



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ARISTACIO PEREIRA SANTOS

**PIRÓLISE LENTA DE BIOMASSA PARA CONSERVAÇÃO DE CARNES E  
DERIVADOS**

Cruz das Almas - BA

2022

ARISTACIO PEREIRA SANTOS

**PIRÓLISE LENTA DE BIOMASSA PARA CONSERVAÇÃO DE CARNES E  
DERIVADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Andrade Torres

Coorientador: Prof. Me. Gilmar Emanuel  
Silva de Oliveira

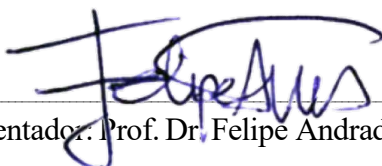
Cruz das Almas – BA

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

ARISTACIO PEREIRA SANTOS

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sendo aprovada em sua forma final pela banca examinadora:



---

Orientador: Prof. Dr. Felipe Andrade Torres

---

Prof. Me. Vânio Vicente Santos de Souza

---

Prof. Me. Gilmar Emanuel Silva De Oliveira

Cruz das Amas, 2022

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças todos os dias para continuar lutando em busca de um objetivo tão esperado.

Aos meus pais que até hoje me motivam a continuar em busca desse objetivo.

Aos meus verdadeiros amigos que fiz ao longo dessa trajetória, incluindo todos que dividiram moradia comigo, na Residência Universitária Hospital, a qual sou muito grato.

A todos meus irmãos, de sangue e de consideração.

Ao meu padrinho e madrinha de batismo que me ajudaram desde o início.

Agradeço a todos os professores que tive a oportunidade de aprender.

## RESUMO

Existem vários tipos de defumadores no mercado a depender da necessidade e o do poder aquisitivo do cliente. Geralmente, pequenos produtores buscam modelos com valores mais acessíveis, porém, até os equipamentos de pouca tecnologia agregada e menos robustos apresentam preços que muitas vezes pesam no orçamento do projeto. Este trabalho teve como objetivo dimensionar, desenvolver e avaliar um defumador artesanal que apresentasse praticidade que fosse eficiente no processo de defumação de carnes e que obtivesse um valor final agregado mais acessível que os modelos encontrados no mercado. Nesse sentido, inicialmente foram avaliados alguns modelos convencionais de defumadores; seguido de um projeto de dimensionamento e posterior construção de dois protótipos de baixo custo. Ambos os modelos foram avaliados através dos perfis de temperatura de defumação, capacidade operacional e custo total. Para o processo de defumação, 2 tipos de biomassas foram utilizados (pitangueira e goiabeira). As amostras resultantes dos testes de defumação foram submetidas a uma pesquisa de satisfação, afim de avaliar a qualidade do produto final agregado e a correspondência com o tipo de biomassa utilizada.

Palavras chaves: Queimadores, Defumação, Pirólise, Planejamento.

## **ABSTRACT**

There are several types of smokers in the market depending on the customer's need and purchasing power. Generally, small producers look for models with more affordable values, but even low-tech, less robust equipment has prices that often weigh on the project budget. This work aimed to size, develop and evaluate an artisanal smoker that presented practicality that was efficient in the meat smoking process and obtained an aggregate final value more accessible than the models found in the market. In this sense, some conventional smoking models were initially evaluated; followed by a design of sizing and subsequent construction of two low-cost prototypes. Both models were evaluated under the ranges of smoking temperature profiles, operational capacity and total cost. For the smoking process, 2 types of biomass were used (pitangueira and guava). The samples resulting from the smoking tests were submitted to a satisfaction survey in order to evaluate the quality of the aggregated final product and the correctness with the type of biomass used.

Keywords: Burners, Smoking, Pyrolysis, Planning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de defumação a frio .....	14
Figura 2 - Processo de defumação a quente .....	15
Figura 3 - Modelo de defumador vendido pela empresa A.....	16
Figura 4 - Obtenção de fumaça líquida .....	17
Figura 5 - Sentido do fluxo de calor.....	18
Figura 6 - Características de um empreendedor.....	23
Figura 7 - Biomassas de reflorestamento, Acacia e Eucalipto .....	25
Figura 8 - Amostras testadas .....	25
Figura 9 - Fluxograma do processo de defumação de linguiça.....	27
Figura 10 - Tratamento A.....	28
Figura 11 - Tratamento B.....	28
Figura 12 - Processo de construção do defumador caseiro .....	29
Figura 13 - Etapas de fabricação do defumador: (A) tambores utilizados; (B) detalhe do processo de soldagem do defumador; (C) detalhes do revestimento refratário .....	30
Figura 14 - Etapas de fabricação do defumador: (A) instalação dos rodízios; (B) remoção da pintura antiga (C) processo de pintura com tinta automotiva.....	31
Figura 15 - Etapas de fabricação do defumador: (A) Protótipo A finalizado com a instalação da chaminé; (B) cesto para acomodação das carnes (C) termômetro.....	32
Figura 16 - Materiais para fabricação do protótipo B: (A) fogão doméstico inutilizado; (B) lata usada de tinta; (C) termômetro analógico de defumador .....	33
Figura 17 - Protótipo B montado para o teste 1 .....	34
Figura 18 - Protótipo B montado para o teste 2 .....	35
Figura 19 - Método de controle da temperatura nos testes 1 e teste 2 .....	35
Figura 20 - Gráfico do perfil comparativo de temperaturas obtidos nos testes com o Protótipo A .....	37
Figura 21 - Gráfico de variações de temperatura no teste 1 e no teste 2.....	38
Figura 22 - Amostra de frango defumado a partir do primeiro teste do Protótipo A.....	41
Figura 23 - Frangos defumados nos testes do protótipo B: (a) utilizando biomassa de pitangueira ; (b) utilizando biomassa de goiabeira.....	41
Figura 24 - Pesquisa sensorial de satisfação .....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo de fabricação do protótipo A .....	39
Tabela 2 - Custos de fabricação do protótipo B .....	40



## LISTA DE SÍMBOLOS

A Área [ $m^2$ ]

$C_p$  Capacidade calorífica, [ $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ]

$g$  Aceleração da gravidade [ $m \cdot s^{-2}$ ]

$h$  Coeficiente convectivo [ $W \cdot m^{-2}K^{-1}$ ]

$k$  Condutividade térmica [ $W \cdot m^{-1}K^{-1}$ ]

$L$  Comprimento característico [m]

$Q$  Taxa de transferência de calor [W]  $Ra$  = Número adimensional de Rayleigh

$Re$  Número adimensional de Reynolds

$V$  Vetor velocidade, [ $m \cdot s^{-1}$ ]

### Letras gregas

$\alpha$  Difusividade térmica [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]

$\beta$  Coeficiente de dilatação térmica [ $K^{-1}$ ]

$\mu$  Viscosidade dinâmica, [ $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$ ]

$\rho$  Densidade [ $kg \cdot m^{-3}$ ]

$\varepsilon$  Taxa de dissipação da energia cinética turbulenta, [ $m^2 \cdot s^{-3}$ ]

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. OBJETIVOS .....	12
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1 DEFUMAÇÃO.....	13
3.2 MÉTODOS DE DEFUMAÇÃO.....	13
3.2.1 DEFUMAÇÃO A FRIO .....	14
3.2.2 DEFUMAÇÃO A QUENTE .....	14
3.2.3 DEFUMAÇÃO LÍQUIDA .....	16
3.3 TRANSFERÊNCIA DE CALOR .....	17
3.4 PIRÓLISE.....	19
3.5 SUBPRODUTOS DA FUMAÇA .....	20
3.6 CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DOS PRODUTOS DE DEFUMAÇÃO .....	21
3.7 MODELO DE NEGÓCIO.....	21
3.7.1 EMPREENDEDORISMO.....	22
3.7.2 PLANO DE NEGÓCIOS .....	23
3.8 REVISÃO DE LITERATURA.....	24
3.8.1 Antônio (2020).....	24
3.1.2 Costa (2008).....	26
3.8.3 Schwert (2014).....	26
3.8.4 Barbosa e Otani (2018).....	28
4. METODOLOGIA.....	29
4.1 PROTÓTIPO A.....	30
4.2 PROTÓTIPO B.....	33
4.3 ANÁLISE SENSORIAL .....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
5.1 PERFIS DE TEMPERATURA .....	37
5.2 LEVANTAMENTO DE CUSTOS .....	39
5.3 AVALIAÇÃO SENSORIAL DAS AMOSTRAS DEFUMADAS .....	40
Amostras obtidas pelo Protótipo A .....	40
Amostras obtidas pelo Protótipo B .....	41
6. CONCLUSÕES.....	43
6.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	44
REFERÊNCIAS .....	45

APÊNDICE A - Modelo da Ficha de Avaliação Sensorial – Teste de Escala Hedônica ..... 47

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade são utilizadas diversas técnicas para aumentar o período de conservação dos alimentos para que seja possível armazená-los por mais tempo. Os métodos foram se aprimorando e cada processo com suas diferentes características tem seu espaço no mercado. Os métodos de conservação de alimentos cárneos deixaram de ser utilizados somente para aumentar a sua vida de prateleira e passaram a agregar boa aparência, aroma, textura, sabor, entre outras características organolépticas que conseqüentemente acabam por elevar o valor do produto.

O processo de defumação de maneira simplificada é a salga, secagem, cozimento e exposição do produto a fumaça. Os componentes da fumaça atuam como uma barreira química contra microorganismos, além de acrescentar características sensoriais que fazem o produto defumado ser diferenciado dos demais processamentos e por isso tem o apreço significativo dos consumidores (BARBOSA;OTANI, 2018).

Nas últimas etapas da defumação acontece o período de maior exposição da carne em contato com a fumaça. Esse processo ocorre através da pirólise lenta da biomassa, que é queima da madeira em processo lento e com uma quantidade reduzida de oxigênio, produzindo fumaça. Junto com a fumaça são liberados componentes químicos benéficos para a carne, que são as cetonas, ésteres, fenóis e cresóis. Também temos o benzenopireno que em excesso torna-se cancerígeno (SOUZA;NASCIMENTO, 2010).

O processo de defumação é feito geralmente numa câmara de defumação ou defumador. Pode ser encontrado no mercado de fumadores industriais que são mais robustos e de maior custo, como também defumadores de menor valor comercial, com geometria e acessórios de maneira simplificada. O processo de fluxo da fumaça gerada na pirólise pode acontecer de modo direto ou indireto. O equipamento de fluxo direto tem sua cabine de defumação na vertical e acoplada ao queimador, logo a fumaça flui diretamente ao produto. O defumador de fluxo indireto tem seu queimador em separado da cabine de defumação, ou seja, a fumaça de pirólise é gerada fora da cabine, fluindo indiretamente na carne.

Durante o processo de defumação podem ser identificados alguns problemas que comumente ocorrem pela falta de controle de variáveis dos defumadores, elevando o consumo energético do processo que cresce junto com o consumo da biomassa. A variação do fluxo de ar e temperatura no processo inicial de defumação podem levar a um excesso de defumação (poluição) da carne. Portanto, podem haver defeitos na carne defumada, pela aplicação inadequada dos parâmetros de processo como por exemplo, ou a carne não é defumada o suficiente ou está curada

demais. No segundo ponto o produto é perdido (em termos de valores sensoriais) e nos dois casos ocorre a queda da qualidade do produto e prejuízo ao fabricante (GARCIA, 2021).

## **2. OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Dimensionar, construir e avaliar um equipamento capaz de defumar proteínas diversas através da pirólise lenta de biomassas.

### **Objetivos específicos**

- Projetar, fabricar e testar um defumador com objetivo de defumar de forma eficiente carnes e derivados;
- Avaliar o perfil de temperatura obtido pelo processo de pirólise lenta;
- Comparar resultados de defumação e temperaturas de dois protótipos;
- Realizar testes de qualidade de defumação a partir de diferentes biomassas e intervalos de tempo de defumação;
- Levantar os custos envolvidos no processo de fabricação.
- Viabilizar um modelo de negócio para inserir o produto defumado no mercado.

