



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



**MAURÍCIO SPRICIGO**

**MELHORIA DA CAPACIDADE DE CONGELAMENTO DE TÚNEL DE  
CONGELAMENTO EM AGROINDÚSTRIA DO FRANGO DE CORTE:  
UM ESTUDO DE CASO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2019**

**MAURÍCIO SPRICIGO**

**MELHORIA DA CAPACIDADE DE CONGELAMENTO DE TÚNEL DE  
CONGELAMENTO EM AGROINDÚSTRIA DO FRANGO DE CORTE:  
UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – *Câmpus* Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira

**PATO BRANCO**

**2019**



## TERMO DE APROVAÇÃO

Melhoria da Capacidade de Congelamento de Túnel de Congelamento em  
Agroindústria do Frango de Corte: Um Estudo de Caso

Por

**Maurício Spricigo**

Esta monografia foi apresentada às 19:00h do dia 29 de Outubro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Pato Branco. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira  
UTFPR – *Câmpus* Pato Branco  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Dalmarino Setti  
UTFPR – *Câmpus* Pato Branco

---

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin  
UTFPR – *Câmpus* Pato Branco

\*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso\*

Dedico este trabalho aos colegas de trabalho e para a empresa em que disponibilizou tempo e dados para que este fosse realizado com o objetivo final.

## RESUMO

SPRICIGO, Maurício. **Melhoria da Capacidade de Congelamento de Túnel de Congelamento em Agroindústria do Frango de Corte: Um Estudo de Caso.** 2019. 45 folhas. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

Este trabalho teve como temática uma análise bibliográfica das agroindústrias brasileiras com relação ao corte de frangos, dados relacionados às exportações brasileiras contendo a legislação brasileira para que as agroindústrias estejam aptas para a comercialização dos seus produtos e uma breve análise do processo de congelamento. Revisada a teoria sobre a necessidade da evolução tecnológica nas agroindústrias e as dificuldades de congelamento de produtos para conservação e atingimento as legislações e após as revisões bibliográficas foi realizado um estudo de caso com testes em um túnel de congelamento de uma agroindústria do estado de Santa Catarina. O objetivo foi melhorar o volume de abastecimento de produtos em caixas de papelão unidas por grampos a serem congeladas em túnel de congelamento de uma agroindústria do corte de frangos e conseqüentemente analisado a melhoria em tempo de retenção dos produtos para atender as temperaturas necessárias. Após as melhorias realizadas foi concluído que a quantidade de produtos a serem congelados teve um aumento de 119 caixas por hora, o que representa um acréscimo de 19,44%, otimizando o espaço dentro do túnel de congelamento e também melhorando o congelamento de produtos com um tempo de retenção maior devido à melhoria de produtos postos dentro do túnel para o congelamento.

**Palavras-chave:** Caixas. Evolução. Grampeadas.

## ABSTRACT

SPRICIGO, M. **Improvement of Freezing Tunnel Freezing Capacity in Beef Agro-Industry: A Case Study**. 2019. 45 folhas. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

The present study carried out, as its theme, a bibliographic analysis of Brazilian agroindustries in relation to the cutting of chickens, data related to Brazilian exports containing Brazilian legislation so that agribusinesses can commercialize their products and a brief analysis of the freezing process. After reviewing the theory on the need for technological developments in agroindustries and the difficulties in freezing products for conservation and achieving the required legislation, a case study was conducted with tests in a freezing tunnel of an agribusiness in the state of Santa Catarina. The objective was an improvement in the volume of supplies of products in cardboard boxes put together by staples to be frozen in a freezing tunnel of a cutting chicken agribusiness company and therefore analyzing the improvement regarding the time of product retention to meet the needed temperature. After the improvements were made, it was concluded that the quantity of products to be frozen had an increase of 119 boxes per hour, which represents an increase of 19.44%, optimizing the space inside the freezing tunnel and also improving the freezing of products within a longer retention time due to the improvement of products placed inside the tunnel for freezing.

**Keywords:** Boxes. Evolution. Stapled.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo de carne de frango no Brasil e no mundo (DEPEC-BRADESCO, 2018) .....	13
Figura 2 - Custo de produção de frango no estado de Santa Catarina (DEPEC-BRADESCO, 2018) .....	14
Figura 3 - Ranking de exportações de carne de frango (DEPEC-BRADESCO, 2018) .....	15
Figura 4 - Ciclo básico do sistema de refrigeração (LINO e LINO 2013) .....	17
Figura 5 - Compressor de amônia tipo Parafuso. Fonte: autoria própria.....	18
Figura 6 - Condensador. Fonte: autoria própria .....	18
Figura 7 - Válvula de expansão. (Madef, 2019).....	19
Figura 8 - Unidade evaporativa. Fonte: autoria própria .....	19
Figura 9 - Túnel de congelamento contínuo (Madef, 2019).....	20
Figura 10 - Ventilação forçada no túnel de congelamento (AMADEU 2017).....	23
Figura 11 - Exemplo de ventilação forçada sobre os produtos.....	24
Figura 12 - Tamanho dos cristais de gelo versus tempo de congelamento (LINO e LINO, 2013).....	26
Figura 13 - Embalagem secundária (TROMBINI, 2019).....	27
Figura 14 - Data Logger (TEMPRECORD, 2019).....	28
Figura 15 - Caixa com 12 kg de produtos de corte de carne de frango. Fonte: autoria própria .....	31
Figura 16 - Caixa plástica com produto 12 kg. Fonte: Autoria própria.....	32
Figura 17 - Modelo de grampo. Fonte: Autoria própria.....	33
Figura 18 - Suporte com caixa a ser grampeada. Fonte: Autoria própria. ....	34
Figura 19 - Caixas grampeadas. Fonte: Autoria própria.....	34
Figura 20 - Croqui entre caixas plásticas e grampeadas. Fonte: Autoria própria.....	35
Figura 21 - Elevador de entrada do túnel com caixas grampeadas junto com outras. ....	36
Figura 22 - Caixa grampeada inserida sobre os rolos de nível do túnel.....	37
Figura 23 - Melhoria em rolos de níveis do túnel.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtos em Embalagens Grampeadas. ....	32
Tabela 2 - Tempo de Retenção X Temperatura de Congelamento – Caixas Sem Grampos.....	39
Tabela 3 - Tempo de Retenção X Temperatura de Congelamento – Caixas Com Grampos.....	40
Tabela 4 - Comparativo de quantidade de caixas por viagem após melhoria. ....	41
Tabela 5 - Número de caixas para congelamento após melhoria. ....	41
Tabela 6 - Tempo X Temperatura. ....	42



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA .....	11
1.2 OBJETIVO GERAL .....	12
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
1.4 JUSTIFICATIVA .....	12
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>12</b>
2.1 AGROINDÚSTRIAS .....	12
2.1.1 Mercado de Carne de Frango .....	12
2.1.2 Exportação da Carne de Frango .....	14
2.1.3 Legislações para Produção de Carne de Frango .....	15
2.2 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL.....	17
2.3 TÚNEIS DE CONGELAMENTO.....	19
2.4 TRASFERÊNCIA DE CALOR .....	22
2.4.1 Transferência de Calor nos Túneis .....	22
2.4.2 Congelamento de Alimentos .....	24
2.4.3 Embalagens .....	26
2.4.4 Equipamento para Leitura de Temperatura.....	27
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA</b> .....	<b>28</b>
3.1 ENQUADRAMENTO TEORICO.....	28
3.2 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	29
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
4.1 ABASTECIMENTO DE PRODUTO EM TÚNEL DE CONGELAMENTO.....	30
4.2 CONGELAMENTO DE PRODUTOS EM CAIXAS DE PAPELÃO MENORES....	31
4.3 MELHORIA PARA AUMENTO DE CARGA DE PRODUTO NO TÚNEL.....	33
4.4 PROBLEMAS EVIDENCIADOS EM TESTE COM CAIXAS GRAMPEADAS.....	36
4.5 MELHORIAS REALIZADAS NOS NÍVEIS.....	37
4.6 RETENÇÃO DE PRODUTOS DENTRO DO TÚNEL .....	38
4.8 SÍNTESE DAS MELHORIAS ALCANÇADAS .....	40
4.8.1 Aumento da Capacidade de Túnel de Congelamento.....	40
4.8.2 Melhoria em Tempo de Retenção de Produtos .....	41
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Uma importante área da economia brasileira está nas agroindústrias nacionais. Entre essas está a produção em indústrias frigoríficas com produção de cortes de suínos, gado e frango. Atualmente para estas agroindústrias todas melhorias em processos e produtos é fundamental para o maior faturamento e menor custo. Portanto para uma indústria minimizar seus custos e aumentar seu lucro, elas devem partir para inovações de processos e produtos, sendo diferenciados da concorrência.

Inovações ganham importância em relação da sua competitividade. Quando mais inovadora a empresa for, maior será a competitividade e melhor a posição no mercado e a capacidade de inovar resultam de ideias em produtos, serviços e processos inovadores de forma eficiente, conseqüentemente, permite à empresa lucrar mais (CARVALHO, 2011).

Para as indústrias frigoríficas, um dos pontos que geram gargalos de processos é o congelamento dos produtos. Conforme descreve Stoecker e Jabardo, (2002), a refrigeração industrial envolve mão de obra mais especializada quanto um custo maior de projeto em relação ao condicionamento do ar, que são geralmente montados em indústrias dotadas de conexões hidráulicas e elétricas, além das saídas para circulação de ar.

Em face às necessidades e exigências dos mercados e legislações apresenta-se nesse trabalho um estudo de caso para melhoria da capacidade de congelamento de carne de cortes de frangos em agroindústria do oeste de Santa Catarina, com o objetivo de aperfeiçoar e maximizar o acondicionamento de produtos dentro de túnel de congelamento.

