

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS  
ALIMENTOS

Suslin Raatz Thiel

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INGREDIENTES SOBRE A  
QUALIDADE E ESTABILIDADE DE MORTADELA CONSERVADA A  
35°C**

Santa Maria, RS

2018

Suslin Raatz Thiel

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INGREDIENTES SOBRE A QUALIDADE E ESTABILIDADE DE MORTADELA CONSERVADA A 35°C**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.**

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Rosa Cristina Prestes Dornelles

Co-orientador: Prof. Dr<sup>o</sup>. Ernesto Hashime Kubota

Santa Maria, RS

2018

Thiel, Suslin  
Influência de diferentes ingredientes sobre a  
qualidade e estabilidade de mortadela conservada a 35°C /  
Suslin Thiel.- 2018.  
103 p.; 30 cm

Orientadora: Rosa Cristina Prestes Dornelles  
Coorientadora: Ernesto Hashime Kubota  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2018

1. Planejamento fatorial 2. Produtos cárneos  
emulsionados 3. Ligação da água 4. Carboidratos 5.  
Proteínas I. Prestes Dornelles, Rosa Cristina II. Hashime  
Kubota, Ernesto III. Título.

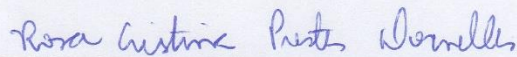
Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Suslin Raatz Thiel

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INGREDIENTES SOBRE A QUALIDADE E  
ESTABILIDADE DE MORTADELA CONSERVADA A 35°C

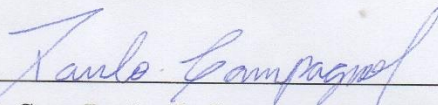
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**.

Aprovada em 02 de Março de 2018.

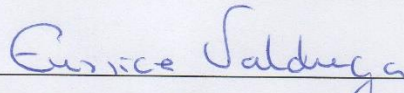


**Rosa Cristina Prestes Dornelles, Dr<sup>a</sup> (UFSM)**

(Presidente/Orientador)



**Paulo Cezar Bastianello Campagnol, Dr. (UFSM)**



**Eunice Valduga, Dr<sup>a</sup> (URI) – Videoconferência**

Santa Maria, RS

2018

*Aos meus pais, Ilvo e Lânia,  
por seu amor incondicional.*

## AGRADECIMENTOS

Neste momento, após esses dois anos, depois de todos os aprendizados, crescimento profissional e principalmente pessoal, um sentimento de gratidão me invade.

Primeiramente eu gostaria de agradecer a Deus, por me conceder a vida e colocar em meu caminho tantas pessoas especiais.

Aos meus queridos pais Ilvo e Lânia, minha irmã Suélin e minha avó Edna pelo amor, apoio, confiança e motivação. Nós sabemos o quanto foi difícil a minha vinda a Santa Maria, mas com a força de vocês tudo deu certo. Amo vocês!

Agradeço a minha orientadora, professora Rosa Cristina Prestes Dornelles, por compartilhar comigo seus grandes conhecimentos, pelas orientações, palavras de incentivo e paciência.

Ao professor Ernesto por compartilhar seus conhecimentos.

A Cooperativa Aurora pela doação da matéria-prima e embalagens. Em especial a Rafaela e o Rodrigo que sempre foram muito receptivos a todos os pedidos.

A empresa Doremus pela doação do lactato de sódio e tripolifosfato de sódio.

Ao pessoal do Colégio Politécnico UFSM, em especial ao Djanir, sempre esteve disposto a ajudar.

A Andrine, Pedro, Andressa, Washington, Júlio e Laura pela ajuda principalmente no processamento das mortadelas, apesar do cansaço e das manhãs geladas sempre estiveram dispostos, não tenho palavras para agradecer o quanto vocês me ajudaram.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos UFSM, em especial ao Magé, Moisés, Liana, Ricardo e Sheila, sempre estiveram dispostos a ajudar.

A minha amiga querida Marialene, pelas conversas, risos, conhecimentos compartilhados, ensinamentos e palavras de incentivo.

A professora e amiga Mírian Machado por me receber de braços abertos novamente. A Laura e o Iuri pela ajuda nas análises microbiológicas.

Aos colegas Rosane, Marina, Gilson e Micheli pelos momentos compartilhados e conversas, sem vocês o mestrado não seria o mesmo.

À todos os professores que compartilharam seus conhecimentos, em especial aos professores do curso de Química de Alimentos.

Aos professores Eunice Valduga e Paulo Campagnol por aceitarem participar da banca avaliadora e por suas valiosas considerações.

As velhas amizades, em especial minha amiga Taiane que apesar da distância sempre manteve-se presente. As novas amizades conquistadas, em especial minha querida vizinha Angélica que as nossas conversas, jantas e mateadas fizeram toda a diferença durante esses dias.

À CAPES pela auxílio financeiro.

Todos que de alguma forma estiveram presentes e ajudaram para a realização deste trabalho.

*Ele, o seu protetor,  
está sempre alerta e não deixará que você caia.*

*Salmos 121:3*



## RESUMO

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INGREDIENTES SOBRE A QUALIDADE E ESTABILIDADE DE MORTADELA CONSERVADA A 35°C**

AUTORA: Suslin Raatz Thiel

ORIENTADORA: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rosa Cristina Prestes Dornelles

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Ernesto Hashime Kubota

A mortadela é um dos produtos cárneos mais consumidos em diversos países, seu consumo é atribuído devido o seu sabor agradável e baixo custo. Atualmente, com mudanças na legislação brasileira as indústrias encontram dificuldades para alcançar e manter o valor determinado de 0,955 de atividade de água dos produtos comercializados a temperatura ambiente. Visando manter a atividade de água 0,955, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de diferentes ingredientes na atividade de água e estabilidade da mortadela armazenada a temperatura ambiente. Na elaboração das formulações de mortadela empregou-se a metodologia de planejamento de experimentos, onde variou-se a concentração de amido de milho (0, 2,5 e 5%); proteína concentrada de soja (0, 1 e 2%); leite em pó (0, 1 e 2%) e açúcar cristal (0, 1,5 e 3%). Os resultados indicaram que os quatro ingredientes afetaram significativamente ( $p < 0,05$ ) a qualidade dos produtos. Para a umidade os ingredientes proteína de soja e amido de milho apresentaram os maiores efeitos. Para a atividade de água os ingredientes leite em pó e açúcar apresentaram maiores efeitos. Os resultados de estabilidade de emulsão com aquecimento, o leite em pó e o amido de milho apresentaram um efeito positivo significativo, já para estabilidade da emulsão sem aquecimento o amido não teve o mesmo efeito. Perdas por reaquecimento e congelamento, com adição destes ingredientes houveram menores perdas, devido os ingredientes terem a capacidade de ligar a água na matriz do alimento. A adição destes ingredientes representa uma alternativa para a redução da atividade de água com potencial aplicação em mortadelas comercializadas a temperatura ambiente.

**Palavras chave:** planejamento fatorial, produtos cárneos emulsionados, ligação da água, carboidratos, proteínas, sais.

## ABSTRACT

**INFLUENCE OF DIFFERENT INGREDIENTS ON THE QUALITY AND STABILITY OF CONSERVED MORTADELA 35°C**

AUTHOR: Suslin Raatz Thiel

ADVISOR: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosa Cristina Prestes Dornelles

CO-ADVISOR: Prof. Dr. Ernesto Hashime Kubota

Mortadella is one of the most consumed meat products in several countries, its consumption is attributed due to its pleasant taste and low cost. Currently, with changes in Brazilian legislation, industries find it difficult to achieve and maintain the determined value of 0,955 of water activity of products sold at room temperature. Aiming to maintain water activity 0,955, the objective of the present study was to evaluate the effects of different ingredients on water activity and stability of mortadella stored at room temperature. In the preparation of mortadella formulations, the experiment planning methodology was used, where the concentration of maize starch (0, 2,5 and 5%) was varied; concentrated soy protein (0, 1 and 2%); powdered milk (0, 1 and 2%) and crystal sugar (0, 1,5 and 3%). The results indicated that the four ingredients significantly affected ( $p < 0,05$ ) the quality of the products. For moisture the ingredients of soy protein and corn starch presented the greatest effects. For the water activity, the ingredients milk powder and sugar presented greater effects. The results of emulsion stability with heating, milk powder and corn starch presented a significant positive effect, since for emulsion stability without heating the starch did not have the same effect. Losses due to reheating and freezing, with addition of these ingredients there were lower losses, because the ingredients have the capacity to bind the water in the food matrix. The addition of these ingredients represents an alternative for the reduction of water activity with potential application in mortadella marketed at room temperature.

**Key words:** factorial planning, emulsified meat products, water binding, carbohydrates, proteins, salts.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Limites de atividade de água para o crescimento de micro-organismos em alimentos.....	22
<b>Figura 2-</b> Isoterma de sorção de umidade de um alimento (20°C).....	24
<b>Figura 3-</b> Efeito do tipo de ingrediente em isotermas de sorção de umidade.....	30
<b>Figura 4</b> – Fluxograma do processamento das mortadelas.....	35
<b>Figura 5</b> – Mistura dos ingredientes e aspecto da massa obtida durante o preparo em cutter...	36
<b>Figura 6</b> – Embutidora manual utilizada.....	36
<b>Figura 7</b> – Tratamento térmico dos produtos.....	37
<b>Figura 8</b> – Amostras para a análise de perdas por reaquecimento.....	40
<b>Figura 9</b> – Análise de perdas por reaquecimento.....	41
<b>Figura 10</b> – Análise de perdas por congelamento.....	41
<b>Figura 11</b> - Superfícies de resposta considerando a variável umidade 0 dias (%) em função das variáveis amido de milho, proteína de soja concentrada.....	52
<b>Figura 12</b> –Diagrama de Pareto relacionando os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal em relação a umidade 15 dias.....	54
<b>Figura 13</b> - Superfícies de resposta considerando a variável umidade 30 dias (%) em função das variáveis amido de milho, proteína de soja concentrada.....	56
<b>Figura 14</b> – Diagrama de Pareto relacionando os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal em relação a atividade de água 0 dias .....	60
<b>Figura 15</b> – Diagrama de Pareto relacionando os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal em relação a atividade de água em 15 dias.....	62
<b>Figura 16</b> – Diagrama de Pareto relacionando os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal em relação a atividade de água em 30 dias.....	63
<b>Figura 17</b> – Diagrama de Pareto relacionando os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal em relação a cinzas 0 dias.....	70

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Valor aproximado (%) de produtos de proteína de soja.....	27
<b>Tabela 2</b> - Formulação base das mortadelas desenvolvidas.....	37
<b>Tabela 3</b> – Variáveis dos ingredientes empregados no planejamento fatorial 2 <sup>4</sup> .....	38
<b>Tabela 4</b> - Capacidade de absorção de água dos ingredientes e aditivos.....	43
<b>Tabela 5</b> - Atividade de água de diferentes concentrações dos ingredientes e aditivos antes e após aquecimento à 72°C.....	44
<b>Tabela 6</b> - Resultados teor de umidade das mortadelas desenvolvidas nos 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento.....	47
<b>Tabela 7</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta umidade 0 dias (%)...50	
<b>Tabela 8</b> - Análise de variância (ANOVA) para a resposta umidade 0 dias.....	51
<b>Tabela 9</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta umidade 15 dias.....	53
<b>Tabela 10</b> - Análise de variância (ANOVA) para a resposta umidade 15 dias.....	53
<b>Tabela 11</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta umidade 30 dias (%).....	55
<b>Tabela 12</b> - Análise de variância (ANOVA) para a resposta umidade 30 dias.....	55
<b>Tabela 13</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta umidade 45 dias (%).....	56
<b>Tabela 14</b> - Resultados para a atividade de água das mortadelas desenvolvidas nos 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento.....	57
<b>Tabela 15</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta atividade de água 0 dias.....	58
<b>Tabela 16</b> - Análise de variância (ANOVA) para a resposta atividade de água 0 dias.....	59
<b>Tabela 17</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta atividade de água 15 dias.....	60

<b>Tabela 18</b> – Análise de variância (ANOVA) para a resposta atividade de água 15 dias.....	61
<b>Tabela 19</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta atividade de água 30 dias.....	62
<b>Tabela 20</b> – Análise de variância (ANOVA) para a resposta atividade de água 30 dias.....	62
<b>Tabela 21</b> – Cálculo dos efeitos da variáveis estudadas para a resposta atividade de água 45 dias.....	64
<b>Tabela 22</b> - Resultados para pH das mortadelas desenvolvidas nos 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento.....	65
<b>Tabela 23</b> - Resultados análises de proteína, extrato etéreo, cinzas e carboidratos das mortadelas desenvolvidas nos 0 e 60 dias.....	67
<b>Tabela 24</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta cinzas 0 dias.....	69
<b>Tabela 25</b> - Análise de variância (ANOVA) para a resposta cinzas 0 dias.....	69
<b>Tabela 26</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta cinzas 60 dias.....	71
<b>Tabela 27</b> - Resultados estabilidade da emulsão (EE) com aquecimento e sem aquecimento, perdas por reaquecimento, perdas por congelamento e TBARS.....	71
<b>Tabela 28</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta estabilidade da emulsão com aquecimento.....	74
<b>Tabela 29</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta TBARS.....	76
<b>Tabela 30</b> - Resultados cor L* e L** das mortadelas desenvolvidas nos 0, 30 e 60 dias de armazenamento.....	77
<b>Tabela 31</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta L* 0 dias.....	78
<b>Tabela 32</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta L** 0 dias.....	79
<b>Tabela 33</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta L* 30 dias.....	79
<b>Tabela 34</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta L** 30 dias.....	80
<b>Tabela 35</b> - Resultados cor a* e a** das mortadelas desenvolvidas nos 0, 30 e 60 dias de armazenamento.....	80
<b>Tabela 36</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a* 0 dias.....	82

<b>Tabela 37</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a** 0 dias.....	82
<b>Tabela 38</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a* 30 dias.....	83
<b>Tabela 39</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a** 30 dias.....	83
<b>Tabela 40</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a* 60 dias.....	83
<b>Tabela 41</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a** 60 dias.....	84
<b>Tabela 42</b> - Resultados cor b* e b** das mortadelas desenvolvidas nos 0, 30 e 60 dias de armazenamento.....	84
<b>Tabela 43</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta b* 0 dias.....	85
<b>Tabela 44</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta b** 0 dias.....	86
<b>Tabela 45</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta b* 30 dias.....	86
<b>Tabela 46</b> - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta b** 30 dias.....	86
<b>Tabela 47</b> - Análise microbiológica de Clostridium Sulfito Redutor (UFC/g), Bactérias Lácticas (UFC/g), Salmonella sp. (presença ou ausência), Coliformes Termotolerantes (NMP/g), Mesófilos (UFC/g) e Staphylococcus Coagulase Positiva (UFC/g) em 7 dias.....	88
<b>Tabela 48</b> - Análise microbiológica de Clostridium Sulfito Redutor (UFC/g), Bactérias Lácticas (UFC/g), Salmonella sp. (presença ou ausência), Coliformes Termotolerantes (NMP/g), Mesófilos (UFC/g) e Staphylococcus Coagulase Positiva (UFC/g) em 67 dias.....	89

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

AW: Atividade de água

CAA: Capacidade de absorção de água

CHO: Carboidrato

CMS: Carne mecanicamente separada

EE: Estabilidade da emulsão

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
1.1 OBJETIVOS.....	20
1.1.1 Objetivo geral.....	20
1.1.2 Objetivos específicos.....	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 MORTADELA.....	21
2.2 ESTABILIDADE DE PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS.....	22
2.3 UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES INGREDIENTES E ADITIVOS EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS.....	26
2.3.1 Proteínas.....	26
2.3.1.1 Proteínas do leite.....	26
2.3.1.2 Proteína de soja.....	27
2.3.2 Carboidratos.....	28
2.3.2.1 Amido.....	28
2.3.2.2 Açúcar.....	31
2.3.2.3 Maltodextrina.....	31
2.3.2.4 Carragena.....	31
2.3.3 Sais.....	32
2.3.3.1 Cloreto de sódio.....	32
2.3.3.2 Fosfato.....	32
2.3.3.3 Lactato de sódio.....	33
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
3.1 MATÉRIA-PRIMA.....	33



3.2 SELEÇÃO DE ADITIVOS E COADJUVANTES.....	33
3.2.1 Capacidade de absorção de água (CAA).....	34
3.2.2 Atividade de água (aw).....	34
3.3 ELABORAÇÃO DAS MORTADELAS.....	34
3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	39
3.5 DETERMINAÇÃO pH E ATIVIDADE DE ÁGUA.....	39
3.6 ESTABILIDADE DA EMULSÃO.....	39
3.7 OXIDAÇÃO LIPÍDICA – TBARS.....	40
3.8 PERDAS POR REAQUECIMENTO E PERDAS POR CONGELAMENTO.....	40
3.9 COR INSTRUMENTAL.....	41
3.10 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	42
3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1 SELEÇÃO DOS INGREDIENTES E ADITIVOS.....	43
4.2 UMIDADE.....	47
4.3 ATIVIDADE DE ÁGUA.....	57
4.4 pH.....	65
4.5 PROTEÍNA, EXTRATO ETÉREO, CINZAS E CARBOIDRATOS.....	67
4.6 ESTABILIDADE DA EMULSÃO COM AQUECIMENTO E SEM AQUECIMENTO, PERDAS POR REAQUECIMENTO E CONGELAMENTO E TBARS.....	71
4.7 COR INSTRUMENTAL.....	76
4.8 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	87
5. CONCLUSÃO.....	90
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
---------------------------------	----

## 1 INTRODUÇÃO

Os produtos cárneos emulsionados tais como as salsichas e as mortadelas, são muito populares, sendo consumidos tanto a nível doméstico como no mercado de *fast foods*, representando um importante segmento da industrialização de carnes (Shimokomaki, 2006).

O ofício circular nº005/2015/CGI/DIPOA/DAS publicado pelo MAPA estabeleceu os parâmetros mínimos para comercialização de mortadela à temperatura ambiente. Neste ofício, a atividade de água máxima mencionada foi de 0,955 (BRASIL, 2015). No entanto, as indústrias encontraram dificuldade para atingir e manter o valor estabelecido para a atividade de água no decorrer da vida útil do produto.

Na busca por soluções para este problema, alguns aditivos e coadjuvantes podem ser utilizados e são capazes de melhorar as propriedades de ligação da água e modificar a textura (Ayadi et al., 2009). Tais como proteínas do leite, proteínas de soja, amido, gomas e celulose têm sido relatadas pelas pesquisas devido a sua composição química ter a capacidade de ligação com a água e outras propriedades como aumentar o rendimento, estabilidade da emulsão e a aceitabilidade global em produtos cárneos.

Neste contexto este estudo teve por objetivo testar diferentes grupos de ingredientes e aditivos e misturas destes com intuito de atingir e manter o valor de 0,955 da atividade de água. Foram realizados diferentes testes preliminares para os ingredientes e aditivos, amido de milho, amido de mandioca, maltodextrina, proteína texturizada, proteína de soja concentrada, proteína isolada de soja, goma carragena, lactato de sódio, tripolifosfato de sódio, leite em pó integral, açúcar cristal, açúcar refinado e xarope de glicose. Após os melhores resultados dos ingredientes e aditivos foram selecionados para aplicação em mortadela.

## **1.1 OBJETIVOS**

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da adição de diferentes ingredientes na atividade de água e estabilidade de mortadela comercializada a temperatura ambiente.

### 1.1.1 Objetivo específico

Selecionar os ingredientes e aditivos que serão utilizados;

Aplicação dos ingredientes e aditivos ou combinações utilizando um planejamento fatorial em uma formulação de mortadela;

Caracterização físico-química e microbiológica dos produtos desenvolvidos;

Acompanhamento da estabilidade dos produtos desenvolvidos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão serão tratados os assuntos em torno da estabilidade de produtos emulsionados como a mortadela, alguns estudos e informações disponíveis na literatura sobre o comportamento da água na presença de diferentes ingredientes e quais ingredientes já se tem relatos na literatura sobre suas capacidades de ligarem-se a água livre contida no alimento.

### 2.1 MORTADELA

Dentre os produtos cárneos processados mais consumidos na maioria dos países encontram-se os produtos emulsionados como a salsicha, patê e a mortadela (Jin et al., 2016).

