ponto de escoamento superior é necessário contabilizar toda adição de água dentro de todos os tanques chiller. Portanto foram realizadas leituras *in loco* de todos os hidrômetros (figura 9) de entrada dos 4 tanques chiller. A água de escoamento dos tanques pré chiller já tem utilização na fábrica de farinha da unidade produtiva portanto não será contabilizada no estudo.

Locais de coleta de dados dos hidrômetros:

- Chiller 01 Linha 01;
- Chiller 02 Linha 01;
- Chiller 01 Linha 02;

- Chiller 02 Linha 02;
- Fábricas de gelo;
- Sistema de transporte de gelo.

Figura 9: Hidrômetros entrada dos chillers



Fonte: O Autor, (2021).

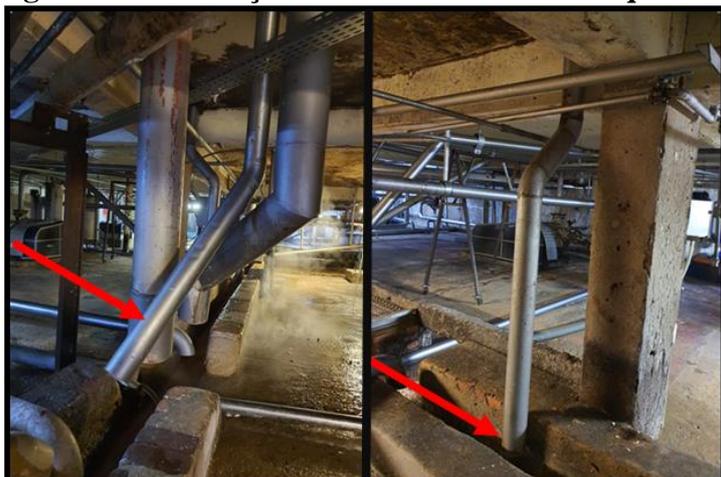
Para verificação da temperatura da água escoada pelos pontos de escoamento superior dos tanques chiller foi realizado medição com termômetro espeto (figura 10) nas tubulações de escoamento (Figura 11) no subsolo dos tanques chiller, onde a água atualmente é descartada juntamente a galeria de tratamento de efluentes.

Figura 10: Termômetro espeto



Fonte: Akso produtos eletrônicos, (2021).

Figura 11: Tubulações de escoamento dos tanques chiller



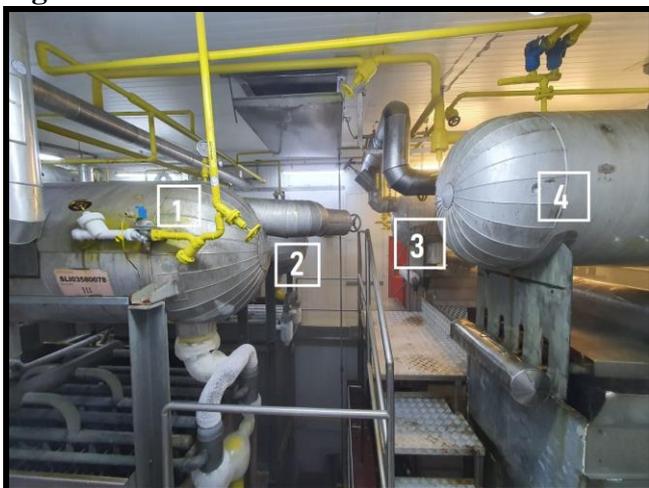
Fonte: O Autor, (2021).

3.2 CONSUMO DE ÁGUA PARA PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE GELO

Devido a velocidade da linha produtiva, somente a água gelada de renovação não é capaz de refrigerar as aves até a temperatura determinada na legislação. Portanto para atender a demanda de gelo para resfriamento da produção de frangos tem-se 4 fábricas de gelo ligadas ao sistema de refrigeração por amônia conforme figura 12.

1. Fábrica Cooling Freezing - Capacidade produtiva 3000 kg/h;
2. Fábrica Cooling Freezing - Capacidade produtiva 3000 kg/h;
3. Fábrica York - Capacidade produtiva 2000 kg/h;
4. Fábrica York - Capacidade produtiva 2000 kg/h.

Figura 12: Fábricas de Gelo



Fonte: O Autor, (2021).