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA

O presente trabalho é um estudo de caso para melhoria da capacidade de congelamento de produtos em túnel de congelamento que será realizado em uma agroindústria de frango de corte localizado na região oeste do estado de Santa Catarina. A melhoria trata-se de aumento do volume de produto do corte de frango no abastecimento em túnel de congelamento, aumentando a quantidade de caixas

por viagem de entrada do túnel e melhorando o congelamento através do tempo de retenção de produtos com caixas grampeadas.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

Melhorar a capacidade de congelamento de carne de corte de frango em túnel de congelamento de uma agroindústria.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral será necessário.

- Otimizar o espaço de túnel de congelamento através da união de caixas com grampos para produtos de 12 kg no abastecimento de túnel de congelamento;
- Melhorar o congelamento de produtos através de maior tempo de retenção inserido em túnel após melhoria inicial.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

As agroindústrias de hoje, estão cada vez mais preocupadas com a produção enxuta e redução de custos de produtos. Conforme Pacheco, Anchau, Bueno e Grando (2018), com uma economia globalizada e altamente competitiva, processos de produção estão constantemente com a visão de adequar o mercado consumidor, que está de olho em inovações de produtos, menor preço e facilitações no dia a dia. Os túneis de congelamento são gargalos para as agroindústrias frigoríficas, assim tendo uma maior atenção e manutenção. O processo de abastecimento de produtos dentro do túnel de congelamento da agroindústria que será realizado o estudo de caso, é bastante lento, aonde produtos são acondicionados em bacias plásticas, tendo um volume baixo de produtos carregados nos túneis de congelamento.

Justifica-se o presente estudo o espaço ocioso dentro dos túneis de congelamento o qual devido às condições de carregamento de produtos, surge a necessidade de melhorias para aumentar o volume de produtos em entrada de túnel. Assim otimizando os espaços e conseqüentemente aumentando a capacidade de congelamento de produtos pelo tempo de retenção em caixas de papelão unidas por grampos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 AGROINDÚSTRIAS

Conforme Parré e Guilhoto (2001), a desigualdade entre as regiões em relação ao crescimento de renda tem sido uma característica da economia desde os antigos tempos coloniais. A exportação de produtos no passado beneficiou diferentes regiões sendo a região sudeste do país a líder da economia brasileira, no início do processo de industrialização. Os autores, ainda mencionam que os aspectos da modernização da agricultura brasileira relacionados à criação e expansão da agroindústria brasileira não ocorreram de forma simultânea.

A agroindústria, conforme destacam Reis, Nogueira, Menezes e Melo (2018) teve um aumento de ganhos produtivos na última década. A eficiência nos processos produtivos e gestão é uma grande diferença de competitividade no mercado global, as perdas de processos e produção podem gerar grandes riscos para a permanência ou não no mercado.

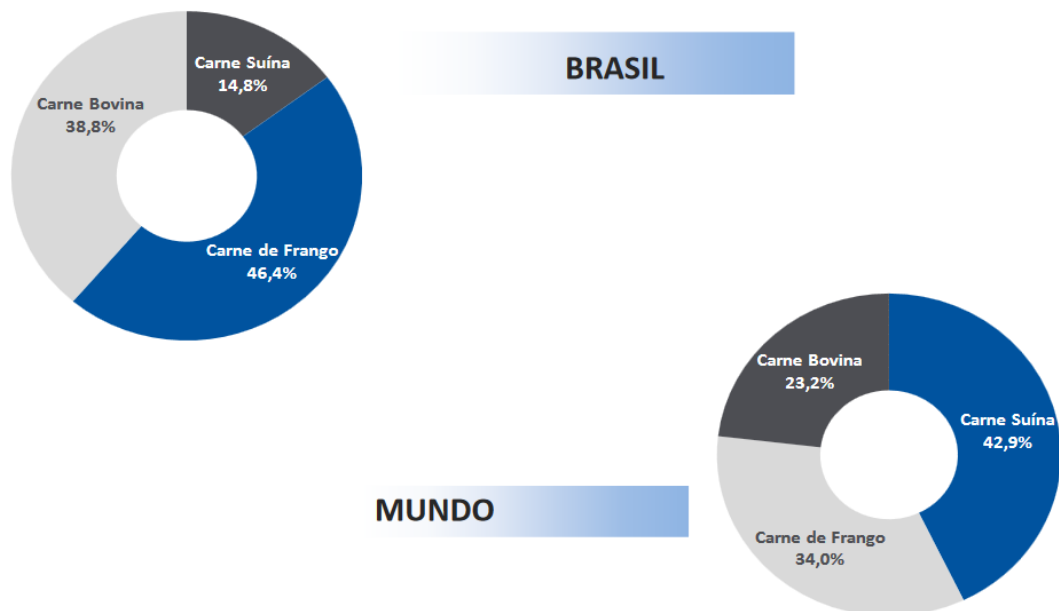
#### 2.1.1 Mercado de Carne de Frango

Conforme descreve o relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA (2018), o estado de Santa Catarina é líder nacional na produção de carne suína com 28,38% de abate, seguido de 16,21% de frangos. Na linha de abate de frango, Santa Catarina fica atrás do estado do Paraná com 34,32% do território nacional e é um dos estados que está em constante crescimento do seu mercado em ambos os produtos.

Conforme Amadeu (2017), as atividades de avicultura tiveram início no Brasil nos anos 50, porém na década de 70 a produção de carne de frango tornou-se relevante, devido as vantagens competitivas que eram garantidas pelo sistema de integrações em que as indústrias frigoríficas eram integradoras, realizando o mantimento de insumos e assistências para os pequenos avicultores e mantendo até os dias de hoje, a capacidade de escoamento para o mercado consumidor. A indústria do frango ainda mantém uma cooperação entre as indústrias e os avicultores, no qual são fornecidos material e suporte, realizando o transporte, abate e a comercialização da carne de frango para mercado interno e externo. A produção

de frango é predominante na região sul do país e cerca de 70% da produção nacional de frango é com sistema de integração.

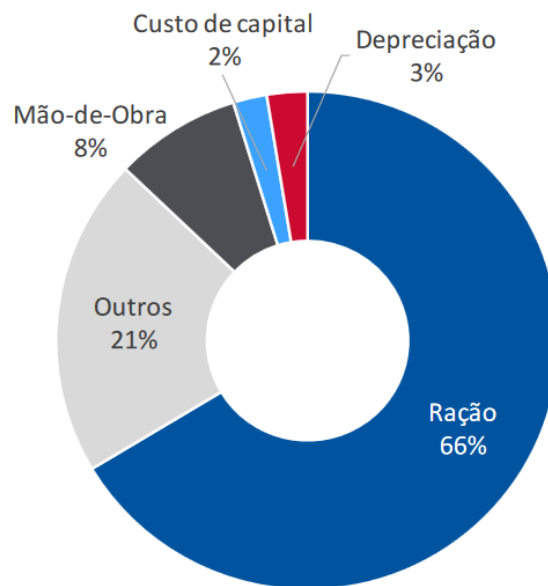
Ainda Amadeu (2017), traz que o consumo de carne de frango no Brasil cresceu muito a partir do ano de 1984 e chegou a ultrapassar o consumo de carne bovina em 2006. A Figura 1 ilustra o consumo de carnes no Brasil e no mundo com dados do ano de 2018, em que a carne de frango consumida no Brasil é de 46,4% maior que em comparação com carne bovina e suína. No mundo no ano de 2018, a carne mais consumida foi suína com 42,9%.



**Figura 1 – Consumo de carne de frango no Brasil e no mundo**

**Fonte: DEPEC-BRADESCO, (2018)**

O maior custo para produção de frango no estado de Santa Catarina está na produção de ração com 66% em comparação com demais custos conforme a Figura 2.

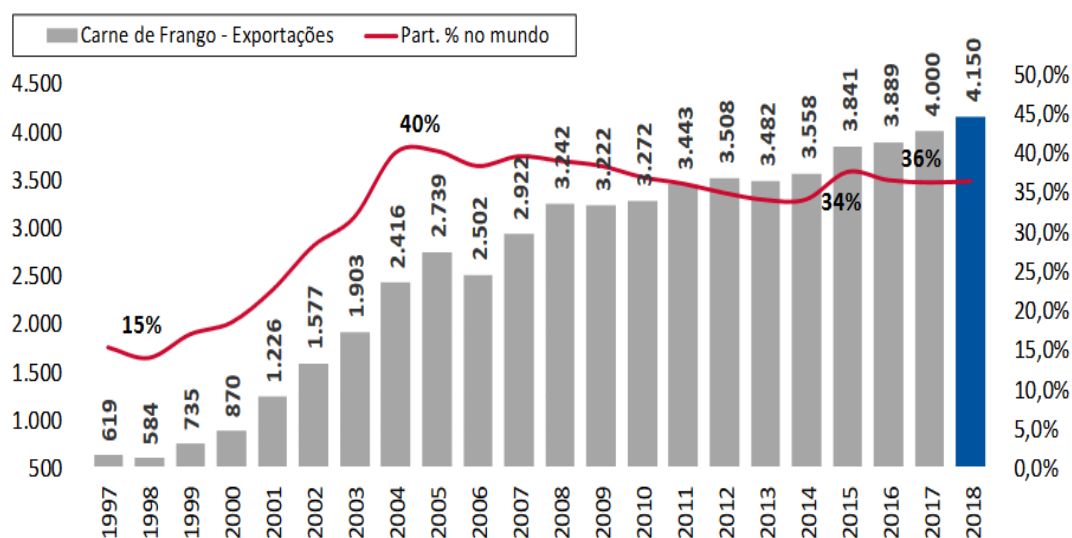


**Figura 2 - Custo de produção de frango no estado de Santa Catarina**  
**Fonte: DEPEC-BRADESCO, (2018)**

### 2.1.2 Exportação da Carne de Frango

A associação brasileira de proteína animal, ABPA (2018), comenta que o Brasil exportou no ano de 2017, carne de frango por produto sendo que destes, 2% de carne embutida, 3% de salgados, 3% industrializados, 29% de carne de frango inteiro e 63% de cortes. Referente ao corte de carne de frango, teve a exportação do volume de 2.700.656 toneladas do produto, sendo que o estado do Paraná foi o que mais teve exportações com 37,20% do volume total e em seguida do estado de Santa Catarina com 22,95%. A ABPA traz que o continente que mais importou produto de corte de carne de frango foi a África, com um volume de 420.630 toneladas no ano de 2017, totalizando em 33,04%. O segundo continente que mais importou corte de carne de frango brasileiro foi a América, com volume de 250.024 toneladas com 14,61% do total.