Conforme o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2010), a mortadela é um dos produtos cárneos mais consumidos no Brasil, conforme a pesquisa no país a aquisição alimentar domiciliar foi de 0,827 kg/ano, sendo que as maiores regiões de consumo são o sul e o norte. No Brasil, o consumo de mortadela tornou-se popular especialmente por ser um produto preparado a partir de vários tipos de animais, devido ao seu baixo custo, sabor agradável e à legislação que permite a sua ampla classificação e denominação (Guerra et al., 2011; Brasil, 2000; Saldaña et al., 2015).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade de Qualidade (Brasil, 2000), entende-se por mortadela o produto cárneo industrializado, obtido de uma emulsão das carnes de animais de açougue, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, em diferentes formas, e submetido ao tratamento térmico adequado. De acordo com a composição da matéria-prima e das técnicas de fabricação, a mortadela pode ser classificada em:

- Mortadela: onde podem ser adicionadas carnes de diferentes espécies de animais de açougue, carnes mecanicamente separadas, até o limite máximo de 60%; miúdos comestíveis de diferentes espécies de animais de açougue (Estômago, Coração, Língua, Fígado, Rins, Miolos), pele e tendões no limite de 10% (máx) e gorduras;
- Mortadela tipo Bologna: onde são adicionadas carnes bovina e/ou suína e/ou ovina e carnes mecanicamente separadas até o limite máximo de 20%, miúdos comestíveis de bovino e/ou suíno e/ou ovino (Estômago, Coração, Língua, Fígado, Rins, Miolos), pele e tendões no limite de 10% (máx) e gorduras.
- Mortadela Italiana: onde podem ser adicionadas porções musculares de carnes de diferentes espécies de animais de açougue e toucinho, não sendo permitida a adição de

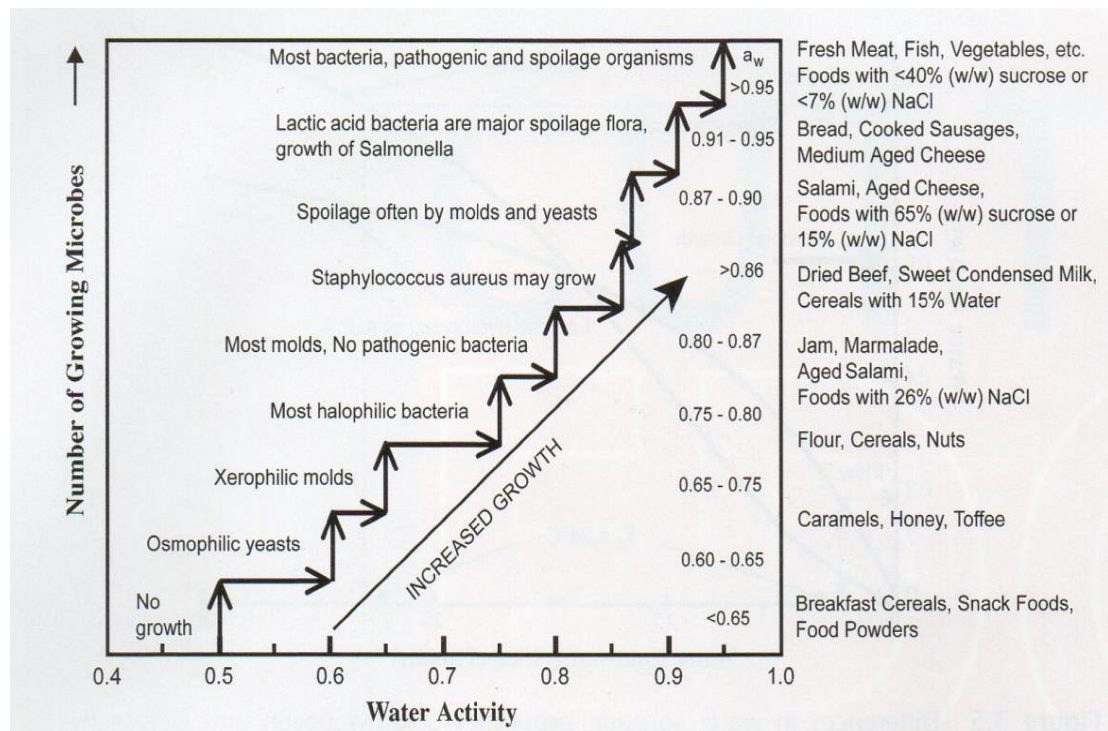
amido. Mortadela Bologna: adição de porções musculares de carnes bovina e/ou suína e toucinho, embutida na forma arredondada, não sendo permitida a adição de amido.

- Mortadela de carne de ave onde pode ser adicionada carne de ave, carne mecanicamente separada, no máximo de 40%, até 5% de miúdos comestíveis de aves (Fígado, Moela e Coração) e gordura.

## 2.2 ESTABILIDADE DE PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS

Quando se tem alimentos com valores elevados de atividade de água se tem a preocupação com o crescimento de micro-organismos. Conforme Barbosa-Cánovas et al., (2007) a atividade de água ( $a_w$ ) é um parâmetro bem estabelecido para controlar o crescimento de micro-organismos em alimentos. Mas a  $a_w$  é apenas um dos fatores que controlam o crescimento. Existem alguns valores importantes de  $a_w$  críticos que se aplicam a certo número de micro-organismos em vários alimentos (Figura 1).

**Figura 1-** Limites de atividade de água para o crescimento de micro-organismos em alimentos.



Fonte: Barbosa-Cánovas et al., 2007.

Segundo Thomas et al., (2008), a estabilidade e a segurança microbiológica da maioria dos alimentos é devida à ação combinada de vários fatores de preservação/obstáculos. Como o

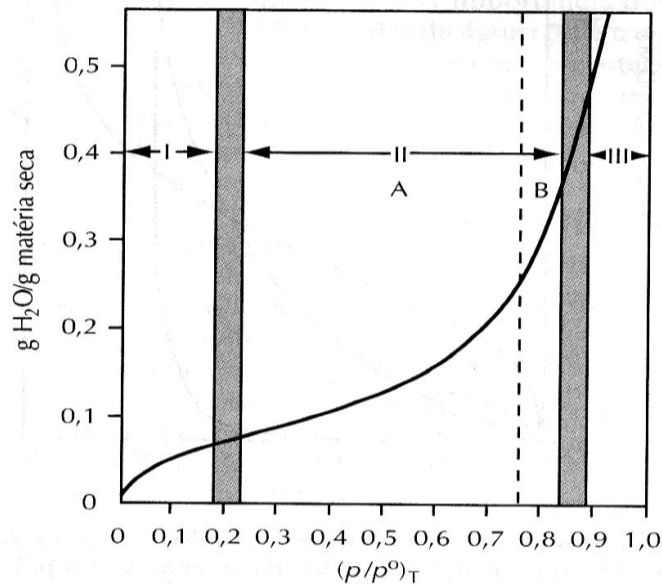
principal objetivo é evitar a deterioração microbiana e intoxicação alimentar, vários obstáculos são utilizados minimamente para obter a combinação ideal de boa qualidade sensorial, segurança e estabilidade. Os produtos de carne estáveis podem ser processados por processamento térmico num recipiente hermético ou pelo controle das barreiras tais como pH, atividade de água ( $a_w$ ) e uso de conservantes, podendo serem armazenados sem refrigeração.

Produtos com atividade de água superior a 0,90 podem ser denominados de produtos de “*shelf-stable*” esse termo foi introduzido por Leistner no ano de 1977. Já os alimentos com umidade intermediária possuem uma atividade de água entre 0,90-0,60 (Rockland & Beuchat, 1986). A produção de industrializados *shelf-stable* (SSP) é mais atraente do que produtos de umidade intermediária (IMF), visto que a atividade de água necessária para a SSP não é tão baixa e, portanto, menos umectantes e/ou menos secagem do produto serão necessárias (Rockland & Beuchat, 1986). Produtos com umidade intermediária (IMF) e *shelf-stable* (SSP) possuem a capacidade de serem armazenados sem refrigeração. Conforme Rockland & Beuchat (1986) essa é uma característica importante, os alimentos que não necessitam de refrigeração cortam custos, economizando assim energia. Uma vez que a manutenção sob refrigeração imporia sérios riscos de saúde pública caso houvesse alguma quebra da cadeia de frio, o que é muito comum no nosso país, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, nas quais concentram-se um dos maiores volumes comercializados de mortadela no país (Sidone et al., 2016).

As isotermas de sorção de água são curvas que mostram a relação entre a atividade de água e o teor de água do material, sob uma temperatura constante. São, portanto, ferramentas que permitem caracterizar as relações entre o teor de água de um material e a sua disponibilidade de água. Estudos de modelos para as isotermas de sorção são particularmente importantes na predição da vida de prateleira de alimentos com teor de água baixo ou intermediário (Leite et al., 2005).

De acordo com Damodaran et al., (2010), à medida que se adiciona água (adsorção), a composição da amostra movimenta-se gradualmente da zona I (seca) para a zona III (de alta umidade) e as propriedades da água associadas a cada zona diferem de modo significativo (Figura 2). A água presente em quantidades abaixo do limite da zona I da isoterma pode ser considerada mais fortemente ligada e menos imóvel. É provável que essa água esteja associada a sítios por meio de interações água-íon ou água dipolo. Ela permanece não congelada mesmo a uma temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ , não age como solvente e não está presente em quantidades suficientes ao ponto de exercer efeitos plastificantes sobre o sólido.

**Figura 2-** Isoterma de sorção de umidade de um alimento (20°C).



Fonte: Damodaran et al., 2010.

O limite de umidade superior da zona I (limite entre as zonas I e II) corresponde ao valor de umidade de “monocamada BET” do alimento. Dessa forma, esse valor pode ser considerado como a quantidade de água necessária para formação de uma monocamada de água sobre os sítios de fácil acesso, grupos altamente polares da matéria seca (Damodaran et al., 2010).

A quantidade de água que ocupa totalmente a zona I e II constituiu menos de 5% da água presente nos alimentos de alta umidade. À medida que o conteúdo de água aumenta nas proximidades da junção das zonas II e III, a quantidade de água é suficiente para completar uma monocamada verdadeira de hidratação para as macromoléculas individuais como proteínas globulares, sendo, ainda, suficiente para diminuir a temperatura de transição vítrea das macromoléculas hidratadas. A adição posterior de água (zona III) causa a transição do estado vítreo-elástico em amostras que contêm regiões vítreas, o que é evidenciado pela grande diminuição de viscosidade decorrente do aumento da mobilidade molecular e das taxas de muitas reações. Somente a partir do conteúdo de água no qual inicia a terceira população, a água adicionada pode congelar. Além disso, a água da zona III está disponível como solvente e para o desenvolvimento de micro-organismos. Em conteúdo de água que ultrapassam o limite da zona III, a água adicional comporta-se como água de fase maça. Sua adição ao sistema não altera as propriedades dos solutos existentes, mas, como antes, todas as moléculas de água são



intercambiadas livremente. As zonas podem ser bem definidas como populações de água envolvidas em classes particulares de interação com o soluto (Damodaran, et al., 2010).

Em géis ou sistemas celulares, a água da fase maciça é capturada fisicamente, de modo que o fluxo macroscópico é impedido. No entanto, em todos os demais aspectos essa água possui propriedades similares às da água em soluções salinas diluídas. Isso é razoável, uma vez que uma molécula típica de água, que ocupa a zona III, é “isolada” dos efeitos das moléculas de soluto por várias camadas de moléculas de zonas I e II. A população de água da fase maciça da zona III, tanto capturada como livre, costuma constituir mais de 95% da água total em alimentos de alta umidade (Damodaran et al., 2010).

Conforme Barbosa-Cánovas et al., (2007) quando se trabalha com sistemas alimentares complexos que consistem em vários ingredientes, o efeito da composição desempenha um dos papéis mais importantes que afetam o comportamento de sorção de umidade. As gorduras não contribuem significativamente para a absorção de umidade, porque elas possuem estruturas hidrofóbicas. Porém, por exemplo, a lecitina irá adsorver água devido aos grupos de colina e fosfato presentes na sua estrutura. Os grupos –OH encontrados no glicerol vão absorver umidade mas (1) as interações hidrofóbicas entre as moléculas individuais bloquear estes grupos e (2) a porção de glicerol tem uma massa muito menor do que a cadeia de ácido graxo. É também possível que a ligação éster na ligação acil para absorver, mas, novamente, esta é menor em peso em comparação com o resto da molécula. Portanto, isotérmica que contém um grama base sólida desnatada não diferem significativamente de um material em que é adicionado gordura.

Diferentes estudos foram realizados com o intuito de adicionar diferentes ingredientes funcionais com o objetivo de melhorar as propriedades como rendimento de cozimento, estabilidade da emulsão e a aceitabilidade global em produtos cárneos. Diferentes substâncias à base de hidratos de carbono, como hidrocolóides, incluindo goma carragena (Ayadi et al., 2009; Candogan et al., 2003; Cierach et al., 2009; Lin et al., 2000) goma xantana (Martínez et al., 2004), alginato (Lin et al., 2000), fibras (Pietrasik et al., 2010), amido de mandioca (Prabpree et al., 2011), amidos (Kumar et al., 2007), proteínas vegetais e animais (Youssef et al., 2011; Lin et al., 2000), proteínas soro de leite (Youssef et al., 2011) e algumas combinações destes adjuvantes foram testadas (Jin et al, 2016; García & Totosaus, 2008). Porém a maioria destes estudos tem como foco a substituição da gordura por estes ingredientes, não havendo estudos focando os efeitos destes ingredientes na atividade de água de produtos emulsionados

como a mortadela e escassos os estudos os efeitos destes sobre a estabilidade do produto ao longo da vida útil.

## 2.3 UTILIZAÇÃO DIFERENTES INGREDIENTES E ADITIVOS EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS

### 2.3.1 Proteínas

#### 2.3.1.1 Proteínas do leite

A aplicação de proteínas concentradas do leite na fabricação de produtos cárneos tem recebido atenção nos últimos anos. Proteínas lácteas foram incorporadas tem o potencial de modificar a textura dos produtos cárneos com baixo teor de gordura (Lyons et al., 1999).

As proteínas encontradas no soro de leite apresentam funcionalidades distintas. Por exemplo, a  $\beta$ -lactoglobulina possui excelentes propriedades gelatinizantes; a  $\alpha$ -lactalbumina tem capacidade de formar espuma similar à clara de ovo; e a lactoferrina e lactoperoxidase apresentam propriedades bacteriostáticas. As propriedades funcionais das proteínas do soro do leite que merecem destaque são: solubilidade, ligação ou retenção de água, formação de espuma, gelatinização e emulsificação (Antunes, 2003).

De acordo com Hettiarachchy & Ziegler (1994) a estrutura e a conformação das proteínas é dependente de água. A ligação de hidrogênio entre os resíduos de aminoácidos e água, íon dipolar e interações dipolo-dipolo são importantes em interações proteína-água. Além destas interações moleculares entre proteínas e água, as forças físico-químicas (tais como adsorção) pode também causar interações proteína-água. A água pode ser retida em capilares, fisicamente aprisionada nos capilares ou fisicamente aprisionada em partículas de proteínas. Se as proteínas são solúveis elas não se ligam a água, exceto as proteínas desnaturadas. As proteínas do soro são solúveis e não tendem a ligar-se a água, a menos que a proteína seja desnaturada. Assim, a lactoalbumina (proteína do soro desnaturado pelo calor) absorve mais água do que a proteína de soro de leite não desnaturado. Em muitas aplicações a desnaturação de proteínas é conseguida por calor, pH, e íons utilizados isoladamente ou em combinação.

Conforme Antunes (2003) a ligação das proteínas do soro de leite com a água acontece devido ao tratamento térmico que leva as suas moléculas a se desenovelarem e a aumentarem sua capacidade de retenção de água. Por isso, a maioria das aplicações destas proteínas como ligadoras de água ocorrerá em sistemas de alimentos que recebem um tratamento térmico suficiente capaz de desnaturar as proteínas e, assim, aumentar suas capacidades de ligação com a água.

De acordo com Youssef et al., (2011) as proteínas do soro têm a capacidade de formar géis termicamente induzidas quando aquecidas acima de 70°C, assim, podendo afetar positivamente a estabilidade e a textura produtos cárneos. Uma das propriedades funcionais chave de concentrados de proteína de soro de leite (WPCs) é a sua capacidade para formar gel induzidas pelo calor (Lyons et al., 1999). As proteínas do soro são proteínas globulares e podem ser adsorvidas na interface água/gordura em que elas se desenvolvem, e potencialmente podem ajudar a estabilizar os glóbulos de gordura dentro de uma matriz alimentar. Tais propriedades funcionais fazem as proteínas de soro de leite um aditivo útil para a produção de emulsões de carne e, por conseguinte, o soro de leite é geralmente utilizado para melhorar a emulsificação, a ligação à água e de textura (Youssef et al., 2011).

### 2.3.1.2 Proteínas de soja

Entre as proteínas vegetais, a proteína de soja é uma das proteínas vegetais mais pesquisada e prontamente disponível e, portanto, comumente utilizada como um substituto parcial de proteínas animais tradicionais (José et al., 2016).

Os produtos são classificados em proteína de soja concentrada e proteína de soja isolada e são baseadas no teor de proteína. A composição aproximada de produtos de soja é apresentada na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1-** Valor aproximado (%) de produtos de proteína de soja

<b>Produto</b>	<b>Proteína</b>	<b>Carboidrato solúvel</b>	<b>Carboidrato insolúvel</b>	<b>Umidade, Cinza, outro</b>
<b>Farinha de soja</b>	52	16	16	16
<b>Proteína de soja concentrada</b>	65	-	22	13
<b>Proteína de soja isolada</b>	86	-	-	14

Fonte: Hui et al., 2001

Os concentrados e isolados proporcionam maior capacidade de retenção de água, ligação de gordura melhorada e emulsificação, viscosidade e propriedades gelificantes. Proteínas de soja isoladas têm valores de absorção de água que variam de 150% a 400% e

possuem a capacidade de diminuir a sinérese. Em produtos com baixo teor de gordura, a proteína de soja isolada demonstrou melhorar a estabilidade da emulsão e a capacidade de retenção de água (Hui et al., 2001).

De acordo com Cesário (2012), as moléculas de água se ligam a diversos grupos carregados, grupos peptídicos da cadeia principal, grupos amida da Asparagina e Glutamina, grupos hidroxilas dos resíduos de Serina, Treonina e Tirosina e resíduos não-polares.

As proteínas são geralmente representadas como tipo II de isotermas de sorção de umidade (Figura 3), e devido à sua natureza facilmente plastificada resultam num aumento da disponibilidade de todos os grupos polares. O aquecimento a temperaturas elevadas aumenta geralmente a adsorção (Barbosa-Cánovas et al., 2007).

De acordo com Damodaran et al., (2010) vários fatores ambientais, como pH, força iônica, temperatura, tipo de sais e conformação proteica, influenciam na capacidade das proteínas de ligar água. As proteínas são menos hidratadas no seu pH isoelétrico, no qual o aumento das interações proteína-proteína resulta em uma interação mínima com a água.

Uma proteína desnaturada tem uma capacidade cerca de 10% maior de se ligar a água do que uma proteína nativa. Isso se deve ao aumento da razão entre a área da superfície em relação à massa, com exposição de alguns grupos hidrofóbicos previamente inseridos. Porém, se a desnaturação levar à agregação da proteína, então sua capacidade de ligação à água pode, na verdade, diminuir por causa do deslocamento da água pelo aumento das interações proteína-proteína (Damodaran et al., 2010).

## 2.3.2 Carboidratos

### 2.3.2.1 Amido

Os amidos são ingredientes alimentares multifuncionais. São abundantes e facilmente disponíveis e podem proporcionar uma vantagem econômica em muitas aplicações em substituição de ingredientes de custos mais elevados, tais como gomas. Eles possuem muitas aplicações funcionais, incluindo a adesão, a ligação, a estabilização da emulsão, gelificação, retenção de umidade (Aktas; Gençcelep, 2006). E em produtos cárneos pode ser adicionado na mistura da massa crua durante preparação para melhorar a qualidade agindo como um agente de adesão, gelificação e da retenção de água para manter a maciez e suculência (Prabpree et al., 2011).