Para produção de gelo utiliza-se água potável gelada, portanto foi realizada leitura dos hidrômetros de entrada de água das fábricas de gelo no mesmo período da coleta de dados dos tanques chiller. Esta água utilizada para formação de gelo também deve ser contabilizada para recuperação, pois o gelo se descongela devido a carga térmica das aves.

O gelo proveniente das fábricas é triturado em um sistema secundário que fica localizado ao lado dos tanques chillers (figura 13). Após a trituração o gelo cai dentro do tanque de mistura, este tanque é abastecido com a mesma água gelada utilizada no processo. A distribuição nos chiller é feita por bombeamento de água + gelo, portanto também foi contemplado o consumo de água do transporte de gelo até os tanques chiller.

Figura 13: Triturador secundário e tanque de mistura de gelo



Fonte: O Autor, (2021).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta etapa da pesquisa serão apresentados dados relacionados ao estudo, sendo eles dados coletados a campo, medições associadas ao sistema de resfriamento das aves e proposta de reutilização da água gelada.

4.1 RESULTADOS VOLUME E TEMPERATURA DE ÁGUA UTILIZADA NOS CHILLERS

Conforme Tabela 1, a sala de máquinas de refrigeração recebe água proveniente da estação de tratamento a uma temperatura média de 21,6 °C e entrega para o processo a média de 1 °C, o trabalho realizado pela sala de máquinas para refrigeração da água confere uma redução de temperatura média de 20,6 °C.

Tabela 1: Temperatura água do processo.

Data	Hora	Água proveniente da Estação de Tratamento	Tanque geral de água gelada
		Temperatura (°C)	Temperatura (°C)
20/set	4:00	21,5 °C	1,2 °C
	8:00	21,3 °C	1,3 °C
	14:00	21,8 °C	1,4 °C
	18:00	21,0 °C	1,0 °C
21/set	4:00	20,9 °C	0,9 °C
	8:00	20,8 °C	0,8 °C
	14:00	21,3 °C	0,5 °C
	18:00	21,6 °C	1,3 °C
22/set	4:00	21,1 °C	0,9 °C
	8:00	21,7 °C	1,2 °C
	14:00	22,1 °C	1,0 °C
	18:00	21,9 °C	0,7 °C
23/set	4:00	22,2 °C	1,4 °C
	8:00	22,4 °C	1,5 °C
	14:00	22,2 °C	1,1 °C
	18:00	22,0 °C	0,9 °C
24/set	4:00	21,9 °C	0,4 °C
	8:00	21,7 °C	0,6 °C
	14:00	21,2 °C	1,1 °C
	18:00	21,4 °C	1,4 °C
Média Geral		21,6°C	1,0°C

Fonte: O Autor, (2021).

Conforme Tabela 2, contemplando as duas linhas de produção as leituras do consumo de água apresentados nos hidrômetros foram realizadas no período de 20 a 24/09 no início e no final de 2 turnos de produção de cada dia, total de 5 dias de coleta das vazões de água de renovação dos 4 tanques chiller, como resultado da água de renovação que atende a legislação atual, gera em média um consumo para a fábrica de 525 m³/dia de água gelada a temperatura média de 1 °C.

Tabela 2: Consumo de água de renovação tanques chiller.

Linha de Produção	Dia ->		20/set	21/set	22/set	23/set	24/set	Média de consumo diário m ³ /dia
	Ponto de leitura	Leituras	Leitura Hidrômetro					
Linha de abate 01	Chiller 1	Início	89807,7	89938,4	90067,6	90205,8	90320,4	126m ³ /dia
		Final	89934,8	90064,2	90202,6	90318,8	90450,3	
		Total Dia	127,1	125,8	135	113	129,9	
	Chiller 2	Início	276653,2	276790,9	276938	277090,5	277236,1	133m ³ /dia
		Final	276785,1	276918,1	277079,3	277218,3	277370,6	
		Total Dia	131,9	127,2	141,3	127,8	134,5	
Linha de abate 02	Chiller 1	Início	13587,6	13712,4	13841,6	13981,6	14107,9	132m ³ /dia
		Final	13711,3	13841,3	13979,4	14106,3	14251,9	
		Total Dia	123,7	128,9	137,8	124,7	144	
	Chiller 2	Início	550078,7	550210,8	550351,6	550497,2	550650	135m ³ /dia
		Final	550206,3	550340,6	550487,5	550634,6	550792,3	
		Total Dia	127,6	129,8	135,9	137,4	142,3	
Vazão de água gelada para os tanques chiller								525m³/dia

Fonte: O Autor, (2021).