→ 06 objetivos específicos

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 DEFUMAÇÃO

O processo de defumação é antigo, que tem por finalidade conferir aroma, sabor e cor característicos aos alimentos, ajudando na preservação do ranço das gorduras superficiais junto ao efeito bacteriostático, que aumenta a vida útil do alimento. De grande importância na defumação é a sua atuação como agente saporizante (de sabor), que através da fumaça proveniente da pirólise de biomassa, consegue agregar características peculiares ao produto (ROCCO, 1996).

A defumação é um meio de inserir no alimento a fumaça proveniente da combustão incompleta de algumas madeiras. Normalmente é comum o alimento passar pelo processo de secagem para depois ocorrer a deposição de fumaça e por fim, o cozimento do produto. O produto a ser defumado é colocado em uma câmara pré-aquecida junto ao carvão e a biomassa para gerar a fumaça, onde após a deposição direta da fumaça o produto passa por um cozimento final a partir do aquecimento da câmara (SCHWERT, 2014).

É entendido por defumação, o processo de aplicação da fumaça nos produtos alimentícios, produzida pela combustão incompleta de algumas biomassas selecionadas, com a finalidade de proporcionar cor, sabor, aroma e prolongar o tempo de prateleira. O efeito conservante que a defumação propõe aos produtos pode ser creditado à secagem superficial da matéria prima, perda parcial de umidade, fator que permite o desenvolvimento dos microorganismos do produto alimentício (BRUSTOLIN, 2013).

O calor afeta decisivamente mudando a solubilidade dos compostos da fumaça, devido ao efeito de fusão da gordura e à desnaturação das proteínas. No sistema convencional de defumação, as variáveis mais importantes são: A densidade da fumaça, que é controlada pela constante renovação periódica; a velocidade do ar que passa pela câmara de defumação, que é controlada através da regulagem das portas de entrada e saída da câmara; umidade relativa na câmara e a umidade do alimento a ser defumado (SCHWERT, 2014).

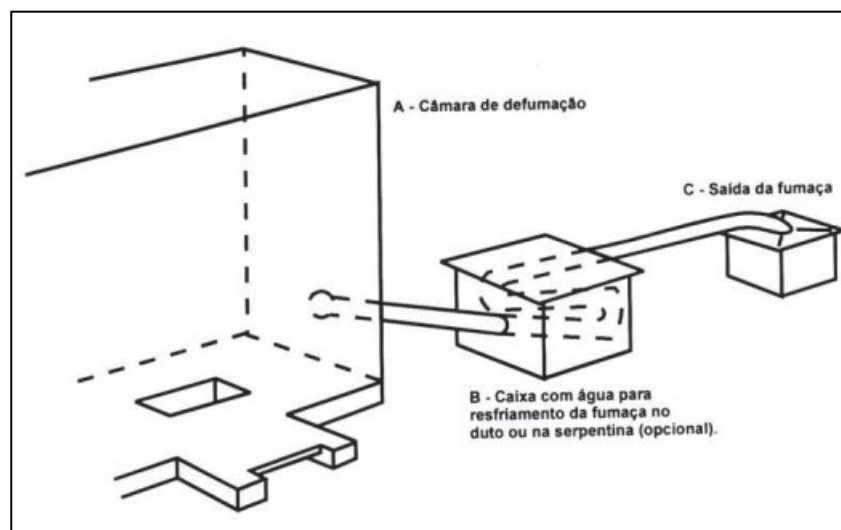
#### 3.2 MÉTODOS DE DEFUMAÇÃO

Normalmente o método de defumação mais conhecido e também mais antigo é a defumação a quente, em que o alimento fica exposto a fumaça e o calor proveniente da pirólise. Porém, esse não é o único método usado atualmente, existindo também a defumação a frio e a defumação líquida, que é uma método de defumação que vem sendo muito estudado nos últimos anos.

### 3.2.1 DEFUMAÇÃO A FRIO

Nesse processo de defumação ( Figura 1) a fumaça é gerada fora da câmara de defumação, sendo conduzida para dentro da câmara através de um duto ou uma serpentina. Quando a fumaça faz a passagem pelo duto acontece uma troca de calor e a fumaça entra na câmara com uma temperatura mais baixa. Esse processo também pode ser feito de forma mais eficiente com o duto passando dentro de um reservatório d'água antes de passar pela câmara. Esse método é recomendado para produtos mais sensíveis como os pescados, porém, também pode ser usado em outros tipos de carnes, pelo fato de produzir características organolépticas mais apreciáveis do que no processo a quente (ROCCO, 1996).

Figura 1 - Processo de defumação a frio



Fonte: ROCCO (1996)

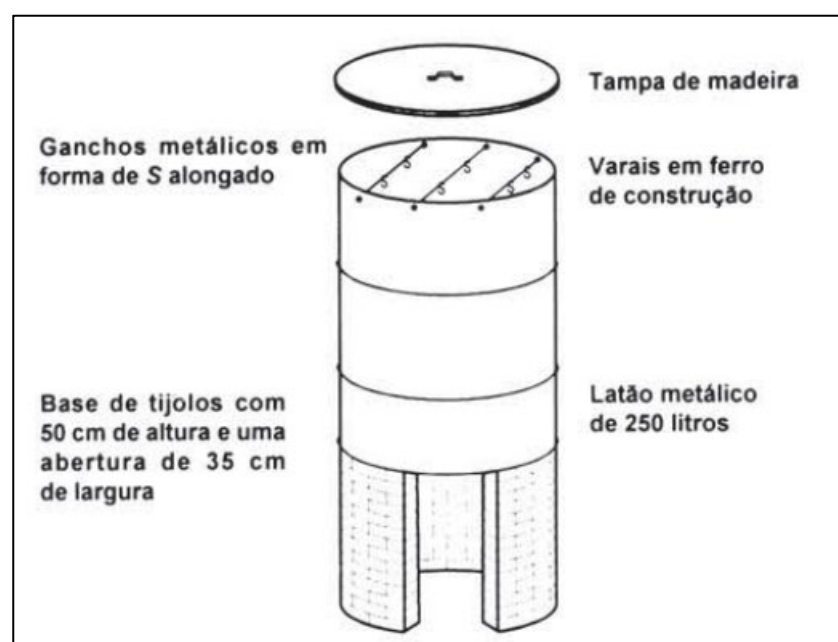
### 3.2.2 DEFUMAÇÃO A QUENTE

A defumação a quente acontece em temperaturas entre 65 °C a 123°C e a fumaça pode ser produzida no mesmo compartimento da câmara de defumação e sem a necessidade de resfriamento. O controle da temperatura é feito através da entrada e saída de ar, além da adição de carvão e biomassa. A temperatura do processo vai depender do tipo de carne a ser defumada, começando no pré-aquecimento com temperatura aproximada de 60°C e duração de cerca de uma hora e meia. A fase seguinte é a dessecação, onde a temperatura chega a 100°C e a carne atinge o ponto de coloração vermelha perdendo umidade em torno de 55 a 65% . O processo como um todo deve

levar de 2 à 16 horas de duração, a depender do tipo de carne (GARCIA, 2021).

O processo tradicional de defumação a quente pode ser realizado em vários tipos de defumadores, podendo ter fluxo de ar direto e indireto, defumadores robustos em escala industrial e também defumadores caseiros. A Figura 2 mostra um modelo de defumador caseiro construído com um tambor metálico de 250 litros, acomodado sobre um conjunto de tijolos e com abertura para servir de queimador, além da entrada de ar. Na parte superior tem um varal onde ficarão penduradas as carnes e uma tampa com o lugar da chaminé, onde é controlado o fluxo de saída de ar ou fumaça (ROCCO, 1996).

Figura 2 - Processo de defumação a quente



Fonte: ROCCO (1996)

Um modelo de defumador de pequeno porte ou caseiro, é vendido por uma empresa do seguimento. O defumador possui um sistema de fluxo de calor e fumaça de pirólise muito semelhante ao defumador da Figura 2, diferenciando-se pela geometria e material de fabricação. O modelo do equipamento é um Defumador de 72 L (Figura 3), fabricado em aço galvanizado, possui as dimensões (2,00 x 0,30 x 0,30 m) e suas especificações técnicas mostram que a biomassa de pirólise necessariamente deve ser na forma de serragem.



Figura 3 - Modelo de defumador para uso doméstico.



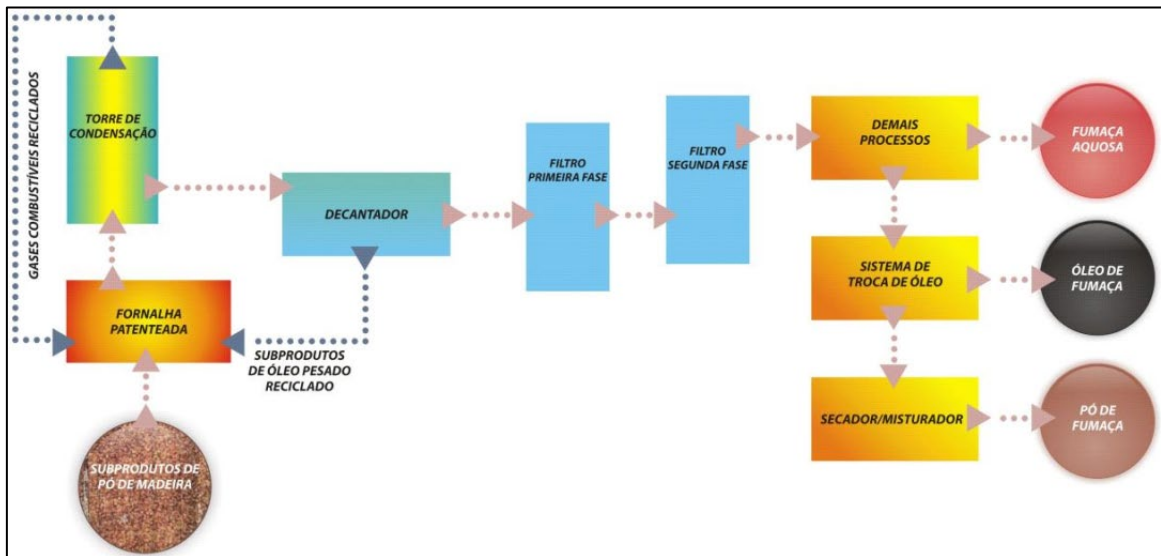
Fonte : Site de empresa (2022) online

### 3.2.3 DEFUMAÇÃO LÍQUIDA

É um método de defumação de carnes em substituição do processo convencional. Nesse procedimento é inserido na carne o aroma de fumaça ou fumaça líquida saborizante, que são extratos da fumaça filtrada. Entre as vantagens desse processo estão a higiene, o menor tempo de processamento, a utilização de fumaça, que proporciona diversidade em características organolépticas, além de um produto final com uniformidade de cor e sabor e uma redução dos compostos indesejados como hidrocarbonetos poliaromáticos (COSTA, 2008).

A obtenção da fumaça líquida acontece a partir da queima da biomassa em fornalhas, chamado *flash pirólise* (Figura 4). A fumaça gerada é condensada na torre de condensação e posteriormente vai para o tanque de água quente, onde passa pelo processo de decantação dos componentes de fumaça. A fumaça ainda passa por um processo de filtragem até obter um produto final de qualidade, rico em componentes benéficos. Em relação a defumação tradicionalmente à quente, a fumaça líquida tem a vantagem de diminuir os teores de benzenopireno na carne e também tempo o processamento é bem menor, podendo haver uma maximização da produção (SCHWERT, 2014).