O amido é uma mistura polimérica de amilose e amilopectina, e é depositada em plantas na forma de grânulos, o tamanho e a forma dos quais diferem entre espécies. O diâmetro dos grânulos varia entre menos de 1  $\mu\text{m}$  a mais de 100  $\mu\text{m}$ , ao passo que a forma pode ser angular,

oval, redonda, esférica ou irregular. A amilose e amilopectina contam para aproximadamente 98-99% do peso seco dos grânulos de amido, e a razão dos dois polissacarídeos varia, dependendo da origem botânica do amido (Amagliani et al., 2016). No Brasil, os amidos mais isolados industrialmente são os amidos de milho e de mandioca (Biliaderis, 1992). O amido de milho contém entre 25- 28% de amilose, enquanto o de mandioca possui apenas 17% (Reddy; Seib, 2000).

Os amidos nativos são comercialmente extraídos de várias matérias-primas, tais como o milho, batatas, mandioca, arroz e trigo, e que têm diferentes proporções de amilose e amilopectina, o que resultam em diferentes propriedades tecnológicas (Damoradan et al., 2010). O amido de mandioca destaca-se em relação aos demais amidos em virtude de sua alta capacidade de retenção de água, baixa temperatura de gelatinização (Pedroso; Demiate, 2008).

Devido as diferenças nas ligações glicosídicas e da massa molar, os dois polímeros (linear ou ramificado) apresentam propriedades tecnológicas distintas (Pettracci et al. 2013). Os amidos nativos têm uso limitado na indústria de alimentos, pelo fato de não dissolverem em água fria.

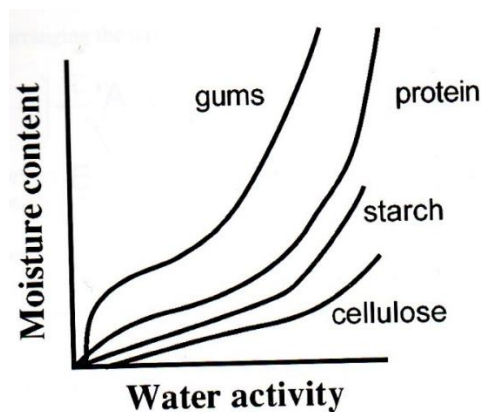
Em contrapartida, os amidos modificados são usados em alimentos por fornecerem atributos funcionais na aplicação em alimentos que os amidos nativos normalmente não podem fornecer (Aktas & Gençlelep, 2006). Estes amidos apresentam um desempenho superior (capacidade de ligação principalmente em água, inchamento e viscosidade) e melhoria na qualidade do produto final, principalmente em termos de textura e a suculência (Pettracci et al. 2013).

O amido nativo é praticamente insolúvel em água fria, podendo absorver até 30% do seu peso, com pequeno aumento do volume dos grãos. Quando aquecido, aumenta enormemente a quantidade de água absorvida. Com isso o volume dos grânulos aumentam, passando a ocupar todo o espaço possível (Bobbio; Bobbio, 2001). Durante adição de calor contínuo nos grânulos de amido, em excesso de água, resultam em mais inchamento do grânulo, mais lixiviação de compostos solúveis (principalmente amilose) e, enfim, ocorre a ruptura total dos grânulos, principalmente com aplicações de força de cisalhamento. Esses fenômenos resultam na formação de uma pasta de amido. O inchamento e a ruptura do grânulo produzem uma goma viscosa, constituída de uma fase contínua de amilose solubilizada e/ou moléculas de amilopectina, e uma fase descontínua de grânulos remanescentes (Damodaran et al., 2010).

Os hidratos de carbono (polímeros de amido e goma) têm mais ligações de hidrogênio por monômero em comparação com as proteínas. No entanto, a plastificação não é fácil devido

à sua estrutura de ligação interna. No caso do amido nativo, a alta temperatura e umidade são necessárias para a gelatinização e abertura da estrutura de adsorção. Apenas adsorção de superfície é observada no caso da celulose, o que é de natureza cristalina, ao passo que as gomas têm mais ligações de hidrogênio e cadeias mais abertas resultando em uma maior capacidade de retenção de água. Uma comparação da isoterma de absorção de umidade de alguns carboidratos e proteína é demonstrada na Figura 3.

**Figura 3-** Efeito do tipo de ingrediente em isotermas de sorção de umidade



Fonte: Barbosa-Cánovas et al., 2007

O efeito do aquecimento sobre a capacidade de ligação de água do amido pode ser discutido baseado no efeito de plastificação-gelatinização ou o colapso e/ou recristalização da estrutura. Plastificadores de amido exigem um teor de água de alta para gelatinizar a temperaturas superiores a 60 a 65°C (Barbosa-Cánovas et al., 2007).

De acordo com Damodaran et al., (2010), a maioria dos polissacarídeos contém unidades de glicosil que, em média, possuem três grupos hidroxila. Cada um desses grupos tem a capacidade de formar ligações de hidrogênio com uma ou mais moléculas de água. Além disso, o átomo de oxigênio do anel e o átomo de oxigênio que liga um anel de glicose ao outro podem formar ligações de hidrogênio com a água. Como cada unidade da cadeia tem a capacidade de reter moléculas de água, os glicanos possuem uma forte afinidade com a água e a maioria se hidrata facilmente quando ela está disponível. Em sistemas aquosos, as partículas de polissacarídeos podem capturar moléculas de água, inchar e, geralmente, passar por dissolução parcial ou completa (Damodaran et al., 2010).

Os polissacarídeos, assim como os carboidratos de baixa massa molecular, modificam e controlam a mobilidade da água em sistemas alimentícios, sendo que a água desempenha um

papel importante, influenciando as propriedades físicas e funcionais dos polissacarídeos. A água de hidratação, que é naturalmente unida às moléculas de polissacarídeo por ligações de hidrogênio, costuma ser descrita como água não congelável.

#### 2.3.2.2 Açúcar

De acordo com Hui et al., (2001) existem vários tipos de açúcares que podem ser utilizados na formulação de produtos cárneos. Alguns exemplos de açúcares comumente usados são a sacarose, dextrose e o xarope de milho. Os açúcares possuem a capacidade de reduzir o sabor salgado, proporcionam uma menor atividade de água e em alguns casos fornecem características de cor devido à reação de Maillard.

Um cristal de açúcar (sacarose) contém muitas moléculas que são mantidas unidas pelas ligações de hidrogênio. Em água, as moléculas de sacarose estabelecem novas ligações de hidrogênio (soluto - solvente) desfazendo as ligações com as outras moléculas de sacarose. O resultado é a dissolução da sacarose em água, formando uma solução. A solubilidade só é possível devido às ligações de hidrogênio formadas entre o soluto (sacarose) e o solvente (água) (Martins et al., 2009).

#### 2.3.2.3 Maltodextrina

A maltodextrina é produto da hidrólise do amido e possui uma média de cinco a dez unidades de glicose por molécula. A natureza do amido e o processo utilizado na hidrólise possuem importante influência na composição e propriedade do produto final. As maltodextrinas podem ser produzidas por hidrólise enzimática ( $\alpha$ -amilase), ácida ou uma combinação dos dois métodos (Machado; Carvalho, 2015).

De acordo com Nicoletti & Telis (2009), a maltodextrina têm a habilidade de ligar a água e, conseqüentemente, melhorar a suculência e a maciez de produtos cárneos. Além disso, podem ser usadas como espessantes ou ligantes, podendo melhorar a estabilidade de emulsões. Em altas concentrações contribuem para o corpo e a textura do produto.

#### 3.3.2.4 Carragena

A carragena é amplamente utilizada na indústria de alimentos para uma ampla gama de aplicações, devido à sua ligação de água, espessamento e propriedades de gelificação (Zouari et al., 2012). A presença de muitos grupos hidroxila visivelmente aumenta a sua afinidade para ligação de água tornando hidrofílico (Li; Nie, 2016). Na indústria da carne, carragena é usado

na redução do teor de gordura em produtos de carne como salsicha também é usado para melhorar a retenção de umidade, rendimentos de cozimento, propriedades de corte e suculência destes produtos (Ayadi et al., 2009). Ayadi et al., (2009) estudaram os efeitos de diferentes concentrações de carragena em salsichas de carne de peru, os resultados obtidos mostram que a goma provocou uma diminuição da estabilidade da emulsão, porém, houve um aumento da capacidade de retenção de água, dureza e coesividade. Em concentrações baixas (0,2 e 0,5%) obteve-se um aumento da elasticidade do gel. Em concentração mais elevada, ocorreu uma redução da elasticidade das salsichas. Conforme os autores, o aumento dos níveis de carragena na formulação leva a um aparecimento progressivo de uma rede de gel de adicional. A análise sensorial mostrou que a presença de carragena não tem efeito significativo sobre o sabor das salsichas.

### 2.3.3 Sais

#### 2.3.3.1 Cloreto de Sódio

O sal tem a capacidade de aumentar o sabor, desempenha um papel importante na textura dos produtos cárneos, devido facilitar a solubilização das proteínas miofibrilares, aumenta a capacidade de retenção de água através da extração de proteína solúvel, aumenta a força iônica dos sistemas de carne, aumenta a suculência, reduz a atividade de água e melhora a ligação da gordura e propriedades de emulsificação (Hui et al., 2001; Lilic et al., 2015; Ordóñez et al., 2005; Choi et al., 2014).

#### 2.3.3.2 Fosfato

Os fosfatos também podem ser utilizados em produtos de cárneos para melhorar a capacidade de retenção da água e, assim, o rendimento ao cozinhar (Gadekar et al., 2014; Shao et al., 2016), além de melhorar a cor, aroma (Ordóñez et al., 2005) e melhorar a capacidade de ligação de água (Villamonte et al., 2013; Silva et al., 2008).

De acordo Yamazaki et al., (2010) um mecanismo de ação dos polifosfatos é alterando o pH da carne, onde os polifosfatos alcalinos tem a capacidade de aumentar o pH para longe do ponto isoelétrico das proteínas, que aumenta a capacidade das proteínas miofibrilares de manter entre os seus filamentos moléculas de água.

O aumento da capacidade de retenção de água dos produtos à base de carne devido ao fosfato se dá através do aumento da força iônica, o que liberta locais sobre as proteínas da carne carregado negativamente, de modo que as proteínas podem ligar-se mais a água e por



complexação do  $Mg^{+2}$  e  $Ca^{+2}$  ligado à proteína, conduzindo assim a um aumento da solubilização de proteínas miofibrilares (Gadekar et al., 2014; Shao et al., 2016).

#### 2.3.3.3 Lactato de sódio

O lactato de sódio é um sal natural que vem sendo utilizado na indústria cárnea como flavorizante, umectante e agente antimicrobiano na carne como um extensor de validade comercial para produtos de carne bovina e de aves (Padopoulos et al., 1991).

O lactato tem sido aplicado em alimentos para proporcionar propriedades emulsificantes e umectantes, ou como agente de controle de pH, além de acentuar o sabor e aroma de produtos cárneos, aumentar a capacidade de retenção de água e rendimento de cocção (Padopoulos, 1991; Mohammed; Williams, 2010).

A capacidade antimicrobiana do lactato de sódio que dá devido atuar como um ácido não dissociado, passando através da membrana microbiana para acidificar o interior celular. Como resultado, o pH intracelular e metabolismo celular pode cair rapidamente como organelas desnaturar, e morte celular pode ocorrer (Bradley et al., 2011).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 MATÉRIA-PRIMA

A CMS (Carne Mecanicamente Separada), coxa e sobre coxa de frango e gordura suína foram doadas pela Cooperativa Central Aurora Alimentos. Os ingredientes amido de milho, amido de mandioca, goma carragena, nitrito de sódio, proteína texturizada de soja, glutamato monossódico, condimento para mortadela, eritorbato de sódio foram adquiridos da empresa Nutract. A proteína concentrada e isolada de soja foi doada pela empresa. O tripolifosfato de sódio e o lactato de sódio foram doados pela empresa Doremus. O corante de conchonilha foi doado pela empresa Duas Rodas. Os demais ingredientes, alho em pó, sal, açúcar cristal, açúcar refinado, xarope de glicose e leite em pó integral foram adquiridos no comércio local de Santa Maria - RS.

#### 3.2 SELEÇÃO DE ADITIVOS OU COADJUVANTES

Os ingredientes que foram utilizados na formulação das mortadelas foram selecionados a partir das análises de capacidade de absorção de água (CAA) e atividade de água em solução dos ingredientes e aditivos.

### 3.2.1 Capacidade de absorção de água

Conforme metodologia modificada de Sosulski (1962) citada por Wang et al. (2006) foi realizada a pesagem em balança analítica de 1,4 gramas de amostra para cada tubo, onde foram adicionados 9 mL de água destilada com posterior agitação por 1 minuto. O conteúdo ficou em repouso por 10 minutos, e em seguida levados a uma centrífuga onde permaneceram por 25 minutos a 3500 rpm. Foram descartados o sobrenadante e os tubos colocados inclinados para baixo, com um ângulo de 15° a 20° em estufa a 50 °C, com circulação de ar por 25 minutos. Após o resfriamento os tubos foram pesados novamente para calcular a CAA de cada amostra em %.

### 3.2.2 Atividade de água

Foram preparadas diferentes soluções com diferentes concentrações dos ingredientes e aditivos testados: Açúcar cristal, Açúcar refinado, Sal e Xarope de glicose (1,2 e 3%); Tripolifosfato de sódio (0,25 e 0,50%); Lactato de sódio (2 e 3%); Proteína de soja texturizada, Proteína de soja concentrada, Proteína de soja isolada e Leite em pó integral (2 e 4%); Fécula de mandioca e Amido de milho (2,5 e 5%); Maltodextrina (0,5, 1,0 e 2,0%) e Carragena (0,25%).

A análise de atividade de água foi realizada no equipamento Aqualab R<sup>®</sup>, modelo CX-2 (Decagon Decive ins., 2003) com realização de leitura direta, após a calibração do equipamento com as soluções aw 1,0 e 0,92. Foram realizadas leituras das soluções antes e após aquecer as soluções a aproximadamente 73°C, simulando tratamento térmico. As soluções que foram aquecidas antes de serem realizadas as leituras no equipamento foram resfriadas até a temperatura de 25°C.

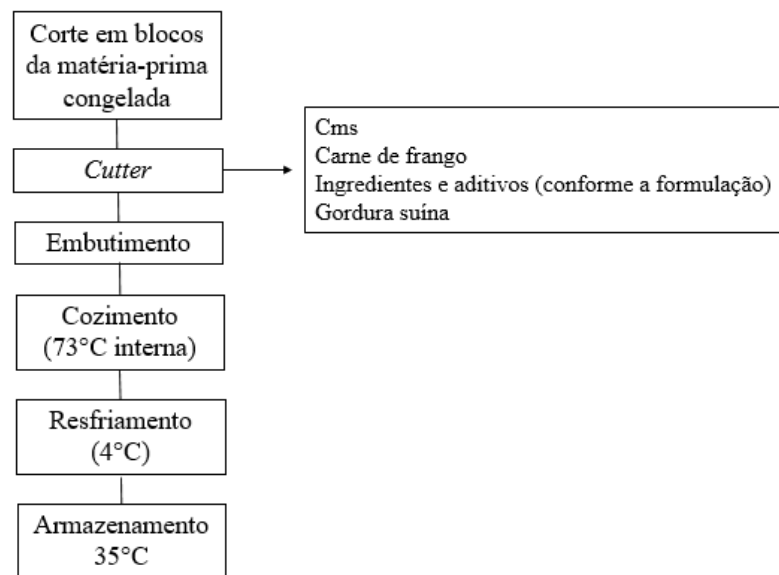
As concentrações dos ingredientes e aditivos foram definidas com base Portaria n°.1004 (1998) e concentrações normalmente utilizadas pela indústria.

## 3.3 ELABORAÇÃO DAS FORMULAÇÕES

Para a elaboração das mortadela utilizou-se a Planta Piloto do Colégio Politécnico da UFSM, seguindo processo normal de produção: pesagem, trituração e mistura em *cutter*, embutimento, cozimento, resfriamento e armazenamento em temperaturas ambientes. As concentrações dos ingredientes e aditivos foram definidas com base testes preliminares e com base no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Mortadela (2000) e Portaria n°.1004 (1998).

Primeiramente, a CMS, coxa e sobre coxa e a gordura suína ainda congelados foram cortados em pequenos blocos, com o auxílio de uma serra fita. Após foram transferidos para o cutter conforme cada tratamento. No *cutter* (Figura 5) foram adicionados primeiramente CMS, carne de frango, após ligou-se o equipamento e foi adicionando-se os demais ingredientes, respectivamente, tripolifosfato de sódio, sal, água gelada com corante carmin de conchonilha, proteína concentrada de soja, leite em pó, condimento para mortadela, alho em pó, açúcar cristal, nitrito, glutamato monossódico, lactato de sódio, toucinho, amido de milho e o eritorbato. A temperatura da massa foi aferida com um termômetro digital tipo espeto para não ultrapassar 8°C. A massa foi embutida com auxílio de uma embutideira manual (Figura 5) em tripa artificial doados pela empresa Aurora e as peças foram cozidas em tanque com água, iniciando temperatura com 20°C e aumentando gradativamente a cada 10°C até a temperatura de aproximadamente 80°C, até as peças atingirem a temperatura de 73°C no centro. Após as peças foram imediatamente resfriadas até atingirem temperatura interna de 4°C e após foram armazenadas em estufa a 35°C ± 5°C até o momento das análises, conforme a Figura 4.

**Figura 4** – Fluxograma do processamento das mortadelas.



Fonte: Autora (2017).

**Figura 5** – Etapa de mistura dos ingredientes e aspecto da massa obtida durante preparo em cutter.



Fonte: Autora (2017).

**Figura 6** – Embutideira manual.



Fonte: Autora (2017).

**Figura 7** – Tratamento térmico dos produtos

Fonte: Autora (2017).

**Tabela 2** - Formulação base das mortadelas desenvolvidas.

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
CMS	40.00
Carne de frango	28.46
Toucinho Suíno	10.00
Lactato de sódio	3.00
Nitrito de sódio	0,025
Sal	2,50
Condimento Mortadela	1,00
Glutamato monossódico	0,100
Tripolifosfato de sódio	0,500
Eritorbato de sódio	0,200
Alho	0.150
Água	2.00
Corante carmim de cochonilha	0.06

<b>SUBTOTAL</b>	<b>88.00</b>
-----------------	--------------

Para a formulação base das mortadelas (Tabela 2) obteve-se um subtotal de 88,0%, o restante foi adicionado dos quatro ingredientes (Amido de milho, Proteína concentrada de soja, Leite em pó e Açúcar cristal) e o restante para somar 100% foi adicionado de carne (coxa e sobrecoxa de frango).

Com base nos resultados preliminares (Capacidade de absorção de água e Atividade de água de diferentes concentrações ingredientes e aditivos), recomendações dos fabricantes e com base no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Mortadela (2000) e Portaria n°.1004 (1998), optou-se por um delineamento fatorial  $2^4$  com quadro repetições no ponto central (Tabela 3). As variáveis foram 4 ingredientes: Amido de milho (%), Proteína de soja concentrada (%), Leite em pó (%) e Açúcar cristal (%).

As adições das concentrações de CMS (Carne mecanicamente separada) (máximo 40%), amido (máximo 5%) e proteínas não cárneas (máximo 4%), seguiram o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Mortadela (2000). A adição de Lactato de sódio, Nitrito de sódio, Glutamato monossódio, Tripolifosfato de sódio, Eritorbato de sódio e Corante conchonilha seguiram a Portaria n° 1004 (1998), da adição de Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Carne.

**Tabela 3** – Níveis dos ingredientes empregados no planejamento fatorial  $2^4$ .

Variáveis	Código	Níveis		
		-1	0*	+1
<b>Amido de milho (%)</b>	X1	0	2,5	5,0
<b>Proteína de soja (%)</b>	X2	0	1,0	2,0
<b>Leite em pó (%)</b>	X3	0	1,0	2,0
<b>Açúcar cristal (%)</b>	X4	0	1,5	3,0

\*Quadro ensaios no ponto central.