Na Tabela 3 temos os dados das temperaturas de descarte dos tanques chillers, lembrando que este descarte está associado a renovação de água contínua que é realizada devido a normativa SIF que determina quantidades mínimas de renovação de água nos tanques chiller par cada ave resfriada.

Tabela 3: Temperaturas da água de descarte dos tanques chiller

Data	Hora	Linha de abate 01		Linha de abate 02	
		Chiller 1 (°C)	Chiller 2 (°C)	Chiller 1 (°C)	Chiller 2 (°C)
20/set	4:00	0,7°C	0,3°C	0,6°C	0,4°C
	8:00	1,1°C	0,7°C	1,0°C	0,8°C
	14:00	1,5°C	1,2°C	1,3°C	1,4°C
	18:00	1,3°C	1,1°C	1,4°C	1,2°C
21/set	4:00	0,4°C	0,5°C	0,5°C	0,6°C
	8:00	0,9°C	0,8°C	1,1°C	0,7°C
	14:00	1,2°C	0,7°C	1,4°C	0,6°C
	18:00	1,4°C	0,9°C	1,6°C	0,8°C
22/set	4:00	0,7°C	0,6°C	0,9°C	0,5°C
	8:00	0,9°C	0,9°C	0,8°C	0,7°C
	14:00	1,4°C	1,1°C	1,3°C	0,9°C
	18:00	1,5°C	1,3°C	1,4°C	1,1°C
23/set	4:00	0,3°C	0,3°C	0,2°C	0,5°C
	8:00	0,5°C	0,4°C	0,4°C	0,7°C
	14:00	1,0°C	0,9°C	1,1°C	1,1°C
	18:00	1,1°C	1,0°C	1,2°C	1,4°C
24/set	4:00	0,6°C	0,5°C	0,7°C	0,4°C
	8:00	0,9°C	0,7°C	0,4°C	0,8°C
	14:00	1,1°C	0,9°C	1,0°C	1,0°C
	18:00	1,4°C	1,1°C	1,7°C	0,9°C
Média Geral		0,904°C			

Fonte: O Autor, (2021).

4.2 VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO PARA PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE GELO ATÉ OS TANQUES CHILLER

Devido ao atual layout da planta frigorífica, as fábricas de gelo estão localizadas ao lado dos tanques chiller, o que gera uma necessidade de sistema de transporte até os tanques chiller. Este sistema que se utiliza de um triturador e um tanque misturador onde se adiciona água gelada para transportar o gelo também é contabilizado para o estudo. Em resultados (tabela 04), o consumo de água para formação e transporte do gelo contabiliza em média um consumo de 755 m³/dia.

Tabela 4: Consumo de água para produção e transporte de gelo

Linha Produção	Dia ->		20/set	21/set	22/set	23/set	24/set	Média de consumo diário m ³ /dia
	Ponto de leitura	Leituras	Leitura Hidrômetro					
Produção de Gelo	Hidrômetro Geral	Início	134257	134434,9	134615,9	134804,8	134998,5	184m ³ /dia
		Final	134434,6	134615,7	134804,7	134998,4	135177,7	
		Total Dia	177,6	180,8	188,8	193,6	179,2	
Transporte de Gelo	Hidrômetro Geral	Início	785123	785687,5	786264	786854,6	787404,3	571m ³ /dia
		Final	785686,2	786261,9	786852,8	787401,8	787986,7	
		Total Dia	563,2	574,4	588,8	547,2	582,4	
Consumo de água gelada para produção e transporte de gelo								755m³/dia

Fonte: O Autor, (2021).

Para obtermos um valor real de descarte é necessário contabilizar e subtrair o percentual de absorção de água pelas aves. A pele e a carne de aves que estão submersas em água acabam por apresentar um pequeno incremento de massa devido a absorção de um certo percentual de água.

Segundo o Ministério da Agricultura (1998), ao final da fase de absorção de água nas carcaças para aves resfriadas por imersão não deve ultrapassar 8 % do seu peso inicial. Na unidade em questão a taxa de absorção corresponde a uma quantidade de 120 ml por carcaça de frango devido a variação do peso das aves não será calculado em percentual. Esta quantidade absorvida será removida do volume de descarte descrito na tabela 5 devido não poder ser reaproveitada.

