



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**THYCYANNE ALVES BEZERRA OLIVEIRA**

**PROJETO DE UM TÚNEL DE CONGELAMENTO E UMA CÂMARA DE  
ARMAZENAMENTO PARA FILÉ DE TILÁPIA CONGELADO**

**FORTALEZA**

**2021**

THYCYANNE ALVES BEZERRA OLIVEIRA

PROJETO DE UM TÚNEL DE CONGELAMENTO E UMA CÂMARA DE  
ARMAZENAMENTO PARA FILÉ DE TILÁPIA CONGELADO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao  
Curso de Engenharia de Alimentos da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
para obtenção do título de Engenheira de  
Alimentos.

Orientador: Dr. Marcos Rodrigues Amorim  
Afonso

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- O52p Oliveira, Thycyanne Alves Bezerra.  
Projeto de um túnel de congelamento e uma câmara de armazenamento para filé de tilápia congelado /  
Thycyanne Alves Bezerra Oliveira. – 2021.  
68 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências  
Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso.
1. Pescado. 2. Congelamento. 3. Carga térmica. 4. Refrigeração. I. Título.

CDD 664

---

THYCYANNE ALVES BEZERRA OLIVEIRA

PROJETO DE UM TÚNEL DE CONGELAMENTO E UMA CÂMARA DE  
ARMAZENAMENTO PARA FILÉ DE TILÁPIA CONGELADO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao  
Curso de Engenharia de Alimentos da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
para obtenção do título de Engenheira de  
Alimentos.

Aprovado em: 01 / 09 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

---

Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso  
Departamento de Engenharia de Alimentos –UFC

---

Dra. Kaliana Sítonio Eça  
Departamento de Engenharia de Alimentos -UFC

---

Msc. Antonia Carlota de Souza Lima  
Departamento de Engenharia de Alimentos -UFC

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais,  
Francisco Filho e Terezinha Bezerra e aos meus  
irmãos, Frederick e Thayllane.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus em primeiro lugar, por me abençoar e me proteger em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Francisco Alves Oliveira Filho e Terezinha Alves Bezerra Oliveira e aos meus irmãos Frederyck Alves Bezerra Oliveira e Thayllane Alves Bezerra Oliveira, por estarem sempre ao meu lado e me ajudarem em todas as circunstâncias.

Aos meus demais familiares, pelo apoio e confiança que dedicaram a mim.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Engenharia de Alimentos, por contribuírem no meu desenvolvimento e na minha formação profissional.

Ao Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso, pela excelente orientação e atenção dedicada a mim, tornando possível a elaboração deste trabalho.

A todos os amigos, em especial a Karla Nascimento de Souza, que fizeram parte desse ciclo e que contribuíram na minha vida acadêmica.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho, a minha eterna gratidão.

## RESUMO

A tilápia é uma das espécies cultivadas em água doce de maior importância na aquicultura mundial, desse modo as atividades desde a captura até a comercialização, devem visar a garantia da qualidade do produto. O filé de tilápia é uma fonte proteica importante pois parte de um peixe de baixo custo comercial, nutritivo e adaptável a diferentes sistemas de cultivo. A conservação dos pescados é geralmente realizada por meio da refrigeração, seja na obtenção de produtos resfriados ou congelados. Este trabalho tem como objetivo o dimensionamento de um túnel de congelamento rápido e uma câmara de armazenamento para filés de tilápia. Foram descritas as etapas do processamento de filé de tilápia, desde o recebimento do pescado até a obtenção do filé e seu posterior o congelamento e armazenamento. A carga térmica do túnel e da câmara de congelamento foi baseada em uma produção de 1200 kg/dia e temperatura final dos filés  $-20^{\circ}\text{C}$ . As dimensões do túnel e da câmara, assim como demais características foram determinadas. A carga térmica obtida foi de 25,588 e 10,233 kW para o túnel e câmara, respectivamente. Com as cargas térmicas calculadas, foram selecionadas as unidades condensadoras, os evaporadores e os dispositivos de expansão.

**Palavras chaves:** pescado, congelamento, carga térmica, refrigeração.

## ABSTRACT

Tilapia is one of the most important river fish cultivated species in world aquaculture, all activities from capture to commercialization must aim to guarantee the quality of the product. Tilapia fillet is an important protein source due to the low-cost, nutritious and adaptable to different farming systems. The conservation of fish is generally carried out through refrigeration, for chilled or frozen products. In this work, the steps of tilapia fillet processing were described, from receiving the fish to fillet preparation and its subsequent freezing and storage. The thermal load of the tunnel and freezing chamber was based on a production of 1200 kg/day and final temperature of the fillets  $-20^{\circ}\text{C}$ . The dimensions of the tunnel and chamber as well as other features were determined. The thermal load obtained was 25.588 and 10.233 kW for the tunnel and chamber, respectively. With the calculated thermal loads, the condensing units, evaporators and expansion devices were selected.

**Keywords:** tilapia; freezing tunnel; storage chamber; thermal load.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Oreochromis niloticus</i> (tilápia do Nilo) .....	17
Figura 2 - Fluxograma das etapas de produção do filé de tilápia congelado em uma empresa .....	20
Figura 3 – Recebimento da tilápia.....	21
Figura 4 – Insensibilização e sangria .....	22
Figura 5 – Descamador de tilápia.....	22
Figura 6 – Evisceração da tilápia.....	23
Figura 7 – Filetagem e toilet .....	24
Figura 8 – Glaciamento da tilápia .....	25
Figura 9 – Embalando a tilápia.....	26
Figura 10 - Câmara de armazenamento.....	28
Figura 11 – Túnel de congelamento .....	31
Figura 12 – Carrinho e bandeja utilizados no túnelde congelamento.....	32
Figura 13 - Fluxograma das etapas do produto após o túnel de congelamento.....	32
Figura 14 – Layout do túnel de congelamento.....	33
Figura 15 –Unidade condensadora .....	45
Figura 16 – Evaporador.....	47
Figura 17 – Válvula de expansão.....	48
Figura 18 – Caixa plástica utilizada na câmara de armazenamento.....	50
Figura 19 – Layout da câmara de armazenamento.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estocagem de produto sob congelamento.....	27
Tabela 2 – Dados gerais do projeto .....	30
Tabela 3 - Resumo dos dados para a carga térmica do túnel de congelamento .....	34
Tabela 4 - Número de trocas de ar (n) por dia.....	36
Tabela 5 - Calor específico do filé de tilápia .....	39
Tabela 6 - Calor equivalente por pessoa.....	42
Tabela 7 – Valores da quantidade de calor do túnel de congelamento .....	43
Tabela 8 - Resumo dos dados para selecionar equipamentos do túnel de congelamento .....	44
Tabela 9 - Modelos das unidades condensadoras (valores dados em W).....	46
Tabela 10 - Modelos dos evaporadores.....	47
Tabela 11 – Tipos de válvulas para R404a.....	49
Tabela 12 – Resumo dos dados para a carga térmica da câmara de armazenamento .....	52
Tabela 13 - Calor do motor de uma empilhadeira .....	58
Tabela 14 – Valores da quantidade de calor da câmara de armazenamento .....	59
Tabela 15 - Resumo dos dados para selecionar equipamentos da câmara de armazenamento .....	60
Tabela 16 – Modelos das unidades condensadoras (valores dados em W).....	61
Tabela 17 – Modelos dos evaporadores, capacidade DT BMG/BMF– 60Hz.....	62
Tabela 18 – Tipos de válvulas para R404a.....	64
Tabela 19 - Resumo dos dados e equipamentos selecionados para o túnel e para a câmara.	65

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

RIISPOA – Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

UR - Umidade relativa

U - Coeficiente global

DT – Diferença de temperatura

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Geral.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Tilápia.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Importância e mercado da tilápia no Brasil e no exterior .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Etapas da produção de filé de tilápia em uma empresa .....</b>	<b>19</b>
3.3.1 <i>Recebimento do pescado e depuração .....</i>	<i>20</i>
3.3.2 <i>Insensibilização e sangria.....</i>	<i>21</i>
3.3.3 <i>Descamação.....</i>	<i>22</i>
3.3.4 <i>Descabeçamento e evisceração.....</i>	<i>23</i>
3.3.5 <i>Filetagem e toillet.....</i>	<i>23</i>
3.3.6 <i>Túnel de congelamento e glaciamento .....</i>	<i>25</i>
3.3.7 <i>Embalagem.....</i>	<i>26</i>
3.3.8 <i>Câmara de armazenamento.....</i>	<i>27</i>
<b>3.4 Importância da refrigeração para o produto.....</b>	<b>28</b>
<b>4 PROJETO DE UM TÚNEL E CÂMARA DE CONGELAMENTO.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Dados iniciais do projeto.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2 Dados iniciais para dimensionamento do túnel de congelamento .....</b>	<b>30</b>

<b>4.3 Cálculo da carga térmica do túnel de congelamento.....</b>	<b>34</b>
4.3.1 Calor de transmissão .....	35
4.3.2 Calor de infiltração .....	36
4.3.3 Calor de iluminação.....	37
4.3.4 Calor do produto.....	37
4.3.5 Calor da embalagem plástica.....	40
4.3.6 Calor da bandeja.....	40
4.3.7 Calor do carrinho.....	41
4.3.8 Calor de pessoas .....	42
4.3.9 Carga térmica totaldo túnel de congelamento.....	43
<b>4.4 Seleção de Equipamentos para túnel de congelamento.....</b>	<b>44</b>
4.4.1 Unidade condensadora .....	45
4.4.2 Evaporador.....	46
4.4.3 Válvula de expansão.....	48
<b>4.5 Dados iniciais para dimensionamento da câmara de armazenamento .....</b>	<b>50</b>
<b>4.6 Carga térmica da câmara de armazenamento .....</b>	<b>52</b>
4.6.1 Calor de transmissão .....	52
4.6.2 Calor de infiltração .....	53
4.6.3 Calor de iluminação.....	54
4.6.4 Calor do produto.....	55
4.6.5 Calor da embalagem plástica.....	55
4.6.6 Calor do caixa plástica .....	56

4.6.7 Calor do pallet .....	57
4.6.8 Calor de pessoas .....	57
4.6.9 Calor do motor.....	58
4.6.10 Carga térmica total da câmara de armazenamento.....	58
<b>4.7 Seleção de Equipamentos para câmara de armazenamento.....</b>	<b>59</b>
4.7.1 Unidade condensadora .....	60
4.7.2 Evaporador.....	61
4.7.3 Válvula de expansão.....	63
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui grande área territorial com uma extensa bacia hidrográfica, este fato confere um grande potencial para a aquicultura no país, um dos sistemas de produção de alimentos que mais cresce no mundo (VICENTE E FONSECA, 2013; WAGNER et al., 2004). Uma das espécies de peixe cultivadas em água doce de maior importância na aquicultura mundial é a tilápia (BORGUETTI et al., 2003).

A tilápia apresenta boa aceitação no mercado consumidor devido às características da sua carne, sendo o principal produto de comercialização no mercado varejista o filé de tilápia, que é o pedaço de carne constituído pelo músculo dorsal e abdominal do peixe. Com a grande aceitação do produto pelo mercado consumidor nacional e a produção em alta, a cadeia de valor da tilápia vem se estruturando em torno dos principais polos produtivos do país, esta atividade está em expansão e a tendência é de que o cenário se mantenha positivo para o setor. Apesar do sucesso da tilápia no mercado interno, o mercado externo também apresenta potencial, que não deve ser ignorado pelas indústrias nacionais (BARROSO et al., 2015; BOSCOLO et al., 2002; BYKOWSKI; DUTKIEWICZ, 1996; PEREIRA, 2010).

As más condições de manipulação, armazenamento e transporte do pescado fresco muito contribuem para a perda da qualidade e até mesmo a deterioração do pescado, por isso todas as atividades, desde a captura ou despesca do pescado até a comercialização, devem ser realizadas visando à garantia da qualidade do produto final. O processo de conservação pelo emprego de baixas temperaturas, foi um dos processos pioneiros utilizados para conservação dos alimentos, esse procedimento, paralisa a atividade dos microrganismos interrompendo os processos vitais, naturais ou de degeneração dos alimentos (LOPES, 2007; MINOZZO, 2011).

O congelamento é o melhor método para prolongar a vida útil do pescado, pois a qualidade do produto é proporcional à intensidade das baixas temperaturas utilizada, esse método é o mais satisfatório disponível para conservação por longo período, se conduzido adequadamente, retém o sabor, a cor e o valor nutritivo do alimento. No caso do pescado, ao se congelar, ocorre uma modificação no seu estado, devido a cristalização da água que existe nele. A velocidade de cristalização é muito importante, devido à formação de cristais de gelo, quando menor a temperatura mais rápida será o congelamento, com

formação de cristais de menor tamanho, o que causará menor danos às células do alimento, evitando a deterioração oxidativa, desidratação e enrijecimento. (MINOZZO, 2011; OETTERER et al, 2012).