As exportações de carnes de frango no ano de 2018 teve um acréscimo de 3,6% em comparação com o ano de 2017, obtivendo um volume de 4.150 mil toneladas de exportação com 36% do território mundial, conforme mostra a Figura 3.



**Figura 3 - Ranking de exportações de carne de frango**

Fonte: DEPEC-BRADESCO, (2018)

Informações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA (2019), descreve que a cada ano o Brasil vem crescendo no comércio internacional, com destaque para produção de carne suína, bovina e de frango. Até 2020, estima-se que a produção nacional de carnes suprirá 44,5% do mercado mundial e a carne de frango terá 48,1% das exportações mundiais. Com esta grande demanda de exportações de carnes, cabe ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, controlar e regulamentar mercadorias de origem animal, atentando a qualidade e segurança, visando à conformidade entre a legislação de inspeção industrial e sanitária brasileira e normas de sanidade exigidas pelos países importadores.

### 2.1.3 Legislações para Produção de Carne de Frango

Conforme o item 6.9 da Portaria nº210 de 1998 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as carnes de frango congeladas destinadas para o mercado interno (MI), não devem apresentar na intimidade muscular, temperatura superior a  $-12^{\circ}\text{C}$ . O MAPA informa que para a exportação, ou seja, mercado externo (ME) de cortes de carne de frango, a África do Sul e Europa, por exemplo, exigem que a temperatura não seja superior a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Partindo das legislações e exigências dos mercados internos e externos de produtos como carne de frango, surge a necessidade das agroindústrias no atendimento e comprometimento para que

possam atender e serem autorizadas e ter a habilitação e certificação para vendas internas e exportações pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Para que as agroindústrias possam ter habilitação e certificação para comércio de carnes, estas devem possuir responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e serem registradas e aprovadas pelo SIF - Serviços e Inspeção Federal tendo como objetivo garantir produtos com certificação sanitária e tecnológica para os consumidores, atendendo as legislações nacionais e internacionais vigentes.

Segundo informações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, o Serviço de Inspeção Federal vinculado ao Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA, tem a responsabilidade de assegurar a qualidade de produtos de origem animal comestível e não comestíveis destinados ao mercado interno e externo. Atualmente, o SIF tem atuação em mais de 5 mil comércios de alimentos brasileiros.

Partindo da legislação vigente nas agroindústrias, o controle de processos e produtos é bastante rígido e monitorado diariamente por partes internas da agroindústria e também por partes externas como o SIF e DIPOA. Muitas agroindústrias brasileiras possuem normas internas e procedimentos operacionais descritos para que o controle e autenticidade dos produtos sejam eficazes. O objetivo é que o produto e processo de produção destes sejam livres de não conformidades que influenciem na venda e exportação. Dentre os controles de produção, existe o controle e monitoramento de temperaturas, sendo este um PCC (Programa de Controle Crítico), ou seja, caso a temperatura não atinja para mercado interno  $-12^{\circ}\text{C}$  e para externo  $-18^{\circ}\text{C}$ , o produto deve ser reprocessado.

As agroindústrias precisam de sistema de refrigeração eficientes e com capacidade para que o produto atinja as temperaturas desejadas e em tempo mínimo, mantendo os produtos de carnes congeladas e estocadas até que sejam expedidas para os consumidores e o período de conservação pode ser aumentado ainda mais pelo congelamento a temperaturas baixas. Venturi e Pirani (2005) relatam que as técnicas de congelamento rápido evitam a formação de micro cristais de gelo no interior dos produtos e os métodos mais difundidos de congelamento são através de equipamentos como túneis de congelamento que trabalham com ar a alta velocidade, congelamento por contato pela disposição dos alimentos entre placas



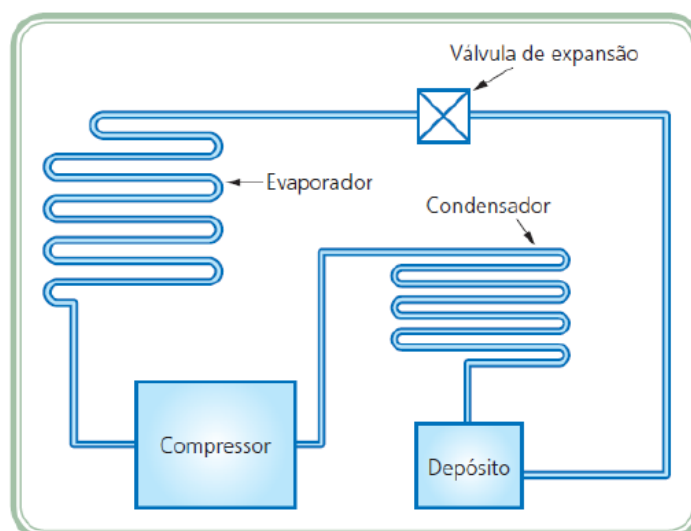
refrigeradas, congelamento por imersão dos alimentos em salmouras a baixa temperatura e congelamento criogênico em que o fluido em estado líquido com bióxido de carbono ou nitrogênio é aspergido no interior da câmara de congelamento.

## 2.2 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL

Conforme já mencionado, para que se consigam temperaturas de congelamento e de armazenamento é necessário que se tenha temperaturas de refrigeração industrial, caracterizadas pela faixa de operação de trabalho.

De acordo com a Nota Técnica N° 003/2004 do MTE, os sistemas de refrigeração industrial atualmente utilizado em larga escala nesses e em outros setores econômicos fundamentam-se na capacidade de algumas substâncias, denominadas agentes refrigerantes o qual absorverem grande quantidade de calor quando passam do estado líquido para o gasoso.

O sistema de refrigeração possui o objetivo de retirar o calor de determinado ambiente e liberá-lo em outro, sendo que o sistema funciona através de um ciclo de refrigeração que é composto de alguns componentes como compressor, condensador, válvula de expansão e unidade evaporadora. Na Figura 4 abaixo podemos observar o ciclo básico da refrigeração e os componentes que fazem parte da refrigeração industrial.



**Figura 4 - Ciclo básico do sistema de refrigeração**

**Fonte: LINO e LINO, (2013)**

O compressor faz parte do início do ciclo de refrigeração e tem a função de realizar a sucção do refrigerante em fase gasosa e comprimi-lo, aumentando a sua temperatura e pressão e descarrega para o condensador. Na Figura 5, pode-se observar um compressor do tipo parafuso utilizado na planta frigorífica.



**Figura 5 - Compressor de amônia tipo Parafuso**

**Fonte: Autoria Própria**

Nos condensadores, ocorre a transferência de parte do calor para o meio externo, nesta fase ocorre a diminuição de temperatura e mudança da fase gasosa para a fase líquida devido a condensação. A Figura 6 ilustra um condensador durante a operação de refrigeração.



**Figura 6 – Condensador**

**Fonte: Autoria Própria**

A válvula de expansão ou orifício capilar é instalada posteriormente ao condensador e anteriormente ao evaporador, tem a função de transformar o fluido

refrigerante da forma líquida para a gasosa, diminuindo a sua pressão. Na Figura 7 é exibido um exemplo de válvula de expansão.



**Figura 7 - Válvula de expansão**

**Fonte: Madef, (2019)**

A unidade evaporadora é a última etapa do ciclo da refrigeração, onde através de ventiladores realiza a evaporação do gás refrigerante e absorve o calor existente no ambiente que se deseja refrigerar. Podemos verificar um evaporador na Figura 8.



**Figura 8 - Unidade evaporativa**

**Fonte: Autoria Própria**

### 2.3 TÚNEIS DE CONGELAMENTO

Os túneis de congelamento são utilizados pela agroindústria alimentícia para o condicionamento térmico de produtos como iogurte, sorvete, leite, carne e derivados. Geralmente estão no fim do processo produtivo de produtos perecíveis e quando

apresentam gargalo do processo, causam transtornos na produção até chegando à possibilidade de ter paradas de processos (SCHEIDT, 1996).

Os túneis de congelamento são automáticos e o produto se desloca horizontalmente em vários níveis onde o funcionamento inicia com o carregamento dos níveis através de um elevador e quando o produto entra em um determinado nível, tem-se a necessidade de que o produto que já tenha atingido a temperatura final, seja retirado do outro lado do túnel (AMADEU, 2017).

Segundo Scheidt (1996), a função do túnel de congelamento é fazer com que a temperatura dos produtos abaixe rapidamente com o objetivo de maximizar sua retenção de qualidade e prazo de validade. O condicionamento térmico é dividido em duas classes, sendo a de resfriamento e congelamento. No processo de congelamento tem-se o objetivo de que o núcleo atinja o mais rápido possível a temperatura de armazenamento. No resfriamento deseja-se que o produto atinja a temperatura homogênea sem que a superfície congele (SCHEIDT, JOÃO, 1996).