Tabela 5: Volume de água disponível para reaproveitamento

Volume de água disponível corrigida	
Vazão total de alimentação dos tanques chiller	1280m ³ /dia
Quantidade total de absorção + perdas do processo	44m ³ /dia
Quantidade total de escoamento	1236m ³ /dia

Fonte: O Autor, (2021).

Aplicando a equação fundamental da calorimetria temos:

$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta t \quad (1)$$

Onde:

Q: é a quantidade de calor fornecida ou recebida [kcal],

m: é a massa da substância em [kg],

cp: é o calor específico da substância; (água = 1 kcal/kg°C),

Δt : é a variação de temperatura sofrida pela substância [°C].

O volume disponível para uso é de 1236 m³/dia. Convertendo-o para litros tem-se 1.236.000,0 litros de água a 1 °C. Para aplicação na fórmula (01) deve-se utilizar em quilograma, para cada 1.000 litros de água a massa respectiva é de 997 kg, calculando a massa em função do volume temos 1.232.292 kg. Em seguida aplicamos a equação da calorimetria para encontrar a energia térmica disponível para reaproveitamento utilizando uma recuperação de 20,7 °C. Este valor pode ser variável de acordo com o método utilizado e a aplicação do reaproveitamento. Neste caso a sugestão foi de entregar a água de reuso na mesma temperatura a qual foi recebida inicialmente.

Q: 1.232.292 kg * 1 kcal/kg °C * 20,7 °C

Q: 25.508.444,4 kcal/dia

Analisando o resultado obtido trata-se de um valor muito alto, fato que se associa diretamente a proporção do que é o sistema de refrigeração de uma indústria frigorífica de grande porte. A quantidade de energia térmica atualmente desperdiçada é de 25.508.444,4 kcal/dia este valor dividido em 16 horas de produção resulta em 1.594.277,75 kcal/h. Para ficar mais fácil de visualizar a quantidade de energia desperdiçada por hora realizamos em uma comparação com um sistema de climatização residencial utilizado em um quarto, o qual tem capacidade de refrigeração em torno de 3.000,00 kcal/h convertendo o valor perdido para ar condicionado residencial teríamos em torno de 531 equipamentos, isto comprova que há muita energia térmica disponível.

4.3 PROPOSTA DE REUSO DESTA CARGA TÉRMICA

Atualmente as condições associadas a eficiência energética e redução de consumo de bens e recursos naturais estão muito presentes dentro da indústria. Diante da competitividade do mercado e luta em prol do meio ambiente cada passo dado a favor da otimização e bom

uso de recursos naturais tem ótima aceitação da comunidade. Em alguns casos as empresas utilizam destes projetos de engenharia como merchandising positivo aplicado a comunidade.

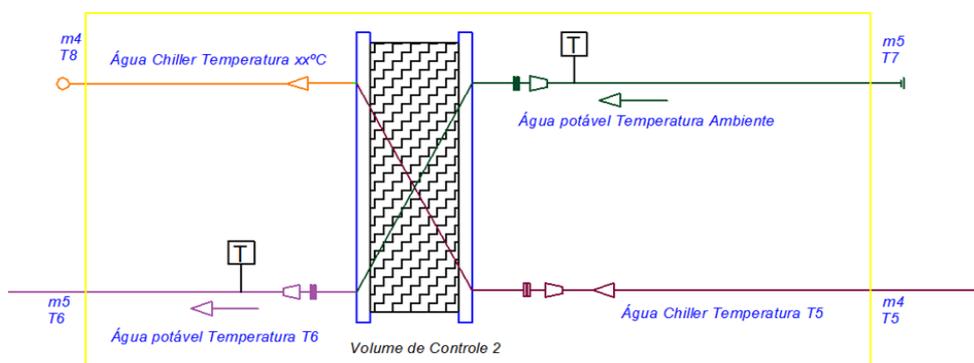
4.3.1 Pré-resfriamento de água ambiente

Como sugestão aplicar a água de descarte em um sistema de pré-resfriamento da água proveniente da estação de tratamento que é refrigerada com amônia. Como proposta uso de um sistema de recuperação trocador de calor (figura 14) a ser selecionado e dimensionado de acordo para recuperar o máximo possível desta energia de resfriamento disponível, levando em conta, dimensionamento, perda de carga e isolamento térmico das tubulações.