Figura 4 - Obtenção de fumaça líquida



Fonte: SCHWERT (2014)

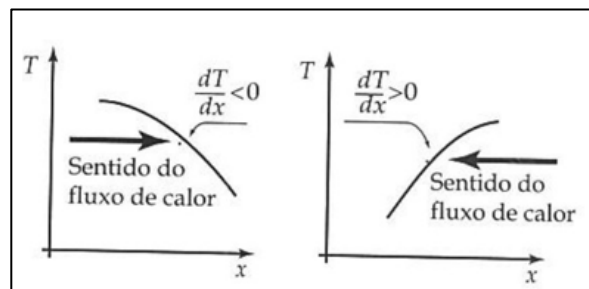
### 3.3 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Na termodinâmica o calor é definido como o processo de transferência de energia através da fronteira de um sistema de maior temperatura para outro sistema de temperatura inferior. Na engenharia a transferência de calor é comumente tratada em sistemas como, trocadores de calor, caldeiras, condensadores, aquecedores, fornos, refrigeradores e coletores de energia solar. A transferência de calor é uma grandeza vetorial e por isso, devem ser especificadas a direção e a sua magnitude. Com o conhecimento acerca da transferência de calor, é possível fazer uma análise dos sistemas com diferentes temperaturas e um posterior dimensionamento dos mesmos, determinando uma taxa fixa de transferência de calor entre eles (ÇENGEL; GHAJAR, 2012).

A transferência de energia ocorre de três formas, por condução, radiação e convecção podendo ser natural ou forçada. A transferência de calor por condução acontece de modo que as moléculas mais energéticas transfiram energia para as moléculas menos energéticas, em meio estático. Além desse processo ocorrer por diferença de temperatura, ele também depende da capacidade do fluido em realizar a transferência. O sentido do fluxo de calor pode ser visto na Figura 5 é expresso pela lei de Fourier da condução que é dada por:

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

Figura 5 - Sentido do fluxo de calor



Fonte: GARCIA (2021)

Observamos que a taxa de transferência de calor ( $\dot{Q}$ ) é proporcional a condutividade térmica,  $k$ , a área total,  $A$ , e ao gradiente de temperatura. O sinal indica que o sentido do fluxo de calor é do meio de maior temperatura para o de temperatura mais baixa (GARCIA, 2021).

A transferência por radiação acontece de modo que a energia é transmitida em forma de ondas eletromagnéticas, podendo ocorrer no vácuo, porém é necessário um meio material para gerar e outro para absorver energia. A taxa de emissão é escrita como:

$$\dot{Q} = \varepsilon \sigma A T_S^4 \quad (2.2)$$

Onde  $T_S$  é a temperatura da superfície e  $\sigma$  é a constante de Stefan – Boltzmann.

Diferente da condução, a convecção além da diferença de temperatura entre os sistemas, precisa do fluido em movimento para acontecer, ou seja, do escoamento do fluido que pode ser líquido ou gasoso. A taxa de transferência de calor por convecção é dada pela lei do resfriamento de Newton, onde  $h$  é coeficiente de calor por convecção, que é função das propriedades físicas do meio, do escoamento e da geometria (BORGNAKKE, 2009).

$$Q = hA\Delta T \quad (2.3)$$

Segundo Incropera (2008) problemas relacionados à transferência de calor também são classificados em dois diferentes grupos: regime permanente, em que não há variação de temperatura ao longo do tempo e regime transiente, em que há variação ao longo do tempo, ou seja, é diretamente dependente do tempo.

### 3.4 PIRÓLISE

O processo de queima da biomassa com baixas taxas de oxigênio é denominado pirólise. Todo o material orgânico depois de aquecido e com alta restrição de ar se degrada em gás, líquido e sólido. A depender do processo pode ser possível influenciar nessas proporções de estado final de pirólise, esse controle da principal reação pode ser feito via temperatura, velocidade de aquecimento e tempo de residência do vapor na câmara de combustão (CAMPOS, 2018).

A pirólise da lenha na ausência de ar, o aquecimento até 170 °C não causam nenhuma decomposição importante, a não ser a eliminação da umidade. A celulose após o desdobramento inicial dá a formação ao ácido acético como produto final, além de pequenas quantidades de furano e fenóis. A hemicelulose é pouco resistente ao calor e diante da rápida decomposição, produz derivados de furano e ácidos carboxílicos alifáticos, estes em maior proporção nas lenhas mais duras. A lignina, por sua vez, constitui o componente no qual deriva a maior parte do aroma. Na formação de alcatrão participam todos os componentes da biomassa, sendo que seus são decompostos a mais de 400 °C. Na pirólise da biomassa em presença de ar, que se dá na combustão lenta (por exemplo, queima de serragem umedecida). Trabalhando com temperaturas mais baixas, reduz muito a quantidade de produtos que se originariam em temperaturas elevadas (PARDI, 2007).

A pirólise convencional é lenta e comumente usada na queima da biomassa para produzir carvão vegetal. Uma das maiores preocupações dos compostos resultantes da pirólise é a presença de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAs), que são considerados tóxicos e carcinogênicos. Centenas de HPAs poderão ser formados durante a pirólise de biomassa e sua quantidade vai depender da reação, temperatura e quantidade de ar no processo. Temperaturas de 500 a 900 °C favorecem o aumento desses compostos (CAMPOS, 2018).

A pirólise, com a finalidade de produção de defumados, não pode ser feita utilizando qualquer tipo de biomassa. Para defumação, a biomassa deve ser seca, rígida-densa, sem casca e isenta de produtos químicos ou verniz. Geralmente, na defumação caseira é comum o uso de biomassa de frutíferas, como laranjeira, goiabeira, macieira, entre outras. Porém, num processo em larga escala pode ser escolhido trabalhar com madeiras de reflorestamento como, Acacia e Eucalipto, visando também o modo ambientalmente sustentável. Cada biomassa afetará de forma distinta o perfil de compostos liberados na fumaça agregada ao alimento, contribuindo para as diferenças de cor, sabor e aroma dos produtos defumados (ANTONIO, 2020).

### 3.5 SUBPRODUTOS DA FUMAÇA

Normalmente, os três principais motivos para praticar a defumação são: Preservação, melhora na aparência e o flavor. No decorrer do processo de pirólise a biomassa libera fumaça e nela estão aproximadamente 250 compostos químicos, como podemos ver no quadro 1. Os compostos fenólicos, formaldeído tem propriedades bacteriostáticas e os fenóis proporcionam proteção contra a oxidação da gordura (ROÇA, 2000).

A questão da coloração introduzida na carne acontece após a secagem da fumaça, a pigmentação dos componentes da fumaça e a formação de resinas colaboram para uma aparência agradável de cor caramelo, porém o acúmulo de substâncias de alcatrão trazem uma coloração escura tendendo ao preto. Os constituintes mais desejados para uma boa contribuição a respeito do flavor são ácidos orgânicos, fenóis e compostos de carbonilo, agregando na carne um flavor rico, pungente e aromático (ROÇA, 2000).

Quadro 1 - Principais produtos da fumaça

<b>PRODUTO</b>	<b>AÇÃO</b>
álcool metílico	antisséptica
ácido pirolenhoso	abaixa o pH e com o metanol produz ésteres
ácido carbônico	não atua
anidrido carbônico	não atua
aldeídos	antisséptica
cetonas	antisséptica
ésteres	aromatizante
fenóis e cresóis	antisséptica e aromatizante; desen- volvem a cor caramelo característica
3,4 benzopireno e 1,2,5,6 fenantraceno	carcinogênicos e aparecem em temperaturas altas de combustão

Fonte: ROÇA (2000)

Além dos compostos essenciais para uma boa defumação, a pirólise da biomassa também libera substâncias indesejadas e a principal delas são os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) que são compostos formados a partir da queima incompleta de material orgânico fazendo parte da classe de contaminantes alimentares, muitos sendo potencialmente carcinogênicos, como o benzo(a)pireno (BaP). No processo de defumação, as partículas de B(a)P são formadas na

queima incompleta da biomassa e esse processo é mais intenso nas últimas etapas da defumação, onde o alimento tem uma maior exposição à fumaça (SOUSA; NASCIMENTO, 2010).

O controle de parâmetros como temperatura, distância da fonte de queima até a carne e o fluxo de fumaça podem contribuir para diminuir a contaminação por B(a)P. Em processos industriais e modernos a câmara de pirólise fica separada da cabine de defumação, dessa forma é possível fazer com que a fumaça passe através de filtros antes de chegar até a carne, diminuindo o risco de contaminação. Na queima, a biomassa escolhida no processo é de grande importância, levando em conta o processo toxicológico, pois as madeiras macias são ricas em lignina e mais resinosas, com tendência a formar compostos cancerígenos, com isso a melhor escolha é a madeira dura (SOUSA; NASCIMENTO, 2010).

### 3.6 CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DOS PRODUTOS DE DEFUMAÇÃO

A análise sensorial faz parte do controle de qualidade dentro da indústria de alimentos. Esse é um processo de extrema importância, pois é a partir dessa análise que se avalia a aceitação do produto no mercado. Os testes devem ser extremamente criteriosos em relação às amostras testadas. Por conta de ser realizado por pessoas, estes podem sofrer alterações causadas pelos fatores psicológicos, afetando o resultado da avaliação. Geralmente uma equipe é montada a fim de realizar a análise sensorial e testar as características organolépticas do produto. São testados o efeito de processamento, a textura, o sabor, a estabilidade de armazenamento, a reação do consumidor, entre outros fatores. Para cada tipo de análise é elaborado um método de avaliação diferenciado, a depender da finalidade da avaliação a fim de alcançar uma resposta específica. Com os dados encontrados nos testes é feito um estudo estatístico encerrando o processo de viabilidade do produto (BRUSTOLIN, 2013).

### 3.7 MODELO DE NEGÓCIO

O mercado de alimentos de defumados tem se mostrado bastante atrativo devido ao seu crescimento e aceitação do mercado. Porém, não é tão simples abrir um negócio e fazer com que ele traga prosperidade financeira no futuro. Portanto é necessário um planejamento e estudo do ramo de empreendimento que se deseja implementar no mercado, além disso, é preciso fazer uma análise de viabilidade encontrando o modelo ideal de negócio que melhor se encaixe naquele determinado segmento.

### 3.7.1 EMPREENDEDORISMO

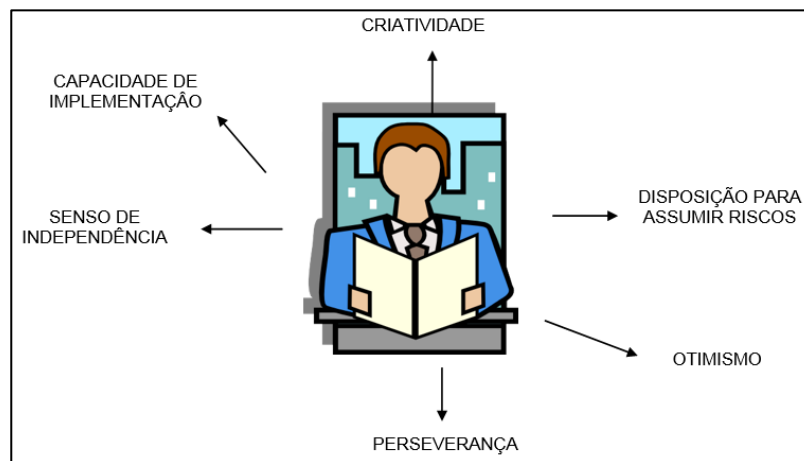
O empreendedorismo é um processo com objetivo de criar algo novo assumindo os riscos financeiros e psicológicos, porém, realizando uma análise de valor, com dedicação de tempo e esforço e o propósito de receber as consequentes recompensas da satisfação econômica e pessoal. Com os avanços da tecnologia, da comunicação, do marketing e impulsionados pelas redes sociais os empreendedores estão sendo incentivados a criar seu próprio negócio, mas, segundo estatísticas, a maioria não chega ao quinto ano de atuação. Atribuem-se os fracassos ao próprio empreendedor, que geralmente não compreende o mercado em que atua e acaba fazendo escolhas equivocadas (DORNELAS, 2001).