A cadeia do frio compreende todo processo de armazenamento, conservação, distribuição, transporte e manipulação dos produtos, com o controle da baixa temperatura. Qualquer falha nesta cadeia pode comprometer a qualidade dos produtos, pois as velocidades das reações químicas, bioquímicas e microbiológicas são relacionadas diretamente com a temperatura, influenciando a sanidade, a qualidade nutricional e a qualidade sensorial dos produtos. Portanto, manter uma cadeia do frio intacta, operando com temperaturas corretas desde o produtor até o consumidor é essencial (IIR, 2004; PEREIRA et al, 2010).

Este trabalho visou descrever os processos da produção do filé de tilápia congelado bem como dimensionar um túnel de congelamento rápido e câmara de armazenamento refrigerado para uma produção determinada, tendo em vista a grande importância de dispor de um sistema de refrigeração que corresponda as exigências requeridas pelo processo de congelamento e as oscilações das variáveis do processo, possibilitando uma maior eficiência.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

O objetivo principal deste trabalho foi projetar um túnel de congelamento e uma câmara frigorífica de armazenamento para produção de filé de tilápia congelada.

### **2.2 Específicos**

- Descrever as etapas do processamento do filé de tilápias.
- Calcular a carga térmica de uma produção definida de filés de tilápia, para um túnel de congelamento e uma câmara de armazenamento.
- A partir da carga térmica, dimensionar os principais equipamentos de um sistema de refrigeração por compressão (unidade condensadora, evaporador e válvula de expansão) para um túnel de congelamento e uma câmara de armazenamento para filés de tilápia.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Tilápia

A tilápia é uma espécie de origem africana, encontradas nas bacias dos rios Nilo, Níger, Tchade e lagos do Centro–Oeste africano, com mais de 70 espécies diferentes (VERANI, 1980), elas estão distribuídas em três gêneros: Tilápia, *Sarotherodon* e *Oreochromis*. Entre essas espécies, quatro têm se destacado na aquicultura mundial, graças às suas características: tilápia nilótica ou do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Figura 1), tilápia de Moçambique (*Oreochromis mossambicus*), tilápia azul ou tilápia áurea (*Oreochromis aureus*) e a tilápia de Zanzibar (*Oreochromis urolepis hornorum*) (ALCESTE; JORY, 1998; BORGUETTI et al., 2003; LOVSHIN, 1998; EMBRAPA, 2007).

**Figura 1** - *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo).



Fonte: MINOZZO, 2011.

A tilápia tem como características os dentes rudimentares nos lábios, o intestino muito longo, a respiração do tipo branquial e o corpo coberto de escamas. É um peixe bem conhecido por seu crescimento e reprodução, de 800 a 2000 óvulos/desova em média (EMBRAPA, 2007).

As tilápias são classificadas como peixes onívoros, herbívoros, zooplânctófagos ou fitoplânctófagos, apresentando uma ampla dieta composta por organismos vegetais (algas, plantas aquáticas, sementes) e pequenos animais (larvas de insetos, moluscos, anfíbios, peixes pequenos). Algumas espécies de tilápia, alimentam-se de fitoplâncton e zooplâncton, principalmente, em seu estágio inicial de crescimento. Seus rastros

branquiais são longos, numerosos e próximos entre si, contribuindo para que o alimento seja filtrado juntamente com o muco das brânquias (MORO et al., 2013). A tilápia do Nilo apresenta no início do intestino cecos pilóricos, que são projeções em forma de saco, que contribuem para o aumento da superfície digestiva, elevando a hidrólise de proteínas e a absorção de nutrientes (BALDISSEROTO, 2009). Quanto à reprodução, as tilápias são consideradas prolíferas e apresentam maturidade sexual entre o terceiro e o quarto mês de vida. A maturidade sexual ocorre quando as gônadas (ovários e testículos) começam a produzir gametas viáveis. Esse período depende de diversos fatores como idade, tamanho, temperatura, fotoperíodo e alimentação (RIBEIRO; MOREIRA, 2012)

Um ponto negativo da tilápia é a sua reprodução significativa, porque tende a desencadear uma população de peixes pequenos, visto que pode ocasionar uma superpopulação nos tanques, desencadeando competição por alimento e um crescimento insatisfatório (SAMPAIO, 2002).

### **3.2 Importância e mercado da tilápia no Brasil e no exterior**

A tilápia foi introduzida pela primeira vez em 1953 no Brasil, quando a "Light" em São Paulo, trouxe a tilápia Rendalli, importada do Congo Belga. Em 1971, foram trazidas mais espécies, como a tilápia do Nilo e a tilápia Zanzibar. Posteriormente se teve a introdução de outras linhagens melhoradas e o uso da técnica de incubação artificial, com controle do sexo, com isso, se deu novo impulso à atividade e iniciou-se a fase industrial da tilapicultura brasileira (EMBRAPA, 2007).

O Brasil tem boas condições de desenvolvimento para a tilápia e pode se tornar o maior produtor mundial de tilápia cultivada (EMBRAPA, 2007), diversos fatores contribuem para tal fato, pois se tem características climáticas totalmente favorável à criação das tilápias, alta produção de grãos que podem ser utilizados como ração, é o país que possui a maior quantidade de água doce do planeta, e um mercado consumidor doméstico com potencial crescimento (PEREIRA e GAMEIRO, 2015).

No Brasil, a expansão da tilápia tem sido impulsionada pela demanda de mercado, por sua boa aceitação pela população quanto ao sabor, ao valor nutritivo e aos preços baixos. A tilápia destaca-se em cultivos, por apresentar crescimento rápido, rusticidade, carne de ótima qualidade, e por não apresentar espinhos na forma de “Y” no seu filé

(HILDSORF, 1995), que é apropriado para a filetagem (BOSCOLO et al., 2002). O grande interesse pela tilápia também está nos piscicultores, pois a piscicultura de água doce é a atividade que vem se mostrando mais promissora, principalmente pela facilidade de cultivo, o que desperta o interesse das indústrias em processar a tilápia, sendo seu filé o principal produto para o comércio (BOSCOLO et al., 2001; SIMÕES et al., 2007).

Dentre as regiões brasileiras que mais produzem tilápia, destacam-se o Sul, consolidando-se como o maior produtor de tilápia no país, alcançando 30,3% da produção total em 2019, em seguida, vêm as regiões Norte com 20%, Nordeste com 18,35%, Sudeste com 16,8% e o Centro-Oeste com 14,55% da produção de cultivo. Um aspecto importante no panorama da produção de tilápia no Brasil é o crescente aumento na produção em todas as regiões (MPA, 2014; PEIXEBR, 2020). Segundo os dados do Anuário Peixe BR de Piscicultura de 2019, a tilápia está na liderança de produção das espécies aquícolas produzidas no Brasil, com 60,6% de toda piscicultura nacional (PEIXEBR, 2020).

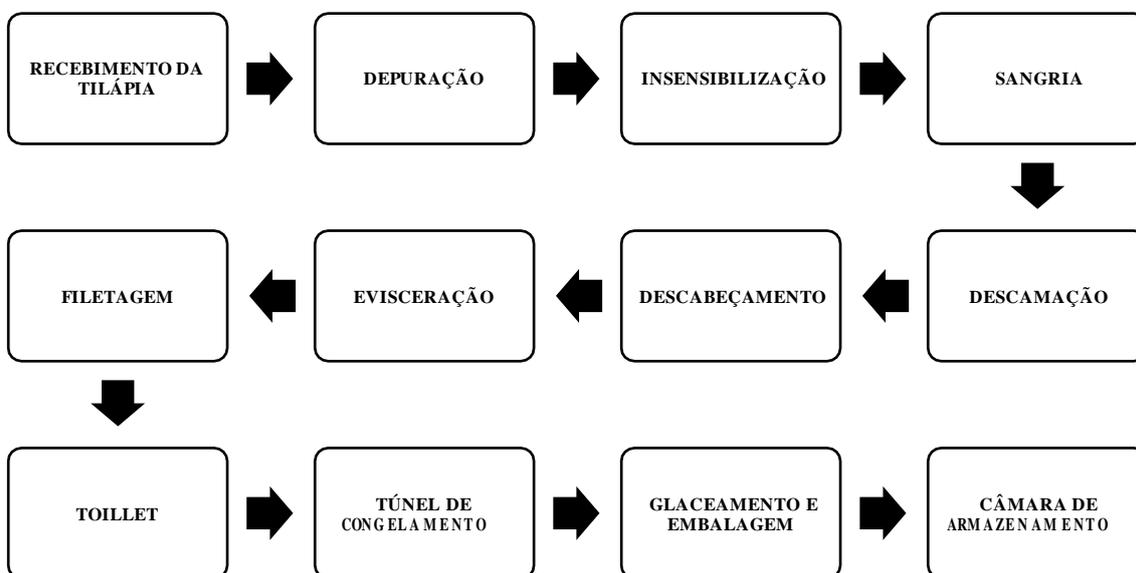
No comércio internacional de produtos relacionados à tilápia, encontra-se a China, Indonésia e Egito, como sendo os três principais produtores mundiais, o Brasil ocupa o quarto lugar nesse ranking. Entre 2015 e 2019, as exportações da piscicultura brasileira apresentaram crescimento de 833%, passando de 701 para 6.543 toneladas. Por outro lado, no mercado de filés frescos os países dominantes são provenientes da América Latina, como Costa Rica, Equador e Honduras, sendo o Equador um dos principais em crescimento no volume de importação, com um aumento na produção. A China é o maior produtor mundial de tilápia, eles são responsáveis por uma grande porcentagem de toda produção mundial de peixe, tendo um consumo de quase toda produção no seu mercado interno, e uma pequena quantidade exportada para outros países, e dentre os maiores compradores internacionais estão os Estados Unidos (JORY et al., 2000; PEREIRA, 2007; PEIXEBR, 2020).

### **3.3 Etapas da produção de filé de tilápia em uma empresa**

Para esses processos em uma empresa, é de grande importância que o procedimento (Figura 2) seja realizado de forma adequada, minimizando riscos de

descaracterização, contaminação do produto e agravos à saúde do consumidor (CRIBB et al., 2018).

**Figura 2** - Fluxograma das etapas de produção do filé de tilápia congelado em uma empresa.



### 3.3.1 Recebimento do pescado e depuração

O recebimento do pescado (Figura 3) deve ser realizado da melhor maneira para minimizar o estresse da tilápia, elas devem ser transportadas em tanques aerados até o recebimento das indústrias.

Após o recebimento, o pescado é submetido ao tanque de depuração, colocando-os em água corrente e em abundância, esse é um processo que leva a diminuição dos microrganismos e das substâncias deletérias, nele ocorre a limpeza gastrointestinal, liberando várias toxinas que comprometem a qualidade da carne, passando por uma limpeza externa e interna, a eficiência desse procedimento depende do tanque, tempo de depuração, temperatura, turbidez, oxigenação, densidade de condicionamento e salinidade da água (MACIEL et al., 2012; MELO, 2018; MINOZZO, 2011).

Um outro fator importante é a circulação da água do tanque de depuração, que evita a deposição de produtos fecais eliminados que poderiam recontaminar os peixes, além de resultar na queda dos níveis de oxigênio dissolvidos na água (REILLY &

BARILE, 1987). O período recomendado de depuração de peixes pelos pesquisadores brasileiros é de pelo menos 24 horas sem alimentação, para que os pescados que tenham um sabor característico na sua carne devido a alimentação recebida, passe a ter um sabor mais atenuado (OETTERER, 1999).

**Figura 3** – Recebimento da tilápia.



Fonte: Associação Brasileira de Criadores de Camarão, 2018.

### 3.3.2 Insensibilização e sangria

A insensibilização (Figura 4) da tilápia ocorre pela imersão em água potável e gelo a temperatura de 0°C, causando a hipotermia intencionada para o abate, após essa etapa, a tilápia é submetida à sangria, onde é feito um pequeno corte abaixo das guelras e imergido em água corrente (LAMBOOIJ et al., 2002 MINOZZO, 2011).

**Figura 4** – Insensibilização e sangria.



Fonte: Associação Brasileira de Criadores de Camarão, 2018.

### 3.3.3 Descamação

A descamação (Figura 5) pode ser feita de várias maneiras, de acordo com Bykowski e Dutkiewicz (1996), a retirada de escamas manual do pescado pode ser realizada com as mais variadas ferramentas. Existem equipamentos mecanizados destinados a descamação dos peixes, nesse processo, a tilápia é posta no equipamento para retirada das escamas, onde não se danifica a pele ou o músculo do peixe, e subsequentemente lavados em água potável, pois se houver alguma contaminação ou sujeira, ela seja eliminada em água corrente (CINTRA, 2007; MELO, 2018).

**Figura 5** – Descamador de tilápia



Fonte: Manual técnico de manipulação e conservação de pescado. Embrapa, 2018.