Os túneis de congelamento podem ser de modelos com bandejas que segundo Scheidt (1996), os produtos entram por uma extremidade, percorrem uma extensão à medida que são colocadas dentro do túnel e saem por outra extremidade com o produto já acondicionado e congelado. Túneis que possuem vários níveis onde as bandejas podem ser colocadas, chamamos de túnel de congelamento de níveis. A figura 9 mostra uma representação do modelo de um túnel de congelamento contínuo automático.



**Figura 9 - Túnel de congelamento contínuo**

**Fonte: Madef, (2019)**

Conforme Scheidt (1996), o projeto dos túneis de congelamento limita o acesso de produtos. Como os produtos de um nível são retirados necessariamente na mesma ordem em que são alimentados os níveis, torna-se um problema quando o túnel está sujeito a alimentação com produtos de diferentes capacidades térmica e geométrica. Ocorrem situações em que os produtos quando estão com o tempo de exposição completo não estão acessíveis para retirada do túnel, ou seja, os produtos que ainda não estão condicionados bloqueiam a saída dos que já estão.

A entrada de produtos no túnel, força a retirada de um produto com tempo de exposição insuficiente para o congelamento, ou seja, o tempo de retenção dos produtos é insuficiente para atingir a temperatura necessária. Os túneis de congelamento mais antigos são do modelo de níveis com rolos na extensão dos níveis. No lugar de bandejas nos níveis, existem rolos móveis em todo o percurso do nível e estes fazem o deslocamento horizontalmente das caixas com produtos nos níveis (SCHEIDT, JOÃO, 1996). O funcionamento do túnel de rolos é similar ao do túnel de bandejas com o sistema em que a operação do nível que descarrega é o mesmo que carrega aonde os elevadores de entrada e saída trabalham simultaneamente.

Segundo Amadeu (2017), o túnel de congelamento com sistema automático contínuo começou a ser utilizado no mercado de produtos cárneos nos anos 60 com o objetivo de redução de uso de outros equipamentos e mão de obra para o congelamento em outros sistemas.

A manutenção das filas de caixas com produtos a serem carregados no túnel é um pouco inadequada devido a pouca e tardia exposição comprometendo a qualidade do produto. Quando o produto precisar ser resfriado, o excesso de exposição também é prejudicial, pois o congelamento danifica as propriedades que são esperadas da superfície do produto, que deve ser comercializado como congelado. Por outro lado, um sistema de congelamento do tipo de gavetas não apresenta tal limitação de acesso de produtos, porém, exige sistemas de carregamentos e descarregamentos mais complexos e mais espaçosos para a movimentação de produtos, tornando-se este tipo de congelamento com maior valor econômico do que um túnel de níveis de mesmo espaço útil (SCHEIDT, 1996). A opção pela padronização do perfil térmico das caixas de produtos como alternativa para que não ocorram bloqueio e paradas dos túneis não é indicada quando inviável

tecnologicamente. Os túneis segundo Scheidt, 1996, são equipamentos caros, ocupam um grande espaço físico, consomem uma energia e manutenção custosas, mas ainda sim num processo de globalização e competição crescente a qualidade de produto, conservação de energia, flexibilidades produtivas entre outras, são uma preocupação das indústrias mundiais.

Os túneis de congelamento possuem sistema de resfriamento por ar forçado através de ventiladores em condensadores. Neste sistema é utilizado o ar a baixa temperatura com o intuito do resfriamento pela transferência de calor por convecção no qual o ar é forçado até a caixa de produto, sendo este um processo para um resfriamento em tempo menor. Os produtos a serem congelados em túneis de congelamento devem permanecer o tempo necessário para que a temperatura desejada seja atingida e por fim devem ser estocados em câmara de estocagem para mantimento da temperatura de congelamento (BARBIN et al, 2008).

## 2.4 TRASFERÊNCIA DE CALOR

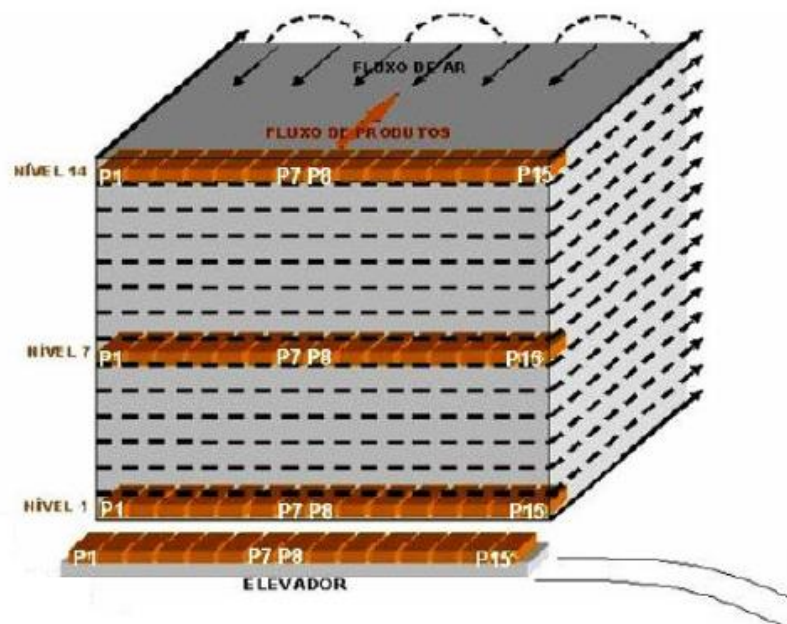
O processo de congelamento de produtos de carne de cortes de frangos dentro de túneis de congelamento é dado pela transferência de calor. Sempre que existir a diferença de temperatura em um meio ou entre meios, haverá a necessidade de termos uma transferência de calor que no caso a carne entra no túnel de congelamento a uma temperatura superior a desejada na saída. Sempre que existir um gradiente de temperatura em um meio estacionário que pode ser um solido ou um fluido, é utilizado o termo de transferência de calor por condução. Diferente da condução quando temos a transferência de calor entre uma superfície e um fluido chama-se de transferência por convecção e quando as ondas de temperatura emitem uma energia em forma de ondas, são chamadas de transferência de calor tipo radiação (INCROPERA, 2008).

### 2.4.1 Transferência de Calor nos Túneis

O modo de transferência de calor por convecção abrange dois mecanismos que além da energia de movimento molecular, a energia também é transmitida por movimento global, ou macroscópico. Este movimento está associado ao fato de que em qualquer instante um grande número de moléculas está se movimentando

coletivamente e este movimento juntamente com um gradiente de temperatura que contribui para a transferência de calor. A transferência de calor por convecção pode ser classificada de acordo com a natureza do escoamento do elemento, neste caso a ventilação a temperaturas baixas. Ainda conforme Incropera (2008), refere-se a convecção forçada quando o escoamento do elemento é causado por ventiladores, bombas ou ventos atmosféricos.

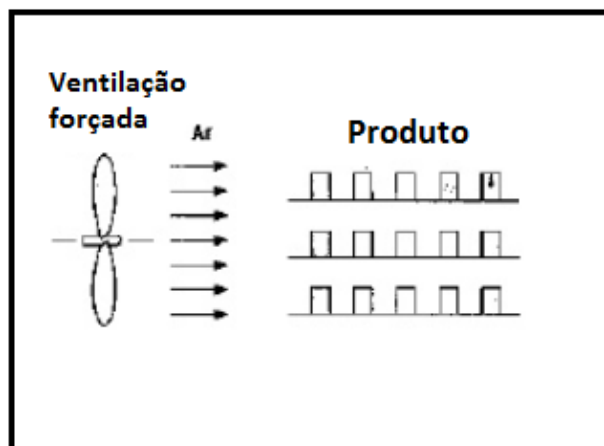
Para o congelamento dos produtos dentro de túnel de congelamento, ocorre a ventilação forçada do ar frio do evaporador através de ventiladores com alta rotação sendo forçada contracorrente para os níveis do túnel. O congelamento dos alimentos é um processo de transferência de calor por condução e convecção combinados entre si, de maneira com que o primeiro ocorre no interior do alimento e o segundo na superfície dele. Segundo Amadeu (2017), o ar para resfriamento e congelamento apresenta o fluxo contracorrente devido a sua maior força motriz de transferências de calor. Conforme a Figura 10, o fluxo de ar é gerado por ventilador do evaporador que ficam localizador no lado contrário à entrada de produto nos níveis do túnel.



**Figura 10 - Ventilação forçada no túnel de congelamento**

Fonte: AMADEU, (2017)

Para melhor representação da ventilação forçada sobre os produtos temos na Figura 11 o produto nos níveis recebendo o ar frio e uma transferência de calor por convecção.



**Figura 11 - Exemplo de ventilação forçada sobre os produtos**

Os produtos a serem congelados nos túneis são embalados em pacotes plásticos e estes inseridos em caixas de papelão. Segundo Amadeu (2017), existe situações em que o produto é embalado após o congelamento, porém, com materiais com baixa condutividade devido a embalagem ser um protetor térmico para o produto durante o armazenamento e transporte, fazendo com quem ocorra a quebra da cadeira do frio.

#### 2.4.2 Congelamento de Alimentos

A preservação dos alimentos se dá desde os tempos pré-históricos, em que os homens primitivos observaram que em temperaturas climáticas baixas os alimentos perecíveis podiam ser mantidos quase indefinidamente e com a qualidade normal durante o tempo em que ficavam congelados. Temperaturas baixas podem controlar a taxa de reações químicas em que a velocidade na qual as moléculas movem-se determinando a velocidade com que reagem com outras. A velocidade de uma reação geralmente duplica com um aumento de 10°C e com o congelamento a taxa de reações químicas mesmo que diminua, ocorrem alterações provindas destas e mudanças estruturais nos diferentes componentes dos alimentos ocasionam alterações sensoriais que diminuem a qualidade do produto após serem congelados (COLLA e HERNÁNDES, 2003).