Segundo Dornelas (2001), os empreendedores vem quebrando barreiras comerciais e culturais, renovando os conceitos econômicos, criando novas relações de trabalho, renovando uma ordem econômica para a sociedade. O empreendedorismo é maior do que simplesmente abrir empresas, ou seja, empreender está relacionado à análise e implementação de oportunidades no mercado, vislumbrando o foco, a inovação e agregando valor. Os empreendedores têm seu diferencial em possuir uma motivação ímpar, apaixonados pelo que fazem querem ser reconhecidos e servir de referência ao trabalho de outras pessoas.

É necessário ressaltar que ter a ideia de um negócio e visualizá-lo, sem ter conhecimento algum sobre o ramo não adianta. Não é recomendável abrir uma empresa visando somente o lucro, deixando de lado o fato de se identificar com o ramo em que a empresa irá atuar.

Desta forma, para empreender um novo negócio, há algumas características que irão diferenciar o empreendedor de apenas um empresário. Enquanto o empresário é aquele que possui uma empresa, investe o capital e visa o lucro, o empreendedor é aquele que se envolve na criação do negócio sendo reconhecido por características que podem ser observadas na Figura 6.

Figura 6 - Características de um empreendedor



Fonte: DORNELAS (2001)

### 3.7.2 PLANO DE NEGÓCIOS

O plano de negócios é uma das principais ferramentas de gestão com enorme potencial para que o empreendedor possa ter sucesso em seu empreendimento. Com ela é possível compreender melhor a empresa, analisando a viabilidade do negócio e dando validade a idéia inicial. Um bom plano deve fazer a análise de um conjunto de dados e informações necessárias para um futuro empreendimento e dentre essas informações devem estar o produto ou serviço a ser oferecido e todos aspectos operacionais da empresa. Um plano bem elaborado irá aumentar as chances de sucesso do empreendimento ou até inviabilizar o mesmo para que nem venha sair do papel (RAINERT, 2011).

O melhor plano de negócio deve ser adotado de acordo com a necessidade do empreendimento, não existindo tamanho ou composição ideal. Não existe um plano universal aplicado a qualquer negócio, pois cada um conta com suas particularidades. Mesmo encontrando variações estruturais, num contexto geral de análises, dados e suas finalidades é normal encontrar pontos em comum. Um plano de negócios deve obedecer às seguintes etapas: sumário executivo, análise estratégica, descrição do negócio, equipe de gestão, plano operacional, plano de recursos humanos e plano financeiro (BIAGGIO; BATOCHIO, 2005).

Segundo Dornelas (2001) o sumário executivo deve ser a principal seção do plano de negócios, onde deverá ser mostrada uma síntese do que será apresentado em sequência, fazendo com que o leitor se sinta atraído por uma leitura interessante. A fase do sumário executivo explicita o nível de organização empresarial do negócio, a história, a constituição jurídica, a situação atual e as projeções futuras, tanto para pesquisa e desenvolvimento como para atividades operacionais e



financeiras. Depois do sumário pronto é necessário a descrição da empresa com um resumo da sua organização, destacando as características da empresa.

Na etapa do planejamento será analisado e preparado um plano específico que será posto em prática no futuro com o estudo necessário para o funcionamento do empreendimento a longo prazo, podendo ser usado para uma tomada de decisão mais a frente. O planejamento ajuda a direcionar, reduzir impactos em mudanças, minimiza os desperdícios e fixa padrões facilitando o controle. O planejamento estratégico é o processo contínuo com o maior conhecimento possível do futuro contido, ajudando a tomar decisões atuais que envolvam riscos (RAINERT, 2011).

O plano de marketing é onde acontece a ponte entre os produtos da empresa com o consumidor, despertando o desejo de compra. Nessa etapa é feita a análise do mercado, considerada de grande importância, pois com esta análise o negócio pode alcançar o seu diferencial perante a concorrência. O plano operacional geralmente descreve a estrutura, produção, aquisição, custos, qualidade, sistema de gestão, transporte, além de descrever a unidade financeira (COBRA, 1992).

A inclusão de um plano financeiro dentro do plano de negócios procura demonstrar um conjunto de projeções que possam refletir o desempenho futuro da empresa. Se bem elaboradas e fundamentadas, essas projeções mostraram uma imagem de estabilidade e de ganhos satisfatórios, passando a ser um dos principais pontos de avaliação da atratividade da empresa. Um ponto interessante é que o administrador deve estabelecer as metas financeiras de seu negócio, e por meio dos instrumentos financeiros acompanhar seu êxito (RAINERT, 2011).

Depois de elaboradas todas essas etapas teremos um plano de negócio por completo e assim o documento passa a servir de base ao empreendimento para o futuro.

### 3.8 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.8.1 Antônio (2020)

A escolha da biomassa interfere diretamente na qualidade e características do alimento defumado. No momento em que ocorre a pirólise, compostos voláteis são liberados entrando em contato com o produto. Cada biomassa libera compostos em concentrações distintas, o que proporciona diferentes tipos de sabor, cor, aroma, etc. No trabalho de Antonio (2020), foi realizado um estudo dos compostos voláteis liberados a partir de duas biomassas de reflorestamento, a *Acacia mearnsii* e o *Eucalyptus citriodora* (Figura 7).

Figura 7 - Biomassas de reflorestamento, Acacia e Eucalipto



Fonte: ANTONIO (2020)

Inicialmente foi realizado um processo de defumação de seis barrigas suínas. No processo foram usadas as biomassas de Acacia e eucalyptus, além disso, uma amostra comercial e outra sem nenhum tipo de defumação foram acrescentadas para modo de comparação.

As amostras (Figura 8) foram defumadas por 4,5 horas, refrigeradas por mais 12 horas e posteriormente armazenadas por 60 dias. Técnicas específicas foram utilizadas para encontrar os compostos químicos em cada amostra. Os resultados apontaram que a amostra de eucalyptus apresentou um pico de fenol 55 % maior do que a amostra de Acacia e a defumação de controle, enquanto que a amostra de Acacia mostra uma maior área de aldeídos, compostos que influenciam no aroma global do bacon.

Figura 8 - Amostras testadas



Fonte: ANTONIO (2020)

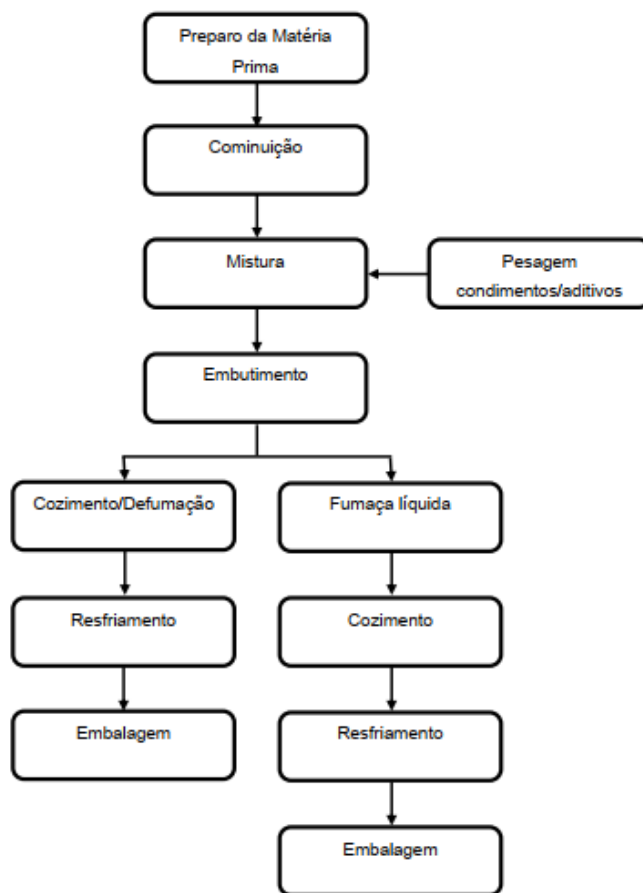
### 3.1.2 Costa (2008)

Uma das funções da defumação de alimentos é a de agregar valor comercial ao produto. O piau-vermelho (*Leoporinus conirostris*), como é conhecido popularmente, tem pouco valor comercial quando é vendido eviscerado. Diante da necessidade de aumentar o valor comercial do pescado, COSTA (2008), realizou um trabalho com o objetivo de analisar a aceitação do filé de piau defumado no mercado. No desenvolvimento do trabalho foi usado o método de defumação por fumaça líquida, usando as técnicas de aspersão e imersão. Depois de preparada, as amostras passaram por testes químico, microbiológico e sensorial. O teste sensorial foi realizado por 50 provadores não treinados que avaliaram características como, sabor, aroma, cor, textura e aparência. O resultado do teste trouxe a preferência pelo processo de defumação por aspersão, melhor aceitação em todas as características da análise.

### 3.8.3 Schwert (2014)

Um dos produtos defumados mais consumidos no Brasil é a linguiça e sua produção pode ser muito rentável. A análise de diferentes técnicas de defumação podem apontar um aumento na produção, redução de custos e uma melhora na qualidade do alimento defumado, elevando de modo significativo os lucros de determinada empresa. SCHWERT (2014) em seu trabalho avaliou a viabilidade do uso da fumaça líquida na produção de linguiça tipo calabresa. Usando as técnicas de defumação mostradas no fluxograma da Figura 9, foi feito o processo com duas amostras de fumaça líquida no mercado (A e B) e posteriormente essas linguiças foram embaladas e armazenadas por 28 dias. Durante esse período em intervalos de 7 dias foram realizados testes químico, microbiológico, de pigmentação e um teste sensorial.

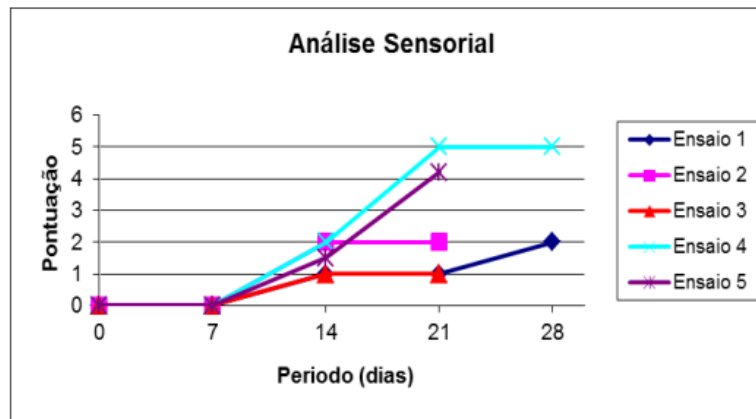
Figura 9 - Fluxograma do processo de defumação de linguiça



Fonte: SCHWERT (2014)

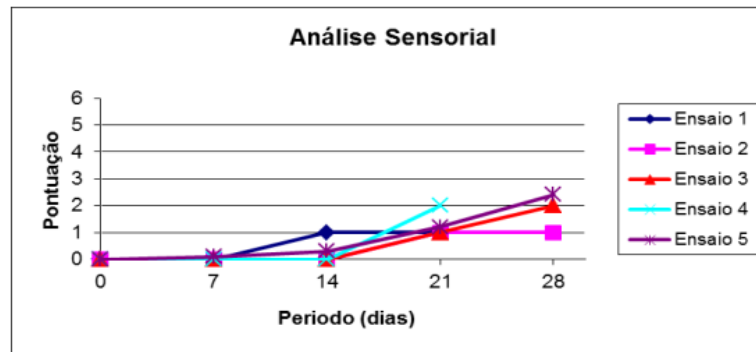
Para obtenção de resultados sensoriais foram colocadas 3 amostras, A, B e uma amostra – referência (uma linguiça defumada de modo tradicional). As amostras foram provadas por 10 pessoas treinadas que receberam junto com as amostras uma ficha de avaliação sensorial, onde cada avaliador pode expressar quanto a amostra-referência se diferenciou em relação a amostra – tratamento em relação a alteração no sabor típico de calabresa, isso numa escala de 0 a 9 que vai de nenhuma alteração até extremamente alterado. As Figuras 10 e 11 que trazem os gráficos das análise sensorial dos tratamentos A e B, mostrando a pontuação em função do período. Observamos que as amostras do tratamento B teve uma menor diferenciação de alteração no sabor típico em relação ao tratamento A, ou seja , a amostra B tem melhor estabilidade nas propriedades organolépticas em comparação a amostra de fumaça líquida A. Como o processo de defumação por fumaça líquida é mais rápida é concluído um ganho de processo relativo à defumação natural.