Com base nos resultados preliminares, optou-se por um delineamento fatorial  $2^4$  com 4 pontos centrais. As variáveis foram (%): Amido de milho, proteína concentrada de soja, leite em pó e açúcar cristal. As concentrações foram baseadas nos resultados preliminares, onde utilizou-se concentrações mínimas 0% e concentrações máximas 5% para o amido de milho, 2% para a proteína concentrada de soja, 2% para o leite em pó e 3% para o açúcar cristal. Os pontos centrais foi utilizada concentrações de 2,5% para o amido de milho, 1% para proteína concentrada de soja, 1% para o leite em pó e 1,5% para açúcar cristal.

As concentrações e a formulação base (Tabela 2) foram definidas com base no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Mortadela (2000) e Portaria n°.1004 (1998).

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Para a realização das análises, as amostras foram trituradas em multiprocessador até a formação de uma pasta homogênea. As determinações de umidade, proteína, extrato etéreo, cinzas e carboidratos por diferença (AOAC, 1996). A análise de umidade foi realizada nos produtos (0,15, 30, 45 e 60 dias), análises de proteína bruta, gordura, cinzas e carboidratos (0 e 60 dias).

### 3.5 DETERMINAÇÃO DO pH E ATIVIDADE DE ÁGUA

O pH e a atividade de água foram realizados nos dias 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento. A medida de pH foi realizada em potenciômetro (Modelo DM-23DC-pHmetro, São Paulo Brasil) conforme IAL (2008). A análise de atividade de água foi realizada no equipamento Aqualab R<sup>®</sup>, modelo CX-2 (Decagon Decive ins., 2003) com realização de leitura direta, após a calibração do equipamento com as soluções padrão aw 1,0 e 0,92.

### 3.6 ESTABILIDADE DA EMULSÃO

Para esta análise foram realizados dois métodos, onde se diferencia devido uma metodologia utilizar temperatura.

O primeiro método consistiu em pesar aproximadamente 30 g de massa crua e colocá-la em tubo de centrífuga com tampa e aquecido em banho-maria por 30 minutos a 70 °C (Figura 7). A seguir os tubos foram rapidamente transferidos para centrífuga (3500 x g) por 3 minutos na temperatura ambiente. O exsudado composto por gel, água e gordura foi drenado por inversão durante 5 minutos. A quantidade de material liberado foi expresso em % de instabilidade (peso/peso). Esta metodologia foi realizada conforme sugerido por Lin & Zayas (1987) com algumas adaptações.

A estabilidade da emulsão também foi medida como indicado por Flores et al., (2007) com modificações. Para tanto, a emulsão da mortadela recém-preparada foi imediatamente colocada em tubos com capacidade de 15 mL e centrifugados a 3.000 rpm, durante 10 minutos, em temperatura ambiente (25°C). A quantidade de material liberado foi expressa em % de instabilidade (peso/peso).

### 3.7 OXIDAÇÃO LIPÍDICA – TBARS

A avaliação da oxidação lipídica foi determinada pelo método de TBARS (substâncias resultantes da oxidação lipídica reativas ao ácido tiobarbitúrico), seguindo a metodologia descrita por Raharjo, Sofos, Schimidt (1992), adaptado por Pereira (2009). Pesou-se 10g de amostra previamente moída e homogeneizada em saqueta plástica. Adicionou-se 40 mL de ácido tricloroacético (TCA) 5% e 1 mL de do antioxidante sintético butilhidroxitolueno (BHT) 0,15%. Foi homogeneizado por um minuto em Stomacher Elétrico modelo BOIT-STO1 (Labor, São Paulo, Brasil) e após filtrou-se com auxílio de papel filtro qualitativo para balão volumétrico de 50 mL, sendo o volume completado com a solução de ácido tricloroacético 5%. Deste balão retirou-se uma alíquota de 5 mL e transferiu-se para um tubo de ensaio, onde foi adicionado 5 mL de ácido tiobarbitúrico 0,08M em ácido acético 50%. Os tubo com as amostras foram colocados em banho maria (Solab, modelo SL-152/10, Piracicaba, Brasil) a 100°C por 40 minutos. Após o resfriamento procedeu-se a a leitura em espectrofotômetro (SP-220 marca Bioespectro, São Paulo. Brasil) a 531 nm. O resultado foi expresso em miligramas de malonaldeído por kilograma de amostra.

### 3.8 PERDAS POR REAQUECIMENTO E CONGELAMENTO

Seguindo metodologia proposta por Hachmeister; Herald (1998) as amostras foram cortadas em tamanhos uniformes de 2,0 x 2,0 x 6,0 cm e pesadas. Posteriormente, foram mergulhadas em aproximadamente 300 mL de água em ebulição em bécquer de 500 mL, coberto com vidro relógio e mantidas por 6 minutos. Após o tratamento foram escorridas em papel toalha e colocadas sob refrigeração por 6 minutos. O percentual de perda por reaquecimento foi dado pela diferença de peso.

**Figura 8** – Amostras para a análise de perdas por reaquecimento



Fonte: Autora (2017).



**Figura 9** – Análise de perdas por reaquecimento



Fonte: Autora (2017).

Seguindo a metodologia de Lee et al. (2002), com algumas adaptações, as amostras foram cortadas, pesadas e embaladas individualmente em pacotes plásticos e levadas ao congelamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Após 24 horas de congelamento as peças foram descongeladas a temperatura ambiente por 4 horas e então embaladas em papel filtro de 12,5 cm de diâmetro. Posteriormente, as amostras foram prensadas entre duas placas de vidro usando 2.000 g por 5 minutos. Após prensagem foram retiradas do papel filtro e novamente pesadas e o percentual de água perdido foi determinado pela diferença de peso.

**Figura 10** – Análise de perdas por congelamento



Fonte: Autora (2017).

### 3.9 COR INSTRUMENTAL

A cor superficial das mortadelas foi analisada nos dias 0, 30 e 60 de armazenamento de acordo com o sistema da Comissão Internacional de Iluminação (CIE), usando os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (escala CIELAB), através da leitura em colorímetro (Spectrophotometer CM-

700D). A análise foi realizada com iluminante A e ângulo de observação 10°. Foram efetuadas seis leituras na superfície de cada amostra de mortadela em diferentes pontos de três proporções. Os resultados foram expressos em L\*, a\* e b\*. Também foi realizada a análise de cor após 1 hora de exposição a luz, nos dias 0, 30 e 60.

### 3.10 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com a Instrução Normativa nº 62 (Brasil, 2003) seguindo os padrões estabelecidos pela ANVISA (Brasil, 2001). Foram realizadas análises de *Staphylococcus* coagulase positiva, Coliformes Termotolerantes, *Salmonella* sp. e *Clostridium* Sulfito Redutores 46°C, como exige a legislação. E também foram realizadas análises de Bactérias Lácticas e Mesófilos. As análises foram realizadas nos dias 7 e 67 de armazenamento. Os resultados foram expressos em ausência e presença 25g de *Salmonella* sp.; *Staphylococcus* coagulase positiva, *Clostridium* Sulfito Redutores 46°C, Bactérias Lácticas e Mesófilos em UFC/g e Coliformes Termotolerantes em NMP/g.

### 3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as análises de absorção de água e atividade de água de diferentes soluções foram realizadas duas repetições.

Para os experimentos preliminares utilizou-se um delineamento experimental casualizado e foram realizadas triplicatas para cada teste.

Para os testes posteriores foi utilizado um delineamento composto central (DCC) 2<sup>4</sup> e foram realizadas triplicatas para cada teste. Apenas para a cor instrumental (L\*, a\* e b\*) foram realizadas seis leituras.

Os resultados obtidos nos testes preliminares e posteriores foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey com nível de significância de 95% (p<0,05) utilizando o programa Statistic® 9.0 (STATSOFT Inc.).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item, serão apresentados os resultados encontrados para as análises preliminares (CAA e aw das soluções) realizados para a escolha dos ingredientes e aditivos que obtiveram os melhores resultados. E os resultados de umidade, atividade de água, pH, proteína, extrato

etéreo, cinzas, carboidratos, estabilidade da emulsão, perdas por reaquecimento e congelamento, cor L\*, a\* e b\* e análise microbiológica dos produtos desenvolvidos.

#### 4.1 SELEÇÃO DOS INGREDIENTES

Na Tabela 4 são apresentados os resultados encontrados para a capacidade de absorção de água realizada.

Os menores valores da CAA foram encontrados para os ingredientes fécula de mandioca e amido de milho, este resultado se deve devido estes ingredientes serem capazes de ligar mais água após serem aquecidos. Conforme Peng et al., (2007), o amido é praticamente insolúvel em água fria apesar de sofrer um certo grau de inchamento. Os sítios de ligação da água são os grupos hidroxilas e os átomos de oxigênio no interior da D-glicose, sendo que a presença dos grupos hidroxilas acarreta uma natureza altamente hidrofílica ao amido. A insolubilidade do grânulo é devida às fortes ligações de hidrogênio que mantêm as cadeias de amido unidas. Entretanto, na presença de água e aquecimento, a água é incorporada na estrutura do grânulo e componentes mais solúveis como a amilose se dissociam e difundem-se para fora do grânulo.

Os maiores resultados da CAA foram encontrados para as proteínas de soja, sendo que a maior resultado foi para a proteína concentrada de soja.

**Tabela 4** - Capacidade de absorção de água dos ingredientes e aditivos.

<b>Ingredientes ou aditivo</b>	<b>CAA (%)</b>
<b>Carragena</b>	3,061 <sup>c</sup> ± 0,119
<b>Amido de milho</b>	1,013 <sup>d</sup> ± 0,018
<b>Proteína texturizada de soja</b>	5,376 <sup>b</sup> ± 0,109
<b>Proteína concentrada de soja</b>	6,094 <sup>a</sup> ± 0,112
<b>Proteína isolada de soja</b>	5,918 <sup>a</sup> ± 0,072
<b>Fécula de mandioca</b>	0,988 <sup>d</sup> ± 0,046

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras diferentes na vertical diferem significativamente (p<0,05).

Também foram testados outros ingredientes: lactato de sódio, tripolifosfato de sódio, sal, leite em pó e açúcar cristal e refinado e xarope de glicose, porém devido suas características de alta solubilidade na presença de água dissolveram-se, não sendo possível realizar esta análise.

**Tabela 5** - Atividade de água de diferentes concentrações dos ingredientes e aditivos antes e após aquecimento à 73°C.

Ingrediente/aditivo	Aw	Aw 73°C
<b>Açúcar cristal 1%</b>	0,9984 <sup>ABCDEa</sup> ± 0,0005	0,9974 <sup>ABCDEFGHla</sup> ± 0,0008
<b>Açúcar cristal 2%</b>	0,9975 <sup>ABCDEFGHJa</sup> ± 0,0005	0,9972 <sup>ABCDEFGHJa</sup> ± 0,001
<b>Açúcar cristal 3%</b>	0,9952 <sup>JKa</sup> ± 0,0012	0,9953 <sup>IJKa</sup> ± 0,001
<b>Açúcar refinado 1%</b>	0,9984 <sup>ABCDEa</sup> ± 0,0006	0,9974 <sup>ABCDEFGHla</sup> ± 0,0007
<b>Açúcar refinado 2%</b>	0,9972 <sup>ABCDEFGHJa</sup> ± 0,001	0,9966 <sup>CDEFGHJa</sup> ± 0,0008
<b>Açúcar refinado 3%</b>	0,9969 <sup>ABCDEFGHJb</sup> ± 0,0007	0,9980 <sup>ABCDEa</sup> ± 0,0005
<b>Sal 1%</b>	0,9940 <sup>Ka</sup> ± 0,001	0,9939 <sup>Ka</sup> ± 0,0004
<b>Sal 2%</b>	0,9889 <sup>La</sup> ± 0,0008	0,9890 <sup>La</sup> ± 0,0006
<b>Sal 3%</b>	0,9790 <sup>Ma</sup> ± 0,002	0,9792 <sup>Ma</sup> ± 0,0008
<b>Tripolifosfato de sódio 0,25%</b>	0,9962 <sup>CDEFGHIJKa</sup> ± 0,0008	0,9938 <sup>Kb</sup> ± 0,0014
<b>Tripolifosfato de sódio 0,50%</b>	0,997 <sup>ABCDEFGHJa</sup> ± 0,0014	0,9977 <sup>ABCDEFGa</sup> ± 0,0007
<b>Lactato de sódio 2%</b>	0,9972 <sup>ABCDEFGHJa</sup> ± 0,001	0,9975 <sup>ABCDEFGHla</sup> ± 0,0004
<b>Lactato de sódio 3%</b>	0,9961 <sup>DEFGHIJKa</sup> ± 0,0006	0,9957 <sup>FGHIJKa</sup> ± 0,0007
<b>Proteína de soja isolada 2%</b>	0,9989 <sup>Aa</sup> ± 0,0007	0,9992 <sup>Aa</sup> ± 0,001
<b>Proteína de soja isolada 4%</b>	0,9989 <sup>ABa</sup> ± 0,001	0,9985 <sup>ABCDa</sup> ± 0,009
<b>Proteína de soja concentrada 2%</b>	0,9979 <sup>ABCDEFHa</sup> ± 0,001	0,9965 <sup>CDEFGHJa</sup> ± 0,001
<b>Proteína de soja concentrada 4%</b>	0,9959 <sup>EFGHIJKa</sup> ± 0,0007	0,9958 <sup>EFGHIJKa</sup> ± 0,001
<b>Proteína de soja texturizada 2%</b>	0,9981 <sup>ABCDEFa</sup> ± 0,0016	0,9974 <sup>ABCDEFGHla</sup> ± 0,0014
<b>Proteína de soja texturizada 4%</b>	0,9965 <sup>BCDEFGHJa</sup> ± 0,001	0,9956 <sup>GHIJKa</sup> ± 0,001

<b>Leite em pó integral 2%</b>	0,9988 <sup>ABa</sup> ± 0,001	0,9962 <sup>DEFGHIJb</sup> ± 0,0008
<b>Leite em pó integral 4%</b>	0,9980 <sup>ABCDEFa</sup> ± 0,001	0,9981 <sup>ABCDa</sup> ± 0,0006
<b>Fécula de mandioca 2,5%</b>	0,9978 <sup>ABCDEFGHIa</sup> ± 0,001	0,9976 <sup>ABCDEFGHa</sup> ± 0,001
<b>Fécula de mandioca 5%</b>	0,9980 <sup>ABCDEFGa</sup> ± 0,001	0,9990 <sup>ABa</sup> ± 0,001
<b>Maltodextrina 0,5%</b>	0,9956 <sup>HIJKa</sup> ± 0,002	0,9969 <sup>BCDEFGHIJa</sup> ± 0,001
<b>Maltodextrina 1%</b>	0,9956 <sup>GHIJKa</sup> ± 0,001	0,9967 <sup>BCDEFGHIJa</sup> ± 0,001
<b>Maltodextrina 2%</b>	0,9954 <sup>IJKa</sup> ± 0,001	0,9951 <sup>JKa</sup> ± 0,001
<b>Amido de milho 2,5%</b>	0,9984 <sup>ABCDa</sup> ± 0,001	0,9983 <sup>ABCDa</sup> ± 0,001
<b>Amido de milho 5%</b>	0,9977 <sup>ABCDEFGHIa</sup> ± 0,001	0,9974 <sup>ABCDEFGHIa</sup> ± 0,001
<b>Xarope de glicose 1%</b>	0,9986 <sup>ABCa</sup> ± 0,0006	0,9979 <sup>ABCDEFa</sup> ± 0,001
<b>Xarope de glicose 2%</b>	0,9971 <sup>ABCDEFGHIJa</sup> ± 0,001	0,9963 <sup>CDEFGHIJa</sup> ± 0,001
<b>Xarope de glicose 3%</b>	0,9959 <sup>FGHIJKa</sup> ± 0,001	0,9954 <sup>HIJKb</sup> ± 0,001
<b>Carragena 0,25%</b>	0,9987 <sup>ABa</sup> ± 0,0004	0,9985 <sup>ABCa</sup> ± 0,001

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras minúsculas diferentes na horizontal diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras maiúsculas diferentes na vertical diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).

A tabela 5 apresenta os resultados encontrados para a análise de atividade de água de diferentes concentrações antes e após aquecer a 73°C. As soluções foram aquecidas nesta temperatura pois é a temperatura utilizada no tratamento térmico de produtos como a mortadela.

Os menores valores de atividade de água antes e após aquecer a 73°C foram das concentrações que continham sal. De acordo com Damodaran et al., (2010) íons individuais e grupos iônicos de moléculas orgânicas parecem dificultar ou influenciar na mobilidade das moléculas de água de forma mais intensa do que qualquer outro tipo de soluto. A força das ligações eletrostáticas água-íon é maior do que a força das ligações por ponte de hidrogênio água-água, porém muito menor que a força das ligações covalentes. As ligações água-íons também são mais fortes do que as ligações com solutos hidrofílicos, como por exemplo a sacarose.

Os maiores resultados foram para a proteína de soja isolada (2 e 4%), porém não foram significativamente diferente dos ingredientes e aditivos, Tripolifosfato 0,5%, Lactato de sódio (2%), Proteína concentrada e texturizada de soja (2%), Leite em pó (2% e 4%), Fécula de

mandioca e Amido de milho (2,5 e 5%), Xarope de glicose (1, 2 e 3%) e Carragena (0,25%). Porém ao aquecer a Proteína de soja concentrada 2% e a Fécula de mandioca 5% apresentaram menores valores de aw, porém não teve diferença significativa estatisticamente dos ingredientes e aditivos, Açúcar cristal (1 e 2%), Refinado (1 e 3%), Tripolifosfato (0,5%), Lactato de sódio (2%), Proteína texturizada e isolada (4%), Fécula de mandioca e Amido de milho (2,5 e 5%) e Carragena (0,25%).

O açúcar cristal e refinado não obtiveram diferenças significativas em 1 e 2%, porém a utilização do açúcar cristal é mais vantajoso para as indústrias, devido seu menor valor. A capacidade de diminuir a atividade de água dos açúcares se deve pela capacidade da molécula em se ligar as moléculas de água através de pontes de hidrogênio. Os valores de atividade de água reduziram após o aquecimento das soluções, isto se deve pela quebra das estruturas destes açúcares, promovendo assim uma maior ligação com as moléculas de água. Comparando-se resultados com o xarope de glicose, não houveram diferenças significativas, o xarope de glicose também aumenta o custo da formulação.

Dentre as proteínas utilizadas, a proteína concentrada de soja apresentou o menores valores de aw. Conforme os resultados apresentados a proteína concentrada de soja apresentou menor valor de atividade de água dentre as proteínas analisadas antes e após o aquecimento. As proteínas possuem grupos hidrofóbicos e hidrofílicos, onde a ligação da água irá variar conforme a exposição destas na superfície da proteína, assim, a proteína concentrada possui uma quantidade de moléculas hidrofílicas expostas maior em relação as demais proteínas. Com o aumento da temperatura ocorre o aumento dessas ligações, diminuindo a atividade de água.

A maltodextrina apresentou resultados menores para a atividade de água do que encontrados para os açúcares, porém maltodextrina é um ingredientes que também aumenta o custo das formulações, assim, aumentando o valor do produto final.

O amido de milho (5%) apresentou um menor valor de atividade de água após aquecimento do que fécula de mandioca a (5%). Conforme Weber et al., (2009) o amido de milho contém entre 25-28% de amilose, enquanto o de mandioca possui apenas 17%. O amido de milho normal se caracteriza pela formação de um gel consistente. Para produtos que necessitam de armazenamento sob refrigeração, esse amido não é muito indicado devido à sinérese (exsudação de água), consequência do fenômeno de retrogradação, porém o produto em estudo será armazenado em temperatura ambiente ( $\pm 35^{\circ}\text{C}$ ).

De acordo com Silva et al. (2000) a mandioca, quando comparada com o milho, chama a atenção por apresentar problemas que se caracterizam por uma oferta irregular associada

consequentemente a uma instabilidade de preços, fato que se constitui num gargalo para o desenvolvimento da cadeia produtiva. A colheita da mandioca ainda é manual, o que se constitui em um dos principais fatores que elevam a participação da mão-de-obra no custo operacional de produção, da ordem de 50%, enquanto que para o milho é menos de 10%.