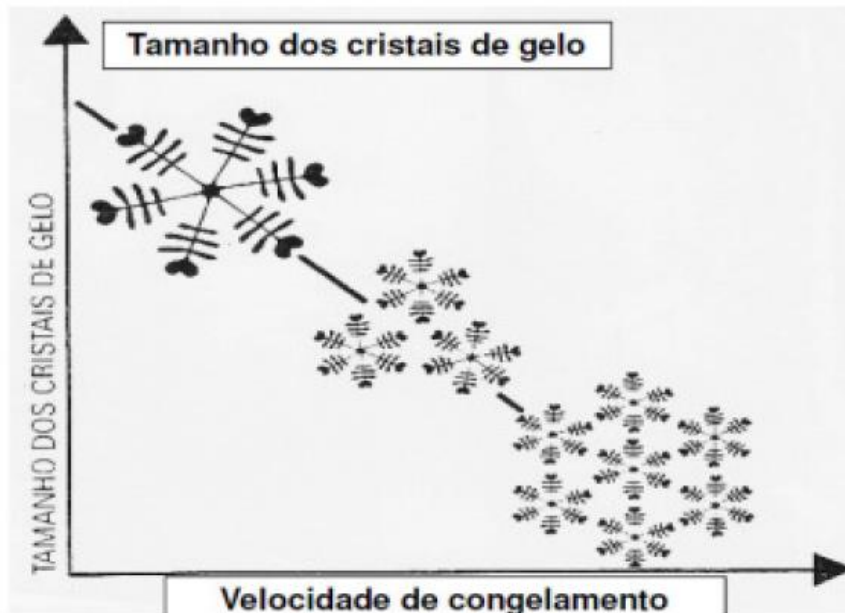
Os autores Colla e Hernández, (2003), ainda trazem que os métodos de congelamentos são estudados com o intuito de diminuir as alterações químicas e físicas decorrentes do mesmo e a velocidade de congelamento tem influências nas características finais do produto e as variações de temperaturas observadas nas indústrias levam a um produto de má qualidade, também durante o congelamento, a flora de microrganismos diminui, podendo aumentar se o descongelamento não ocorrer corretamente.

Antes do processo de congelamento, o calor sensível é removido fazendo com que a temperatura do alimento diminua até a temperatura inicial de congelamento e abaixo da temperatura de congelamento da água pura. Isso é decorrente das substâncias dissolvidas nas soluções que formam o alimento, sendo assim a redução de temperatura ocorre inferior ao ponto de congelamento da água sem mudança de fase. O efeito ocasionado pela rápida diminuição da temperatura sem alteração de fase se dá pela injúria celular e o choque térmico de microrganismos (COLLA e HERNÁNDES, 2003).

Quando se inicia o congelamento, parte da água do alimento se cristaliza, concentrando a solução restante e diminuindo o seu ponto de congelamento. Com o decréscimo da temperatura, aumenta a formação de cristais de gelo e conseqüentemente, a concentração de solutos na solução que ocasiona uma diminuição do ponto de congelamento e alterações das soluções remanescentes. A cristalização é a formação de fase sólida em uma solução (água). Este processo envolve a nucleação e o aumento de cristais, ou seja, o alargamento dos núcleos provenientes da adição de água ao núcleo de cristalização (COLLA e HERNÁNDES, 2003). Produtos congelados mais rapidamente resultam em congelamento de maior qualidade devido a formação de pequenos cristais de gelo entre as estruturas celulares do alimento. Já no congelamento lento os cristais formados são maiores ocasionando a ruptura das membranas celulares

Segundo Lino e Lino, (2013), o congelamento lento dura de 2 a 12 horas em que a temperatura do produto vai diminuindo até a desejada e os primeiros cristais são formados no interior da célula causando rompimento de algumas paredes celulares. O congelamento rápido ocorre quando a queda de temperatura é mais brusca, ocasionando o congelamento da água dos espaços intercelulares imediatamente. A Figura 12 mostra que quanto maior o tempo de congelamento, melhor distribuído estão os cristais formados no produto a ser congelado ocorrendo

o rompimento de paredes celulares. Também pode-se ver que com congelamento rápido os cristais possuem tamanhos maiores em comparação com o congelamento lento.



**Figura 12 - Tamanho dos cristais de gelo versus tempo de congelamento**

Fonte: LINO e LINO, (2013)

Ainda, segundo Colla e Hernández, (2003), no processo de congelamento ocorre a remoção de calor latente de cristalização através da camada de gelo que aumenta com o tempo de congelamento e através da diminuição da temperatura do produto que está sendo congelado. Quando o gelo tem condutividade térmica elevada, o congelamento ocorre rapidamente, fazendo com que o produto atinja o ponto de fusão.

#### 2.4.3 Embalagens

Segundo Amadeu (2017), as embalagens têm a função básica de conter os alimentos e ser responsável pela proteção e identificação e também, de facilitar a venda e distribuição dos produtos. As embalagens primárias têm a função de assegurar a qualidade do alimento e permitir o seu prazo de validade. Para Amadeu, (2017), as embalagens podem diminuir a contaminação, manter a coloração desejada, retardar a deterioração, a perda de umidade e a oxidação de lipídios. A

oxidação de lipídios ocorre no processo de armazenamento de produtos dentro de câmaras de estocagem pela diferença de temperatura. Além das embalagens primárias, os produtos cárneos são armazenados em embalagens secundárias que têm como objetivo proteger e inutilizar os produtos no processo logístico. Geralmente os produtos são congelados em caixas onduladas de papelão pelo motivo de serem rígidos, de fácil transporte e para a proteção contra impactos.

A Figura 13 mostra um modelo de embalagem secundária utilizada nas agroindústrias de cortes de frangos.



**Figura 13 - Embalagem secundária**

**Fonte: Trombini, (2019)**

#### 2.4.4 Equipamento para Leitura de Temperatura

Para que a avaliação e medição de temperaturas de produtos em processo de congelamento existem equipamentos por exemplo o equipamento *Data Logger*. Este equipamento que tem a função de registrar dados de temperatura e/ou umidade em determinado intervalo de tempo para posterior análise, é utilizado com importância para certas mercadorias que precisam de maior controle de temperatura e umidade durante o transporte e processos. O *Data Logger* é colocado junto a produtos e vai registrando as informações mantendo os dados conforme o tempo e necessidade (TEMPRECORD, 2019). A Figura 14 mostra um modelo de equipamento *Data Logger*.



**Figura 14 - Data Logger**  
**Fonte: Temprecord, (2019)**

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A partir do referencial teórico, os produtos de carne de frango devem ser congelados em túneis de congelamento a temperaturas negativas estabelecidas de acordo com suas características. Para o processo de congelamento, existem túneis de congelamento aonde o produto entra por uma extremidade em níveis e saem congelados em outra. O presente trabalho trata-se de um estudo de caso para a melhoria da capacidade de congelamento de produto de corte de frango em uma agroindústria. O estudo foi realizado em um túnel de congelamento podendo as melhorias serem implementadas posteriormente para os outros equipamentos.

#### 3.1 ENQUADRAMENTO TEORICO

O trabalho será realizado a partir de um estudo de caso que segundo o autor Miguel Cauchic, (2007), trata-se de um estudo de natureza empírica que estuda um fenômeno contemporâneo dentro de contextos reais e quando as fronteiras entre fenômenos e seu contexto não são claramente definidas. O autor ainda descreve que o estudo de caso tem o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre problemas não definidos visando estimular a mudança e melhoria que se pretende.

Comparando a literatura sobre planejamento estratégico, uma abordagem metodológica adequada compreende diferentes níveis de abrangência e

profundidade sendo que algumas decisões metodológicas são estratégicas enquanto outras são operacionais (MIGUEL CAUCHIC, 2007). Partindo do enquadramento teórico desse autor para condução do estudo de caso, iniciará a metodologia após o mapeamento da literatura com um planejamento de um estudo de caso único, condução de um teste piloto, coleta de dados, análise de dados e avaliação do caso.

### 3.2 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A coleta de dados para o estudo de caso foi realizada a partir de testes de melhoria no abastecimento de caixas para dentro de túnel de congelamento. Inicialmente foram realizados testes aonde com a utilização de grampos, as caixas de produtos com 12 kg foram unidas e inseridas em túnel de congelamento, aonde com o auxílio operacional as caixas foram avaliadas dentro dos níveis e constatadas as vantagens e correções que foram necessárias realizar. O teste foi realizado em um período de 2 (duas) semanas, avaliando entrada e saída do túnel. As análises do comportamento das caixas grampeadas dentro do túnel, foram feitas verificando a deformação das caixas na entrada dos níveis e na saída com os produtos já congelados, sendo que caixas avariadas ou produtos danificados são condenados.

Outro ponto que foi avaliado, foi o tempo de retenção de caixas grampeadas dentro do túnel, pois com a união de duas caixas, o espaço físico dentro do túnel fica mais otimizado, não tendo a necessidade de retirar os produtos em período menor. Para esta análise, foi realizado testes de tempo versus temperatura de congelamento adquirida pelo produto em um período de 2 (dois) dias, com produtos variados. A avaliação de temperatura foi realizada utilizando um equipamento *datalogger*. O critério para a análise foi avaliar se com um tempo maior dos produtos grampeados dentro do túnel, a temperatura de congelamento iria ou não melhorar.

## 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Para as melhorias realizadas no abastecimento de produto para congelamento em túnel, primeiramente foram avaliadas como é o abastecimento de caixas de produtos dentro do túnel de congelamento, verificado o porquê da

necessidade de abastecimento de caixas de papelão com dimensões menores e dentro de caixas plásticas. Após foram realizados testes para aumentar o número de caixas dentro do túnel de congelamento com a união de caixas com dimensões menores através de grampos. Avaliado após testes as dificuldades encontradas com as caixas grampeadas nos níveis do túnel, também melhorias a serem realizadas para minimizar os problemas. Realizado comparativo com testes de tempo de retenção e avaliado temperatura de congelamento com produto sem e com grampos.