Devido a água de descarte conter gordura e particulado sólido que se desprende das aves dentro dos tanques chiller, talvez seja necessária a construção de um sistema de filtragem contínuo antes do trocador de calor, também instalação de um sistema de limpeza interna do trocador de calor (automatizado ou não). Sendo assim conforme exemplo da Figura 14:

- Ponto m4T5: Entrada de água gelada suja proveniente dos tanques chiller;
- Ponto m4T8: Saída da água suja do trocador já aquecida pela troca térmica com a água limpa;
- Ponto m5T7: Entrada de água potável a temperatura ambiente;
- Ponto m5T6: Saída da água potável já resfriada pela troca térmica com a água suja.

Figura 14: Trocador de calor de recuperação térmica



Fonte: O Autor, (2021).

Para aplicação deste sistema de recuperação, fornecedores da solução com trocador de calor a placas indicam uma recuperação de até 10 °C da água de descarte. Calculando esta recuperação com a temperatura disponível da água de descarte temos 0,9 °C da água de

descarte + 10 °C de recuperação, resultando na temperatura da saída da água após a recuperação + 10,9°C, esta água ainda disponível para ser utilizada em outro processo. Sendo assim o resultado de recuperação com este sistema pode chegar até:

$$Q: 1.232.292 \text{ kg} * 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} * 10,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q: 12.431.982,8 \text{ kcal/dia.}$$

Vemos que existem soluções para recuperar parte da energia térmica disponível, mas ainda resta um grande volume de água para ser utilizado em outro processo. Aplicando o sistema de recuperação ainda restaria o mesmo volume de água a uma temperatura de + 10,9°C (desconsiderando perdas), o qual poderia realizar o resfriamento de mais algum processo ou até o arraste de produtos por galerias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo realizado apresenta uma pesquisa de campo dentro de uma indústria frigorífica. Esta indústria já com certificação ativa ISO14001 busca ativamente evoluir sua gestão ambiental e eficiente frente aos recursos utilizados. Para tanto foi encontrado uma etapa do processo produtivo consumidora de água gelada onde há desperdício de energia térmica.

O estudo teve resultado positivo, pois encontrou no processo produtivo do frigorífico a quantidade disponível de 1236 m³/dia de água gelada que atualmente é destinada diretamente ao tratamento de efluentes, esta água gelada atualmente tem desperdiçado a quantidade de 25.508.444,4 kcal/dia. Já existem sistemas de recuperação térmica a venda, eles utilizam a água de descarte dos tanques chiller para pré resfriar água proveniente da estação de tratamento, buscando a redução no consumo de energia elétrica da sala de máquinas de refrigeração.

A recuperação desta energia está associada ao tipo de projeto utilizado, aplicando o sistema disponível no mercado com trocador de calor a placas ele recuperando a temperatura de 10°C consegue-se reaver mais de 12 milhões de quilocalorias da água que atualmente vai para o esgoto, esta carga térmica por fim reduzida do sistema de refrigeração. É possível que somente a recuperação não seja capaz de entregar a água limpa na temperatura adequada ao processo, portanto uma parcela do resfriamento e controle continua sendo executada pela sala de máquinas de refrigeração.

Deste modo, conclui-se que aplicar a recuperação térmica da água gelada descartada no esgoto dos tanques chiller, representa um grande resultado em sustentabilidade na empresa e grande ganho em redução da demanda de refrigeração da sala de máquinas.

REFERÊNCIAS

AKSO DO BRASIL, Equipamentos eletrônicos. Disponível em: <https://loja.akso.com.br/produto/termometro-dobavel-gourmet-287>. Acesso em: 07 abr. 2021.

ALVARENGA, Bianca. **Pagar pra quê? VEJA**. Website, 2018. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/pagar-pra-que/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO Brasileira De Normas Técnicas (2015), **NBR ISO 14001 – Sistema de gestão ambiental: especificação e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro: ABNT.

BAILONE, Ricardo Lacava; ROÇA, Roberto Oliveira. **Tendências no processamento de frangos de corte: uso racional da água: Trends in processing broiler: rational use of water**. São Paulo, SP., 2017. 8 p. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/esa/v22n1/1809-4457-esa-S1413_41522016154650.pdf. Acesso em: 3 maio 2021.