Alguns ingredientes com o aquecimento apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), é o caso Tripolifosfato de sódio (0,25%), Açúcar refinado (3%), Xarope de glicose (3%) e Leite em pó (2%). Alguns ingredientes com menores concentrações também obtiveram um resultado menor para a atividade de água após aquecer do que a sua maior concentração testada.

Estes resultados são interessantes principalmente pelo fato de que alguns ingredientes utilizados em concentrações maiores podem ser utilizados em menores concentrações, e poder ter um melhor efeito na diminuição da atividade de água e assim, obter um menor gasto com estes ingredientes e aditivos. Não há resultados na literatura para serem comparados.

#### 4.2 UMIDADE

A Tabela 6 apresenta os valores encontrados para o teor de umidade das formulações nos dias 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Todos os valores encontrados estão conforme o RTIQ de mortadela, onde a umidade máxima do produto é de 65%.

**Tabela 6** - Resultados teor de umidade das mortadelas desenvolvidas nos 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento.

<b>T</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>
<b>T1</b>	58,32 <sup>a</sup> ± 0,103	58,34 <sup>a</sup> ± 0,093	58,37 <sup>a</sup> ± 0,080	58,26 <sup>a</sup> ± 0,070	57,72 <sup>b</sup> ± 0,114
<b>T2</b>	58,61 <sup>a</sup> ± 0,212	58,25 <sup>ab</sup> ± 0,131	58,00 <sup>b</sup> ± 0,019	57,20 <sup>c</sup> ± 0,123	57,20 <sup>c</sup> ± 0,123
<b>T3</b>	58,07 <sup>b</sup> ± 0,044	59,59 <sup>a</sup> ± 0,250	58,05 <sup>b</sup> ± 0,038	56,70 <sup>c</sup> ± 0,020	56,82 <sup>c</sup> ± 0,091
<b>T4</b>	56,17 <sup>a</sup> ± 0,035	56,25 <sup>a</sup> ± 0,106	56,15 <sup>a</sup> ± 0,067	53,04 <sup>b</sup> ± 0,120	52,93 <sup>b</sup> ± 0,849
<b>T5</b>	58,39 <sup>a</sup> ± 0,072	58,51 <sup>a</sup> ± 0,127	58,29 <sup>a</sup> ± 0,048	56,64 <sup>b</sup> ± 0,197	55,75 <sup>c</sup> ± 0,156
<b>T6</b>	56,85 <sup>a</sup> ± 0,047	56,65 <sup>a</sup> ± 0,203	56,40 <sup>a</sup> ± 0,434	54,11 <sup>b</sup> ± 0,043	54,26 <sup>b</sup> ± 0,212
<b>T7</b>	55,44 <sup>ab</sup> ± 0,045	55,68 <sup>a</sup> ± 0,328	55,56 <sup>ab</sup> ± 0,237	55,08 <sup>b</sup> ± 0,034	55,88 <sup>a</sup> ± 0,098
<b>T8</b>	54,98 <sup>b</sup> ± 0,030	55,44 <sup>a</sup> ± 0,031	53,42 <sup>c</sup> ± 0,060	53,44 <sup>c</sup> ± 0,064	53,47 <sup>c</sup> ± 0,052
<b>T9</b>	59,63 <sup>a</sup> ±	58,05 <sup>c</sup> ±	59,31 <sup>a</sup> ±	58,50 <sup>b</sup> ±	58,49 <sup>b</sup> ±

	0,046	0,078	0,023	0,058	0,299
<b>T10</b>	56,97 <sup>a</sup> ±	56,29 <sup>b</sup> ±	55,92 <sup>c</sup> ±	56,44 <sup>b</sup> ±	55,44 <sup>d</sup> ±
	0,141	0,222	0,013	0,075	0,093
<b>T11</b>	59,18 <sup>a</sup> ±	58,36 <sup>b</sup> ±	57,61 <sup>c</sup> ±	57,65 <sup>c</sup> ±	57,45 <sup>c</sup> ±
	0,076	0,105	0,262	0,014	0,012
<b>T12</b>	55,25 <sup>a</sup> ±	55,21 <sup>ab</sup> ±	55,11 <sup>c</sup> ±	54,49 <sup>d</sup> ±	53,48 <sup>e</sup> ±
	0,062	0,024	0,048	0,043	0,051
<b>T13</b>	59,82 <sup>a</sup> ±	59,35 <sup>ab</sup> ±	59,22 <sup>ab</sup> ±	58,37 <sup>b</sup> ±	57,75 <sup>c</sup> ±
	0,451	0,088	0,045	0,056	0,041
<b>T14</b>	54,60 <sup>b</sup> ±	54,88 <sup>a</sup> ±	54,95 <sup>a</sup> ±	54,27 <sup>c</sup> ±	53,23 <sup>d</sup> ±
	0,162	0,012	0,079	0,064	0,026
<b>T15</b>	57,44 <sup>a</sup> ±	57,40 <sup>a</sup> ±	57,36 <sup>a</sup> ±	56,13 <sup>b</sup> ±	55,80 <sup>c</sup> ±
	0,068	0,100	0,199	0,048	0,075
<b>T16</b>	54,95 <sup>a</sup> ±	55,43 <sup>a</sup> ±	54,10 <sup>b</sup> ±	53,43 <sup>c</sup> ±	53,13 <sup>c</sup> ±
	0,093	0,403	0,056	0,045	0,044
<b>T17</b>	58,70 <sup>a</sup> ±	58,36 <sup>b</sup> ±	58,05 <sup>c</sup> ±	57,25 <sup>d</sup> ±	57,42 <sup>d</sup> ±
	0,062	0,141	0,129	0,103	0,024
<b>T18</b>	58,18 <sup>a</sup> ±	58,15 <sup>a</sup> ±	57,81 <sup>b</sup> ±	56,72 <sup>c</sup> ±	56,82 <sup>c</sup> ±
	0,091	0,0001	0,099	0,087	0,066
<b>T19</b>	56,69 <sup>a</sup> ±	56,35 <sup>a</sup> ±	56,27 <sup>a</sup> ±	56,56 <sup>a</sup> ±	54,54 <sup>b</sup> ±
	0,101	0,017	0,280	0,336	0,310
<b>T20</b>	57,99 <sup>a</sup> ±	57,00 <sup>b</sup> ±	57,18 <sup>b</sup> ±	57,23 <sup>b</sup> ±	56,01 <sup>c</sup> ±
	0,086	0,169	0,059	0,219	0,282

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras diferentes na horizontal diferem significativamente (p<0,05).

Observou-se que houve diferença significativa (p<0,05) para os valores de 0, 15, 30, 45 e 60 dias.

Conforme os resultados referentes ao dia 0 (Tabela 6), todas as formulações obtiveram uma diferença significativa dos valores de umidade conforme o seu armazenamento.

De acordo com os resultados da Tabela 7 confirmou-se que os ingredientes amido de milho e proteína de soja possuem a capacidade de ligar a água livre contida no alimento. A água ligada dificultou a quantificação da umidade, pois com a metodologia utilizada esta água ligada é mais difícil de ser retirada do alimento. De acordo Zambiasi (2010), a água ligada é aquela combinada, fraca ou fortemente, por forças físicas (forças de Van der Waals, interações iônicas, interações dipolo-dipolo ou à formação de pontes de hidrogênio) aos componentes macromoleculares e coloidais hidrofílicos, como proteínas e polissacarídeos. Quanto mais ligada for a água, mais difícil é sua remoção.

Estudo de Rodrigues (2016), adicionou em suas formulações de mortadela refrigerada, proteína concentrada de soja (4%), maltodextrina (0,5%), carragena (0,5%) e fécula de mandioca (2,5%), encontrando valores para umidade de 60,84%.



Horita et al., (2011) com intuito de reduzir a gordura de formulações de mortadela adicionou em sua formulação controle de mortadela 0,18% condimentos, 0,015% nitrito de sódio, 0,30 tripolifosfato de sódio, 0,05 eritorbato de sódio e 2% sal, obtendo um valor de umidade maior (62,60%) do que encontrado para as formulações deste estudo. Porém é relevante considerar que a formulação de Horita et al., (2011) não havia a adição de gordura, somente foi a gordura presente naturalmente na carne utilizada.

Cavalheiro et al., (2014) adicionaram em suas formulações de mortadela diferentes concentrações de hidrolisado de proteína (0, 10, 20 e 30%), sal (1,9%), amido de mandioca (5%) e proteína de soja isolada (2%). Os autores encontraram valores para umidade da formulação controle de 68,21%, para as formulações adicionadas de 10, 20 e 30% de hidrolisado de proteína houve uma diminuição da umidade, onde foram encontrados valores 66,98%, 65,41% e 65,41% respectivamente.

Conforme Prestes (2011), além das interpretações individuais dos resultados, por intermédio de um planejamento fatorial é possível prever o comportamento dos produtos e medir o efeito da utilização de um determinado ingrediente e/ou variável bem como a interação deles.

Pela Tabela 7 é possível avaliar os efeitos das variáveis estudadas sobre a umidade em 0 dias. Pode ser observado efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de primeira ordem negativo para o amido de milho e proteína de soja sobre a umidade 0 dias (%), ou seja, o amido de milho e a proteína de soja reduziram a umidade dos produtos. Comprovou-se que o amido de milho e a proteína de soja concentrada contribuíram para a redução da umidade 0 dias.

De acordo com Araújo (2015), as proteínas possuem a capacidade de ligação com a água devido aos aminoácidos polares que interagem com a água, maximizando o contato, e consequentemente tendem a se localizar na superfície da molécula da proteína, capazes de estabelecer pontes de hidrogênio com as moléculas como a água. Estas ligações de pontes de hidrogênio com a água são formadas a partir de átomos polares em proteínas. Esta ligação é atribuída à eletronegatividade do átomo de oxigênio frente ao átomo de hidrogênio. O núcleo do átomo de oxigênio atrai elétrons mais fortemente do que o núcleo do átomo de hidrogênio, originando dois dipolos elétricos na molécula de água, em razão do compartilhamento desigual desses elétrons. Assim, cada hidrogênio possui uma carga parcial positiva, e cada oxigênio possui carga parcial negativa maior, o que gerará atração eletrostática, com a aproximação de um oxigênio de uma molécula de água e de dois hidrogênios de outras moléculas de água (Araújo, 2015).

Confome Mahmood et al., (2017), os hidrocolóides, como por exemplo o amido, também são chamados de colóides hidrofílicos sendo ricos em grupos hidroxilo (OH) que podem conter quantidade significativa de água.

Cruz (2014), adicionou diferentes concentrações de soro de leite em mortadelas de frango, importante salientar que na formulação foi adicionado 5% de amido de milho. O valor encontrado pelo autor para a formulação controle foi de 65,87%, com a adição gradativa de soro de leite obteve um aumento da umidade. No entanto, o autor encontrou porcentagem baixa de lipídeos (7,54 a 9,39). De acordo com Barbut e Mittal (1995) produtos com baixo teor de gordura apresentam maior teor de umidade.

Mohammadi & Oghabi (2012), estudaram os efeitos do amido de milho ceroso modificado nas características químicas e tecnológicas de salsichas bovinas. Como resultado obtiveram que a adição do amido de milho aumentou a capacidade de retenção de água e diminuiu o teor de umidade do produto.

**Tabela 7** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta umidade 0 dias (%).

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	57,310	0,189	0,000
<b>Amido de milho</b>	-2,241	0,422	0,013*
<b>Proteína de soja</b>	-1,466	0,422	0,040*

\*Significância de 95%.

A tabela 8 apresenta a ANOVA para a respostas umidade 0 dias. O teste-F assegurou a validade do modelo. Assim, utilizando este modelo para a construção da superfícies de resposta permite-se a visualização da umidade 0 dias em função das variáveis estudadas.

Com os coeficientes de regressão obtidos pela ANOVA foi possível testar a significância dos mesmos através da estatística F (Fischer-Snedecor). A estatística F determina a relação significativa entre a variável dependente e o conjunto de variáveis explicativas, testando-se as hipóteses: H0 (hipótese nula) se  $1= 2=, \dots =n=0$  (não existe relação linear entre a variável dependente e o conjunto de variáveis explicativas), e H1 (hipótese alternativa) se pelo menos um coeficiente de regressão não é igual a zero, existe relação linear. Os valores críticos de F são obtidos em tabelas. Se F encontrado for maior que o F crítico, rejeita-se H0 (Prestes, 2011).

**Tabela 8** - Análise de variância (ANOVA) para a resposta umidade 0 dias.

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>GL</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b>F calculado</b>
<b>Regressão</b>	28,69	2	14,35	10,99
<b>Resíduo</b>	22,19	17	1,30	
<b>Falta de ajuste</b>	20,05	14	1,43	2,00
<b>Erro puro</b>	2,14	3	0,714	
<b>Total</b>	73,07	19		

A tabela 8 apresenta a Análise de Variância (ANOVA) para a porcentagem de umidade 0 dias. O valor de F calculado (10,99) foi maior do que o F tabelado (3,59), assegurando a validade do modelo, em um intervalo de 95% de confiança. O F da falta de ajuste (2,00) foi menor do que o F tabelado (3,59).

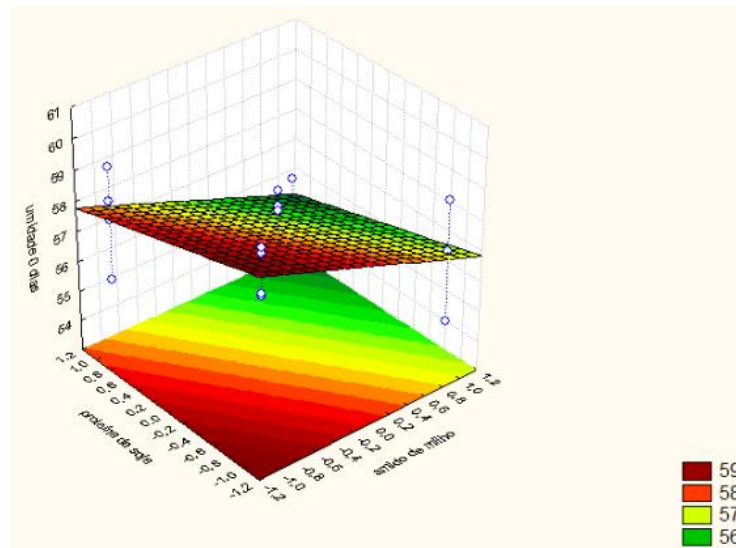
O valor de F também é calculado para a falta de ajuste para avaliar se o modelo está ou não bem ajustado, ou seja, valores altos de F significam muita falta de ajuste. Neste caso o valor de F encontrado para a falta de ajuste foi menor que o F tabelado, portanto o modelo encontrado para a resposta umidade 0 dias foi preditivo e significativo, tornando adequada a sua utilização.

Assim, o modelo (Equação 1) foi utilizado na construção das superfícies de resposta, permitindo a visualização do comportamento da % de umidade 0 dias das mortadelas desenvolvidas.

$$57,3100 - 1,1206AM - 0,7331PS \quad (1)$$

AM: Amido de milho; PS: Proteína de soja concentrada.

**Figura 11** - Superfície de resposta considerando a variável umidade 0 dias (%) em função das variáveis amido de milho e proteína de soja concentrada.



Através da interpretação da superfície de resposta (Figura 12) pode-se observar que as maiores concentrações de amido de milho e proteína de soja, menores valores de umidade em 0 dias.

A Tabela 9 dos efeitos para a variável estudada umidade 15 dias apenas o amido de milho apresentou efeito significativo negativo na diminuição da umidade.

Conforme estudos de Seo et al., (2015) adicionou amido de milho (10%) em salsichas teor de umidade foi maior no controle do que em todos os tratamentos (68,44 vs. 62,98-64,12%,  $p < 0,05$ ).

Prestes et al., (2015) avaliaram a adição de diferentes amidos (amido de mandioca, amido de milho, amido modificado (fosfato de hidroxipropil-distar derivado de milho ceroso) e amido modificado (obtidos de amido de milho ceroso modificado fisicamente)) em mortadela de frango refrigerada. Os produtos adicionados de 5% de amido de milho obtiveram o menor teor de umidade (64,0%). Importante salientar que em todas formulações deste estudo também havia proteína de soja concentrada (4%), glicose desidratada (0,5%) e Kappa-carragenano semi-refinado (0,50%), que podem influenciar na umidade do produto.

Os grânulos de amido são insolúveis em água a temperaturas inferiores a 60°C. A temperaturas superiores a 60°C os grânulos começam a absorver água e incham, devido à ruptura das pontes de hidrogênio da estrutura cristalina do amido, permitindo a entrada de água na malha (Tucker & Woods, 1995). Assim, devido o processo térmico que as mortadelas são

submetidas, de aproximadamente 73°C, o amido que foi adicionado nas formulações tem a tendência a absorver água.

Pietrasik & Janz (2010), adicionaram fibra de ervilha, farinha de ervilha, amido de ervilha e farinha de trigo em mortadela tipo Bologna com intuito de reduzir o teor de gordura neste produto, encontraram valores para umidade para as formulações controle com alta quantidade de gordura 61,4%, para a formulação controle com baixo teor de gordura 71,6%, para as formulações contendo fibra de ervilha, farinha de ervilha, amido de ervilha e farinha de trigo foram encontrados valores menores que o controle com baixo teor de gordura, 68,8%, 68,9%, 69,4%, e 68,9% respectivamente. Estes resultados confirmaram que a adição destes polissacarídeos podem ligar a água livre fortemente e assim diminuir o teor de umidade em produtos emulsionados.

**Tabela 9** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta umidade 15 dias (%).

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	57,176	0,214	0,0001*
<b>(1) Amido de milho</b>	-2,110	0,478	0,021*

\*Significância de 95%

A Tabela 10 apresenta a ANOVA para a respostas umidade 15 dias. O teste-F assegurou a validade do modelo. Assim, utilizando este modelo para a construção da superfícies de resposta permite-se a visualização da umidade 15 dias em função das variáveis estudadas.

**Tabela 10** - Análise de variância (ANOVA) para a resposta umidade 15 dias.

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>GL</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b>F calculado</b>
<b>Regressão</b>	17,81	1	17,81	14,79
<b>Resíduo</b>	21,67	18	1,20	
<b>Falta de ajuste</b>	18,93	15	1,26	1,38
<b>Erro puro</b>	2,74	3	0,913	
<b>Total</b>	61,15	19		

A Tabela 10 apresenta a Análise de Variância (ANOVA) para a porcentagem de umidade 15 dias. O valor de F calculado (14,79) foi maior do que o F tabelado (4,41),

assegurando a validade do modelo, em um intervalo de 95% de confiança. O F da falta de ajuste (1,38) foi menor do que o F tabelado (4,41).

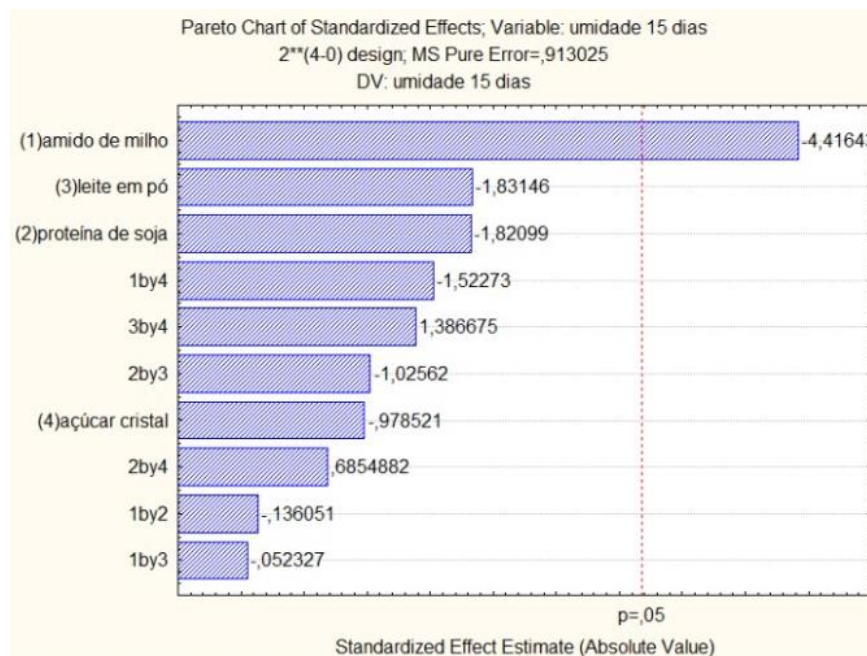
Assim, permitindo a criação do modelo (Equação 2) da % de umidade 15 dias das mortadelas desenvolvidas.

$$57,1765 - 1,0550AM \quad (2)$$

AM: Amido de milho

Como apenas um dos ingredientes houve efeito significativo, para a avaliação dos efeitos das variáveis estudadas segundo o planejamento experimental (diferentes ingredientes adicionados à formulação) no valor de umidade em 15 dias das mortadelas e suas interações foram analisados a nível de 95% de confiança. Estas interações podem ser verificadas no diagrama de Pareto, na Figura 13, onde visualiza-se que variáveis analisadas no planejamento apresentaram influência significativa ( $p < 0,05$ ).