Figura 10 - Tratamento A



Fonte: SCHWERT (2014)

Figura 11 - Tratamento B

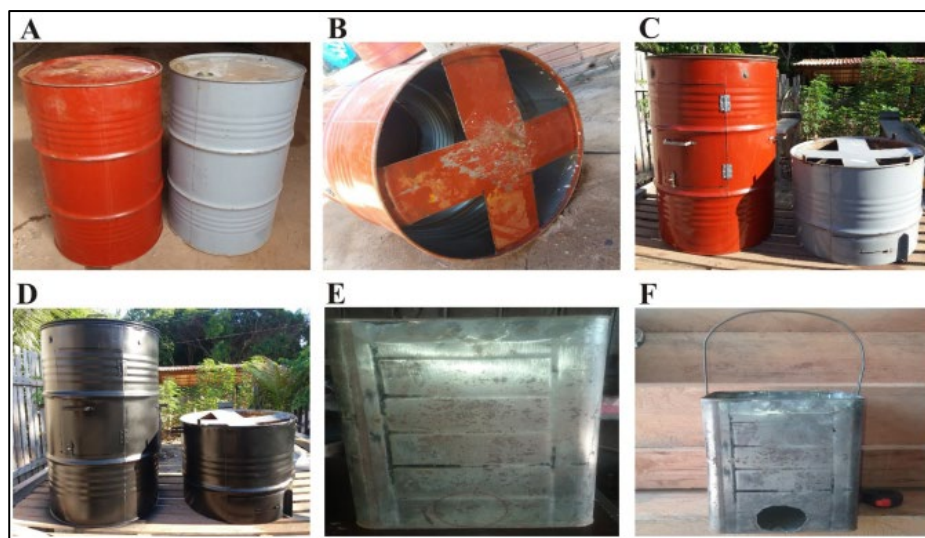


Fonte: SCHWERT (2014)

#### 3.8.4 Barbosa e Otani (2018)

Para realizar o processo de defumação é necessário a aquisição de um defumador e em muitos casos o valor não é considerado acessível. BARBOSA; OTANI (2018) realizaram um trabalho de transferência de tecnologia do pescado no oeste do Pará. Percebida a necessidade de agregar valor ao pescado, foi pensado o uso do processo de defumação e para diminuir o gasto do produtor, foi desenvolvido um defumador artesanal (Figura 12) usando materiais não convencionais e de fácil aquisição, encontrados na região do oeste do Pará. O objetivo do trabalho foi construir um defumador com um valor mais viável que os modelos comerciais. O defumador foi construído com tambores de aço, barra chata, haste de ferro e tinta de alta temperatura. O valor final do produto foi de 260,50 reais, conseguindo reduzir em 51 % em relação aos modelos comerciais.

Figura 12 - Processo de construção do defumador caseiro



Fonte: BARBOSA; OTANI (2018)

#### 4. METODOLOGIA

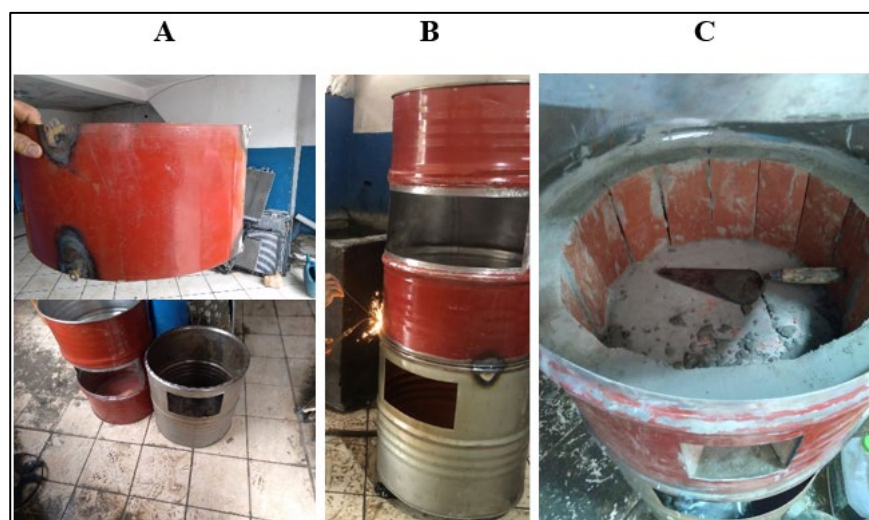
No trabalho foram construídos dois protótipos de defumadores, sendo estes denominados de Protótipo A e Protótipo B, respectivamente. Em função das diferentes características de dimensionamento e construção, foi possível encontrar diferentes resultados em termos de variação de temperatura, custos e qualidade do produto defumado. Após a conclusão dos defumadores foram feitos testes preliminares para avaliar os perfis de temperaturas obtidos durante os processos de defumação, para cada protótipo. Os primeiros testes foram realizados no Protótipo A e para estes testes foram selecionados diferentes períodos de defumação, em média 4 horas de duração. Com base nesses testes preliminares, definiu-se que o processo de defumação do primeiro protótipo seria de 4 horas. Entretanto, para o segundo defumador (protótipo 2) foi definido o intervalo de 8 horas, uma vez que segundo Rocco (1996), o processo completo de defumação do frango acontece durante um período médio de 8 horas. Com esse tempo de defumação fixado, a temperatura da câmara de defumação precisa ser estabilizada na faixa entre 65 °C e 85 °C e a temperatura interna do frango deve ficar próxima aos 68 °C.

#### 4.1 PROTÓTIPO A

Para a construção do protótipo A foram utilizados dois tambores com formato cilíndrico, 0,9 m de altura e diâmetro nominal de 0,58 m (Figura 13 A), com 0,9 m de altura e tampa superior removível. No tambor de cor cinza foi feito um corte em sua secção transversal reduzindo sua altura para 0,6 m. O tambor de cor cinza serviu como base de sustentação do queimador junto com a cabine de defumação, que foi construída com o tambor de cor vermelha. A ligação entre a base e a cabine foi realizada por meio do processo de soldagem oxi-gás (Figura 13 B), usando como metal de adição varetas de soldagem ferro cobreada.

No tambor vermelho foi construído o queimador na parte inferior do tambor, medindo 0,3 m de altura e os outros 0,6 m fizeram parte da cabine de defumação, onde ficaram as proteínas a serem defumadas. Na construção do queimador foram usados 28 tijolos refratários, que possuem as dimensões de 20x10x5 cm, argamassa refratária, cimento e areia fina, onde foi possível revestir toda a circunferência da base do tambor e as laterais como pode ser visto na Figura 13 C.

Figura 13 - Etapas de fabricação do defumador: (A) tambores utilizados; (B) detalhe do processo de soldagem do defumador; (C) detalhes do revestimento refratário



Fonte: próprio autor (2022)

Para que fosse possível a construção do queimador, fizemos um corte em forma de retângulo no centro do tambor vermelho, com a dimensão de 20x60 cm, facilitando o manuseio da parte interna inferior do tambor. Para que a câmara de defumação pudesse ser fechada, foi cortada uma chapa com as dimensões um pouco maiores para fazer a porta. Foram soldados 6 parafusos nas extremidades da abertura do tambor e na porta fizemos os furos. A porta é então fechada com

auxílio de 6 porcas borboleta.

Para dar mobilidade ao equipamento foram instalados quatro rodízios (dois com trava e dois sem) na tampa inferior externa do tambor de sustentação (Figura 14 A), afixados através de porcas e parafusos. Ainda no tambor de base fizemos um corte para uma porta medindo 30x15cm, sendo colocado uma porta aproveitando uma chapa, de mesma dimensão, duas dobradiças e um trinco chato. Essa porta servirá para guardar carvão e lenha. Também fizemos uma porta no queimador (dimensão 10x10), para entrada de ar no sistema e remoção das cinzas.

Com auxílio de uma esmerilhadeira com lixa e furadeira com escova de aço rotativa, foi feita toda a limpeza interna do tambor usado para câmara de defumação, evitando qualquer tipo de contaminação das carnes. Com um removedor de tintas fizemos a remoção de toda a tinta externa de todo equipamento montado (Figura 14 B) e posteriormente foi feita a pintura com tinta spray preto de alta temperatura como mostrado na Figura 14 C.

Figura 14 - Etapas de fabricação do defumador: (A) instalação dos rodízios; (B) remoção da pintura antiga (C) processo de pintura com tinta automotiva



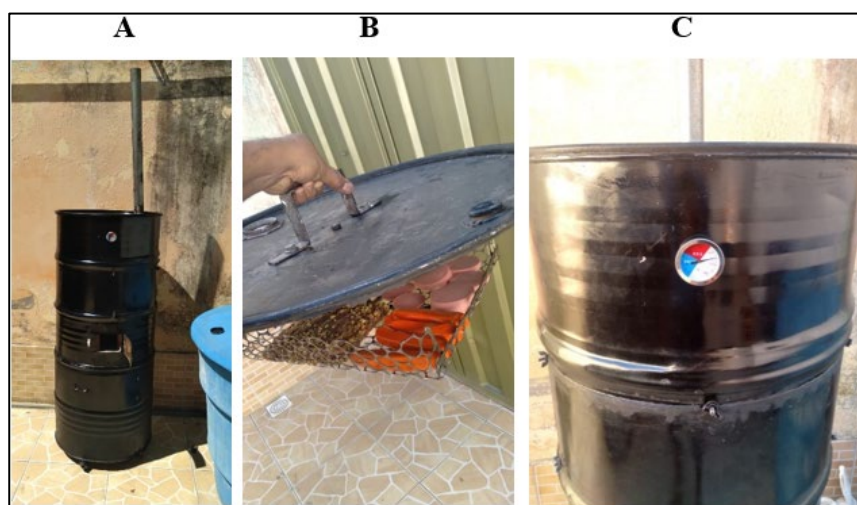
Fonte: Próprio autor (2022)

Para a condução e controle da saída de fumaça, foi instalado um tubo de ferro na tampa superior da cabine de defumação (Figura 15 A), no tubo foi colocada uma válvula borboleta, a fim de, poder regular a saída de fumaça. O tubo pode ser colocado e retirado por meio de rosca. Ainda na tampa superior foi colocado uma alça para facilitar a sua remoção. Também foi fixado um parafuso na tampa, uma extremidade presa a tampa, com porca, e a outra extremidade foram soldados dois parafusos na horizontal em forma de cruz, para poder pendurar as carnes e também segurar um cesto feito de chapa perfurada diâmetro 23 mm (Figura 15 B), que serve para acomodar as carnes que não podem ser penduradas.