### 3.3.4 Descabeçamento e evisceração

O descabeçamento do pescado, além de eliminar uma parte não comestível e reduzir as chances de proliferação de microrganismos, diminui o peso do produto, consequentemente, reduz o custo com transporte e espaço para estocagem. Nesse processo, é feita a remoção da cabeça da tilápia, com um corte que se inicia na nadadeira peitoral e termina paralelamente aos opérculos (CRIBB et al., 2018; LINS, 2011).

A evisceração (Figura 6) é a retirada dos órgãos internos da tilápia, o procedimento consiste na incisão em toda superfície abdominal, com cuidado para não romper o trato gastrointestinal do animal, posteriormente realiza-se a lavagem da cavidade interna em água hipoclorada com 2,5 mg/L a 5,0 mg/L de cloro livre, para remoção de resíduos, coágulos sanguíneos e partes não-comestíveis como gônadas, intestino e bexiga natatória. É recomendável que a evisceração seja feita em locais de fácil limpeza e que não absorva líquidos, como sangue ou muco (CRIBB et al., 2018; LINS, 2011; MINOZZO, 2011).

**Figura 6** – Evisceração da tilápia.



Fonte: Manual técnico de manipulação e conservação de pescado. Embrapa, 2018.

### 3.3.5 Filetagem e toilet

O processo da filetagem (Figura 7) consiste na retirada das partes nobres do pescado, constituídas da massa muscular sem espinha. A eficiência desse processo

depende de inúmeros fatores, como a habilidade dos trabalhadores, o tamanho, o sexo e a condição nutricional do pescado (BYKOWSKI; DUTKIEWICZ, 1996).

O rendimento na filetagem é importante, esta operação pode ser manual ou mecânica. No sistema automático, a filetadora é ajustada antes de iniciar o processo, proporcionando assim rendimento elevado e superfícies de cortes limpas. Na filetagem manual, faz-se um corte superficial ao longo do dorso contornando a espinha dorsal de modo que a carne seja retirada em um só pedaço, após esse procedimento, retira-se o couro da tilápia, pode ser manualmente ou com o auxílio de uma máquina apropriada, onde os filés são dispostos sobre uma esteira transportadora com o rabo para frente e a pele para baixo, entrando assim pela ranhura existente entre o cilindro e o tambor giratório, onde a lâmina plana aproxima do tambor em direção contrária a pele, retirando o couro dos filés, posteriormente os filés são lavados com água para remoção de alguns resíduo (MINOZZO, 2011).

Com relação a produtos para mercado de exportação e mercados mais exigentes, é feito o toilet, procedimento onde os filés passam por uma linha de controle de qualidade onde são retirados alguns espinhos existentes próximo à linha lateral e aparas, em seguida é feita uma última lavagem. O rendimento do filé depende da eficiência manual do operário ou, no caso de automática, da regulagem da máquina, da forma anatômica do corpo, do tamanho do pescado, bem como do peso das vísceras, pele e nadadeira, em média para 3 kg de tilápia obtêm-se 1 kg de filé (CRIBB et al., 2018; LINS, 2011; MINOZZO, 2011).

**Figura 7** – Filetagem e toilet



Fonte: Associação Brasileira de Criadores de Camarão, 2018.

### 3.3.6 Túnel de congelamento e glaciamento

Após o procedimento de filetagem e toilet, os filés de tilápia passam pelo túnel de congelamento, um equipamento com alto poder de refrigeração, que possibilita o rebaixamento rápido da temperatura até o ponto de congelamento. Dentro desse equipamento os filés são expostos a temperatura de  $-25^{\circ}\text{C}$ , em um tempo de mais ou menos 2 horas.

Depois desse processo os filés são submetidos a técnica de glaciação (Figura 8), pois durante o armazenamento do produto, normalmente ocorre uma desidratação superficial que acaba depreciando a qualidade do pescado, provocando alterações sensoriais, para que isso não ocorra utiliza-se a técnica de glaciação (ORDONEZ et al., 2005). Esse método consiste em emergir o pescado congelado com temperatura inferior a  $-18^{\circ}\text{C}$  em água com ou sem aditivos de 1 a 3  $^{\circ}\text{C}$  durante 5 a 10 s, pode-se repetir a operação após 2 a 3 min. A finalidade é obter uma película de gelo protetora na superfície do filé de tilápia, evitando a desidratação e a oxidação dos produtos congelados no período de estocagem. O peso da água no produto após esse procedimento não deve exceder a 7%, do peso original do produto. Após o glaciamento, o filé congelado é colocado novamente no túnel de congelamento (BRASIL, 2009; ORDONEZ et al., 2005; MINOZZO, 2011).

**Figura 8** – Glaciamento da tilápia.



Fonte: Manual técnico de manipulação e conservação de pescado. Embrapa, 2018.

### 3.3.7 Embalagem

Quando o produto é congelado e armazenado sob baixas temperaturas por muito tempo sem a embalagem primária, pode levar a grandes perdas no produto, o ideal é que se congelado sem embalagem primária, assim que o processo terminar, o produto seja embalado antes de ser armazenado na câmara de estocagem. (MINOZZO, 2011). Após o congelamento, ocorre a embalagem (Figura 9) do produto na indústria, os filés de tilápia são pesados em balança, em sala climatizada a  $-18^{\circ}\text{C}$  (SUFRAMA, 2003).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os alimentos embalados devem apresentar informações gerais de identificação do produto na rotulagem, atuando também de comunicação entre o produtor e consumidor, informando a este os detalhes do produto, como os benefícios à saúde, instruções de preparo, uso e armazenamento, local e data de fabricação, validade e informações nutricionais (ANVISA, 2001; MARSH; BUGUSU, 2007).

**Figura 9** – Embalando a tilápia.



Fonte: Associação Brasileira de Criadores de Camarão, 2018.

### 3.3.8 Câmara de armazenamento

O armazenamento deve ocorrer em câmaras frigoríficas (Figura 10) em temperatura de -20 °C (SUFRAMA, 2003). No congelamento o desenvolvimento de microrganismo é bruscamente inibido devido a um aumento da concentração relativa de soluto e abaixamento da atividade de água nos tecidos. Para a inibição da ação da maioria dos microrganismos precisamos atingir a temperatura de estocagem de -18°C para manter a qualidade do pescado (MINOZZO; DIETERICH, 2007).

Segundo Ogawa e Maia (1999), o produto peixe magro na forma de filé deve permanecer a uma temperatura de estocagem de -15°C a -18 °C para uma vida útil de 6 a 8 meses e de -25 °C a -30 °C para uma vida útil de 10 a 12 meses (Tabela 1).

**Tabela 1** – Estocagem de produto sob congelamento.

<b>Produto</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Vida útil</b>
	-15 a -18	4 meses
Peixe gordo congelado inteiro	-25 a -30	6 a 8 meses
Peixe gordo congelado e glaciado com antioxidante	-15 a -30	6 a 8 meses
	-15 a -18	6 a 8 meses
Peixe magro inteiro ou na forma de filé	-25 a -30	10 a 12 meses

Fonte: Ogawa e Maia (1999).

O processo de expedição é a passagem dos produtos da câmara de armazenamento para o caminhão com baú frigorífico. Devem ser transportados a uma temperatura de -18 °C, o produto depois de submetido ao congelamento, deve ser mantido em câmara frigorífica, o pescado uma vez descongelado não pode ser novamente recolhido para câmaras frigoríficas (BRASIL, 1952; SUFRAMA, 2003).

**Figura 10** – Câmara de armazenamento.



Fonte: Associação Brasileira de Criadores de Camarão, 2018.

### **3.4 Importância da refrigeração para o produto**

O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) é o conjunto de normas aplicáveis em todo território brasileiro que regulariza a inspeção sanitária e industrial dos produtos de origem animal, nela dispõe de exigências mínimas para entreposto de pescado visando a manutenção da cadeia do frio. (BRASIL, 1952). Segundo o artigo 439 do RIISPOA, entende-se por “congelado” o pescado tratado por processos adequados de congelamento, em temperatura não superior a  $-25^{\circ}\text{C}$  (menos vinte e cinco graus centígrados).

O peixe é um dos alimentos mais perecíveis produzidos. Durante o manuseio e armazenamento, a deterioração do peixe fresco ocorre rapidamente e limita a qualidade e vida de prateleira do produto. A vida útil do pescado é determinada pelas reações enzimáticas e pelo número e espécies de microrganismos que determinam a perecibilidade do produto, um fator fundamental na vida útil do pescado é a temperatura, que deve ser monitorada nas diversas etapas de obtenção do produto, desde a captura, refrigeração, distribuição, estocagem e temperatura no final do processo (HUSS, 1971).

O pescado é um dos maiores grupos de alimentos congelados. O processo de congelamento é a operação unitária na qual a temperatura de um alimento é reduzida abaixo do seu ponto de solidificação da água. Para que ocorra a diminuição da atividade

de água é necessário a imobilização da água em gelo e a concentração resultante dos solutos dissolvidos na água não congelada, conservando-o tanto pela ação da baixa temperatura como da atividade de água reduzida (FELLOWS, 2006).

O congelamento é um dos métodos mais apropriados para o pescado, pois mantém o valor nutritivo e propicia produto de excelente qualidade sensorial. A vida útil do pescado congelado é longa, mas depende da temperatura e modo em que foi refrigerado, se o congelamento for rápido pode chegar até um ano (MINOZZO, 2011).

Com isso, para a manutenção da qualidade do pescado, a refrigeração é um fator bem importante, devemos realizar o congelamento rápido do produto, submeter as temperaturas de estocagem mais baixas possíveis, evitar oscilação de temperatura, dissecação e oxidação (MINOZZO, 2011).

## 4 PROJETO DE UM TÚNEL E CÂMARA DE CONGELAMENTO

### 4.1 Dados iniciais do projeto

Para realização desse projeto, dimensionamento de um túnel e câmara de congelamento, foi estabelecido que o produto será produzido na cidade de Fortaleza – CE, onde teremos uma produção mensal de 25200 kg divididos em 21 dias úteis de produção, portanto teremos uma produção diária de 1200 kg, que será executado em um dia de trabalho com carga horária de 8 horas, conforme dados descritos na tabela 2.

**Tabela 2** – Dados gerais do projeto.

<b>Informações Gerais</b>	<b>Descrição</b>
Produto	Filés de Tilápia
Localização	Fortaleza - CE
Produção mensal (21 dias)	25200 kg
Produção diária	1200 kg
Horas trabalhadas por dia	8 horas

Fonte: Autora, (2021).

### 4.2 Dados iniciais para dimensionamento do túnel de congelamento

Para realizar o dimensionamento e cálculo da carga térmica, foram definidos que a produção diária será 1200 kg, em um turno de trabalho de 8 horas diárias. As demais condições são apresentadas na Tabela 3.

O túnel será dimensionado para ciclos de congelamento de 2 h, onde cada congelamento terá uma carga de 400 kg de filé. Sendo assim, serão feitos 3 congelamentos por dia para completar a produção diária de 1200 kg.

O túnel de congelamento consistirá de uma câmara fixa, realizando os congelamentos em batelada (Figura 11). A fim de abaixar a temperatura dos produtos, o sistema de congelamento utilizará o ar com temperatura média de -25°C, umidade relativa média de 60% e velocidades entre 3 e 5 m/s. Os filés antes do congelamento estarão com temperatura média de 10°C, assim esta será a temperatura inicial de cada carga até os filés atingirem -20°C.

**Figura 11** – Túnel de congelamento.



Fonte: Frigocenter, 2020.

Segundo ABNT, a iluminação geral para áreas usadas intermitentemente ou com tarefas visuais simples e que tenha como atividade de orientação simples para permanência curta é de até 100 Lux, possuindo potência dissipada de 2 W/m<sup>2</sup> (lâmpada fluorescente).

Para a temperatura externa em relação ao túnel de congelamento, adotou-se a média dos dias mais quentes dos meses da cidade de Fortaleza – CE segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia, obtendo-se uma temperatura média de 32°C e da mesma forma, foi encontrado uma umidade relativa de 74% (INM, 2020).

Definindo que o túnel de congelamento terá paredes de painéis pré-fabricadas de poliuretano e chapa aço, segundo o fabricante, para a temperatura desejada de -25°C, utiliza-se parede de espessura de 150 mm, onde o coeficiente global transferência de calor é de 0,19 kcal/h.m<sup>2</sup>.°C, em paredes com coloração clara (ANANDA, 2020).

Os filés de tilápia serão acondicionados em carrinhos com bandejas de inox (Figura 12), segundo o fabricante, cada bandeja possui dimensões de 0,60 x 0,40 x 0,03 m (comprimento, largura e altura) e peso de 1,2 kg, o carrinho tem capacidade para 20 bandejas e possui dimensões de 0,65 x 0,5 x 1,75 m (comprimento, largura e altura) e peso de 36,5 kg (EUROFORMAS, 2018).

**Figura 12** – Carrinho e bandeja utilizados no túnel de congelamento.



Fonte: Euroformas, 2018.