**Figura 12** – Diagrama de Pareto relacionando os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal em relação a umidade em 15 dias.



De acordo com a Tabela 11 dos efeitos para a variáveis umidade 30 dias, apenas os ingredientes amido de milho e proteína de soja concentrada obtiveram efeitos significativos ( $p < 0,05$ ). Estudos de Mohammadi & Oghabi (2012), encontraram menores valores de retenção

de água nas formulações que continham amido de milho modificado e farinha de trigo do que na formulação que continha apenas amido de milho modificado, este resultado foi atribuído às proteínas e carboidratos encontrados na farinha de trigo. À medida que o teor de proteína aumentava, a liberação de água diminuiu. Conforme relatado por Pietrasik (1999), aumentar o teor de proteína pode resultar no aumento do número de locais nas cadeias polipeptídicas capazes de interagir durante o aquecimento. Maghsoudi (1999) também relatou que quanto maior o teor de carboidratos, maior é a capacidade de retenção da água, porque o é influenciado pelo teor de proteína, bem como pelo tipo e conteúdo de carboidratos existentes.

Conforme Júnior (2008), a estrutura do amido é altamente hidratados devido à quantidade de hidroxilas que formam ligações de hidrogênio com a água.

Estudo realizado por Cengiz & Gokoglu (2005), adicionou em suas formulações de salsicha proteína de soja concentrada (2%), os produtos em que foram adicionados de proteína de soja tiveram o teor de umidade reduzido.

**Tabela 11** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta umidade 30 dias (%).

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	56,856	0,178	0,000*
<b>Amido de milho</b>	-2,465	0,397	0,008*
<b>Proteína de soja</b>	-1,637	0,397	0,026*

\*Significância de 95%

A Tabela 12 apresenta a ANOVA para a respostas umidade 30 dias. O teste-F assegurou a validade do modelo, F calculado (17,92) maior que o F tabelado (3,59). O F da falta de ajuste (1,66) foi menor do que o F tabelado (3,59). Assim, utilizando este modelo para a construção da superfícies de resposta permite-se a visualização da umidade 30 dias em função das variáveis estudadas.

**Tabela 12** - Análise de variância (ANOVA) para a resposta umidade 30 dias.

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>GL</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b>F calculado</b>
<b>Regressão</b>	35,03	2	17,51	17,92
<b>Resíduo</b>	16,61	17	0,977	
<b>Falta de ajuste</b>	14,72	14	1,05	1,66
<b>Erro puro</b>	1,89	3	0,632	

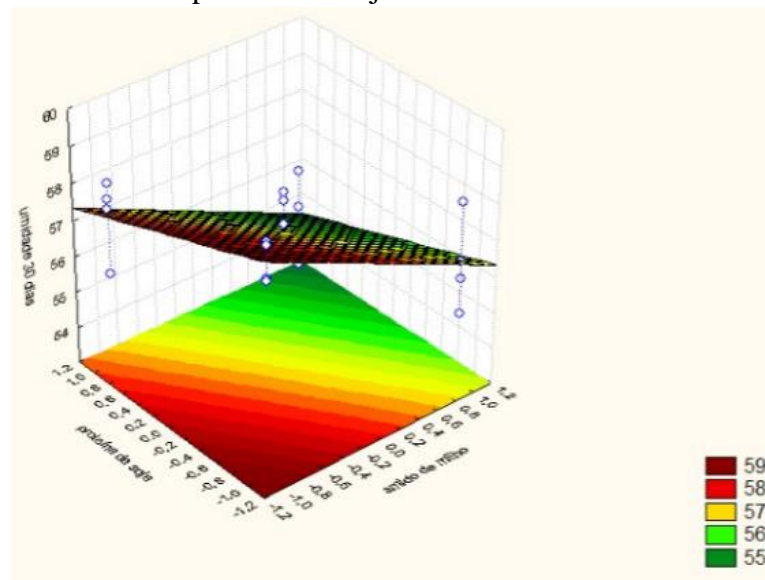
<b>Total</b>	68,26	19
--------------	-------	----

O modelo (Equação 3) foi utilizado na construção das superfícies de resposta, permitindo a visualização do comportamento da % de umidade 30 dias das mortadelas desenvolvidas.

$$56,8565 - 1,2325AM - 0,8187PS \quad (3)$$

AM: Amido de milho; PS: Proteína de soja.

**Figura 13** - Superfícies de resposta considerando a variável umidade 30 dias (%) em função das variáveis amido de milho e proteína de soja.



Conforme a Figura 13, as maiores concentrações de amido de milho e proteína de soja diminuiram umidade a 30 dias.

**Tabela 13** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta umidade 45 dias (%).

Fatores	Efeitos	Desvio padrão	p
Média/interação	56,0770	0,079	0,000*
Amido de milho	-1,3087	0,088	0,001*
Proteína de soja	-0,8625	0,088	0,0023*
Leite em pó	-0,6775	0,088	0,0046*
Açúcar cristal	0,3025	0,088	0,041*

\*Significância de 95%

Para os efeitos estudados para a resposta umidade em 45 dias, todos os ingredientes obtiveram um efeito significativo, porém o amido de milho, proteína de soja e leite em pó tiveram um efeito negativo e o açúcar cristal efeito positivo.



Através dos resultados obtidos no F calculado não foi possível utilizar o modelo para a construção das superfícies de resposta.

Em 60 dias de armazenamento, os resultados não apresentaram diferenças significativas para construção da tabela da resposta dos efeitos.

Estes resultados são muito úteis, principalmente pelos efeitos de cada ingredientes em uma matriz alimentar como produtos emulsionados, também pelo fato da umidade ser um grande determinante na estabilidade de vida útil de muitos produtos cárneos.

#### 4.3 ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ )

**Tabela 14** - Resultados para a atividade de água das mortadelas desenvolvidas nos 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento.

<b>T</b>	<b>Massa</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>
<b>T1</b>	0,9736 <sup>b</sup> ± 0,0009	0,9751 <sup>b</sup> ± 0,001	0,9727 <sup>b</sup> ± 0,001	0,9747 <sup>b</sup> ± 0,002	0,9788 <sup>a</sup> ± 0,001	0,9521 <sup>c</sup> ± 0,0008
<b>T2</b>	0,9706 <sup>b</sup> ± 0,0008	0,9739 <sup>b</sup> ± 0,0002	0,9723 <sup>b</sup> ± 0,0005	0,9741 <sup>b</sup> ± 0,003	0,9784 <sup>a</sup> ± 0,001	0,9507 <sup>c</sup> ± 0,00006
<b>T3</b>	0,9612 <sup>b</sup> ± 0,005	0,9631 <sup>ab</sup> ± 0,0009	0,9679 <sup>a</sup> ± 0,001	0,9681 <sup>a</sup> ± 0,0003	0,9427 <sup>c</sup> ± 0,0005	0,9443 <sup>c</sup> ± 0,0024
<b>T4</b>	0,9645 <sup>bc</sup> ± 0,001	0,9627 <sup>c</sup> ± 0,0005	0,9661 <sup>ab</sup> ± 0,0008	0,9685 <sup>a</sup> ± 0,002	0,9373 <sup>c</sup> ± 0,0008	0,9428 <sup>d</sup> ± 0,0004
<b>T5</b>	0,9621 <sup>b</sup> ± 0,002	0,9640 <sup>ab</sup> ± 0,001	0,9654 <sup>ab</sup> ± 0,002	0,9679 <sup>a</sup> ± 0,0003	0,9381 <sup>c</sup> ± 0,0003	0,9385 <sup>c</sup> ± 0,0009
<b>T6</b>	0,9616 <sup>b</sup> ± 0,002	0,9645 <sup>ab</sup> ± 0,0008	0,9640 <sup>ab</sup> ± 0,002	0,9673 <sup>a</sup> ± 0,0007	0,9411 <sup>c</sup> ± 0,0008	0,9398 <sup>c</sup> ± 0,001
<b>T7</b>	0,9592 <sup>c</sup> ± 0,002	0,9639 <sup>b</sup> ± 0,0011	0,9707 <sup>a</sup> ± 0,001	0,9416 <sup>d</sup> ± 0,0004	0,9442 <sup>d</sup> ± 0,0004	0,9439 <sup>d</sup> ± 0,0005
<b>T8</b>	0,9601 <sup>c</sup> ± 0,001	0,9628 <sup>b</sup> ± 0,0004	0,9701 <sup>a</sup> ± 0,0008	0,9424 <sup>e</sup> ± 0,0005	0,9420 <sup>e</sup> ± 0,0003	0,9464 <sup>d</sup> ± 0,001
<b>T9</b>	0,9667 <sup>c</sup> ± 0,0003	0,9749 <sup>b</sup> ± 0,002	0,9805 <sup>a</sup> ± 0,0006	0,9525 <sup>e</sup> ± 0,001	0,9556 <sup>d</sup> ± 0,001	0,9575 <sup>d</sup> ± 0,001
<b>T10</b>	0,9777 <sup>a</sup> ± 0,0006	0,978 <sup>a</sup> ± 0,0002	0,954 <sup>c</sup> ± 0,0003	0,9540 <sup>c</sup> ± 0,001	0,9555 <sup>c</sup> ± 0,0004	0,9589 <sup>b</sup> ± 0,0005
<b>T11</b>	0,9778 <sup>a</sup> ± 0,0003	0,9777 <sup>a</sup> ± 0,001	0,955 <sup>c</sup> ± 0,0004	0,9518 <sup>d</sup> ± 0,001	0,9553 <sup>c</sup> ± 0,0002	0,9597 <sup>b</sup> ± 0,00006
<b>T12</b>	0,9537 <sup>c</sup> ± 0,001	0,9492 <sup>d</sup> ± 0,001	0,9526 <sup>c</sup> ± 0,001	0,9540 <sup>c</sup> ± 0,0005	0,9570 <sup>b</sup> ± 0,0004	0,9596 <sup>a</sup> ± 0,0001
<b>T13</b>	0,9569 <sup>c</sup> ± 0,001	0,9530 <sup>d</sup> ± 0,0005	0,9576 <sup>c</sup> ± 0,0006	0,9564 <sup>c</sup> ± 0,0002	0,9622 <sup>b</sup> ± 0,0002	0,9644 <sup>a</sup> ± 0,0005
<b>T14</b>	0,9525 <sup>c</sup> ± 0,0005	0,9528 <sup>c</sup> ± 0,0004	0,9525 <sup>c</sup> ± 0,0002	0,9529 <sup>c</sup> ± 0,0002	0,9571 <sup>b</sup> ± 0,0002	0,9588 <sup>a</sup> ± 0,0002

<b>T15</b>	0,9542 <sup>d</sup> ± 0,0002	0,9539 <sup>d</sup> ± 0,001	0,9556 <sup>c</sup> ± 0,0001	0,9549 <sup>cd</sup> ± 0,0001	0,9576 <sup>b</sup> ± 0,0001	0,9618 <sup>a</sup> ± 0,0001
<b>T16</b>	0,9506 <sup>e</sup> ± 0,0002	0,9538 <sup>d</sup> ± 0,0004	0,9541 <sup>d</sup> ± 0,0004	0,9558 <sup>c</sup> ± 0,0001	0,9600 <sup>b</sup> ± 0,0004	0,9631 <sup>a</sup> ± 0,0002
<b>T17</b>	0,9578 <sup>c</sup> ± 0,0007	0,9627 <sup>bc</sup> ± 0,005	0,9600 <sup>bc</sup> ± 0,001	0,9623 <sup>bc</sup> ± 0,002	0,9664 <sup>ab</sup> ± 0,0001	0,9702 <sup>a</sup> ± 0,001
<b>T18</b>	0,9573 <sup>f</sup> ± 0,0003	0,9587 <sup>c</sup> ± 0,0001	0,9606 <sup>d</sup> ± 0,0005	0,9637 <sup>c</sup> ± 0,0004	0,9661 <sup>b</sup> ± 0,0003	0,9690 <sup>a</sup> ± 0,0002
<b>T19</b>	0,9647 <sup>e</sup> ± 0,001	0,9661 <sup>de</sup> ± 0,0007	0,9683 <sup>cd</sup> ± 0,0006	0,9709 <sup>c</sup> ± 0,0004	0,9775 <sup>b</sup> ± 0,0005	0,9884 <sup>a</sup> ± 0,0016
<b>T20</b>	0,9660 <sup>e</sup> ± 0,001	0,9684 <sup>de</sup> ± 0,0002	0,9698 <sup>d</sup> ± 0,001	0,9736 <sup>c</sup> ± 0,0003	0,9774 <sup>b</sup> ± 0,001	0,9907 <sup>a</sup> ± 0,002

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras diferentes na horizontal diferem significativamente (p<0,05).

**Tabela 15** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta atividade de água 0 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	0,964	0,001	0,000*
<b>Leite em pó</b>	-0,010	0,002	0,015*

\*Significância de 95%

A Tabela 14 são apresentados os valores de atividade de água da massa crua e do produto nos dias 0, 15, 30, 45 e 60 dias.

A massa crua possui textura tipo pasta, que, durante o cozimento, é transformada em uma matriz rígida (Ensor et al., 1987). Conforme os resultados encontrados para a aw massa crua e após o tratamento térmico, percebeu-se que a temperatura do tratamento térmico afeta o valor da aw na maioria das formulações na qual dependendo dos ingredientes utilizados estes tiveram um decréscimo ou um aumento significativo (p<0,05) no valor da aw. A gelificação das proteínas da carne é a maior transformação que ocorre no cozimento de um produto emulsionado. Tal transformação ocorre em torno dos 60°C, contudo outros fatores podem causar modificações nos produtos, dentre estes, o fato de conter nas formulações o amido, e por este gelatinizar em torno de 67°C (Ordóñez, 2005). No presente estudo também deve-se considerar a adição de ingredientes como leite em pó e o açúcar que podem modificar o produto após o tratamento térmico.

Conforme a Tabela 15 dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta atividade de água 0 dias, apenas o leite em pó apresentou efeito significativo dentre os ingredientes testados. O leite em pó apresentou efeito negativo, assim, contribuiu para a diminuição da atividade de água neste produto. Conforme a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) (2011), o leite em pó integral possui em 100g em torno de 25,4% proteína, 26,9% de lipídeos e

39,2% de carboidratos. Esta composição do leite em pó integral podem afetar a ligação da água livre disponível diminuindo a atividade de água dos produtos, e assim, contribuindo para a diminuição da  $a_w$  do produto.

Prestes et al., (2015), estudaram a influência de diferentes amidos em mortadela de frango refrigerada, a menor atividade de água encontrada foi de 0,9650 para a formulação com adição de 5% de amido de milho. Importante salientar que a formulação também continha proteína de soja concentrada (4%), glicose desidratada (0,5%) e Kappa-carragena semi-refinado (0,50%), por estes ingredientes terem a capacidade de influenciar na ligação da água do produto e conseqüentemente diminuir o valor de atividade de água. No presente estudo foi encontrado resultados de atividades de água menores do que estudo de Prestes et al., (2015), isso se deu pelo fato da adição do leite em pó no presente estudo, no qual conforme a Tabela 15 dos efeitos das variáveis para a atividade de água em 0 dias apenas o leite em pó teve este efeito significativo ( $p < 0,05$ ).

A Tabela 16 apresenta a ANOVA para a respostas atividade de água 0 dias. O teste-F assegurou a validade do modelo, F calculado (8,31) maior que o F tabelado (4,41). O F da falta de ajuste (3,48) foi menor do que o F tabelado (4,41). Assim, utilizando este modelo para a construção da superfícies de resposta permite-se a visualização da atividade de água 0 dias em função das variáveis estudadas.

**Tabela 16** - Análise de variância (ANOVA) para a resposta atividade de água 0 dias.

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>GL</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b>F calculado</b>
<b>Regressão</b>	0,000459	1	0,000459	8,31
<b>Resíduo</b>	0,000994	18	0,0000552	
<b>Falta de ajuste</b>	0,000941	15	0,0000627	3,48
<b>Erro puro</b>	0,000054	3	0,000018	
<b>Total</b>	0,002448	19		

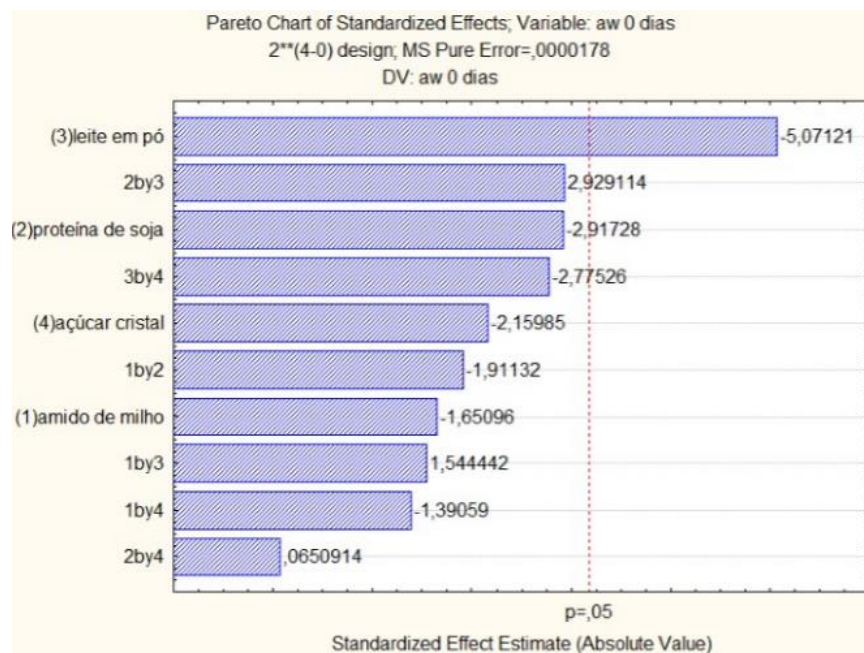
O modelo (Equação 4) foi utilizado na construção das superfícies de resposta, permitindo a visualização do comportamento da atividade de água 0 dias das mortadelas desenvolvidas.

$$0,9639 - 0,0053LP \text{ (4)}$$

LP: Leite em pó integral.

Como apenas um dos ingredientes houve efeito significativo, para a avaliação dos efeitos das variáveis estudadas segundo o planejamento experimental (diferentes ingredientes adicionados à formulação) no valor de aw em 0 dias das mortadelas e suas interações foram analisados a nível de 95% de confiança. Estas interações podem ser verificadas no diagrama de Pareto, na Figura 14, onde visualiza-se quais variáveis analisadas no planejamento apresentaram influência significativa ( $p < 0,05$ ).

**Figura 14** – Diagrama de pareto relacionando os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal em relação a atividade de água em 0 dias.



**Tabela 17** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta atividade de água 15 dias.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	P
<b>Média/interação</b>	0,963	0,001	0,000*
<b>Açúcar cristal</b>	-0,011	0,002	0,023*

\*Significância de 95%

Os efeitos para a resposta atividade de água 15 dias, o ingrediente açúcar cristal apresentou efeito significativo e negativo.

A Tabela 18 apresenta a ANOVA para a respostas atividade de água 15 dias. O teste-F assegurou a validade do modelo, F calculado (11,12) maior que o F tabelado (4,41). O F da

falta de ajuste (1,78) foi menor do que o F tabelado (4,41). Assim, utilizando este modelo para a construção da superfícies de resposta permite-se a visualização da atividade de água 15 dias em função das variáveis estudadas.