A fim de obter dados referentes a temperatura de defumação, foi instalado no terço superior do tambor, na parte da cabine de defumação, um termômetro analógico (Figura 15 C) que foi empregado para as análises do comportamento do defumador em suas variações de temperatura. Visto que, elevados picos de temperatura afetam diretamente na qualidade da fumaça e do produto final defumado. Foi utilizado um termômetro da marca Smoker, modelo defumador e forno, com escala de temperatura de 0 °C e 330 °C e erro associado de 5,0 °C. Os erros experimentais resultantes dos testes foram calculados e inseridos diretamente nos gráficos dos resultados.

Figura 15 - Etapas de fabricação do defumador: (A) Protótipo A finalizado com a instalação da chaminé; (B) cesto para acomodação das carnes (C) termômetro



Fonte: Próprio autor (2022)

Após a construção do protótipo foram realizados testes, sendo três os testes realizados com o Protótipo A. Logo nos primeiros 5 minutos do primeiro teste houve um pico de 225 °C , necessitando o fechamento quase total da entrada de ar, voltando a ser aberto somente após 40 minutos depois. Posteriormente a temperatura foi caindo até o fim do teste e a temperatura de aproximadamente 70 °C.

O equipamento passou por um segundo teste e novamente houve um pico de alta temperatura, dessa vez depois de 55 minutos, e do mesmo modo anterior a temperatura foi controlada fechando quase totalmente a entrada de ar e parcialmente a saída na chaminé. Quando a temperatura atingiu 115 °C a entrada e a saída de ar foram abertas novamente e depois de 2:55 h de defumação o teste foi encerrado com uma temperatura próxima de 70 °C.

No terceiro teste não houve um pico de temperatura tão elevado como nos ensaios 1 e 2. Foi preciso fechar parcialmente a entrada de ar e parcialmente o fluxo na chaminé durante o teste. Posteriormente a temperatura se manteve próxima aos 100 °C, encerrando o teste com

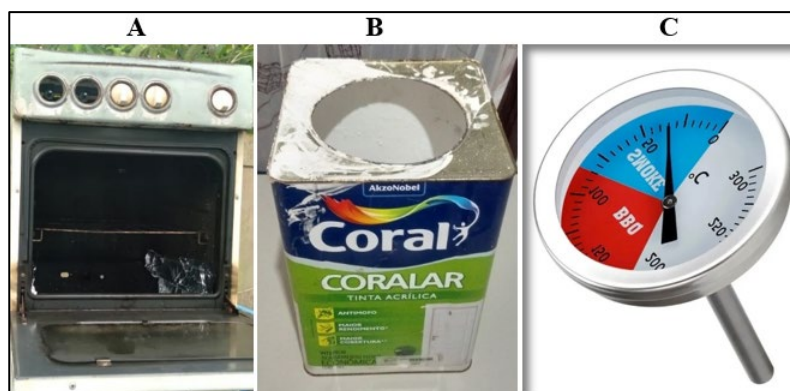
aproximadamente 75 °C.

Durante o teste 1 do Protótipo A, o frango foi a proteína escolhida para a defumação. Posteriormente após o período de defumação, foi registrado o aspecto visual da carne.

#### 4.2 PROTÓTIPO B

Com o objetivo de desenvolver um protótipo alternativo, de construção simplificada, com um menor custo e que seja eficiente no processo de defumação em baixas temperaturas, foi desenvolvido o segundo defumador ou protótipo B. Para sua construção foi usado um fogão comum (Figura 16 A) inutilizado servindo de câmara de defumação.

Figura 16 - Materiais para fabricação do protótipo B: (A) fogão doméstico inutilizado; (B) lata usada de tinta; (C) termômetro analógico de defumador



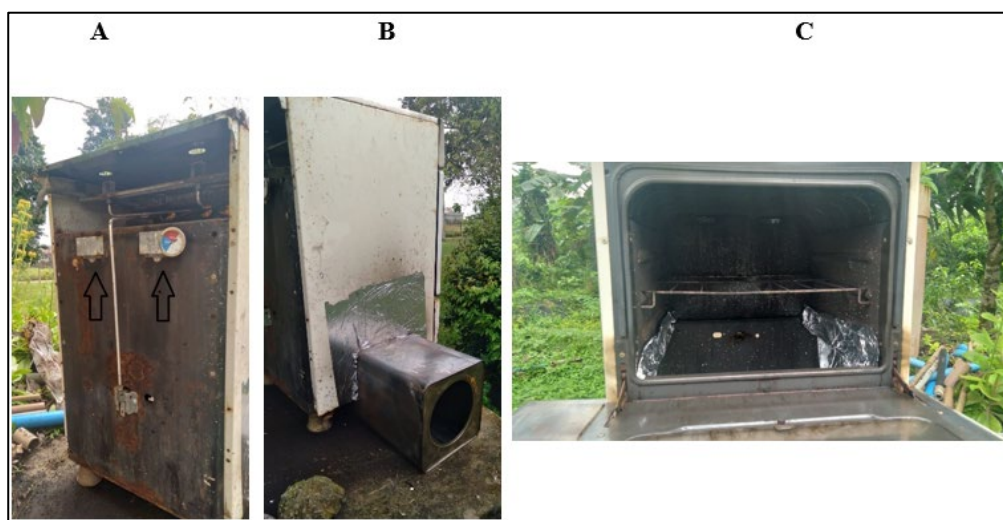
Fonte: Próprio autor (2022)

A câmara de defumação, que é o forno do fogão, possui as dimensões de (460 x 400 x 280) mm. Para construir o queimador onde ocorreu a pirólise, foi utilizado uma lata (Figura 16 B) de tinta com as dimensões (350 x 230 x 230) mm. Para remoção da tinta e resíduos da lata, após lavagem com água, foi posto fogo na lata, e deixado queimar por algumas horas. Na altura de 30 mm do fundo da lata foi feito um corte na sua secção transversal para que parte da lata adentrasse a camada inferior interna do forno do fogão, proporcionando uma área de fonte de calor e fumaça de 900 mm<sup>2</sup>. Como instrumento de leitura de temperatura foi usado um termômetro para defumador (Figura 16 C).

Na Figura 17, é possível identificar o defumador montado para a realização do primeiro teste. Observa-se uma indicação por setas (Figura 17 A), que são as saídas de ar do forno do fogão, que no protótipo foram usadas como chaminé, ou fluxo de saída de fumaça. O termômetro do

defumador pode ser visto instalado ao lado de uma das chaminés, registrando a temperatura da parte superior da cabine de defumação. Nota-se também que o queimador (Figura 17 B) está sem nenhuma proteção térmica, diferente do Protótipo A onde foi construída uma camada de tijolos refratários por todo o queimador.

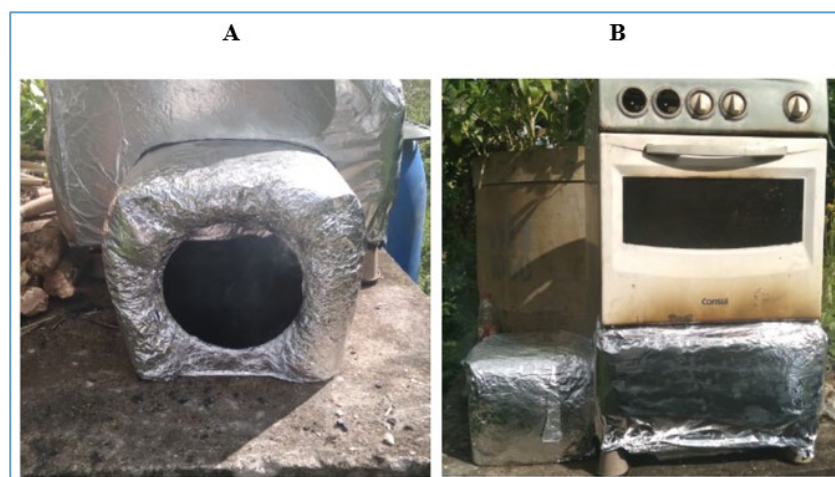
Figura 17 - Protótipo B montado para o teste 1



Fonte : Próprio autor (2022)

Foram feitos dois testes, os dois usando frango inteiro como a proteína a ser defumada. Foi utilizado o período de defumação de 8 horas nos dois casos. Nos dois testes foram obtidas variáveis de temperaturas distintas com os mesmos intervalos de tempo. Para a realização do teste 2 foi colocada lã de vidro, material isolante térmico, na parte externa do queimador (figura 18 A) e nas chapas inferiores do fogão (Figura 18 B), a fim de obter menor consumo de biomassa no processo de defumação e ao fim dos dois testes poder compará-los.

Figura 18 - Protótipo B montado para o teste 2



Fonte : Próprio autor (2022)

O controle da temperatura foi feito através da entrada de ar no queimador em ambos os testes. Para elevar a temperatura, a entrada do queimador foi mantida totalmente aberta (diâmetro de 160mm) e quando o sistema alcança a temperatura desejada, a entrada era posta parcialmente aberta (aproximadamente 5% da vazão total) como podemos ver na Figura 19. Esse processo foi repetido diversas vezes durante as 8 horas de defumação.

Figura 19 - Método de controle da temperatura nos testes 1 e teste 2



Fonte : Próprio autor (2022)

Com o propósito de fazer uma análise de qualidade do produto defumado, fizemos a defumação do frango no teste 1 com biomassa de pitangueira ( *Eugenia uniflora*), totalizando 3,55 kg de biomassa usada durante todo o teste. No teste 2, no processo de defumação do frango, foi usada biomassa de goiabeira, totalizando 1,97 kg de biomassa consumida durante todo o processo.

### 4.3 ANÁLISE SENSORIAL

Para obter um resultado relacionado à qualidade do produto defumado, foi realizada uma análise sensorial. Essa análise foi feita com base nos dados colhidos a partir de uma pesquisa de satisfação, utilizando as amostras defumadas (de frango) durante dois testes do Protótipo B. Durante estes testes foram utilizadas diferentes tipos de biomassas e também houveram variações de temperatura distintas. Escolheu-se a proteína de frango como o tipo de amostras a ser defumada. Esta escolha feita foi basicamente em função do custo deste tipo de proteína ser menor que outros tipos e pelo nível de aceitação positiva deste tipo de produto defumado.

De cada teste foram separadas 8 amostras com aproximadamente 25 g de frango defumado. As amostras foram primeiramente refrigeradas em um refrigerador doméstico, sendo então, posteriormente aquecidas por 30 segundos em um microondas, antes de serem repassadas aos avaliadores. Cada um dos 8 provadores (não treinados), que recebeu uma ficha de aceitação (APÊNDICE A) para preenchimento.

Um dos objetivos deste trabalho era fazer um estudo e análise de mercado com o objetivo de viabilizar um modelo de negócio de produtos defumados na região, porém por questões que dificultaram o levantamento de dados no presente momento a pesquisa não se inseriu no trabalho. Ficando somente o estudo da fundamentação teórica e a indicação no tópico de trabalhos futuros.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

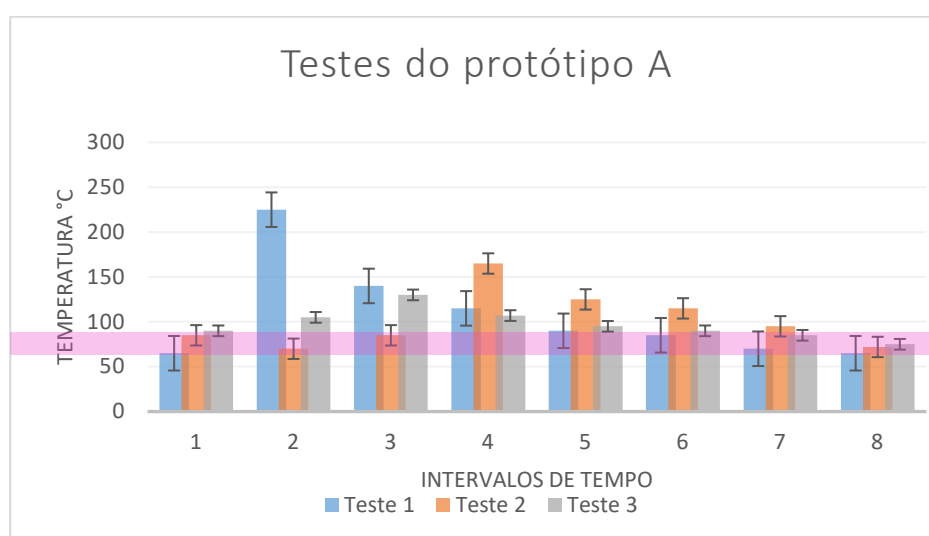
Neste capítulo são apresentados e discutidos os dados encontrados nos testes realizados a partir dos dois protótipos de defumadores que foram desenvolvidos. Os resultados das variações de temperatura, custos de fabricação dos protótipos e a qualidade do produto final.