No caso do túnel de congelamento, os filés de tilápia serão colocados nessas bandejas de inox, separando-os uns dos outros para que não congelem entre si, esse procedimento se faz necessário pois após essa etapa, os filés passarão pelas etapas de glaciamento, pesagem e embalagem para voltar ao túnel até que sua temperatura retorne a  $-20^{\circ}\text{C}$  (Figura 13).

**Figura 13** - Fluxograma das etapas do produto após o túnel de congelamento.



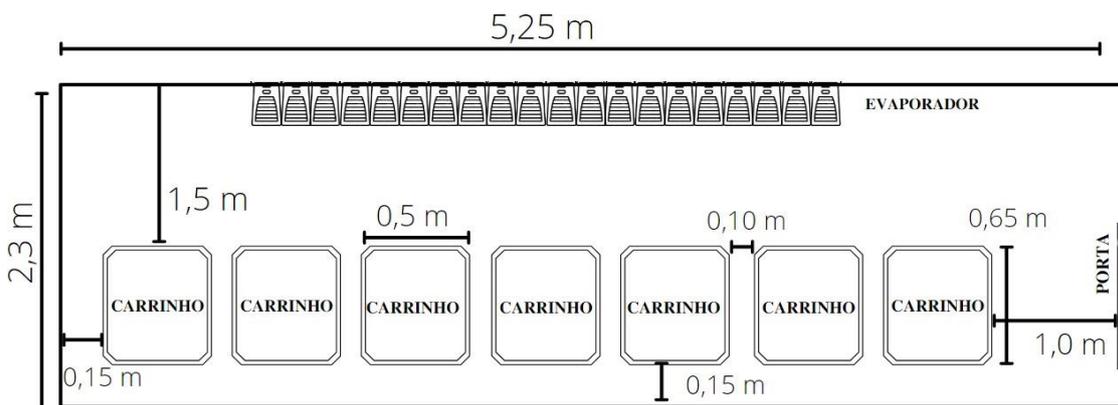
O túnel de congelamento terá uma carga de 400 kg por ciclo de congelamento, precisa-se utilizar 7 carrinhos, somando um total de 134 bandejas com uma média de 3 kg de filé de tilápia em cada.

Na etapa de embalagem, o produto deve ser condicionado em embalagens plásticas contendo 1kg de produto em cada, segundo o fabricante as embalagens plásticas são de polietileno de alta densidade, os sacos possuem dimensões de 30 x 40 cm e peso de 7 g por cada saco (IDEAL, 2021).

### Dimensões do túnel de congelamento

As dimensões do túnel de congelamento devem ser suficientes para entrada de 7 carrinhos contendo as bandejas com os filés (400 kg). A partir das dimensões de cada carrinho, calcula-se a quantidade de espaço necessário para o dimensionamento do túnel de congelamento. Assim, com os espaçamentos entre parede lateral e carrinho de 0,15 m, entre porta e carrinho de 1,0 m, entre carrinhos de 0,10 m e da parede do evaporador e carrinho de 1,5 m. Em relação à altura, serão necessários 2,5 m, a fim de que o carrinho e uma pessoa consigam entrar dentro do túnel. Estes espaços e distanciamentos são necessários para boa circulação do ar e movimentação dos carrinhos. As dimensões então serão de 5,25 x 2,3 x 2,5 m (Figura 14), gerando um volume interno de 30,2 m<sup>3</sup> e, somando a espessura de cada parede tem-se 5,55 x 2,6 x 2,8 m de dimensões externas e volume externo de 40,4 m<sup>3</sup>.

**Figura 14** – Layout do túnel de congelamento.



Fonte: Autora, (2021).

As demais informações para o cálculo da carga térmica do túnel de congelamento estão resumidas e apresentadas na tabela 3.

**Tabela 3** - Resumo dos dados para a carga térmica do túnel de congelamento

<b>Informações</b>	<b>Valores</b>
Produção diária	1200 kg
Produção por utilização de equipamento (3x/dia)	400 kg
Horas trabalhadas por dia	8 horas
Temperatura inicial do filé de tilápia	10°C
Temperatura desejada ao filé de tilápia no final do processo	-20°C
Temperatura do túnel de congelamento	-25°C
Temperatura média mais alta de Fortaleza <sup>1</sup>	35°C
Umidade relativa média de Fortaleza <sup>1</sup>	74%
Umidade relativa do ar no túnel de congelamento	60%
Iluminação de 100 Lux	2 W/m <sup>2</sup>
Coefficiente global (parede de painéis pré-fabricados) <sup>2</sup>	0,19 kcal/h.m <sup>2</sup> .°C
Espessura da parede cor clara	0,15 m
Peso da bandeja de inox	1,2 kg
Peso do carrinho de inox	36,5 kg
Dimensões do carrinho	0,65 x 0,5 x 1,75 m
Dimensões internas do túnel de congelamento	5,25 x 2,3 x 2,5 m
Dimensões externas do túnel de congelamento	5,55 x 2,6 x 2,8 m
Volume interno do túnel de congelamento	30,2 m <sup>3</sup>
Volume externo do túnel de congelamento	40,4 m <sup>3</sup>
Volume específico do ar externo <sup>3</sup>	0,885 m <sup>3</sup> /kg
Entalpia do ar externo <sup>3</sup>	16,85 kcal/kg
Entalpia do ar interno <sup>3</sup>	-5,9 kcal/kg

<sup>1</sup>Dados retirados do site [bdmep.inmet.gov.br/](http://bdmep.inmet.gov.br/); <sup>2</sup>Segundo fabricante Ananda; <sup>3</sup>Dado obtido pelo programa Psychrometric Calc da Delta T Software.

### 4.3 Cálculo da carga térmica do túnel de congelamento

A carga térmica é a quantidade de calor sensível e calor latente que deve ser retirado ou posto no recinto, proporcionando condições desejadas é calculada considerando ainda a transmissão, infiltração, iluminação, pessoas, embalagens, equipamentos e motores (CREDER, 2004).

#### 4.3.1 Calor de transmissão

O calor de transmissão refere-se ao calor que é transmitido pelas paredes do túnel de congelamento. Leva-se em consideração as áreas externas das paredes, teto e piso. A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor de transmissão, onde se considera para efeitos de segurança como uma troca de calor realizada em cada dia, ou seja, 24h:

$$\dot{Q}_{trans} = U \cdot A \cdot (\Delta T)$$

Onde:

$Q_{trans}$  = Quantidade de calor de transmissão (kcal/24h);

U = Coeficiente global (Kcal/h.m<sup>2</sup>.°C);

A = Área total das superfícies externas das paredes (m<sup>2</sup>);

$\Delta T$  = Variação da temperatura (°C).

**Parede Norte (5,55 x 2,8m)**

$$Q = 0,19 (5,55 \times 2,8) \times 32 - (-25) = 168,29 \text{ kcal/h} \times 24\text{h} = 4039,16 \text{ kcal/24h}$$

**Parede Leste + Oeste (2,6 x 2,8m)**

$$Q = 0,19 (2,6 \times 2,8) \times 32 - (-25) = 78,84 \text{ kcal/h} \times 24\text{h} = 1892,2 \text{ kcal/24h}$$

$$\text{Leste} + \text{Oeste} = 3784,4 \text{ kcal/24h}$$

**Parede Sul (5,55 x 2,8m)**

$$Q = 0,19 (5,55 \times 2,8) \times 32 - (-25) = 168,3 \text{ kcal/h} \times 24\text{h} = 4039,16 \text{ kcal/24h}$$

**Teto (5,55 x 2,6m)**

$$Q = 0,19 (5,55 \times 2,6) \times 32 - (-25) = 156,27 \text{ kcal/h} \times 24\text{h} = 3750,6 \text{ kcal/24h}$$

**Piso (5,55 x 2,6m)**

$$Q = 0,19 (5,55 \times 2,6) \times 27 - (-25) = 142,56 \text{ kcal/h} \times 24\text{h} = 3421,64 \text{ kcal/24h}$$

$$Q_{trans} = 4039,16 + 3784,4 + 4039,16 + 3750,6 + 3421,64$$

**Calor de transmissão = 19034,96 kcal/24h**

### 4.3.2 Calor de infiltração

Calor de infiltração refere-se ao calor que o ar externo carrega para dentro de uma câmara ou túnel através das aberturas das portas ou frestas, caracterizando-se por infiltrações.

Com as condições de ar externo do ambiente, para a cidade de Fortaleza (Tabela 3) e de acordo com as dimensões internas do túnel (item 4.2) cujo o volume interno é 30,2 m<sup>3</sup>, utiliza-se a Tabela 4 para se obter o fator de troca de ar (n) de 13,46 obtido pela interpolação dos valores de temperatura interna (Ti) menor que 0°C.

**Tabela 4** – Fator de trocas de ar (n) por dia.

Volume m <sup>3</sup>	Fator de troca (n)	
	T <sub>int</sub> < 0°C	T <sub>int</sub> > 0°C
15	19,6	25,3
20	16,9	21,2
30	13,5	16,7
50	10,2	12,8
75	8,0	10,1
100	6,7	8,7
150	5,4	7,0
500	2,8	3,6

Fonte: Vilain, 2018

A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor por infiltração:

$$Q_{inf} = \frac{V}{v} \cdot n \cdot (h_e - h_i)$$

Onde:

Q<sub>inf</sub> = Quantidade de calor de infiltração (kcal/24h);

V = volume interno (m<sup>3</sup>);

v = volume específico do ar externo (m<sup>3</sup>/kg);

n = fator de troca de ar por 24h;

$h_e$  = entalpia do ar externo (kcal/kg);

$h_i$  = entalpia do ar interno (kcal/kg).

$$Q_{inf} = 30,2/0,885 \times 13,46 \times (16,85 - (-5,9))$$

**Calor de infiltração = 10449,37 kcal/24h**

#### 4.3.3 Calor de iluminação

Calor de iluminação é resultado da energia térmica dissipada por lâmpadas instaladas no ambiente refrigerado. A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor de iluminação:

$$\dot{Q}_{ilum} = A \cdot P \cdot t$$

Onde:

$Q_{ilum}$  = Quantidade de calor de iluminação (kcal/24h);

$A$  = Área (comprimento x largura) = (5,25 x 2,3) = 12,07 m<sup>2</sup>;

$P$  = 100 Lux (fluorescente) potência (W/m<sup>2</sup>);

$t$  = tempo considerado de iluminação em 24 h.

$$Q_{ilum} = 12,07 \times 2 \times 8 = 193,12 \text{ W/24h} = 166,08 \text{ kcal/24h}$$

**Calor de iluminação = 166,08 kcal/24h**

#### 4.3.4 Calor do produto

O calor do produto é a perda de calor necessária para reduzir a temperatura do produto até o desejável durante a estocagem. A partir da 1ª Lei da Termodinâmica chega-se à equação para cálculo da quantidade de calor a ser retirado do produto antes do início do congelamento:

$$\dot{Q}_{prod.10 \text{ a } 0^\circ C} = m \cdot Cp \cdot (\Delta T)$$

Onde:

$Q_{\text{prod. } 10 \text{ a } 0^\circ\text{C}}$  = Quantidade de calor do produto (kcal);

$m$  = massa da carga do produto (kg);

$C_p$  = calor específico do filé de tilápia (kcal/kg°C);

$\Delta T$  = variação da temperatura (°C).

O cálculo do calor específico ( $C_p$ ), do filé de tilápia foi determinado pela equação apresentadas a seguir:

$$C_p = \sum_{i=1}^n C_{pi} X_i$$

Onde:

$C_p$  = calor específico;

$C_{pi}$  = o calor específico do componente  $i$ -ésimo;

$X_i$  = fração do componente  $i$ -ésimo;

$N$  = o número de componentes.

Para os cálculos do  $C_p$  utilizou-se a Tabela 5 (Singh e Heldman, 2009). As frações dos componentes do produto, foram baseadas na composição centesimal do filé de Tilápia realizada por Souza et., al (2014) em que a umidade é de 73,51%, proteína de 23,57%, lipídeo de 2,02% e cinzas de 0,9%, a temperatura utilizada foi 5°C, média em que o calor específico foi utilizado na variação de temperatura entre 10°C até 0°C.

**Tabela 5** - Calor específico do filé de tilápia.

Componente	Fração do componente (Xi)	Equação de Cpi	Cpi kJ/kg°C	Cp kJ/kg°C
Proteína	0,2357	$2,0082+1,2089.10^{-3}.T-1,3129.10^{-6}.T^2$	2,014	0,474
Lipídio	0,0202	$1,9842+1,4733.10^{-3}.T-4,8008.10^{-6}.T^2$	1,991	0,040
Carboidrato	0	$1,5488+1,9625.10^{-3}.T-5,9399.10^{-6}.T^2$	1,558	0
Cinza	0,009	$1,0926+1,8896.10^{-3}.T-3,6817.10^{-6}.T^2$	1,102	0,009
Água	0,7351	$4,0817-5,3062.10^{-3}.T+9,9516.10^{-4}.T^2$	4,080	2,999
<b>Total</b>				<b>3,522</b>

Fonte: Souza et., al, (2014); Singh, Heldman, (2009).