**Tabela 18** - Análise de variância (ANOVA) para a resposta atividade de água 15 dias.

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>GL</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b>F calculado</b>
<b>Regressão</b>	0,00048	1	0,000476	11,12
<b>Resíduo</b>	0,00077	18	0,0000428	
<b>Falta de ajuste</b>	0,00069	15	0,0000463	1,78
<b>Erro puro</b>	0,000078	3	0,000026	
<b>Total</b>	0,00202	19		

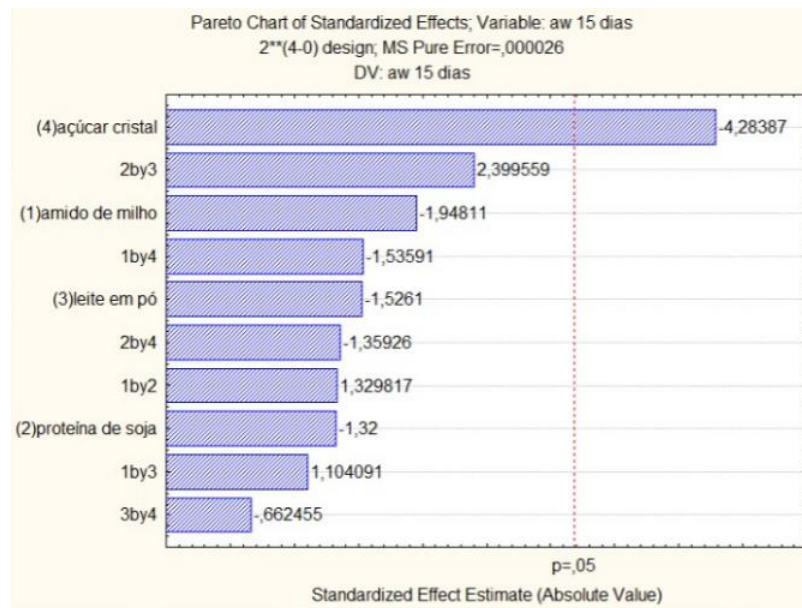
O modelo (Equação 5) foi utilizado na construção das superfícies de resposta, permitindo a visualização do comportamento da atividade de água 15 dias das mortadelas desenvolvidas.

$$0,9635 - 0,00546AC \quad (5)$$

AC: Açúcar Cristal.

Como apenas um dos ingredientes houve efeito significativo, para a avaliação dos efeitos das variáveis estudadas segundo o planejamento experimental (diferentes ingredientes adicionados à formulação) no valor de aw em 15 dias das mortadelas e suas interações foram analisados a nível de 95% de confiança. Estas interações podem ser verificadas no diagrama de Pareto, na Figura 15, onde visualiza-se quais variáveis analisadas no planejamento apresentaram influência significativa ( $p < 0,05$ ).

**Figura 15** – Diagrama de pareto relacionando os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal em relação a atividade de água em 15 dias.



**Tabela 19** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta atividade de água 30 dias.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	P
<b>Média/interação</b>	0,960	0,001	0,000*
<b>Açúcar cristal</b>	-0,009	0,003	0,046*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	0,009	0,003	0,043*

\*Significância de 95%

Conforme a Tabela 19 dos efeitos das variáveis para a aw 30 dias o ingrediente açúcar cristal obteve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) negativo. Também foi observado um efeito positivo de ordem secundária 3x4 do leite em pó e açúcar cristal.

**Tabela 20** - Análise de variância (ANOVA) para a resposta atividade de água 30 dias.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	GL	Média Quadrática	F calculado
<b>Regressão</b>	0,000669	2	0,0003345	4,47
<b>Resíduo</b>	0,001271	17	0,0000748	
<b>Falta de ajuste</b>	0,001181	14	0,0000843	2,81
<b>Erro puro</b>	0,00009	3	0,00003	
<b>Total</b>	0,003211	19		

A Tabela 20 apresenta a ANOVA para a respostas atividade de água 30 dias. O teste-F assegurou a validade do modelo, F calculado (4,47) maior que o F tabelado (3,59). O F da falta de ajuste (2,81) foi menor do que o F tabelado (3,59). Assim, utilizando este modelo para a construção da superfícies de resposta permite-se a visualização da atividade de água 30 dias em função das variáveis estudadas.

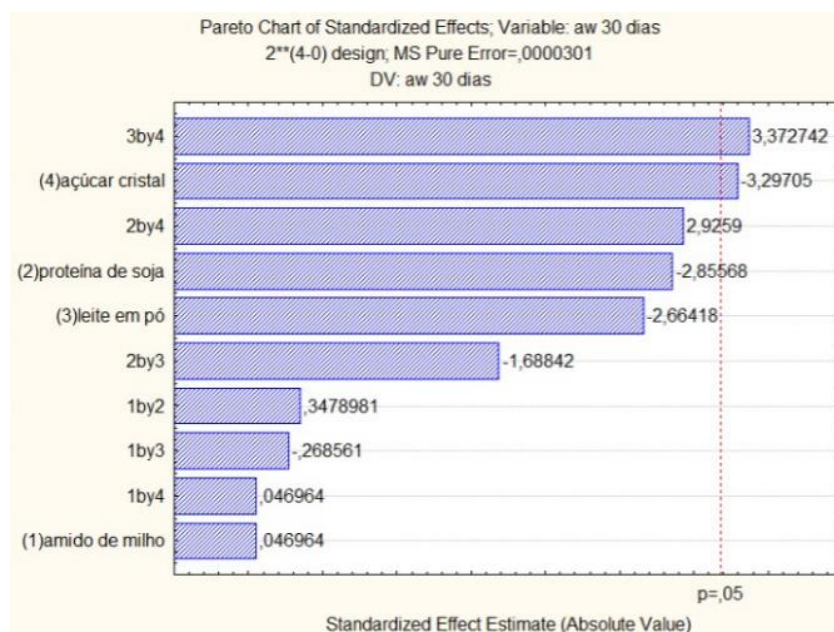
O modelo (Equação 6) foi utilizado na construção das superfícies de resposta, permitindo a visualização do comportamento da atividade de água 30 dias das mortadelas desenvolvidas.

$$0,960369 - 0,004519AC \quad (6)$$

AC: Açúcar cristal.

Como apenas um dos ingredientes houve efeito significativo, para a avaliação dos efeitos das variáveis estudadas segundo o planejamento experimental (diferentes ingredientes adicionados à formulação) no valor de aw em 30 dias das mortadelas e suas interações foram analisados a nível de 95% de confiança. Estas interações podem ser verificadas no diagrama de Pareto, na Figura 16, onde visualiza-se quais variáveis analisadas no planejamento apresentaram influência significativa ( $p < 0,05$ ).

**Figura 16** – Diagrama de pareto relacionando os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal em relação a atividade de água em 30 dias.



**Tabela 21** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta atividade de água 45 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>P</b>
<b>Média/interação</b>	0,957	0,001	0,000*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	0,011	0,003	0,046*

\*Significância de 95%

Conforme a Tabela 21 dos efeitos estudados para a variável aw 45 dias apenas houve efeito significativo e positivo ( $p < 0,05$ ) de ordem secundária leite em pó e açúcar cristal.

O modelo encontrado para a aw 45 dias não foi adequado para a utilização na construção das superfícies de resposta, devido à baixa correlação obtida e ao valor do teste F ser menor que o tabelado.

De acordo com as tabelas dos efeitos da umidade 0 dias (Tabela 7) e atividade de água 0 dias (Tabela 15), o açúcar teve efeito positivo na umidade, no entanto para a atividade de água teve um efeito negativo. Isso pode ocorrer devido a/s ligações formadas entre a sacarose e a água livre não serem fortes o bastante para não serem quantificadas na análise umidade. Conforme Damodaran et al., (2010), as interações da água com solutos hidrofílicos não iônicos, como o açúcar são mais fracas que interações água-íon, tem a aproximadamente a mesma força que as pontes de hidrogênio água-água. Dependendo da força das pontes de hidrogênio entre água-soluto pode ou não apresentar mobilidade reduzida (água ligada). Assim, os demais ingredientes estudados amido de milho, proteína de soja e leite em pó possuem um número maior de áreas para a interação com a água livre, por este motivo que os demais apresentaram efeito negativo para a umidade e atividade de água.

Porém, nos dias 15 e 30 (Tabelas 9, 11, 17 e 18) o açúcar apresentou um efeito negativo para a umidade e atividade de água. Conforme Damodaran et al., (2010) num primeiro momento em algumas situações, a distribuição e a orientação dos sítios de ligação de hidrogênio do soluto são geometricamente incompatíveis com as existentes na água pura. Esses solutos costumam exercer influências de ruptura sobre a estrutura tridimensional tetraédrica da água pura. Após algumas moléculas podem apresentar grupos hidrofílicos que sejam formadores potenciais de pontes de hidrogênio, em orientações e localizações compatíveis com as estruturas de pontes de hidrogênio da água.

Relacionando os resultados da umidade e atividade de água durante o armazenamento, houve uma diminuição da umidade e aumento da atividade de água. Considerando que a atividade de água é relacionada a água disponível ou livre em uma matriz alimentar, assim, com



o aumento da atividade de água a umidade teria que aumentar, porém houve um decréscimo na umidade, isto pode estar relacionado ao armazenamento do produto, devido à alta temperatura a água que estava livre pode ter evaporado.

Conforme o ofício circular nº005/2015/CGI/DIPOA/DAS publicado pelo MAPA que estabelece os parâmetros mínimos para comercialização de mortadela à temperatura ambiente, as formulações que apresentaram o valor estipulado de no máximo 0,955, foram as formulações T12 (0,9492), T13 (0,9530), T14 (0,9528), T15 (0,9539) e T16 (0,9538). Estas formulações continham no mínimo dois dos quatro ingredientes estudados, e suas concentrações foram as máximas, já que as formulações ponto central (T17, 18, 19 e 20) não obtiveram os valores para atividade de água estipulados para este produto conservado a temperatura ambiente. Porém, em 15 dias de armazenamento as formulações que permaneceram com atividade de água máximo de 0,955 foram T12 (0,9526), T14 (0,9525) e T16 (0,9541). Com 30 dias de armazenamento à  $35 \pm 5^\circ\text{C}$  as formulações que estiveram dentro do estipulado pela legislação foram T12 (0,9540), T14 (0,9529) e T15 (0,9549).

Algumas formulações possuíram um comportamento contrário, no qual nos 30, 45 ou 60 dias de armazenamento houveram um decréscimo do valor da atividade de água, encontrando-se no valor estipulado pela legislação, foram as formulações T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10 e T11. Isto pode ter ocorrido devido a temperatura de armazenamento ser de  $35^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ , pode ter afetado na ligação da água destas formulações.

Estes resultados são benéficos do ponto de vista microbiológico, onde a escolha dos ingredientes e concentrações são importantes para diminuir a atividade de água destes produtos, principalmente como a atividade de água se comportam com o decorrer do armazenamento do produto, assim, apresentando um produto com menos água disponível para micro-organismos.

#### 4.4 pH

**Tabela 22** - Resultados para pH das mortadelas desenvolvidas nos 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento.

<b>T</b>	<b>Massa</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>
<b>T1</b>	6,62 <sup>cd</sup> ± 0,021	6,76 <sup>ab</sup> ± 0,035	6,67 <sup>bc</sup> ± 0,011	6,81 <sup>a</sup> ± 0,050	6,66 <sup>cd</sup> ± 0,035	6,58 <sup>d</sup> ± 0,040
<b>T2</b>	6,47 <sup>c</sup> ± 0,043	6,77 <sup>a</sup> ± 0,015	6,76 <sup>a</sup> ± 0,006	6,78 <sup>a</sup> ± 0,011	6,69 <sup>b</sup> ± 0,040	6,65 <sup>b</sup> ± 0,01
<b>T3</b>	6,76 <sup>b</sup> ± 0,081	6,91 <sup>a</sup> ± 0,015	6,89 <sup>a</sup> ± 0,006	6,77 <sup>b</sup> ± 0,032	6,75 <sup>b</sup> ± 0,01	6,80 <sup>ab</sup> ± 0,025

<b>T4</b>	6,72 <sup>c</sup> ± 0,057	6,83 <sup>ab</sup> ± 0,030	6,85 <sup>a</sup> ± 0,006	6,76 <sup>bc</sup> ± 0,01	6,76 <sup>bc</sup> ± 0,030	6,68 <sup>c</sup> ± 0,006
<b>T5</b>	6,69 <sup>c</sup> ± 0,060	6,82 <sup>ab</sup> ± 0,035	6,86 <sup>a</sup> ± 0,015	6,79 <sup>ab</sup> ± 0,01	6,69 <sup>c</sup> ± 0,038	6,74 <sup>bc</sup> ± 0,017
<b>T6</b>	6,74 <sup>bc</sup> ± 0,011	6,82 <sup>ab</sup> ± 0,030	6,84 <sup>a</sup> ± 0,017	6,71 <sup>c</sup> ± 0,043	6,67 <sup>c</sup> ± 0,026	6,42 <sup>d</sup> ± 0,052
<b>T7</b>	6,83 <sup>a</sup> ± 0,017	6,88 <sup>a</sup> ± 0,032	6,73 <sup>b</sup> ± 0,051	6,74 <sup>b</sup> ± 0,011	6,73 <sup>b</sup> ± 0,026	6,75 <sup>b</sup> ± 0,01
<b>T8</b>	6,84 <sup>a</sup> ± 0,015	6,87 <sup>a</sup> ± 0,000	6,74 <sup>b</sup> ± 0,01	6,72 <sup>b</sup> ± 0,006	6,7 <sup>b</sup> ± 0,02	6,73 <sup>b</sup> ± 0,035
<b>T9</b>	6,79 <sup>b</sup> ± 0,006	6,88 <sup>a</sup> ± 0,025	6,79 <sup>b</sup> ± 0,015	6,78 <sup>bc</sup> ± 0,026	6,74 <sup>c</sup> ± 0,006	6,79 <sup>b</sup> ± 0,006
<b>T10</b>	6,86 <sup>a</sup> ± 0,000	6,82 <sup>b</sup> ± 0,015	6,81 <sup>b</sup> ± 0,01	6,78 <sup>c</sup> ± 0,006	6,82 <sup>b</sup> ± 0,000	6,38 <sup>d</sup> ± 0,006
<b>T11</b>	6,94 <sup>a</sup> ± 0,032	6,87 <sup>b</sup> ± 0,011	6,84 <sup>bc</sup> ± 0,015	6,87 <sup>b</sup> ± 0,01	6,81 <sup>c</sup> ± 0,006	6,33 <sup>d</sup> ± 0,011
<b>T12</b>	6,83 <sup>a</sup> ± 0,015	6,82 <sup>a</sup> ± 0,02	6,85 <sup>a</sup> ± 0,015	6,75 <sup>ab</sup> ± 0,060	6,67 <sup>b</sup> ± 0,095	6,68 <sup>b</sup> ± 0,025
<b>T13</b>	6,81 <sup>ab</sup> ± 0,000	6,82 <sup>a</sup> ± 0,040	6,84 <sup>a</sup> ± 0,023	6,82 <sup>a</sup> ± 0,000	6,81 <sup>ab</sup> ± 0,052	6,74 <sup>b</sup> ± 0,01
<b>T14</b>	6,83 <sup>a</sup> ± 0,015	6,82 <sup>a</sup> ± 0,006	6,78 <sup>a</sup> ± 0,055	6,79 <sup>a</sup> ± 0,014	6,38 <sup>c</sup> ± 0,006	6,68 <sup>b</sup> ± 0,006
<b>T15</b>	6,82 <sup>a</sup> ± 0,011	6,84 <sup>a</sup> ± 0,011	6,83 <sup>a</sup> ± 0,046	6,81 <sup>a</sup> ± 0,015	6,45 <sup>c</sup> ± 0,02	6,69 <sup>b</sup> ± 0,017
<b>T16</b>	6,82 <sup>a</sup> ± 0,02	6,84 <sup>a</sup> ± 0,011	6,37 <sup>d</sup> ± 0,015	6,87 <sup>a</sup> ± 0,006	6,75 <sup>b</sup> ± 0,030	6,70 <sup>c</sup> ± 0,020
<b>T17</b>	6,78 <sup>ab</sup> ± 0,036	6,86 <sup>ab</sup> ± 0,006	6,32 <sup>d</sup> ± 0,043	6,89 <sup>a</sup> ± 0,000	6,68 <sup>cd</sup> ± 0,006	6,58 <sup>c</sup> ± 0,160
<b>T18</b>	6,79 <sup>ab</sup> ± 0,015	6,85 <sup>ab</sup> ± 0,006	6,42 <sup>d</sup> ± 0,021	6,89 <sup>a</sup> ± 0,006	6,76 <sup>b</sup> ± 0,000	6,65 <sup>c</sup> ± 0,094
<b>T19</b>	6,80 <sup>a</sup> ± 0,029	6,64 <sup>b</sup> ± 0,015	6,80 <sup>a</sup> ± 0,020	6,49 <sup>c</sup> ± 0,029	6,76 <sup>a</sup> ± 0,076	6,50 <sup>c</sup> ± 0,050
<b>T20</b>	6,84 <sup>a</sup> ± 0,006	6,53 <sup>c</sup> ± 0,072	6,82 <sup>ab</sup> ± 0,010	6,73 <sup>b</sup> ± 0,026	6,54 <sup>c</sup> ± 0,020	6,56 <sup>c</sup> ± 0,015

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras diferentes na horizontal diferem significativamente (p<0,05).

A Tabela 22 mostra os resultados de pH nos dias 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento. As formulações apresentaram diferenças significativas (p<0,05) ao longo do armazenamento. Foram encontrados valores maiores do que foi encontrado por Rodrigues (2016), onde foi aproximadamente 6,50 nos 0 dias de armazenamento.

#### 4.5 PROTEÍNAS, GORDURA, CINZAS E CARBOIDRATOS

A Tabela 23 mostra os resultados de proteína, extrato etéreo, cinzas e carboidratos nos dias 0 e 60. Conforme com o RTIQ da mortadela, onde teor máximo de carboidratos totais é de 10%, teor de gordura máximo 30% e proteína mínimo 12%, apenas a formulação T14 em 0 dias apresentou um teor de proteína abaixo do permitido (11,46%), porém no dia 60 apresentou teor de proteína exigido pela legislação (12,50%), as demais formulações estão de acordo com a instrução normativa nº04 de 2000.

Para os resultados de proteína 0 dias, os menores resultados encontrados foram para as formulações T14 (11,46), T20 (12,10), T19 (12,11), T10 (12,14), T6 (12,38) e T5 (12,57). Observa-se que todas as formulações exceto T20 e T19, que não continham proteína de soja concentrada em sua composição. Os maiores resultados de proteína 0 dias foram das formulações que continham proteína de soja concentrada, T11 (13,95), T7 (13,92), T8 (13,87), T16 (13,79), T17 (13,77) e T15 (13,76). Valores próximos ao encontrado por Rodrigues (2016), 13,82%, que também adicionou na sua formulação de mortadela proteína de soja (4%).

Bortoluzzi (2009), estudou a adição de fibra de laranja em mortadela de frango. Na formulação controle foi adicionado 2,2% de proteína isolada de soja, e encontraram valor de 12,74% de proteína.

A maioria das formulações houveram uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no teor de proteína em relação ao seu armazenamento, porém as formulações T2, T5, T6, T16, T17, T18, T19 e T20 não houveram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ).

Para os resultados do teor de gordura 0 dias encontraram valores entre 20,28 e 27,12%. Resultados 60 dias foram encontrados valores entre 19,59 a 25,61%. Estas variações ocorreram principalmente devido a matéria-prima (cans e coxa e sobre coxa), os menores resultados para o teor de gordura foram para as formulações que não continham leite em pó (T12).

Os resultados do teor de gordura em relação as formulações não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) em relação ao tempo de armazenamento. As formulações que diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) foram T4, T6, T9, T11, T16, T17, T18, T19 e T20. Todas estas formulações em 60 dias obtiveram um menor valor do teor de gordura, ao longo do armazenamento estas formulações liberaram gordura.

Cenci (2013), em suas formulações de mortadela de frango encontraram valores de 23,25 a 25,45 % de gordura após 60 dias de armazenamento. Valores próximos a algumas formulações deste estudo.

**Tabela 23** - Resultados análises de proteína, extrato etéreo, cinzas e carboidratos das mortadelas desenvolvidas nos 0 e 60 dias.