BARBOSA, Josieder (Coord.). **Paraná: O maior produtor e exportador de carne de frango no Brasil!**. Avicultura blog. 2021. Disponível em: <https://aviculturablog.com.br/parana-o-maior-produtor-e-exportador-de-carne-de-frango-no-brasil/>. Acesso em: 8 nov. 2021.

BERAQUET, Nelson (Coord.). **Industrialização da carne de frango**. 1. ed. Campinas: CTC - Centro de tecnologia da carne ISBN:85-7029-004-7, 1992. 78 p.

Busch Vacuum Solutions. **Bomba de vácuo de palhetas rotativas lubrificadas a óleo**. São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.buschvacuum.com/br/assets/9594/1/Product%20Leaflet%20R5%20RA%200155%20A_Brazil_Web_pt-br.pdf. Acesso em: 3 nov. 2021.

CANEVER, Mario; TALAMINI, Dirceu; CAMPOS, Antônio; FILHO, Jonas. **A cadeia produtiva do frango de corte no Brasil e na Argentina**. Concórdia: EMBRAPA CNPSA, 1997. 150 p. v. 1. Disponível em: A cadeia produtiva do frango de corte no Brasil e na Argentina. - Portal Embrapa. Acesso em: 05 mar. 2021.

DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2011. 232 p.

FONTANA, Raphael. COSTA, Silvania. SILVA, José. RODRIGUES, Auro. **Teorias demográficas e o crescimento populacional no mundo**. Sergipe, 2015. 12 p. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernohumanas/article/view/1951>. Acesso em: 16 mar. 2021.

FROST FRIO GERADORES DE GELO. **Geradores de Gelo**. Caxias do Sul, 2017. Disponível

em: http://www.guentner.com.br/fileadmin/literature/america/Frost_Frio/Flyer_Geradores_de_Gelo_Frost_Frio_FLR_116_V2_POR_01.2017_web.pdf . Acesso em: 3 maio 2021.

GHERARDI, Sandra. Técnico em Avicultura: **Abate e Processamento de Carne e Frango**. e-Tec Brasil, Urutai, n. 110, p. 120, 2013. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano). Disponível em: Abate e Processamento de Carne e Frango (rnp.br). Acesso em: 12 mar. 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. REGULAMENTO TÉCNICO DA INSPEÇÃO TECNOLÓGICA E HIGIÊNICO-SANITÁRIA DE CARNE DE AVES. **Secretaria de defesa agropecuária.**: PORTARIA N° 210, 10 nov. 1998. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/arquivos/Portaria2101998.pdf> . Acesso em: 16 mar. 2021.

PACHECO, José Wagner. **Guia técnico ambiental de frigoríficos**: Industrialização de carnes (bovina e suína). 21. ed. SP, Brasil: CETESB – Biblioteca, 2006. 85 p. Disponível em: [frigorifico.pdf \(cetesb.sp.gov.br\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/frigorifico.pdf) . Acesso em: 12 mar. 2021.

PARDI, Miguel. SANTOS, Iacir. SOUZA, Elmo. PARDI, Henrique. **Ciência Higiene e Tecnologia da Carne**: Tecnologia da sua obtenção e transformação. ISBN 85-7274-171-2. 2. ed. Goiânia: UFG, v. 1, 2001. 623 p.

PINTO, Laura Adriane de Moraes PINTO, Mariana de Moraes. BOVO, Joyce. MATEUS, Gustavo Affonso Pisano. TAVRES, Fernanda de Oliveira. BAPTISTA, Aline Takaoka Alves. HIRATA, Alceu Kazuo. **Aspectos Ambientais Do Abate De Aves: uma revisão**. Revista UNINGÁ review, [S.l.], v. 22, n. 3, jun. 2015. ISSN 2178-2571. Disponível em: <http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1629>. Acesso em: 12 mar. 2021.

SAÚDE E INSPEÇÃO ANIMAL. **Água no Frango**. 2020. Disponível em: <https://saudeinspecaoanimal.com.br/agua-no-frango3> . Acesso em: 28 abr. 2021.

SEMIL. **Equipamentos Industriais**. 2021. Disponível em: <http://www.semil.com.br>. Acesso em: 08 abr. 2021.

STOECKER, W.F; JABARDO, J.M.S. **Refrigeração industrial**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher. 371 p, 2002.

STOECKER, W.F; JABARDO, J.M.S. **Refrigeração industrial**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 530 p, 2018.