### 5.1 PERFIS DE TEMPERATURA

#### Protótipo A

A avaliação do perfil de temperaturas obtidas para o Protótipo A, são apresentadas a seguir. Foram realizados três testes, com uma média de duração de aproximadamente 4 horas de defumação. Os resultados foram obtidos através da coleta de dados referente a temperatura interna do defumador (Figura 15 C). Logo no primeiro teste foi observado a dificuldade em manter a temperatura do equipamento de forma estável. Esta instabilidade é passível de ser observada no gráfico da Figura 20. Após os primeiros 10 minutos de ativação da pirólise, a temperatura apresentou um pico de 225°C, sendo posteriormente controlado com o bloqueio parcial de vazão de ar na entrada do queimador e também pelo fluxo de fumaça na chaminé. Nos próximos dois testes foram melhor controladas variáveis como a quantidade de biomassa, abertura e fechamento da entrada e saída de ar, obtendo valores mais estáveis.

Figura 20 - Gráfico do perfil comparativo de temperaturas obtidos nos testes com o Protótipo A



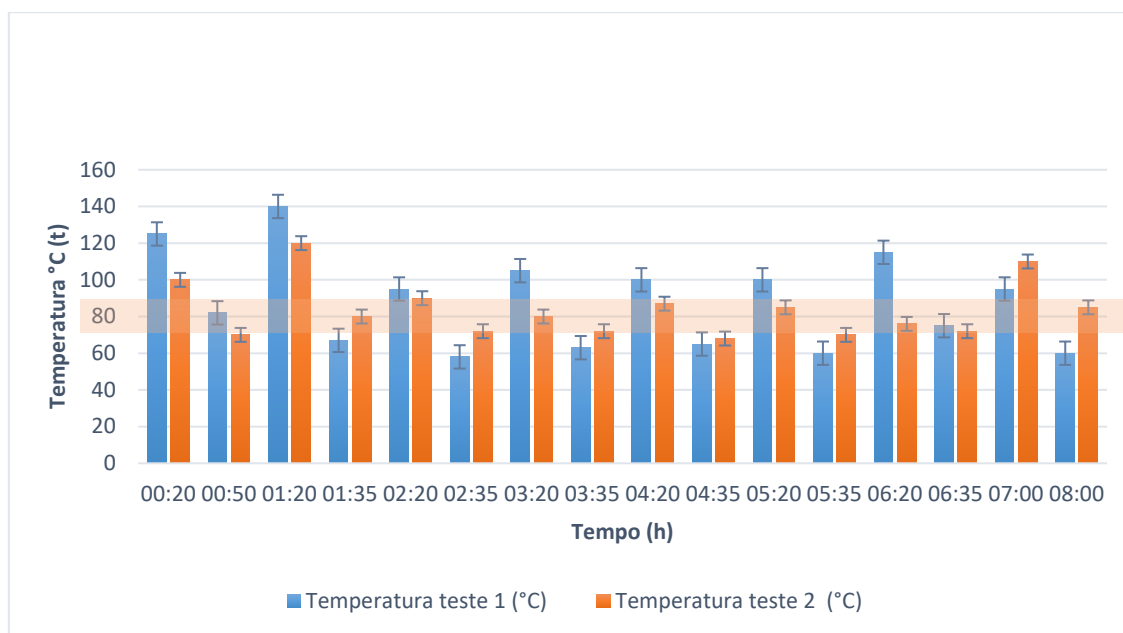
Fonte: Próprio autor (2022)

No segundo e terceiro testes, tiveram um melhor controle do processo de combustão, resultando em um perfil de temperatura mais estável. Em comparação ao segundo teste, o terceiro apresentou o controle de temperatura mais estável e ao mesmo tempo, mais próximo ao intervalo de temperatura ideal para a defumação de frango que fica entre 65 °C à 85°C (faixa de cor avermelhada no gráfico da Figura 20), segundo ROCCO (1996). Para o terceiro teste, foi feito ajuste na quantidade de biomassa inserida no queimador, tempos de abertura e da entrada e saída de ar, obtendo assim valores mais estáveis.

### Protótipo B

Nos dois testes realizados com o protótipo B foram obtidos dados de temperatura diferentes entre eles. Esse resultado era esperado, pois somente a coleta de dados do primeiro teste é que o queimador foi isolado termicamente. O gráfico da Figura 21 apresenta as variações de temperatura dos testes 1 e 2, para este defumador, para o intervalo de tempo total de defumação de 8 horas.

Figura 21 - Gráfico de variações de temperatura no teste 1 e no teste 2



Fonte: Próprio autor (2022)

É possível observar no gráfico que as temperaturas obtidas para o teste 2 tem uma variação de intensidade muito menor do que o teste 1. Nota-se também que os maiores picos de temperatura foram obtidos durante o teste 1. Isto se justifica pela utilização de maior quantidade de biomassa, com o intuito de manter a temperatura acima de 65 °C por mais tempo. Por outro lado, durante o

teste 2, foi implementado um isolamento térmico no queimador, o que promoveu uma menor troca térmica, resultando assim em uma economia de biomassa e mantendo a temperatura mais estável, sendo este último um fator determinante para um bom produto defumado.

## 5.2 LEVANTAMENTO DE CUSTOS

A Tabela 1 apresenta os materiais utilizados na fabricação do defumador (Protótipo B) e também o somatório dos custos de cada material, resultando no valor de R\$ 560,50. Em relação ao custo total do protótipo 01, este resultou em um valor total cerca de 115% maior que o modelo feito por BARBOSA: OTANI (2018), que foi de 260,50 R\$. Por outro lado, embora o custo total tenha sido maior, o Protótipo A, desenvolvido neste trabalho possui 4 rodízios em sua base, facilitando a locomoção, além disso o queimador, onde ocorre a pirólise, foi revestido com tijolo refratário para reduzir as perdas de energia e evitar grandes oscilações de temperatura. Estas diferenças destacam e diferenciam o defumador desenvolvido neste trabalho do modelo elaborado por BARBOSA E OTONI (2018).

Tabela 1 - Custo de fabricação do protótipo A

Material	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Tambor de 200 L	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00
Vareta de solda ferro	3	R\$ 2,00	R\$ 6,00
Vareta de solda amarela	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Disco de corte	4	R\$ 3,00	R\$ 12,00
lixa disco	5	R\$ 3,00	R\$ 15,00
mine escovas de aço	1	R\$ 17,00	R\$ 17,00
Rodízio	4	R\$ 25,00	R\$ 100,00
parafusos, porcas e arruelas	16	R\$ 1,00	R\$ 16,00
parafusos e porcas borboleta	6	R\$ 2,50	R\$ 15,00
trinco chato com porta cadeado	2	R\$ 9,00	R\$ 18,00
dobradiças	3	R\$ 3,50	R\$ 10,50
2 kg de cimento	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
tijolo refratário	28	R\$ 2,00	R\$ 56,00
argamassa refratária - 5 kg	1	R\$ 28,00	R\$ 28,00
tubo de aço - 60 cm	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
termômetro p\ defumador	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
tinta spray alta temperatura	3	R\$ 18,00	R\$ 54,00
removedor de tintas	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
tela moeda -50 cm	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
pacote de rebites de repuxo	1	R\$ 9,00	R\$ 9,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 560,50</b>

Fonte: Próprio autor (2022)

O protótipo B foi construído como modelo alternativo ao defumador desenvolvido anteriormente e um dos principais objetivos era de reduzir os custos de fabricação. Observa-se que



esse objetivo foi alcançado com êxito, pois o protótipo B além de possuir uma montagem simplificada, obteve um custo de fabricação cerca de 40 % menor em relação ao modelo desenvolvido por BARBOSA; OTANI (2018). Em comparação ao valor gasto no Protótipo A, o Protótipo B foi construído com um valor muito reduzido. Esta redução se deve, especialmente em função de ter sido utilizado um fogão comercial inutilizado. Em comparação ao Protótipo A, não foram requeridos maiores acessórios agregados para a construção. A tabela 2, apresenta os custos de fabricação do Protótipo B, com um valor total de R\$ 155,00.

Tabela 2 - Custos de fabricação do protótipo B

Material	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Fogão inutilizado	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Lata vazia de tinta 18 litros	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Termômetro de defumador	1	R\$ 35,00	R\$ 35,00
Folha de alumínio	4	R\$ 3,75	R\$ 15,00
lã de vidro	1	R\$ 28,00	R\$ 28,00
mão de obra	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 155,00</b>

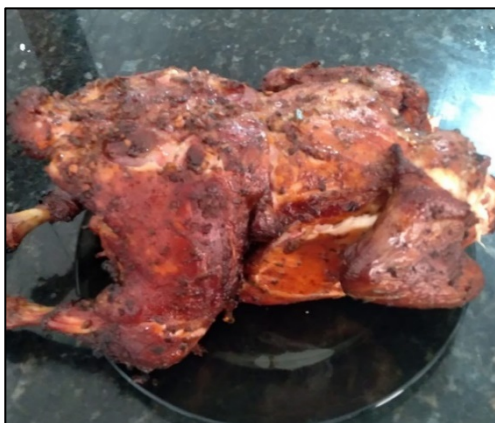
Fonte: Próprio autor (2022)

### 5.3 AVALIAÇÃO SENSORIAL DAS AMOSTRAS DEFUMADAS

#### Amostras obtidas pelo Protótipo A

Para esta etapa foi selecionada a proteína de frango para ser defumada, conforme discutido na seção 4.1 deste trabalho. Nos testes realizados com Protótipo A, como a temperatura se manteve em um intervalo mais elevado, a amostra utilizada acabou apresentando um aspecto visual de assado, divergindo do esperado (Figura 22) . Entretanto, apresentou aroma e sabor de um produto defumado, o que sugere que houve então um processo incompleto de defumação. Caso a amostra final fosse resultante do terceiro teste com o Protótipo 01, aquele em que houve um controle de temperatura mais estável, seria esperado que o produto final resultante da defumação apresentasse um aspecto geral mais aceitável.