#### 4.1 ABASTECIMENTO DE PRODUTO EM TÚNEL DE CONGELAMENTO

No processo de congelamento de produtos na agroindústria do corte de frango localizada no oeste do estado de Santa Catarina em estudo, existem dois túneis de congelamento de 14 níveis cada com capacidades totais de 600 caixa/hora. Os túneis trabalham com um sistema de refrigeração com um regime de temperatura de  $-25^{\circ}\text{C}$  à  $-47^{\circ}\text{C}$ . Inicialmente será explicado como é realizado o processo de abastecimento de produtos para dentro do túnel de congelamento.

O processo é realizado através de transportadores de produto na entrada do túnel sendo que cada viagem para dentro do túnel é realizada em caixas plásticas com produtos de CMS (carne mecanicamente separada) e matéria prima e produtos como interfoliados, bandejas e Cortes de Frango estes em caixas de papelão. Os elevadores do túnel possuem comprimento de cinco metros e no transportador existe um sensor que faz a contagem de caixas de produtos e ao completar a viagem, automaticamente os produtos são inseridos para o elevador de entrada do túnel.

Anteriormente ao abastecimento de produtos no túnel existe o processo de embalagem de produtos dentro de caixas de papelão e plásticas. As caixas são embaladas com unidades de pacotes de produtos com volume de 2 kg a 20 kg. As embalagens de 2 kg são inseridas dentro de caixas de papelão com 6 unidades de pacotes cada, totalizando 12 kg por caixa. Abaixo a Figura 15 ilustra uma embalagem com 12 kg de produto.



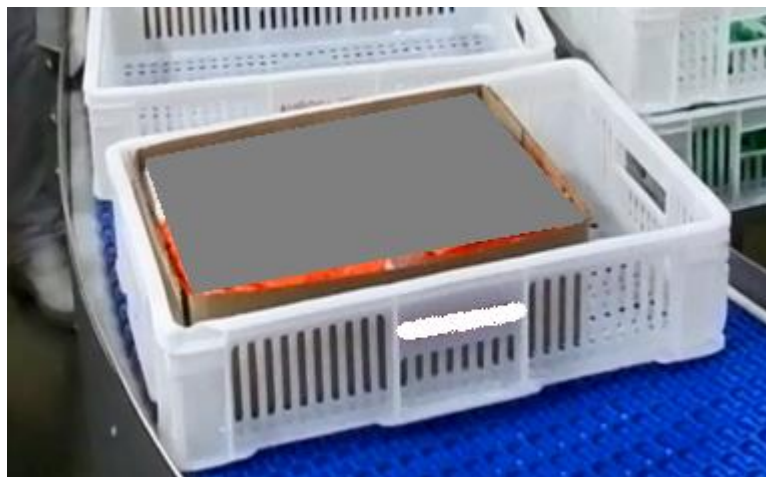
**Figura 15 - Caixa com 12 kg de produtos de corte de carne de frango**

**Fonte: Autoria Própria**

#### 4.2 CONGELAMENTO DE PRODUTOS EM CAIXAS DE PAPELÃO MENORES

As caixas de papelão atualmente são inseridas dentro de caixas plásticas para o congelamento dentro dos túneis. Esta atividade se dá devido ao fato de que as caixas de papelão possuem dimensões de 435 milímetros em seu comprimento e 310 em sua largura sendo consideradas pequenas para entrarem e serem congeladas nos níveis do túnel e as caixas plásticas, além de serem mais resistentes e estáticas são maiores com dimensões de comprimento 610 e largura 410 milímetros. As caixas de papelão como possuem dimensões pequenas podem enroscar entre os níveis dentro do túnel, pois o túnel em estudo é do modelo com rolos giratórios, com espaços longos entre cada, podendo desarrumar e desalinhar as caixas pequenas ocasionando perda de produtos e parada de produção. Por este motivo é que o congelamento destes produtos é realizado desta maneira.

A Figura 16 mostra como são congelados os produtos dentro das caixas plásticas.



**Figura 16 - Caixa plástica com produto 12 kg**

**Fonte: Autoria Própria**

Com as embalagens sendo congeladas desta maneira, pode-se observar que o túnel de congelamento fica com espaços ociosos quando visto que as caixas plásticas são maiores que as de papelões. Abaixo segue uma tabela com os produtos que são embalados em caixas de 12 kg e que são inseridos em caixas de papelão dentro de plásticas.

**Tabela 1 - Produtos em Embalagens Grampeadas**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO ITEM</b>
8079	COXAS E SOBRECOXAS S/OSSO
8111	COXAS E SOBRECOXAS S/OSSO
8399	MEIO PEITO S/OSSO
8589	CORTES CONGELADOS DE FRANGO COXAS E SOBRECOXA
8766	MEIO PEITO S/OSSO
8768	COXA E SOBRECOXA S/OSSO C/PELE
8726	COXAS E SOBRECOXAS
8873	CARTILAGENS CONGELADAS DE AVE

**Fonte: Elaborada pelo autor**

Os itens acima congelados em caixas com 12 kg, na agroindústria em estudo de melhora são produtos comercializados para o comércio exterior, assim sendo devem ter a temperatura mínima para exportação de  $-18^{\circ}\text{C}$ .



### 4.3 MELHORIA PARA AUMENTO DE CARGA DE PRODUTO NO TÚNEL

A partir da análise do processo de congelamento das caixas de papelão com pacotes de produtos totalizando 12 kg dentro de caixas plásticas surge o estudo para a junção de duas caixas com 12 kg de produtos eliminando as bacias plásticas de dentro do túnel, aumentando a capacidade de volume de produto a ser congelado por viagem no abastecimento para congelamento.

Nesta etapa primeiramente foi verificado como seria realizado a junção de duas caixas de papelão de 12 kg surgindo a ideia da junção com grampos. Foram realizadas pesquisas de fornecedores que tivesse um grampo que fosse detectável em detectores de metais e foram adquiridas algumas unidades para a realização de testes de caixas grampeadas. Abaixo segue Figura do modelo de grampo para união das caixas de papelão.



**Figura 17 - Modelo de grampo**

**Fonte: Autoria Própria**

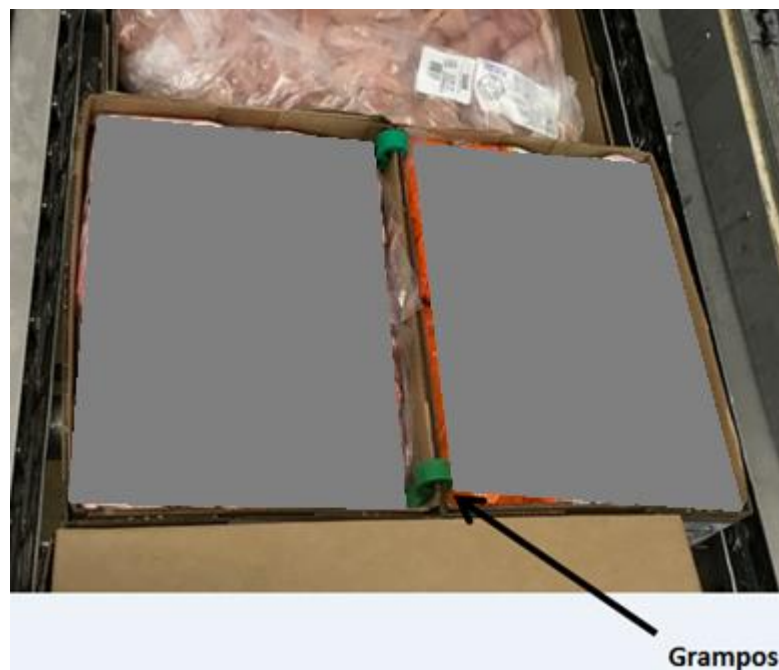
No acesso ao túnel de congelamento foi instalado um suporte para que seja colocada a caixa a ser grampeada aguardando até que venha outra do mesmo produto. Abaixo a Figura 18 mostra o suporte com produto aguardando até que chegue outra caixa a ser grampeada.



**Figura 18 - Suporte com caixa a ser grampeada**

**Fonte: Autoria Própria**

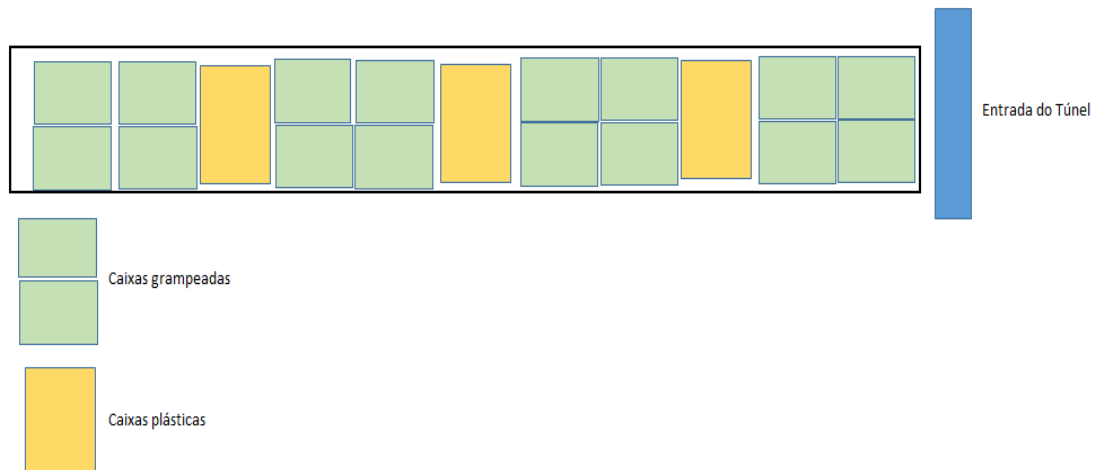
Após ter duas caixas do mesmo produto, estas são grampeadas e inseridas para o congelamento em túnel. Podemos verificar abaixo uma figura de como ficou as caixas de produtos de 12 kg (menores) grampeadas e unidas uma ao lado da outra.