$C_p$  = calor específico do filé de tilápia = 3,522 kJ/kg°C = 0,841 kcal/kg°C;

Para realização do cálculo da quantidade de calor do produto, o cálculo será feito em duas etapas, a primeira etapa será da temperatura de entrada do produto até 0°C e a segunda etapa será com a temperatura de 0°C até -20°C, para o segundo cálculo será necessário utilizar as entalpias de 0°C e de -20°C. Segundo a Ashrae (2018), os valores encontrados para estas entalpias são de 318 kJ/kg e 41 kJ/kg, dados obtidos para peixe de água doce, chamado “Perca”, um nome genérico para diversos tipos de peixes de água doce, similares a tilápia. A equação utilizada para esta faixa do congelamento, segundo a 1ª Lei da Termodinâmica é:

$$\dot{Q}_{prod. 0 a -20^{\circ}C} = m.dh$$

Onde:

$Q_{prod. 0 a -20^{\circ}C}$  = Quantidade de calor a ser retirada do produto (kcal);

m = massa da carga do produto (kg);

dh = variação da entalpia do filé de 0 a -20°C.

Assim, os resultados para os calores dos filés de tilápia calculados para o congelamento são:

$$Q_{prod. 10 a 0^{\circ}C} = 400 \times 0,841 \times (10 - 0) = 3364 \text{ kcal}$$

$$Q_{\text{prod. 0 a } -20^{\circ}\text{C}} = 400 \times (318 - 41) = 110800 \text{ kJ} = 26464,13 \text{ kcal}$$

Desta forma, o calor total a ser retirado dos filés será:

$$Q_{\text{prod}} = (3364 + 26464,13) = 29828,13 \text{ kcal}$$

Considerando que este calor deve ser retirado em 2 horas, tem-se que a taxa de calor será de 14914,06 kcal/h, que convertido para a base de 24h:

$$\text{Calor total do produto} = 357937,56 \text{ kcal/24h}$$

#### 4.3.5 Calor da embalagem plástica

Calor da embalagem é a carga térmica cedida pelas embalagens, que devem ser retiradas do sistema. A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor da embalagem:

$$Q_{\text{emb}} = m \cdot C_p \cdot (\Delta T)$$

Onde:

$Q_{\text{emb}}$  = Quantidade de calor da embalagem (kcal/24h);

$m$  = massa total de 400 sacos (kg);

$C_p$  = calor específico do plástico, 0,22 kcal/kg°C;

$\Delta T$  = variação da temperatura (°C).

$$Q = 400 \times 0,007 \times 0,22 \times (10 - (-20)) = 18,48 \text{ kcal}$$

Em 2h de congelamento, 9,24 kcal/h e, portanto, em 24h:

$$\text{Calor da embalagem} = 221,76 \text{ kcal/24h}$$

#### 4.3.6 Calor da bandeja

Calor da bandeja de inox é a carga térmica cedida pelas bandejas, que devem ser retiradas do sistema. A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor da bandeja:

$$Q_{band} = m \cdot C_p \cdot (\Delta T)$$

Onde:

$Q_{band}$  = Quantidade de calor da bandeja (kcal/24h);

$m$  = massa das 134 bandejas (kg);

$C_p$  = calor específico do aço inox, 0,29 kcal/kg°C;

$\Delta T$  = variação da temperatura (°C).

$$Q = 134 \times 1,2 \times 0,29 \times (10 - (-20)) = 1398,96 \text{ kcal}$$

Em 2h de congelamento, 699,48 kcal/h e, portanto, em 24h:

**Calor da bandeja = 16787,52 kcal/24h**

#### 4.3.7 Calor do carrinho

Calor do carrinho é a carga térmica cedida pelos carrinhos, que devem ser retirados do sistema. A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor do carrinho:

$$Q_{car} = m \cdot C_p \cdot (\Delta T)$$

Onde:

$Q_{car}$  = Quantidade de calor do carrinho (kcal/24h);

$m$  = massa total dos 7 carrinhos (kg);

$C_p$  = calor específico do aço inox, 0,29 kcal/kg°C;

$\Delta T$  = variação da temperatura (°C).

$$Q = 7 \times 36,5 \times 0,29 \times (10 - (-20)) = 2222,85 \text{ kcal}$$

Em 2h de congelamento, 1111,43 kcal/h e, portanto, em 24h:

**Calor do carrinho = 26674,2 kcal/24h**

#### 4.3.8 Calor de pessoas

Calor de pessoas é a carga térmica cedida pelas pessoas, que devem ser retirados do sistema. Estima-se que no máximo 2 pessoas irão trabalhar em um turno de 8 h no manuseio do túnel de congelamento, tem-se que o calor equivalente por pessoa que, de acordo com a Tabela 6, estimado para 365 kcal/h.

**Tabela 6** - Calor equivalente por pessoa

Temperatura da câmara (°C)	Calor equivalente por pessoa (kcal/h)
10	180
5	210
0	235
-5	260
-10	285
-15	310
-20	340
-25	365

Fonte: Vilain, 2018

A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor de pessoas:

$$\dot{Q}_{pess} = Q \cdot n \cdot t$$

Onde:

$Q_{pess}$  = Quantidade de calor de pessoas (kcal/24h);

Q = quantidade de calor equivalente por pessoa;

n = número de pessoas;

t = tempo do turno trabalhado diário (h).

$$Q_{pess} = 365 \times 2 \times 8 = 5840 \text{ kcal/24h}$$

**Calor de pessoas = 5840 kcal/24h**

#### 4.3.9 Carga térmica total do túnel de congelamento

A seguir a equação para cálculo da carga térmica:

$$\dot{Q}_{total} = \sum Q$$

Onde:

$Q_{Total}$  = Quantidade de calor total (kcal/24h);

$\sum Q$  = Somatório das parcelas de calor (kcal/24h).

Na Tabela 7 é apresentado um resumo com os valores calculados.

**Tabela 7** – Valores da quantidade de calor do túnel de congelamento.

<b>Fonte</b>		<b>Quantidade (kcal/24h)</b>
Transmissão		19034,96
Infiltração		10449,37
Iluminação		166,08
Produto		357937,56
Embalagem		221,76
Bandeja		16787,52
Carrinho		26674,2
Pessoas		5840
	Sub total	437111,45
Ventiladores Evaporador	10%	43711,14
	Sub total	480822,59
Segurança	10%	48082,25
	<b>Total</b>	<b>528904,84</b>

De acordo com a Tabela 7,  $Q_{Total} = 528904,84$  kcal/24h, valor responsável pelo funcionamento em 1 dia. A carga térmica total do túnel será então dividida por 24h:

$$Q_{Total} = 528904,84 \text{ kcal} / 24\text{h.}$$

**Carga térmica do túnel de congelamento é 22037,7 kcal/h ou 25,588 kW.**

#### 4.4 Seleção de Equipamentos para túnel de congelamento

Para o cálculo da temperatura de evaporação, utiliza-se a diferença de temperaturas (DT) de 8°C, referente às temperaturas entre a evaporação do fluido refrigerante e o ambiente que se quer refrigerar.

$$\Delta T = T_{int} - T_{evap}$$

Onde:

$\Delta T$  = Diferença de temperaturas (°C);

$T_{int}$  = Temperatura interna (°C);

$T_{evap}$  = Temperatura do evaporador (°C).

$$\Delta T = T_{int} - T_{evap}$$

Assim,

$$8 = -25 - T_{evap}$$

$$T_{evap} = -33^{\circ}\text{C}$$

Para realização das escolhas de equipamentos para o túnel de congelamento, foram utilizados os dados da carga térmica, atendendo as necessidades do túnel, as demais informações necessárias estão resumidas na tabela 8.

**Tabela 8** - Resumo dos dados para selecionar equipamentos do túnel de congelamento

Informações	Valores
Carga térmica do túnel de congelamento	22037,7 kcal/h ou 25588W
Temperatura interna	-25°C
Temperatura de evaporação	-33°C
Temperatura do ambiente externo	35°C
Temperatura de condensação	40°C
DT recomendado	8°C
Fluido refrigerante	R404a

#### 4.4.1 Unidade condensadora

Uma unidade condensadora (Figura 15) é um equipamento composto pelo compressor e condensador, já devidamente dimensionados onde o fluido refrigerante é comprimido e libera o calor do sistema para o ar ambiente externo. Para essa unidade condensadora, o fluido refrigerante será o R404a do catálogo de fabricação da empresa Bitzer.

**Figura 15** – Unidade Condensadora



Fonte: Bitzer, 2021.

A seleção da unidade condensadora foi realizada através da carga térmica do túnel de congelamento de 25588W com a temperatura de evaporação de  $-33^{\circ}\text{C}$  e temperatura ambiente de  $35^{\circ}\text{C}$ . A tabela 9, apresenta os modelos de unidades condensadoras com o fluido R404a – 60 Hz e baixa evaporação.

**Tabela 9** – Modelos das unidades condensadoras (valores dados em W).

Modelo	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>evap</sub>						
		-20°C	-25°C	-30°C	-33°C	-35°C	-40°C	-45°C
LH155/6G -30.2Y	32	46433	38421	31003		24225	18166	12848
	35	-	36378	29340	25449,6	22856	17043	11917
	38	-	-	27603		21483	15944	10985
	43	-	-	-		-	14060	-
<b>LH175/6</b> <b>G-30.2Y</b>	32	49659	40675	32515		25225	18799	13228
	<b>35</b>	47113	38579	30816	<b>26620,2</b>	23823	17640	12283
	38	44545	36445	29072		22434	16518	11330
	43	-	-	-		20045	14617	-

Fonte: Bitzer, 2021.

Segundo a tabela 9, observando os dados fornecidos, o modelo que se escolhe, por segurança, a que mais se adequa a necessidade do túnel de congelamento é o modelo LH175/6G-30.2Y, pois o valor do interpolamento para temperatura de -33°C é de 26620,2W, esse valor fornecido é ligeiramente superior ao valor da carga térmica necessária para o túnel.

#### 4.4.2 Evaporador

Em sistemas de refrigeração é tratado como um evaporador (figura 16), o trocador de calor que gera a transferência de energia térmica contida no meio ambiente até um gás refrigerante a baixa temperatura.

**Figura 16** – Evaporador

Fonte: Mipal Intense, 2021.

Para seleccionar o evaporador, utiliza-se a carga térmica e a temperatura de evaporação, dados descritos na tabela 8. A tabela 10 a seguir, apresenta os modelos de evaporadores da BNE 450, indicados para congelamento rápido (MIPAL, 2021).

**Tabela 10** – Modelos dos evaporadores.

<b>Motoventilador AC</b>				
<b>Bne 450</b>	<b>T<sub>evap</sub></b>	<b>T<sub>evap</sub></b>	<b>T<sub>evap</sub></b>	<b>T<sub>evap</sub></b>
Modelo	-40°C	-35°C	<b>-33°C</b>	-30°C
1V	4842W	5199W	5319,4W	5500W
3V	12070W	12791W	13029W	13386W
<b>6V</b>	29935W	31442W	<b>31928,4W</b>	32658W

Fonte: Mipal Intense, 2021.

Segundo a tabela 10, observando os dados fornecidos pelo catálogo do fabricante, o modelo que mais se adequa a necessidade do túnel de congelamento é o modelo BNE 450 6V, pois o valor do interpolação para temperatura de -33°C é de 31928,4 W, esse valor fornecido é, por segurança, pouco acima do valor da carga térmica necessária para o túnel.

#### 4.4.3 Válvula de expansão

A válvula de expansão (Figura 17) é um dos componentes fundamentais do ciclo de refrigeração, ele é um dispositivo de expansão que fica entre o condensador e a entrada do evaporador, e realiza importantes funções como reduzir a temperatura e pressão do fluido refrigerante proveniente do condensador, separando o lado de alta pressão do de baixa pressão e garante que na entrada do evaporador haja somente fluido refrigerante líquido, na quantidade e velocidade suficientes para a evaporação completa.

**Figura 17** – Válvula de expansão



Fonte: Danfoss, 2021.

Para selecionar a válvula de expansão, utiliza-se a temperatura de evaporação, temperatura de condensação, fluido e a carga térmica selecionada para o evaporador, como visto no item anterior, o  $Q_{evap}$  é  $31928,4W = 31,9$  kW. Deve-se ainda saber e a diferença de pressão ( $\Delta P$ ) entre evaporação e condensação.