Figura 22 - Amostra de frango defumado a partir do primeiro teste do Protótipo A

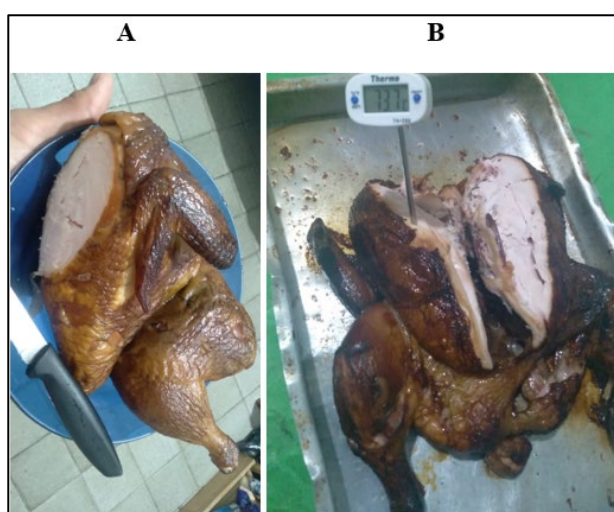


Fonte: Próprio autor (2022)

#### Amostras obtidas pelo Protótipo B

Como os testes do Protótipo B tiveram uma duração total de 8 horas de processo de defumação, o produto final obteve um aspecto, aroma e sabor de defumado por completo (Figura 24). Foram feitas defumações com biomassa da pitangueira (*Eugenia uniflora*) e da goiabeira (*Psidium guajava L.*), respectivamente para os testes 1 e 2 para este defumador. A Figura 23 A apresenta o resultado do frango que foi defumado com biomassa de pitangueira foi defumado com biomassa da pitangueira, incorporando as características sensoriais da mesma. Já no teste 2, foi utilizada biomassa de goiabeira para defumação do frango ( figura 23 B), a fim de conferir o produto final do processo e compará-lo com aquele obtido através da defumação utilizando pitangueira.

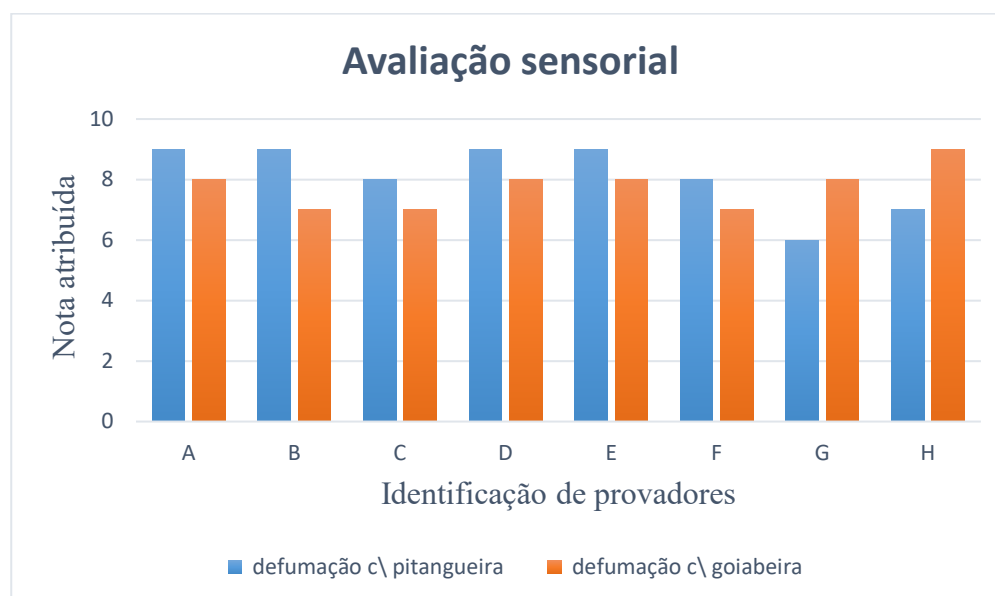
Figura 23 - Frangos defumados nos testes do protótipo B: (a) utilizando biomassa de pitangueira ; (b) utilizando biomassa de goiabeira



Fonte: Próprio autor (2022)

Após o recebimento dos dados da pesquisa sensorial de satisfação, podemos observar no gráfico da Figura 24, que dentre os 8 provadores (A,B,C,D,E,F,G e H) apenas 2 tiveram preferência pelo frango defumado com biomassa de goiabeira (teste 2, em vermelho), sendo que os outros demais, ou seja, 75 % mostraram preferência pelo frango defumado com biomassa de pitangueira. Dentre os comentários feitos pelos provadores, o que mais se destacou foi o frango defumado com biomassa de pitangueira (teste 2, em azul). Dentre os comentários feitos pelos provadores em relação ao frango defumado usando biomassa de pitangueira foi o sabor mais intenso do produto defumado. Por sua vez, dentre os comentários em relação ao frango defumado usando biomassa de goiabeira, destacou-se a maciez da carne.

Figura 24 - Pesquisa sensorial de satisfação



Fonte: Próprio autor (2022)

As amostras foram denominadas amostra 01 e amostra 02, que correspondem às amostras de frango defumado com biomassa de pitangueira e goiabeira, respectivamente. Abaixo estão alguns dos comentários que foram feitos pelos avaliadores durante o preenchimento da ficha de avaliação sensorial e pesquisa de satisfação.

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um defumador de pirólise lenta de biomassas. Desta forma, um protótipo de defumador foi dimensionado, construído e então avaliado sob aspectos de perfis de temperatura durante o processo de defumação. Além disso, foram levantados os custos envolvidos e comparados com modelos comerciais. Por fim, foram testados também a qualidade do produto final defumado.

Também foi construído o Protótipo B, diferenciando-se do Protótipo A em função das suas características construtivas e também pelo controle de temperatura. Desta forma foi realizado um comparativo entre os resultados obtidos com os modelos e também o resultado final da proteína defumada.

A construção do Protótipo A foi considerada viável, mesmo com o custo mais elevado comparado ao trabalho feito por BARBOSA e OTANI (2018) e o Protótipo B. Justifica-se o valor elevado do Protótipo A por este possuir maior praticidade de locomoção e mais incrementos que os outros dois em questão, a exemplo dos rodízios e o revestimento refratário, que melhoram a locomoção e reduz a perda de calor respectivamente. O fato de não obter um bom controle em baixos intervalos de temperatura pode ser explicado se comparado ao modelo comercial citado na seção 3.2.2. Esse modelo de defumador tem um sistema semelhante ao Protótipo A, visto que o queimador tem ligação direta com a cabine de defumação, logo a transmissão ou fluxo de calor segue diretamente até o alimento. Foi observado, nas características técnicas do modelo comercial, que a biomassa deve ser na forma de serragem, o que sugere que o Protótipo A possa obter bom controle em baixas temperaturas caso utilize biomassa em forma de serragem ao contrário de toras, que liberam calor com maior intensidade, como foi usado em todo experimento.

O protótipo B é viável, mesmo sendo um defumador alternativo, apresentou vantagens econômicas por conta do baixo custo de fabricação, além de conseguir uma estabilidade de temperatura comprovado no teste 2, conseguindo um equilíbrio entre temperaturas de 65 à 85 °C, faixa de temperatura ideal para defumação por longos períodos. A maior quantidade de biomassa consumida se deu pela maior perda de calor do sistema, visto que o queimador não havia sido isolado termicamente. O teste 2 retornou uma carne mais macia comparado ao primeiro, o que pode ser explicado por uma temperatura mais estável, proporcionada pelo isolamento térmico que reduziu as perdas de calor.

A maior estabilidade térmica do Protótipo B pode ser explicada pelo seu sistema, que tem o queimador externo a câmara de defumação. Observa-se que o fluxo de calor e fumaça, proveniente da pirólise, entra na câmara de defumação através de uma área pequena (corte

retangular no fundo do queimador) em comparação com a secção transversal da mesma, logo esse fluxo de calor pode ser controlado mais facilmente.

A análise sensorial resultou em uma satisfação, de 6 dos 8 provadores, pelo frango defumado usando biomassa de pitangueira (*Eugenia uniflora*), logo, 75 % dos avaliadores indicaram preferência a defumação por pitangueira em relação ao frango defumado com biomassa de goiabeira.

Infelizmente não foi possível uma análise e estudo de viabilidade de negócio, sendo indicado este estudo para trabalhos futuros.

## 6.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros fica como sugestão:

- o desenvolvimento de um terceiro protótipo, que pode ser feito utilizando os conhecimentos, dados e conclusões encontrados neste trabalho.
- Propõe-se um estudo aprofundado sobre planejamento de negócios, com o objetivo de desenvolver um plano de negócio, a fim de viabilizar um empreendimento no ramo de carnes defumadas, utilizando a pequena abordagem mostrada na fundamentação teórica do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BRUSTOLIN, A. P. Defumação Convencional e Líquida em Bacon. 63 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) — Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2013.
- COSTA, A. P. R. Rendimento e processamento de Piau-vermelho *Leporinus copelandii* Steindacher, 1875, coletado em ambiente natural. 92 p. Tese (Doutorado em Produção Animal) — Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2005.
- ROÇA, R. d. O. Defumação. Departamento de Gestão e Tecnologia Agro-industrial FAC-UNESP, Botucatu, 2000.
- SCHWERT, R. Avaliação do Uso de Fumaça Líquida Tipo Calabresa Cozida e Defumada. 125 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) — Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2014.
- SOUSA, M. de M.; NASCIMENTO, V. L. V. do. BENZO(A)PIRENO EM ALIMENTOS. **Revista ACTA Tecnológica**, v. 5, p. 124–138, 2010.
- DORNELAS, J. C. A. **Empreendedorismo: transformando ideias em negócios**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.
- ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de Calor de Massa: Uma abordagem prática**. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2A2. Quarta edição.
- ROCCO, S. C. **Embutidos, frios e defumados**. Brasília: Embrapa, 1996.
- INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de Transferência de calor e de Massa**. Rio de Janeiro: LTC, 2008. Sexta edição.
- GARCIA, L. S. Análise da transferência de calor em defumadores de alimentos. 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2021.
- BARBOSA, C.R.; OTANI, F.S. DEFUMADOR ARTESANAL COMO ALTERNATIVA DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA DO PESCADO: ELABORAÇÃO E CUSTO DE PRODUÇÃO. **Revista Barbaquá**, v. 2, N. 4, p. 19-30, 2018.
- CAMPOS, A. D., Informação Técnica sobre Extrato Pirolenhoso. Pelotas, RS. Circular Técnica Embrapa, 2018.
- ANTONIO, J.C. Perfil de compostos voláteis de bacon defumado com madeiras de reflorestamento. Dissertação de mestrado, ESALQ/USP, São Paulo, Piracicaba, 2020.
- RAINERT, N.L., Plano de negócio para uma casa de carnes em Luís Alves/SC. Trabalho de estágio, Itajaí, 2011.
- Defumador para uso doméstico. <https://www.defumax.com.br/produto/defumador-72-lts-glv-carga-media-15kg/133790>. Acesso em 18 de agosto de 2022.

PARDI, Miguel Cione; SANTOS, Iacir Francisco dos; SOUZA, Elmo Rampi de; PARDI, Henrique Silva. Ciência, Higiene e Tecnologia Da Carne. 2º ed., vol. II, Goiânia, p. 784-792, 2007.

COBRA, M. **Administração de marketing no brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.  
**Administração de marketing**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

BIAGIO, L. A; BATOCCHIO A. Plano de negócios: Estratégias para micro e pequenas empresas. São Paulo: Manole, 2005.

**APÊNDICE A - Modelo da Ficha de Avaliação Sensorial – Teste de Escala  
Hedônica**

**FICHA DE AVALIAÇÃO**

Por favor, avalie a amostra utilizando a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou do produto. Marque a posição que melhor reflita seu julgamento.

**Código da amostra:** \_\_\_\_\_

- ( ) Gostei extremamente
- ( ) Gostei muito
- ( ) Gostei moderadamente
- ( ) Gostei ligeiramente
- ( ) Indiferente
- ( ) Desgostei extremamente
- ( ) Desgostei muito
- ( ) Desgostei moderadamente
- ( ) Desgostei ligeiramente

**Comentários:** \_\_\_\_\_

Comentários:

“O frango da amostra 01 tem um gosto mais saboroso e característico do defumado.”

“A amostra 02 tem uma carne mais macia e succulenta, porém a amostra 01 é mais saborosa.”

“Amostra 01 é muito boa e a 02 também, mas a amostra 01 tem um gosto mais forte.”

“Amostra 02 é saborosa, cheirosa e macia, mas a 01 tem o cheiro e sabor característico.”