**Figura 19 - Caixas grampeadas**

**Fonte: Autoria Própria**

Nos testes foram colocadas caixas grampeadas na mesma viagem que as caixas plásticas. Este teste teve o objetivo de verificar as dificuldades entre uma e outra no acondicionamento nos níveis do túnel. Abaixo segue um croqui de como foi realizado o teste com produtos em caixas de papelão grampeadas na mesma viagem com produtos em caixas plásticas.



**Figura 20 - Croqui entre caixas plásticas e grampeadas**

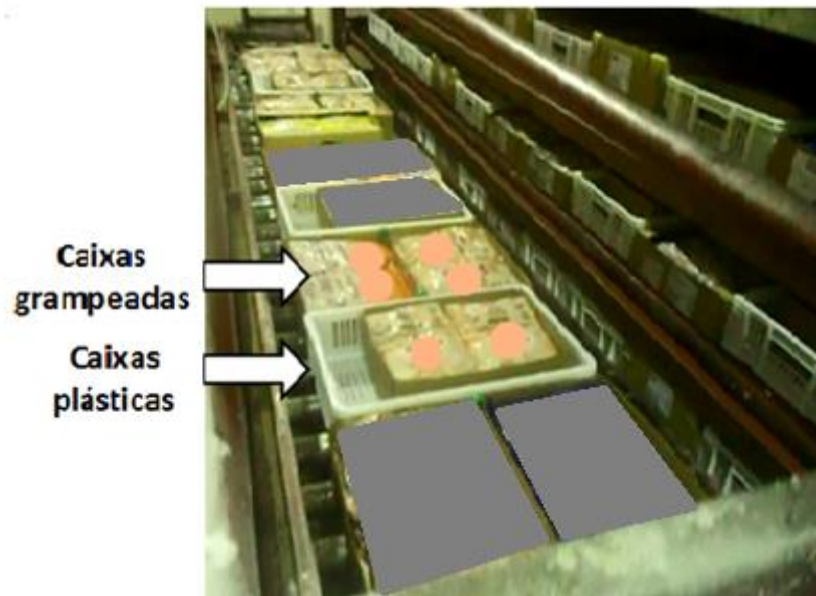
**Fonte: Autoria Própria**

Foram inseridos 8 posições com caixas grampeadas e evidenciado que obteve-se um aumento de 6 caixas de produto grampeadas com um acréscimo de 72 kg na viagem. Realizando um comparativo neste primeiro teste entre as viagens de abastecimento ao túnel de congelamento podemos ver que caso seja grampeado 16 caixas totalizando 24 kg cada, junto com 3 caixas plásticas com 12 kg de produto, podemos ter por viagem um total de 228kg kg e se compararmos com uma viagem sem caixas grampeada por exemplo, temos um volume de apenas 144 kg por viagem.

As caixas plásticas são colocadas no transportador do túnel com seu comprimento paralelo à largura do elevador do túnel. As outras caixas de produtos que possuem dimensões similares às plásticas também são inseridas desta maneira e assim temos a capacidade de abastecer 12 caixas de produtos por viagem. Como as caixas menores são grampeadas em seu comprimento que é maior de 410 milímetros e o elevador do túnel possui comprimento de cinco metros, o máximo de

caixas que podem ser abastecidas por viagem é de 11 unidades quando as caixas grampeadas ultrapassam de sete unidades em cada na viagem. Por este motivo os testes e resultados foram realizados e avaliados com sete caixas grampeadas por viagem.

Como o mix de produção é variado e não é sempre o mesmo tipo de produto abastecido no túnel, não temos a possibilidade de carregar na mesma viagem apenas caixas grampeadas e por este motivo as caixas grampeadas foram misturadas com demais caixas de produtos. A Figura 21 mostra as caixas grampeadas junto com caixas plásticas no elevador do túnel.



**Figura 21 - Elevador de entrada do túnel com caixas grampeadas junto com outras caixas plásticas**  
**Fonte: Autoria Própria**

#### 4.4 PROBLEMAS EVIDENCIADOS EM TESTE COM CAIXAS GRAMPEADAS

Na realização dos testes com as caixas grampeadas, foram verificados que as caixas grampeadas ficaram mais flexíveis na união dos grampos, assim ficando mais fáceis de abaulamento do fundo no início dos níveis do túnel. O fundo das caixas começou a se abaular tendo um problema no percurso dentro dos níveis, pois as caixas com o fundo abaulado começaram a se movimentar em balanço no segmento do nível. Este balanço ocasionou alguns enrosocos dentro do túnel que causou danificação às caixas e amassamento de outras com outros produtos causando percas. O desalinhamento das caixas ocorreu no primeiro estágio de

congelamento devido aos produtos neste ponto estarem moles e como os rolos dos níveis são espaçados a caixa abaixou entre um rolo e outro causando o abaulamento. Na Figura 22 pode-se verificar os rolos com espaçamento longo e as caixas abauladas em sua base.



Abaulamento da base da caixa entre os rolos

**Figura 22 - Caixa grampeada inserida sobre os rolos de nível do túnel**

**Fonte: Autoria Própria**

#### 4.5 MELHORIAS REALIZADAS NOS NÍVEIS

Após os testes e verificação que ocorreram alguns problemas nos níveis do túnel, foi sugerido que no primeiro estágio de cada nível do túnel, fosse instalado mais rolos entre os já existentes para que o espaçamento entre estes fosse reduzido. Esta melhoria foi necessária para que quando as caixas com produtos grampeadas forem inseridas no primeiro estágio do nível, a base onde ela está fique mais uniforme com o objetivo que elimine o abaulamento da base das caixas, assim não tendo a ocorrência de caixas em balanço na continuidade do nível.

Na Figura 23, pode-se observar a melhoria realizada na primeira posição do nível do túnel, aonde foram instalados roletes mais próximos.



Rolos mais próximos

**Figura 23 - Melhoria em rolos de níveis do túnel**

**Fonte: Autoria Própria**

#### 4.6 RETENÇÃO DE PRODUTOS DENTRO DO TÚNEL

Além dos espaços ociosos de produtos dentro do túnel, outro problema que ocorre é que as caixas plásticas com produtos em papelão que ocupam um espaço vazio em relação às caixas grampeadas ficam um tempo menor dentro do túnel e não atingem a temperatura ideal para produtos mercado interno (MI) e externo (ME), sendo estas  $-12^{\circ}\text{C}$  e  $-18^{\circ}\text{C}$ . Este tempo de retenção menor, se dá em virtude do sistema de carregamento do túnel ser de níveis e o nível que entra é consequentemente o nível que sai e alguns produtos nas caixas de plásticos não ficam o tempo suficiente não tenho um controle de retenção de temperatura. Dependendo da posição em que a caixa é inserida no túnel, para o mesmo produto a temperatura de congelamento varia, pois o produto pode estar nas extremidades do nível ou mais para o centro.

A partir do teste com as caixas de 12kg grampeadas, também foi avaliado o tempo de retenção destas caixas, pois como aumentou o número de caixas por viagem no túnel, o tempo de retenção pode ser aumentado não tendo a necessidade de retirar os produtos em tempo menor com a necessidade de retirar os produtos para que a entrada seja abastecida, assim diminuindo o gargalo e não tendo acúmulo de produtos na entrada do túnel.

#### 4.7 TESTE DE RETENÇÃO DE PRODUTOS VERSUS TEMPERATURA DE CONGELAMENTO

Como o tempo de retenção de produtos grampeados dentro dos túneis poderá ser maior após a melhoria de aumento do número de caixas no túnel, foi realizada uma análise de tempo de retenção e temperatura de congelamento. Foram realizadas tomadas de tempo, com o auxílio de um equipamento *Data Logger* e avaliado a temperatura do congelamento de alguns produtos de 12 kg em caixas plásticas em comparação com estes mesmos produtos em caixas grampeadas com um tempo maior de retenção.

Os testes de tempo de retenção versus temperatura de congelamento foram realizados com os produtos, 8111, 8399, 8726 e 8768. Abaixo segue a Tabela 2 com o tempo de retenção e temperatura de congelamento adquirida para os produtos em caixas não grampeadas.

**Tabela 2 - Tempo de Retenção X Temperatura de Congelamento – Caixas Sem Grampos**

ITEM	TEMPO DE RETENÇÃO	TEMP. (°C)
8111	08:02	-1,2
8111	07:48	-1,9
8111	08:05	-0,9
8399	08:00	-1,2
8399	08:00	0,0
8399	07:53	-3,9
8399	08:25	-1,6
8399	08:35	-1,7
8399	07:49	-4,5
8726	08:22	-9,6
8726	08:20	-6,8
8768	08:33	-7,8
8768	08:33	-6,2
<b>Média</b>	<b>08:11</b>	<b>-3,64</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar que com um tempo médio de 08:11 horas, temos uma média de temperatura de  $-3,64^{\circ}\text{C}$ , assim tendo um produto fora de temperatura conforme legislações não atendendo mercado interno e externo. A seguir na Tabela 3, segue o tempo de retenção versus temperatura para as caixas grampeadas.