Para o cálculo do  $\Delta P$ , utiliza-se as pressões correspondentes a temperatura de condensação e a temperatura de evaporação (tabela 8), pelo diagrama de mollier, a pressão em relação a  $T_{cond}$  de  $40^{\circ}C$  é 18 bar e a  $T_{evap}$  de  $-33^{\circ}C$  bar é 1,8 bar, porém sabe-se que o fluido refrigerante ao percorrer a distância até a válvula perde um pouco de pressão. Essa perda de pressão dependerá de muitas condições da instalação, como as distâncias no prédio, localização da casa de máquinas, etc. Assim, para efeitos de cálculos neste projeto considera-se que a pressão perdida seja de 0,5 bar, que deve ser corrigido após a instalação ter sido feita. Desta forma:

$$\Delta P = P_{cond} - P_{evap} - 0,5$$

Onde:

$\Delta P$  = Variação de pressão

$P_{\text{cond}}$  = pressão de condensação

$P_{\text{evap}}$  = pressão de evaporação

$\Delta P = 18 - 1,8 - 0,5$

$\Delta P = 15,7$  bar

**Tabela 11** – Tipos de válvulas para R404a.

Tipo de válvula	Nº do orifício	Queda de pressão através da válvula $\Delta P$ (bar)		
		14	15,7	16
<b><math>T_{\text{evap}} = -30^{\circ}\text{C}</math></b>				
TES 12-13.4	04	32,9 kW	32,9 kW	32,9 kW
TES 20-16.7	01	40,0 kW	39,1 kW	39,0 kW
TES 55-37	01	80,0 kW	78,3 kW	78,0 kW
<b><math>T_{\text{evap}} = -33^{\circ}\text{C}</math></b>				
TES 12-13.4	04	30,92 kW	30,97 kW	30,98 kW
<b>TES 20-16.7</b>	<b>01</b>	37,3 kW	<b>36,7 kW</b>	36,6 kW
TES 55-37	01	74,0 kW	72,5 kW	72,3 kW
<b><math>T_{\text{evap}} = -40^{\circ}\text{C}</math></b>				
TES 12-13.4	04	26,3 kW	26,47 kW	26,5 kW
TES 20-16.7	01	31,0 kW	31,0 kW	31,0 kW
TES 55-37	01	60,0 kW	59,15 kW	59,0 kW

Fonte: Danfoss, 2021.

Segundo a tabela 11, observando os dados fornecidos pelo catálogo do fabricante, o tipo de válvula que mais se adequa é a TES 20-16.7 (número do orifício 01), pois é aquela cujo valor da carga térmica é pouco acima do evaporador (31,9 kW) com o fluido R404a e temperatura de evaporação  $-33^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.5 Dados iniciais para dimensionamento da câmara de armazenamento

Para realizar o dimensionamento e cálculo da carga térmica, foram definidos valores, sabendo-se que uma produção diária é de 1200 kg de filé de tilápia congelado, em um mês com 21 dias úteis, tem-se uma produção de 25200 kg de produto. As demais condições são apresentadas na Tabela 12.

A temperatura em que o filé de tilápia será submetido na câmara de armazenamento, será de  $-20^{\circ}\text{C}$  e sua umidade relativa (UR) 80%, nesse processo o produto sairá do túnel de congelamento para a câmara de armazenamento, sua temperatura de entrada na câmara será de  $-18^{\circ}\text{C}$ , considerando uma pequena perda de calor durante o deslocamento até a câmara, utilizando essa temperatura como uma margem de segurança.

Definindo que a câmara de armazenamento terá paredes de painéis pré-fabricadas de poliuretano e chapa aço, segundo o fabricante, para a temperatura desejada de  $-20^{\circ}\text{C}$ , utiliza-se parede de espessura de 150 mm, onde o coeficiente global é de  $0,19 \text{ kcal/h.m}^2.^{\circ}\text{C}$ , em paredes com coloração clara (ANANDA, 2020).

Para o armazenamento do produto, os filés de tilápia sairão das bandejas do túnel de congelamento para as caixas plásticas (Figura 18), que serão encaminhadas para a câmara, segundo o fabricante, cada caixa plástica possui dimensões de  $0,56\text{m} \times 0,36\text{m} \times 0,31\text{m}$ , peso de 600g e capacidade de até 30 kg de produto, com relação a seu empilhamento, a caixa suporta até 360 kg, ou seja, empilhamento máximo de 11 caixas (PLAST&CO, 2021). Os pallets de madeira, segundo o fabricante possui dimensões de  $1,2\text{m} \times 0,8\text{m} \times 0,15\text{m}$ , peso de 35 kg e suporta até 1500 kg (PBR, 2021).

**Figura 18** – Caixa plástica utilizada na câmara de armazenamento.



Fonte: Plast&co, 2021.

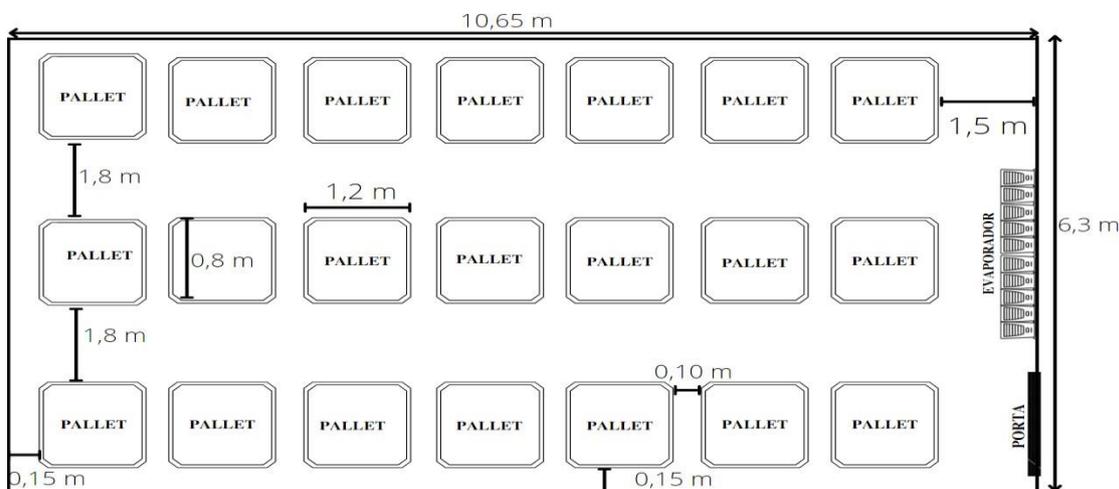
### Dimensões da câmara de armazenamento

No caso da câmara de armazenamento, para cada pallet coloca-se 4 caixas na base e um total de 10 caixas na altura, com isso cada pallet terá 40 caixas, cada uma com 30 kg de produto, totalizando 1200 kg de produto por pallet, total de uma produção diária. Em uma produção mensal, espera-se um armazenamento máximo de 25200 kg, sendo necessário 21 pallets dentro da câmara.

Para saber as dimensões que um pallet carregado irá ocupar, calcula-se a altura  $(0,15\text{m (altura do pallet)} + (0,31\text{m (altura da caixa plástica)} \times 10 \text{ (empilhamento)}) = 3,25$ ), já a largura e o comprimento será o do pallet, sendo assim, tem-se  $1,2\text{m} \times 0,8\text{m} \times 3,25\text{m}$  de dimensões.

Com as informações acima descritas, calcula-se a quantidade de espaço necessário para o dimensionamento da câmara de armazenamento, nesse caso, os 21 pallets foram distribuídos em três fileiras, com 7 pallets em cada, deixando um espaçamento da parede para o pallet de  $0,15\text{m}$ , entre pallets de  $0,10\text{m}$ , corredor entre os pallets de  $1,8\text{m}$  e na parede com a porta e o evaporador o espaço será de  $1,5\text{m}$  entre o pallet e essa parede, em relação à altura será necessário um espaço de quase  $1\text{m}$  livre, esses espaços e distanciamentos são necessários para circulação do ar e movimentação de pallets, obtendo-se um dimensionamento de  $10,65\text{m} \times 6,3\text{m} \times 4,2\text{m}$  internos (Figura 19) e volume interno de  $281,8\text{m}^3$ , somando a espessura da parede tem-se  $10,95\text{m} \times 6,6\text{m} \times 4,5\text{m}$  externo e volume externo de  $325,2\text{m}^3$ .

**Figura 19** – Layout da câmara de armazenamento.



Fonte: Autora, (2021).

As demais informações para o cálculo da carga térmica da câmara de armazenamento, estão resumidas e apresentadas na Tabela 12.

**Tabela 12** - Resumo dos dados para a carga térmica da câmara de armazenamento.

<b>Informações</b>	<b>Valores</b>
Produção mensal (21 dias)	25200 kg
Temperatura do filé de tilápia ao entrar na câmara	-18°C
Temperatura da câmara de armazenamento	-20°C
Umidade relativa do ar da câmara de armazenamento	80 %
Iluminação de 100 Lux	2 W/m <sup>2</sup>
Coefficiente global (parede de painéis pré-fabricados) <sup>1</sup>	0,19 kcal/h.m <sup>2</sup> .°C
Espessura da parede cor clara	0,15 m
Peso da embalagem de caixa plástica	0,6 kg
Peso do pallet de madeira	35 kg
Dimensões da caixa plástica	0,56m x 0,36m x 0,31m
Dimensões do pallet	1,2m x 0,8m x 0,15m
Dimensões do pallet carregado	1,2m x 0,8m x 3,25m
Dimensões internas da câmara de armazenamento	10,65m x 6,3m x 4,2m
Dimensões externas da câmara de armazenamento	10,95m x 6,6m x 4,5m
Volume interno da câmara de armazenamento	281,8m <sup>3</sup>
Volume externo da câmara de armazenamento	325,2m <sup>3</sup>
Entalpia do ar externo <sup>2</sup>	16,85kcal/kg
Entalpia do ar interno <sup>2</sup>	-4,6 kcal/kg

<sup>1</sup>Segundo fabricante Ananda; <sup>2</sup>Dado obtido pelo programa calpsychrometrico.

## 4.6 Carga térmica da câmara de armazenamento

### 4.6.1 Calor de transmissão

O calor de transmissão é o ganho de energia térmica causado pela incidência de radiação solar direta sobre as paredes externas de dimensões 10,95m x 6,6m x 4,5m do ambiente refrigerado. Admitindo que a câmara desse projeto não estará sob incidência solar.

A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor de transmissão:

$$\dot{Q}_{trans} = U \cdot A \cdot (\Delta T)$$

Onde:

$Q_{trans}$  = Quantidade de calor de transmissão (kcal/24h);

U = Coeficiente global de transferência de calor (kcal/h.m<sup>2</sup>.°C);

A = Área total das superfícies internas das paredes (m<sup>2</sup>);

$\Delta T$  = Variação da temperatura (°C);

**Parede Sul e Norte** (10,95m x 4,5m)

$$Q = 0,19 (10,95 \times 4,5) \times 32 - (-20) = 486,84 \text{ kcal/h} \times 24\text{h} = 11684,09 \text{ kcal/24h}$$

$$\text{Sul} + \text{Norte} = 23368,18 \text{ kcal/24h}$$

**Parede Leste e Oeste** (6,6m x 4,5m)

$$Q = 0,19 (6,6 \times 4,5) \times 32 - (-20) = 293,4 \text{ kcal/h} \times 24\text{h} = 7042,5 \text{ kcal/24h}$$

$$\text{Leste} + \text{Oeste} = 14084,9 \text{ kcal/24h}$$

**Teto** (10,95m x 6,6m)

$$Q = 0,19 (10,95 \times 6,6) \times 32 - (-20) = 714,03 \text{ kcal/h} \times 24\text{h} = 17136,67 \text{ kcal/24h}$$

**Piso** (10,95m x 6,6m)

$$Q = 0,19 (10,95 \times 6,6) \times 27 - (-20) = 645,38 \text{ kcal/h} \times 24\text{h} = 15488,9 \text{ kcal/24h}$$

$$Q_{trans} = 23368,18 + 14084,9 + 17136,67 + 15488,9$$

**Calor de transmissão = 70078,65 kcal/24h**

#### 4.6.2 Calor de infiltração

Com as condições de ar externo do ambiente, para a cidade de Fortaleza (Tabela 3) e as condições internas da câmara de armazenamento (Tabela 12), pelo diagrama

psicrométrico, consegue-se determinar os valores das entalpias e o volume específico do ar externo.

De acordo com o calculado no item 4.4, cujo volume interno da câmara de armazenamento é 281,8m<sup>3</sup>, utiliza-se a Tabela 4 para se obter o fator de troca de ar (n) de 4,95 obtido pela média dos valores.