**Tabela 3 - Tempo de Retenção X Temperatura de Congelamento – Caixas Com Grampos**

<b>ITEM</b>	<b>TEMPO DE RETENÇÃO</b>	<b>TEMP. (°C)</b>
<b>8111</b>	10:47	-28,1
<b>8111</b>	09:57	-28,8
<b>8111</b>	10:08	-27,3
<b>8399</b>	10:47	-30,2
<b>8399</b>	09:59	-22,5
<b>8399</b>	10:59	-32,2
<b>8399</b>	11:20	-30,4
<b>8399</b>	09:54	-25
<b>8399</b>	09:40	-24,3
<b>8726</b>	09:40	-27,1
<b>8726</b>	10:19	-24,5
<b>8768</b>	11:18	-26,1
<b>8768</b>	09:55	-24,1
<b>Média</b>	<b>10:21</b>	<b>-26,97</b>

**Fonte: Elaborada pelo autor**

Já com o aumento de tempo em média de 02:10 horas, podemos evidenciar uma melhora na temperatura de congelamento dos produtos em caixas grampeadas, assim atendendo as legislações de congelamento para mercado interno e externo.

## 4.8 SÍNTESE DAS MELHORIAS ALCANÇADAS

### 4.8.1 Aumento da Capacidade de Túnel de Congelamento

Após os testes realizados com a inserção de caixas grampeadas no abastecimento de túnel de congelamento, chegou-se a um resultado que se for feito uma comparação com a situação anterior e posterior considerando que em média cada viagem de abastecimento no túnel foi de sete caixas grampeadas garantindo uma otimização do túnel por viagem e se todos os níveis do túnel forem inseridos com caixas destes produtos grampeadas, podemos ter a quantidade de 168 kg de produtos a mais por viagem. Abaixo segue uma tabela com os resultados obtidos após a melhoria em comparação com caixas plásticas e grampeadas.



**Tabela 4 - Comparativo de quantidade de caixas por viagem após melhoria**

<b>Caixas Plásticas (Unidades)</b>	<b>Peso por Caixa</b>	<b>Volume por viagem</b>
7	12 KG	84KG
<b>Caixas Grampeadas (Unidades)</b>	<b>Peso</b>	<b>Volume por viagem</b>
7	24 kg	168 KG

**Fonte: Elaborada pelo autor**

Se o túnel for alimentado com sete caixas plásticas com produtos de 12 kg, teremos um volume de 84 kg por viagem e com a união de caixas, temos um aumento de 84 kg por viagem, totalizando em um aumento do dobro da capacidade.

Em relação ao número de caixas inseridas em túnel de congelamento em caixas plásticas, a quantidade de caixas por hora é de 420 unidades sendo 12 posições e 35 viagens por hora. Após a melhoria a quantidade de caixas inseridas em túnel fica em 665 unidades por hora tendo um aumento de 7 caixas grampeadas por viagem gerando um acréscimo de 245 caixas por hora e 4.165 caixas por dia com 17 horas de processo. Esta comparação se dá considerando que toda viagem possui 7 caixas grampeadas, ficando 14 unidades de mesmo produto. Abaixo na tabela pode-se observar a comparação anterior e posterior à melhoria.

**Tabela 5 - Número de caixas para congelamento após melhoria**

<b>Horas de processo/dia</b>	<b>Quantidade de viagem/hora</b>	<b>Caixas/hora</b>	<b>Caixas/dia</b>
17	35 (7 caixas plásticas)	420	7.140
17	35 (14 caixas grampeadas)	665	11.305
			<b>4.165</b>

**Fonte: Elaborada pelo autor**

#### 4.8.2 Melhoria em Tempo de Retenção de Produtos

Após a melhoria de capacidade em túnel de congelamento, o tempo de retenção dos produtos pode ser aumentado devido ao volume de produtos a ser congelado ser maior que anteriormente. Fazendo uma síntese da melhoria, anteriormente alguns produtos saíam do túnel sem a temperatura adequada ou legal para comercialização e deveriam ser segregados. Com o tempo maior o congelamento foi mais rápido após um tempo, aonde os produtos reduziram a sua temperatura conforme legislação e outros até reduziram além o esperado. Abaixo

podemos ver as médias de temperaturas de congelamento e tempos antes e após a melhoria.

**Tabela 6 - Tempo X Temperatura**

<b>Tempo (horas)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
10:21	-26,97
08:11	-3,64

**Fonte: Elaborada pelo autor**

Podemos observar que com o aumento de 02:10 horas, a temperatura em média teve uma redução de 23,33 °C, melhorando o processo e redução de segregação de produção.

## 5 CONCLUSÃO

O aumento da capacidade de congelamento de produtos de corte de frangos em túnel de congelamento é uma necessidade de muitas agroindústrias brasileiras, tanto pelo objetivo de otimizar seus processos com redução de custos, paradas de produção e reprocesso, quanto alimentar um processo que é um gargalo. A melhoria proposta para aumentar a capacidade de congelamento e conseqüentemente aumentar o tempo retenção de produtos em túnel de congelamento traz uma maneira de linha de produção com menos acúmulos de produtos a serem congelados reduzindo o fluxo de processos anteriores.

Através das melhorias aplicadas no processo de abastecimento em túnel de congelamento de produtos com caixas de 12kg, pode-se evidenciar que com a junção de duas caixas pode-se aumentar o número de caixas por viagem e até mesmo melhorar o congelamento dos produtos aumentando o tempo dentro do túnel, desafogando o acúmulo de produção da agroindústria e reduzindo reprocesso de produtos fora de temperatura.

Anterior à melhoria, o processo de congelamento estava sobrecarregado em acúmulos diários, sem opções e posições para manter os produtos a serem congelados e também sem espaço físico dentro do túnel que era desperdiçado pelo uso de caixas plásticas com espaços vazios. Temperatura de produtos para mercado interno e externo saía do túnel de congelamento fora do necessário conforme legislação, não podendo ser comercializado.

Juntamente com a produção a partir dos testes da melhoria, fica a aplicação da melhoria para a junção das caixas com grampos para o segundo túnel existente na agroindústria de corte de frango, realizando as melhorias e necessidades encontradas nos primeiros testes realizados no primeiro túnel, como ajustes em rolos de túneis.

## REFERÊNCIAS

AMADEU, Barbara Jordão Almeida Strautmman, **Transferência de calor em embalagens para resfriamento de frango: uma abordagem**. Campinas, SP: [s.n.], 2017.

BARBIN, Douglas Fernandes, NEVES FILHO, Lincoln Camargo, SILVEIRA, Vivaldo Junior, **Processo de Congelamento em Túnel Portátil com Convecção Forçada por Exaustão e Insuflação para Paletes**. Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2008.

CARVALHO, Hélio Gomes de., REIS, Dálcio Roberto dos., CAVALCANTE, Márcia Beatriz, **Gestão da inovação**. Curitiba: Aymar, 2011.

COLLA, Luciane Maria, HERNÁNDEZ, Carlos Prentice, **Congelamento e Descongelação – Sua Influência Sobre os Alimentos**, Vetor, Rio Grande, 13: 53-66, 2003.

DEPEC-BRADESCO, **Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos**. Disponível em [https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_pecuaria.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_pecuaria.pdf). Acesso em 02 de Agosto de 2019.

Data Logger. **Temprecord**, 2019. Disponível em <https://temprecord.com/our-products/temperature-and-rh-data-loggers/rh/>. Acesso em: 03/10/2019.

INCROPERA, Frank P., [et al.], **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. Tradução e revisão técnica Eduardo Mach Queiroz, Fenando Luiz Pessoa. Rio de Janeiro UTC, 2008.

LINO, Géssica Cristina de Lima, LINO, Thiago Henrique de Lima, **Congelamento e Refrigeração**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2013.

MIGUEL CAUCHIC, Paulo Augusto, **Estudo de caso na engenharia de produção: Estruturação e recomendações para sua condução**. Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, USP. São Paulo, SP, 2007.

NOTA TÉCNICA Nº 03/2004: **Refrigeração Industrial por Amônia**: riscos, segurança e auditoria fiscal, Brasília, 2005.

PACHECO, Igor, ANCHAU, Cleusa, BUENO, Stefan, GRANDO, Mara, **Análise da Inovação no Processo Produtivo em uma Agroindústria no Oeste de Santa Catarina**. Maceio, Alagoas, 2018.

PARRÉ, José Luiz; GUILHOTO, Joaquim José Martins, **A Desconcentração Regional do Agronegócio Brasileiro**. Revista Brasileira de Economia, Fevereiro de 2001.

REIS, Álif Rafael Fernandes, NOGUEIRA Thiago Henrique, MENEZES Evandro Galvão, MELO , Gustavo Alves De., **Análise de Viabilidade Econômica Para Implantação de Uma Agroindústria de Café em Cápsulas na Região de Patrocínio**. XXV Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, SP, 2018.

Relatório Anual. **Associação Brasileira de Proteína Animal**, 2018. Disponível em <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acesso em: 04 de Agosto de 2019.

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

SCHEIDT, João Eduardo Cardoso, **O problema do túnel de congelamento**. Campinas, 1996.

Túnel de congelamento. **Madef**, 2019. Disponível em <http://www.madef.com.br/index.php/equipamentos-madef>. Acesso em: 10 de Agosto de 2019.

TROMBINI. **Embalagens de Papelão Ondulado**. Disponível em: <http://www.trombini.com.br/embalagens>. Acesso em 09 de setembro de 2019.

VENTURINI, Osvaldo José, PIRANI, Marcelo José, **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

MAPA. **Ministério da Agricultura e Pecuária**, 2019. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/sif/servico-de-inspecao-federal-sif>. Acesso em: 13 de Agosto de 2019.

Válvulas de expansão. **Danfoss**, 2019. Disponível em <https://www.danfoss.com/pt-br/products/valves/dcs/thermostatic-expansion-valves/>. Acesso em: 10 Agosto de 2019.