A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor de infiltração:

$$Q_{inf} = \frac{V}{v} \cdot n \cdot (h_e - h_i)$$

Onde:

V = volume interno = 281,8m<sup>3</sup>;

v = volume específico do ar externo = 0,885 m<sup>3</sup>/kg;

n = número de troca de ar;

h<sub>e</sub> = entalpia do ar externo = 70,5 kJ/kg = 16,85kcal/kg;

h<sub>i</sub> = entalpia do ar interno = -19,3 kJ/kg = -4,6 kcal/kg.

$$Q_{inf} = (281,8/0,885) \times 4,95 \times (16,85 - (-4,6))$$

**Calor de infiltração = 33808,84 kcal/24h**

#### 4.6.3 Calor de iluminação

A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor de iluminação:

$$\dot{Q}_{ilum} = A \cdot P \cdot t$$

Onde:

A = Área (comprimento x largura) = 10,65m x 6,3m = 67,1 (m<sup>2</sup>);

$$Q_{ilum} = 67,1 \times 2 \times 0,86 \times 8$$

**Calor de iluminação = 923,3 kcal/24h**

#### 4.6.4 Calor do produto

Para realização do cálculo da quantidade de calor do produto, por uma questão de segurança, considera-se que os filés entrarão a  $-18^{\circ}\text{C}$  e deverá está a  $-20^{\circ}\text{C}$  após um período de 24h. O cálculo foi feito utilizando as entalpias de  $-18^{\circ}\text{C}$  (temperatura utilizada como uma margem de erro caso ocorra troca de calor) e de  $-20^{\circ}\text{C}$  que, segundo ASHRAE, (2018) são, respectivamente 46 kJ/kg e 41 kJ/kg, para peixe de água doce similar a tilápia.

A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor do produto:

$$\dot{Q}_{prod} = m. (h_e - h_i)$$

Onde:

$Q_{prod}$  = quantidade de calor do produto;

$m$  = massa do produto;

$h_e$  = entalpia externa;

$h_i$  = entalpia interna.

$$Q_{prod} = 1200 \times (46-41) = 6000 \text{ kJ} = 1434,03 \text{ kcal}$$

**Calor do produto = 1434,03 kcal/24h**

#### 4.6.5 Calor da embalagem plástica

Para o cálculo da embalagem plástica, considera-se que a embalagem junto ao produto possa perder temperatura, utilizando-se  $-18^{\circ}\text{C}$  como temperatura inicial, levando em consideração a margem de segurança. A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor da embalagem:

$$\dot{Q}_{emb} = qe. m. Cp. (\Delta T)$$

Onde:

$Q_{emb}$  = quantidade de calor da embalagem;

$qe$  = quantidade de embalagens;

$m$  = massa;

$C_p$  = calor específico do plástico;

$\Delta T$  = variação da temperatura.

$$Q_{emb} = 1200 \times 0,007 \times 0,22 \times (-18 - (-20)) = 3,69 \text{ kcal/24h}$$

**Calor da embalagem = 3,69 kcal/24h**

#### 4.6.6 Calor da caixa plástica

A produção mensal de filé de tilápia é de 25200 kg, em cada caixa teremos 30 kg do produto, sendo necessário um total de 840 caixas para o armazenamento da produção, essas caixas serão armazenadas em um ambiente climatizado próximo a produção, sendo assim, a temperatura inicial dessas caixas será de 10°C e atingirá na câmara de armazenamento uma temperatura de -20°C em 24h. O produto será posto nas caixas após sair do túnel de congelamento, de acordo com o apresentado na Figura 13.

A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor da embalagem:

$$\dot{Q}_{caixa} = qc \cdot m \cdot C_p \cdot (\Delta T)$$

Onde:

$Q_{caixa}$  = quantidade de calor da caixa;

$qc$  = quantidade de caixas;

$m$  = peso;

$C_p$  = calor específico do plástico;

$\Delta T$  = variação da temperatura.

$$Q_{caixa} = 40 \times 0,6 \times 0,22 \times (10 - (-20)) = 158,4 \text{ kcal/24h}$$

**Calor da caixa plástica = 158,4 kcal/24h**

#### 4.6.7 Calor do pallet

Os pallets serão armazenados em um ambiente climatizado próximo a produção, sendo assim, a temperatura inicial desses pallets será de 10°C e atingirá na câmara de armazenamento uma temperatura de -20°C em 24h. O valor total de pallets utilizados é 21.

A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor do pallet:

$$\dot{Q}_{pallet} = qp \cdot m \cdot Cp \cdot (\Delta T)$$

Onde:

$Q_{pallet}$  = quantidade de calor do pallet;

$qp$  = quantidade de pallet;

$m$  = peso;

$C_p$  = calor específico da madeira = 0,42 (kcal/kg°C);

$\Delta T$  = variação da temperatura.

$$Q_{pallet} = 1 \times 35 \times 0,42 \times (10 - (-20)) = 441 \text{ kcal/24h}$$

**Calor do pallet = 441 kcal/24h**

#### 4.6.8 Calor de pessoas

O calor equivalente por pessoa é de 340 kcal/h, segundo a tabela 6.

A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor de pessoas:

$$\dot{Q}_{pess} = Q \cdot np \cdot t$$

Onde:

$$Q_{pess} = 340 \times 2 \times 8 = 5440 \text{ kcal/24h}$$

**Calor de pessoas = 5440 kcal/24h**

#### 4.6.9 Calor do motor

O calor do motor é gerado por todo equipamento que esteja dentro do ambiente a ser climatizado, esses equipamentos geram calor que precisa ser retirado do ambiente. Na Tabela 13 é apresentado dados para o cálculo referente ao calor de uma empilhadeira.

**Tabela 13** - Calor do motor de uma empilhadeira

<b>Motor (HP)</b>	<b>kcal/h por HP</b>
1/8 a 1/2	1070
1/2 a 3	930
3 a 20	740

Fonte: Vilain, 2018

A seguir a equação para cálculo da quantidade de calor do motor:

$$\dot{Q}_{motor} = P \cdot t$$

Onde:

$Q_{motor}$  = Quantidade de calor do motor (kcal/24h);

P = Potência (HP) = 930 x 2,5 = 2325;

t = tempo considerado de utilização em 24 h.

$Q_{motor} = 2325 \times 8 = 18600$  kcal/24h

**Calor do motor = 18600 kcal/24h**

#### 4.6.10 Carga térmica total da câmara de armazenamento

Na Tabela 14 é apresentado um resumo com os calores calculados.

**Tabela 14** – Valores da quantidade de calor da câmara de armazenamento.

<b>Fonte</b>		<b>Quantidade (kcal/24h)</b>
	Transmissão	70078,65
	Infiltração	33808,84
	Iluminação	923,3
	Produto	1434,03
	Embalagem	3,69
	Caixa plástica	158,4
	Pallet	441
	Pessoas	5440
	Motor	18600
	Sub total	130887,91
Ventiladores Evaporador	10%	13088,79
	Sub total	143976,7
Segurança	10%	14397,6
	<b>Total</b>	<b>158374,3</b>

$Q_{\text{Total}} = 158374,3 \text{ kcal/24h}$ , valor responsável pelo funcionamento em 1 dia, sabendo-se que o equipamento não fica ligado 24 horas por dia, assume-se uma média de 18 horas, para que o equipamento tenha intervalos de tempo desligado.

$$Q_{\text{Total}} = 158374,3 \text{ kcal} / 18\text{h}$$

**Carga térmica do equipamento é 8798,57kcal/h ou 10,2327kW.**

#### **4.7 Seleção de Equipamentos para Câmara de armazenamento**

Para realização das escolhas de equipamentos para a câmara de armazenamento, foram utilizados os dados da carga térmica, atendendo as necessidades da câmara, as demais informações necessárias estão resumidas na tabela 15.

Para o cálculo da temperatura de evaporação, utiliza-se a diferença de temperatura recomendada de 8°C.

$$\Delta T = T_{int} - T_{evap}$$

Onde:

$\Delta T$  = Delta da temperatura

$T_{int}$  = Temperatura interna

$T_{evap}$  = Temperatura do evaporador

$$\Delta T = T_{int} - T_{evap}$$

$$8 = -20 - T_{evap}$$

$$T_{evap} = -20 - 8$$

$$T_{evap} = -28^{\circ}\text{C}$$

**Tabela 15** - Resumo dos dados para selecionar equipamentos da câmara de armazenamento

Informações	Valores
Carga térmica da câmara de armazenamento	8798,57kcal/h ou 10,2327kW
Temperatura interna	-20°C
Temperatura de evaporação	-28°C
Temperatura ambiente	35°C
Temperatura de condensação	40°C
DT recomendado	8°C
Fluído refrigerante	R404a
Dimensões internas	10,65m x 6,3m x 4,2m
Volume interno	281,8m <sup>3</sup>

#### 4.7.1 Unidade condensadora

A seleção da unidade condensadora foi realizada através da carga térmica da câmara de armazenamento, de 10232,7 W com a temperatura de evaporação de -28°C e temperatura ambiente de 35°C.

A tabela 16, apresenta os modelos de unidades condensadoras com o fluido R404a – 60 Hz e baixa evaporação.

**Tabela 16** – Modelos das unidades condensadoras (valores dados em W).

Modelo	$T_{amb}$			$T_{evap}$				
	[°C]	-20°C	-25°C	-28°C	-30°C	-35°C	-40°C	-45°C
LH124/4VCS-6.2Y	32	14273	11563		9112	6969	5111	3502
	35	13428	10839	9457,2	8536	6495	4699	3163
	38	12602	10168		7948	6002	4307	2840
	43	-	9019		7001	5228	3676	-
<b>LH104/4TCS-8.2Y</b>	32	15221	12566		10057	7824	5795	4030
	<b>35</b>	14335	11772	<b>10367,4</b>	9431	7266	5348	3660
	38	-	11042		8781	6745	4906	3275
	43	-	-		-	5896	4205	-

Fonte: Bitzer, 2021.

Segundo a tabela 16, observando os dados fornecidos, o modelo que mais se adequa a necessidade da câmara de armazenamento é o modelo LH104/4TCS-8.2Y, pois o valor do interpolamento para temperatura de -28°C é de 10367,4 W, esse valor fornecido é o que mais se aproxima para mais do valor da carga térmica necessária para o túnel.

#### 4.7.2 Evaporador

Para selecionar o evaporador utiliza-se a carga térmica, temperatura de evaporação, temperatura interna, vazão e dimensão para alcance do ar no túnel, dados descritos na tabela 15.

A tabela 17 a seguir, apresenta os modelos de evaporadores da BMG/BMF.

**Tabela 17** – Modelos dos evaporadores, capacidade DT BMG/BMF – 60Hz.

Modelo	T <sub>evap</sub>			Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Flecha de ar (m)
	-25°C	-28°C	-30°C		
BMG 260	6640	6520	6440	7650	20
<b>BMG 310</b>	7920	<b>7776</b>	7680	11985	20
BMG 390	9960	9786	9670	11475	20

Fonte: Mcquay, 2021.

Informações do catálogo segundo fabricante:

- DT = temperatura interna - temperatura de evaporação = 6°C;
- Capacidades baseadas em R-22, R-507 e R-404A;
- Degelo elétrico;
- Flecha de ar baseada em câmara de 5,5m de altura, sem obstruções e velocidade final de 0,25 m/s.

De acordo com as dimensões da câmara de armazenamento (tabela 15), o valor para o alcance de ar é satisfatório, pois o maior comprimento da câmara é de 10,65 m e no catálogo o valor da flecha de ar é de 20 m que é suficiente.

Segundo a tabela 17 da capacidade, o fabricante informa que o DT utilizado é de 6 kcal/h, ou seja, é um DT diferente do valor da carga térmica, nesse caso, deve-se modificar o DT para que se adeque aos valores correspondentes ao do catálogo do fabricante.

Equação para correção da carga térmica pelo DT:

$$C_c = (DT_{cat} / DT_{req}) \times Q_o$$

Onde:

C<sub>c</sub> = Capacidade corrigida

DT<sub>cat</sub> = DT catálogo

DT<sub>req</sub> = DT requerido

Q<sub>o</sub> = carga térmica

C<sub>c</sub> = 6/8 x 8798,57 = 6598,9 kcal/h

Esse valor não irá modificar a carga térmica, ele é apenas um equivalente em relação a tabela do catálogo do fabricante.

Segundo a tabela 17, observando os dados fornecidos, o modelo que mais se adequa a necessidade da câmara de armazenamento é o modelo BMG 310, pois o valor do interpolamento para temperatura de  $-28^{\circ}\text{C}$  é de 7776 kcal/h, esse valor fornecido é o que mais se aproxima para mais do valor da carga térmica necessária para a câmara.

Ao pré-selecionar o evaporador, verifica-se a vazão, essa verificação está relacionada ao número de vezes que o evaporador dar vazão a todo volume de ar da câmara, é necessário fazer essa verificação pois existem recomendações para produtos congelados, que deverá ter no mínimo 40 e no máximo 80 trocas de ar.

Equação para calcular as trocas de ar:

$$T_{ar} = V_{evap} / v$$

Onde:

$T_{ar}$  = trocas de ar

$V_{evap}$  = vazão do evaporador

$v$  = volume da câmara

Trocas de ar =  $11985/281,8 = 42,5$ .

O valor obtido de troca de ar é o recomendado, pois está entre os valores de 40 e 80 trocas, portanto, o modelo BMG 310 de evaporador seria o mais adequado.

#### 4.7.3 Válvula de expansão

Para selecionar a válvula de expansão, utiliza-se a temperatura de evaporação, temperatura de condensação, fluido, pressão ( $\Delta P$ ) e a carga térmica selecionada para o evaporador, como visto no item 4.7.2, o  $Q_{evap}$  é 10368 kcal/h = 12,05kW.

Para o cálculo do  $\Delta P$ , utiliza-se as pressões correspondentes a temperatura de condensação e a temperatura de evaporação (tabela 15), pelo diagrama de mollier, a pressão em relação a  $T_{cond}$  de  $40^{\circ}\text{C}$  é 18 bar e a  $T_{evap}$  de  $-28^{\circ}\text{C}$  é 2,2 bar, porém sabe-se que o fluido refrigerante ao percorrer a distância até a válvula perde um pouco de pressão. Essa perda de pressão dependerá de muitas condições da instalação, como as distâncias no prédio, localização da casa de máquinas, etc. Assim, para efeitos de cálculos neste projeto considera-se que a pressão perdida seja de 0,5 bar, que deve ser corrigido após a instalação ter sido feita. Desta forma:

$$\Delta P = P_{cond} - P_{evap}$$

Onde:

$\Delta P$  = Variação de pressão

$P_{cond}$  = pressão de condensação

$P_{evap}$  = pressão de evaporação

$$\Delta P = P_{cond} - P_{evap}$$

$$\Delta P = 18 - 2,2 - 0,5$$

$$\Delta P = 15,3 \text{ bar}$$

A tabela 18 a seguir, apresenta os modelos de válvula de expansão.

**Tabela 18** – Tipos de válvulas para R404a.

Tipo de válvula	N° do			
	orifício	Queda de pressão através da válvula $\Delta P$ bar		
<b>T<sub>evap</sub> = -20°C</b>		<b>14</b>	<b>15,3</b>	<b>16</b>
TES 12-4.2	01	11,9 kW	11,73 kW	11,7 kW
TES 12-6.8	02	19,5 kW	19,33 kW	19,3 kW
TES 12-10.0	03	29,1 kW	28,93 kW	28,9 kW
<b>T<sub>evap</sub> = -28°C</b>		<b>14</b>	<b>15,3</b>	<b>16</b>
TES 12-4.2	01	9,98 kW	9,81 kW	9,78 kW
<b>TES 12-6.8</b>	<b>02</b>	16,46 kW	<b>16,21 kW</b>	16,18 kW
TES 12-10.0	03	24,62 kW	24,51 kW	24,5 kW
<b>T<sub>evap</sub> = -30°C</b>		<b>14</b>	<b>15,3</b>	<b>16</b>
TES 12-4.2	01	9,5 kW	9,33 kW	9,3 kW
TES 12-6.8	02	15,7 kW	15,44 kW	15,4 kW
TES 12-10.0	03	23,5 kW	23,41 kW	23,4 kW

Fonte: Danfoss, 2021.

Segundo a tabela 18, observando os dados fornecidos pelo catálogo do fabricante, o tipo de válvula que mais se adequa é a TES 12-6.8 (número do orifício 02), pois é aquela

cujo valor da carga térmica é pouco acima do evaporador (12,05 kW) com o fluido R404a e temperatura de evaporação -28°C.

## 5 RESULTADOS

Ao fim do trabalho, conclui-se que através dos cálculos dos dimensionamentos e carga térmica realizados foi possível projetar um túnel de congelamento e uma câmara frigorífica de armazenamento para produção de filé de tilápia congelada. Na tabela 19 é possível observar o resumo da carga térmica e equipamentos selecionados.

**Tabela 19** - Resumo dos dados e equipamentos selecionados para o túnel e para a câmara.

	<b>Túnel de congelamento</b>	<b>Câmara de armazenamento</b>
<b>Carga térmica</b>	22037,7 kcal/h ou 25,588 kW	8798,57kcal/h ou 10,2327kW
<b>Unidade condensadora</b>	Modelo LH175/6G-30.2Y	Modelo LH104/4TCS-8.2Y
<b>Evaporador</b>	Modelo BNE 450 6V	Modelo BMG 310
<b>Válvula de expansão</b>	Modelo TES 20-16.7	Modelo TES 12-6.8

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 91, de 11 de maio de 2001**. Aprova o Regulamento Técnico - Critérios Gerais e Classificação de Materiais para Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos constante do Anexo desta Resolução. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 93, Seção 1, p. 27, 2001.
- ALCESTE, C. & Jory, D. E. **Análisis de las tendencias actuales en la comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica y la Unión Europea**. In: Congresso Sul-americano de Aqüicultura. Recife: Anais, p. 349-364, 1998.
- ARAÚJO, M. T. et al. **Avaliação do rendimento de filé da tilápia do Nilo. Utilizando diferentes modos de filetagem**. JEPEX - UFRPE - Recife, 2013.
- ASHRAE, ASHRAE Handbook – **Refrigeration**. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 2018
- BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. 2. Edição. Santa Maria: Editora UFSM, p. 352, 2009.
- BARROSO, R. M. et al. **Gerenciamento genético da tilápia nos cultivos comerciais**. 1. Ed. Palmas, TO: Embrapa, p. 27, 2015.
- BORGUETTI, N.R.B., OSTRENSKY, A. & BORGUETTI, J.R. **Aqüicultura – uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo**. Curitiba: grupo integrado de aqüicultura e estudos ambientais, 2003.
- BOSCOLO, W.R., HAYASHI, C. & MEURER, F. **Digestibilidade Aparente da Energia e Nutrientes de Alimentos Convencionais e Alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.)**, 2002.
- BOSCOLO, W.R. **Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.)**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. p. 98, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952**. Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1, p. 10785, 1952.
- BRASIL. Ministério da Justiça. Secretaria de direito econômico. Departamento de proteção e defesa do consumidor. **Nota Técnica nº 19 de 2009. Comercialização de pescado congelado**. Brasília, DF, 2009.
- BYKOWSKI, P.; DUTKIEWICZ, D. **Freshwater fish processing and equipment in small plants**. Roma: FAO Fisheries Circular n. 905, p. 59, 1996.
- CINTRA, I. H. A. **Apostila de tecnologia do pescado II: material apostilado**. UFRA, p. 15, 2007.

- CREDER, H. **Instalações de Ar Condicionado**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2004.
- CRIBB, A. Y.; SEIXAS, J. T.; MELLO, C. R. P. **Manual técnico de manipulação e conservação de pescado**. 1. Ed. Brasília, DF: Embrapa, p. 48, 2018.
- EMBRAPA. Circular técnica. **Produção de tilápia: mercado, espécie, biologia e recreia**. Teresina. 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/69806/1/Circular45.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2021.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre, Artmed, p. 602, 2006.
- FIRETTI, R.; GARCIA, S. M. e SALES, D. S. **Planejamento estratégico e verificação de riscos na piscicultura**. 2007. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_4/Planejamento/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Planejamento/Index.htm). Acesso em 26 abril 2021.
- HILDSORF, A.W.S. **Genética e cultivo de tilápias vermelhas: uma revisão**. Boletim do Instituto de Pesca, vol. 22, p.73-84. 1995.
- HUSS, H.H. Prepackaged fresh fish. In: KREUZER, R (Ed.). **Fish inspection and quality control**. London: Fishing News (Books) Limited, p.60-65. 1971.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION – IIR. **Temperature indicators and time-temperature integrators: 3rd inforamatory note on refrigeration and food**. Paris, p. 3, 2004.
- JORY, D. E.; ALCESTE, C.; CABRERA, T. R. **Mercado y comercialización de tilápia en los Estados Unidos de Norteamérica**. Panorama Acuícola, México, v. 5, n. 5, p. 50-53, 2000.
- LAMBOOIJ, E.; VAN DE VIS, J.W.; KUHLMANN, H.; MÜNKNER, W.; OEHLENSCHLÄGER, J.; KLOOS TERBOER, R.J.; PIETERSE, C. **A feasible method for humane slaughter of eel (*Anguilla anguilla* L.): electrical stunning in freshwater prior to gutting**. Aquaculture Research, v.33, p.643-652, 2002.
- LINS, P. M. O. **Beneficiamento do pescado**. Pará: IFPA, p. 98, 2011.
- LOPES, R. L. T. **Dossiê Técnico: Conservação de alimentos**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. CETEC, Minas Gerais, p. 17, 2007.
- LOVSHIN, L.L. **Red tilapia or Nile tilapia: which is the best culture fish?** In: Simpósio Sobre Manejo e Nutrição de Peixes. Piracicaba: Anais do CBNA, p.179-198. 1998.
- MACIEL, E. da S.; GALVÃO, J. A.; ARRUDA, L. F. de; SAVAY-DA-SILVA, L. K.; ANGELINI, M. F. C.; OETTERER, M. **Recomendações técnicas para o processamento da tilápia**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 65, 2012.
- MARSH, K.; BUGUSU, B. **Food packaging - Roles, materials, and environmental issues: Scientific status summary**. Journal of Food Science, v. 73, n. 3, p. 39-55, 2007.

MINOZZO, M.G. **Processamento e Conservação do Pescado**. Curitiba, PR: IFP 2011.

MINOZZO, M.G.; DIETERICH, F. **Filés frescos e congelados de tilápias**. In: BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A. Industrialização de tilápias. Toledo: GFM, p. 49-61, 2007.

MORO, G. V. et al. **Anatomia e fisiologia de peixes de água doce**. In: RODRIGUES, A. P. O. et al. Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. 1. ed. Brasília: Embrapa, p. 301-336, 2013.

MPA. **Melhoramento Genético da Tilápia**. 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2013/12/governo-federal-investe-no-melhoramento-genetico-da-tilapia>. Acesso em 25 abr. 2021.

OETTERER, M. **Aproveitamento do resíduo sólido de peixe, camarão e bivalves como ingrediente de ração para aquicultura**. Tese (Saneamento Ambiental) - Universidade Presbiteriana Mackenzie. Piracicaba, SP. 1999.

OETTERER, M. et al. **Congelamento é o melhor método para a conservação do pescado**. Visão agrícola nº11, p. 137-139, SP. 2012.

OLIVEIRA, E.G.; SANTOS, F.J.S.; PEREIRA, A.M.L. e LIMA, C.B. **Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria**. Circular Técnica, vol. 45, n. 12, p. 1-12. 2007.

OGAWA, M., MAIA, E.L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: VARELA, p. 430, 1999.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M.I.C.; ÁLVAREZ, L.F.; SANZ, M.L.G.; MINGUILLÓN, G.D.G.F.; PERALES, L.H.; CORTECERO, M.D.S. **Tecnologia de alimentos: componente dos alimentos e processos**. Porto Alegre, RS: Artmed. v. 1, p. 294, 2005.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre, RS: Artmed. v. 2, p. 279, 2005.

PEIXE BR. **Lançamento anuário peixe BR de piscicultura**. 2020. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/lançamento-anuario-peixe-br-de-piscicultura-piscicultura-2020/>. Acesso em 05 maio 2021.

PEREIRA, E.P & Gameiro, A.H. **Análise da tilapiacultura brasileira com ênfase no comércio internacional**: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Londrina. 2007.

PEREIRA, V., DORIA, E., JUNIOR, B., SILVEIRA, V., & FILHO, L. **Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos refrigerados e congelados**. Ciência e tecnologia de alimentos, p. 158-165, 2010.

RIBEIRO, C. S.; MOREIRA, R. G. **Fatores ambientais e reprodução dos peixes**. Revista da Biologia, São Paulo, n. 8, p. 58-61, 2012.

SIMÕES, M.R., RIBEIRO, C.F.A., RIBEIRO, S.C.A., PARK, K.J. & MURRI, F.E.X. **Composição físico-química, microbiológica e rendimento do Filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*)**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, SP. 2007.

SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. **Introducción a la ingeniería de los alimentos**. ed. 2. Zaragoza (España): Acribia, S. A., 2009.

SOFTWARE: **CalcPsychrometrico**, empresa Delta T Software, versão 1.0.15, 2018.

SOUZA et., al. **Defumação da tilápia do Nilo inteira eviscerada e filé: aspectos referentes às características organolépticas, composição centesimal e perdas ocorridas no processamento**. Revista Brasileira de zootecnia. Viçosa-MG, 2014.

SUFRAMA. **Projeto Potencialidades Regionais: estudo de Viabilidade Econômica: Piscicultura**. Manaus, AM, p. 72, 2003.

VERANI, J. R. (1980) - **Controle populacional em cultivo intensivo consorciado entre tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS, 1757) e o tucunaré comum, SCHNEIDER, 1801. *Cichla ocellaris* – aspectos quantitativos**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, p. 116, 1980.

VICENTE, I.S.T. e FONSECA, C.E. **Impact of Introduced Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on Non-native Aquatic Ecosystems**. Pakistan Journal of Biological Sciences, v. 16, n. 3, p. 121-126. 2013.