	Proteína		Extrato etéreo		Cinzas		CHO	
	0	60	0	60	0	60	0	60
<b>T1</b>	13,19 <sup>b</sup> ± 0,440	14,14 <sup>a</sup> ± 0,220	24,44 <sup>a</sup> ± 0,087	24,33 <sup>a</sup> ± 0,082	5,41 <sup>b</sup> ± 0,068	5,78 <sup>a</sup> ± 0,088	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>T2</b>	13,73 <sup>a</sup> ± 1,429	12,60 <sup>a</sup> ± 0,419	24,01 <sup>a</sup> ± 0,021	23,92 <sup>a</sup> ± 0,061	5,03 <sup>b</sup> ± 0,027	5,41 <sup>a</sup> ± 0,041	0,08 <sup>b</sup> ± 0,141	0,87 <sup>a</sup> ± 0,271
<b>T3</b>	13,16 <sup>b</sup> ± 0,252	13,88 <sup>a</sup> ± 0,018	24,04 <sup>a</sup> ± 0,026	24,23 <sup>a</sup> ± 0,293	5,07 <sup>b</sup> ± 0,009	6,28 <sup>a</sup> ± 0,72	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>T4</b>	13,05 <sup>b</sup> ± 0,066	13,68 <sup>a</sup> ± 0,318	23,13 <sup>a</sup> ± 0,114	21,77 <sup>b</sup> ± 0,518	5,78 <sup>b</sup> ± 0,029	6,71 <sup>a</sup> ± 0,042	1,8 <sup>b</sup> ± 0,162	4,90 <sup>a</sup> ± 1,515
<b>T5</b>	12,57 <sup>a</sup> ± 0,562	13,39 <sup>a</sup> ± 0,254	24,74 <sup>a</sup> ± 0,096	23,80 <sup>a</sup> ± 0,710	6,32 <sup>a</sup> ± 0,235	6,11 <sup>a</sup> ± 1,120	0 <sup>b</sup>	0,95 <sup>a</sup> ± 0,54
<b>T6</b>	12,38 <sup>a</sup> ± 0,204	12,66 <sup>a</sup> ± 0,200	23,87 <sup>a</sup> ± 0,089	22,89 <sup>b</sup> ± 0,294	6,30 <sup>a</sup> ± 0,109	6,39 <sup>a</sup> ± 0,029	0,60 <sup>b</sup> ± 0,389	3,80 <sup>a</sup> ± 0,586
<b>T7</b>	13,92 <sup>b</sup> ± 0,157	15,19 <sup>a</sup> ± 0,239	24,91 <sup>a</sup> ± 0,074	24,44 <sup>a</sup> ± 0,287	5,47 <sup>b</sup> ± 0,132	6,87 <sup>a</sup> ± 0,023	0,30 <sup>a</sup> ± 0,340	0 <sup>a</sup>
<b>T8</b>	13,87 <sup>b</sup> ± 0,668	15,02 <sup>a</sup> ± 0,170	22,38 <sup>a</sup> ± 0,023	22,14 <sup>a</sup> ± 0,266	6,00 <sup>b</sup> ± 0,076	7,33 <sup>a</sup> ± 0,124	2,77 <sup>a</sup> ± 0,633	2,03 <sup>a</sup> ± 0,185
<b>T9</b>	12,98 <sup>b</sup> ± 0,109	14,88 <sup>a</sup> ± 0,210	21,51 <sup>a</sup> ± 0,194	20,55 <sup>b</sup> ± 0,395	5,38 <sup>b</sup> ± 0,011	6,07 <sup>a</sup> ± 0,007	0,49 <sup>a</sup> ± 0,149	0 <sup>b</sup>
<b>T10</b>	12,14 <sup>b</sup> ± 0,251	13,58 <sup>a</sup> ± 0,729	21,91 <sup>a</sup> ± 0,377	22,09 <sup>a</sup> ± 0,100	5,30 <sup>b</sup> ± 0,026	5,93 <sup>a</sup> ± 0,046	3,69 <sup>a</sup> ± 0,240	2,96 <sup>a</sup> ± 0,680
<b>T11</b>	13,95 <sup>b</sup> ± 0,173	14,60 <sup>a</sup> ± 0,218	25,43 <sup>a</sup> ± 0,582	23,53 <sup>b</sup> ± 0,511	5,55 <sup>b</sup> ± 0,027	6,24 <sup>a</sup> ± 0,414	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>T12</b>	12,69 <sup>b</sup> ± 0,146	13,82 <sup>a</sup> ± 0,200	20,28 <sup>a</sup> ± 0,338	19,92 <sup>a</sup> ± 0,067	5,98 <sup>a</sup> ± 0,010	6,02 <sup>a</sup> ± 0,098	5,80 <sup>b</sup> ± 0,422	6,78 <sup>a</sup> ± 0,063
<b>T13</b>	12,74 <sup>b</sup> ± 0,228	14,19 <sup>a</sup> ± 0,260	21,76 <sup>a</sup> ± 0,656	21,46 <sup>a</sup> ± 0,399	4,73 <sup>a</sup> ± 1,25	5,87 <sup>a</sup> ± 0,022	0,95 <sup>a</sup> ± 0,628	0,73 <sup>a</sup> ± 0,432
<b>T14</b>	11,46 <sup>b</sup> ± 0,102	12,50 <sup>a</sup> ± 0,180	20,98 <sup>a</sup> ± 0,243	21,07 <sup>a</sup> ± 0,166	5,42 <sup>b</sup> ± 0,073	5,75 <sup>a</sup> ± 0,043	7,53 <sup>a</sup> ± 0,112	7,45 <sup>a</sup> ± 0,134

<b>T15</b>	13,76 <sup>b</sup> ± 0,053	14,89 <sup>a</sup> ± 0,202	23,05 <sup>a</sup> ± 0,645	22,91 <sup>a</sup> ± 0,190	5,14 <sup>a</sup> ± 0,736	5,85 <sup>a</sup> ± 0,061	0,79 <sup>a</sup> ± 0,868	0,55 <sup>a</sup> ± 0,238
<b>T16</b>	13,79 <sup>a</sup> ± 0,291	13,62 <sup>a</sup> ± 0,195	20,56 <sup>a</sup> ± 0,116	19,59 <sup>b</sup> ± 0,038	5,72 <sup>a</sup> ± 0,008	5,73 <sup>a</sup> ± 0,031	4,98 <sup>b</sup> ± 0,488	7,93 <sup>a</sup> ± 0,164
<b>T17</b>	13,77 <sup>a</sup> ± 0,883	13,66 <sup>a</sup> ± 0,132	24,52 <sup>a</sup> ± 0,045	23,70 <sup>b</sup> ± 0,046	5,45 <sup>a</sup> ± 0,039	5,10 <sup>a</sup> ± 0,861	0 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup> ± 0,703
<b>T18</b>	13,52 <sup>a</sup> ± 0,152	13,62 <sup>a</sup> ± 0,082	24,53 <sup>a</sup> ± 0,500	23,32 <sup>b</sup> ± 0,390	5,73 <sup>a</sup> ± 0,490	5,75 <sup>a</sup> ± 0,076	0 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup> ± 0,432
<b>T19</b>	12,11 <sup>a</sup> ± 0,127	12,16 <sup>a</sup> ± 0,090	27,12 <sup>a</sup> ± 0,130	25,61 <sup>b</sup> ± 0,339	5,29 <sup>b</sup> ± 0,022	5,62 <sup>a</sup> ± 0,104	0 <sup>b</sup>	2,07 <sup>a</sup> ± 0,567
<b>T20</b>	12,10 <sup>a</sup> ± 0,101	12,08 <sup>a</sup> ± 0,251	26,91 <sup>a</sup> ± 0,192	25,06 <sup>b</sup> ± 0,306	5,30 <sup>b</sup> ± 0,098	5,57 <sup>a</sup> ± 0,070	0 <sup>b</sup>	1,27 <sup>a</sup> ± 0,766

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras diferentes na horizontal diferem significativamente (p<0,05).

Para os resultados de cinzas (Tabela 23), a maioria dos resultados obteve diferença significativa em relação ao tempo de armazenamento. Conforme a Tabela 24 dos efeitos, interação negativa para leite em pó e açúcar foi significativa estatisticamente (p<0,05).

**Tabela 24** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta cinzas 0 dias.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	p
<b>Média/interação</b>	5,518	0,046	0,000001*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	-0,500	0,102	0,016*

\*Significância de 95%

A Tabela 25 apresenta a ANOVA para a resposta cinzas 0 dias. O teste-F assegurou a validade do modelo, F calculado (7,99) maior que o F tabelado (4,41). O F da falta de ajuste (3,43) foi menor do que o F tabelado (4,41). Assim, utilizando este modelo para a construção da superfícies de resposta permite-se a visualização dos resultados de cinzas 0 dias em função das variáveis estudadas.

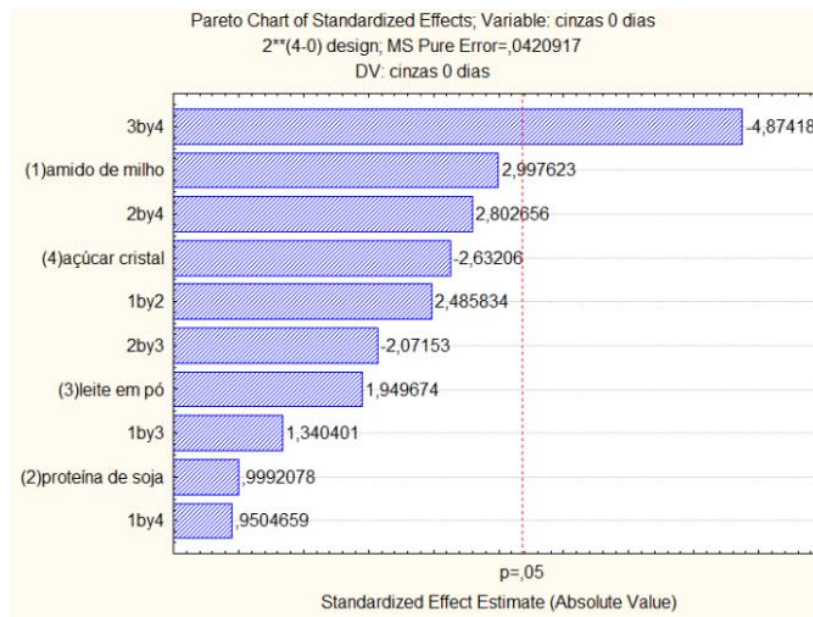
**Tabela 25** - Análise de variância (ANOVA) para a resposta cinzas 0 dias.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	GL	Média Quadrática	F calculado
<b>Regressão</b>	1,0000	1	1,0000	7,99
<b>Resíduo</b>	2,2528	18	0,1251	

<b>Falta de ajuste</b>	2,1665	15	0,1444	3,429
<b>Erro puro</b>	0,1263	3	0,0421	
<b>Total</b>	5,5456	19		

Como houve apenas uma interação secundária dos ingredientes houve efeito significativo, para a avaliação dos efeitos das variáveis estudadas segundo o planejamento experimental (diferentes ingredientes adicionados à formulação) no valor de cinzas em 0 dias das mortadelas e suas interações foram analisados a nível de 95% de confiança. Estas interações podem ser verificadas no diagrama de Pareto, na Figura 17, onde visualiza-se quais variáveis analisadas no planejamento apresentaram influência significativa ( $p < 0,05$ ).

**Figura 17** – Diagrama de Pareto relacionando os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal em relação a cinzas 0 dias.



Os maiores resultados encontrados para cinzas 60 dias foram para as formulações que continham 2% proteína de soja concentrada (T3, T4, T7, T8 e T11).

Prestes et al., (2015) em estudo sobre os efeitos de amidos nativos e modificados em mortadela de frango com baixo teor de gordura encontrou valores para cinzas entre 4,18 a 4,44%, valores abaixo do que foram encontrados neste estudo 0 dias (4,73 a 6,30%) e 60 dias (5,10 a 7,33).

**Tabela 26** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta cinzas 60 dias.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	p
<b>Média/interação</b>	6,019	0,063	0,000003*
<b>Proteína de soja</b>	0,465	0,142	0,046*

\*Significância de 95%

O modelo encontrado para cinzas 60 dias não foi adequado para a utilização na construção das superfícies de resposta, devido à baixa correlação obtida e ao valor do teste F ser menor que o tabelado.

#### 4.6 ESTABILIDADE DA EMULSÃO (EE) COM AQUECIMENTO E SEM AQUECIMENTO, PERDAS POR REAQUECIMENTO, PERDAS POR CONGELAMENTO E TBARS

A estabilidade da emulsão durante o processamento é importante para evitar a liberação de líquido e a formação de geleia no produto final que podem favorecer ao desenvolvimento de microrganismos (Terra et al., 2004), além de que uma quebra na estabilidade da emulsão poderia comprometer visualmente o produto. As perdas por reaquecimento e congelamento são interessantes devido ao aumento de produtos prontos ou semi-prontos. A análise de TBARS é uma das mais importantes avaliações neste tipo de produto, na medida em que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial.

A Tabela 27 mostra os resultados encontrados para a estabilidade da emulsão com aquecimento e sem aquecimento, perdas por reaquecimento, perdas por congelamento e TBARS.

**Tabela 27** - Resultados estabilidade da emulsão (EE) com aquecimento e sem aquecimento, perdas por reaquecimento, perdas por congelamento e TBARS.

	EE com aquecimento	EE sem aquecimento	Perdas por reaquecimento	Perdas por congelamento	TBARS
<b>T1</b>	89,59 <sup>b</sup> ± 0,026	98,94 <sup>a</sup> ± 0,003	10,72 <sup>a</sup> ± 0,222	5,43 <sup>b</sup> ± 0,312	0,24 <sup>DE</sup> ± 0,050
<b>T2</b>	100,49 <sup>a</sup> ± 0,010	94,71 <sup>b</sup> ± 0,043	5,63 <sup>a</sup> ± 1,160	5,22 <sup>a</sup> ± 0,749	0,15 <sup>E</sup> ± 0,016
<b>T3</b>	81,60 <sup>b</sup> ± 0,032	99,30 <sup>a</sup> ± 0,003	6,82 <sup>a</sup> ± 0,740	4,47 <sup>a</sup> ± 1,580	0,37 <sup>CDE</sup> ± 0,029
<b>T4</b>	81,09 <sup>b</sup> ± 0,020	99,22 <sup>a</sup> ± 0,0001	3,69 <sup>a</sup> ± 0,990	3,47 <sup>a</sup> ± 0,230	3,53 <sup>A</sup> ± 0,316
<b>T5</b>	89,85 <sup>b</sup> ± 0,040	99,27 <sup>a</sup> ± 0,005	9,82 <sup>a</sup> ± 0,383	3,92 <sup>b</sup> ± 0,435	0,62 <sup>BCDE</sup> ± 0,043
<b>T6</b>	98,83 <sup>a</sup> ±	99,91 <sup>a</sup> ±	9,65 <sup>a</sup> ±	3,03 <sup>b</sup> ±	0,56 <sup>BCDE</sup> ±

	0,011	0,0006	0,790	0,393	0,037
<b>T7</b>	90,58 <sup>b</sup> ±	98,48 <sup>a</sup> ±	4,24 <sup>a</sup> ±	3,44 <sup>a</sup> ±	0,71 <sup>BCD</sup> ±
	0,037	0,002	0,842	0,148	0,019
<b>T8</b>	95,14 <sup>b</sup> ±	98,68 <sup>a</sup> ±	6,30 <sup>a</sup> ±	4,96 <sup>b</sup> ±	0,39 <sup>CDE</sup> ±
	0,013	0,0016	0,700	0,387	0,263
<b>T9</b>	86,39 <sup>b</sup> ±	99,62 <sup>a</sup> ±	9,37 <sup>a</sup> ±	5,67 <sup>b</sup> ±	0,94 <sup>B</sup> ±
	0,047	0,001	0,690	0,519	0,088
<b>T10</b>	80,37 <sup>b</sup> ±	98,43 <sup>a</sup> ±	5,94 <sup>a</sup> ±	4,14 <sup>a</sup> ±	0,71 <sup>BCD</sup> ±
	0,009	0,004	1,437	0,102	0,275
<b>T11</b>	80,91 <sup>b</sup> ±	98,54 <sup>a</sup> ±	9,38 <sup>a</sup> ±	3,74 <sup>b</sup> ±	0,58 <sup>BCDE</sup> ±
	0,011	0,004	0,996	0,447	0,137
<b>T12</b>	88,09 <sup>b</sup> ±	99,88 <sup>a</sup> ±	5,49 <sup>a</sup> ±	2,59 <sup>b</sup> ±	0,82 <sup>BC</sup> ±
	0,017	0,0005	0,460	0,578	0,320
<b>T13</b>	87,40 <sup>b</sup> ±	99,89 <sup>a</sup> ±	7,27 <sup>a</sup> ±	4,43 <sup>b</sup> ±	0,83 <sup>BC</sup> ±
	0,020	0,001	0,601	0,095	0,209
<b>T14</b>	91,96 <sup>b</sup> ±	99,90 <sup>a</sup> ±	8,39 <sup>a</sup> ±	2,88 <sup>b</sup> ±	0,66 <sup>BCD</sup> ±
	0,020	0,0006	0,180	0,236	0,013
<b>T15</b>	94,27 <sup>a</sup> ±	99,89 <sup>a</sup> ±	8,86 <sup>a</sup> ±	3,27 <sup>b</sup> ±	0,94 <sup>B</sup> ±
	0,056	0,0005	1,520	0,298	0,112
<b>T16</b>	86,75 <sup>b</sup> ±	96,50 <sup>a</sup> ±	8,26 <sup>a</sup> ±	2,95 <sup>b</sup> ±	0,97 <sup>B</sup> ±
	0,030	0,007	1,060	0,461	0,047
<b>T17</b>	86,30 <sup>b</sup> ±	97,85 <sup>a</sup> ±	4,16 <sup>a</sup> ±	4,86 <sup>a</sup> ±	0,68 <sup>BCD</sup> ±
	0,022	0,003	1,303	1,068	0,152
<b>T18</b>	82,33 <sup>b</sup> ±	96,81 <sup>a</sup> ±	4,29 <sup>a</sup> ±	3,99 <sup>a</sup> ±	0,61 <sup>BCDE</sup> ±
	0,023	0,002	0,382	0,694	0,014
<b>T19</b>	81,31 <sup>b</sup> ±	92,80 <sup>a</sup> ±	4,09 <sup>a</sup> ±	3,97 <sup>a</sup> ±	0,53 <sup>BCDE</sup> ±
	0,030	0,008	1,855	0,678	0,038
<b>T20</b>	82,26 <sup>b</sup> ±	94,70 <sup>a</sup> ±	7,73 <sup>a</sup> ±	3,49 <sup>b</sup> ±	0,59 <sup>BCDE</sup> ±
	0,030	0,003	0,577	0,170	0,082

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras minúsculas diferentes na horizontal diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras maiúsculas diferentes na vertical diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).

Conforme os resultados da estabilidade da emulsão, apenas a formulação T6 não obteve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre estabilidade com aquecimento e sem aquecimento. As demais formulações apresentaram diferenças significativas. De acordo com a Tabela 28 apenas o leite em pó teve efeito positivo e significativo ( $p < 0,05$ ) e houve efeito significativo positivo na interação entre proteína de soja e açúcar cristal. As formulações com os maiores resultados continham amido de milho e/ou leite em pó. O açúcar cristal também teve um efeito significativo ( $p < 0,05$ ), porém, apresentou um efeito negativo, ou seja, diminuiu a estabilidade da emulsão.

Conforme a Tabela 27, menores resultados para a estabilidade da emulsão sem o aquecimento foram para as formulações T2, T19 e T20. Maiores foram para as formulações T6,



T12, T13, T14, T15 seguidas das formulações T1, T3, T4, T5, T7, T8, T9, T10, T11, T17 e T18.

Comparando-se os resultados encontrados na estabilidade da emulsão com aquecimento e sem aquecimento, a formulação T2 (5% amido de milho), apresentou maior EE com aquecimento e na EE sem aquecimento apresentou um menor valor. Concluiu-se então o amido de milho apresenta efeito na EE apenas após passar pelo tratamento térmico.

Formulações T10 e T11 que apresentaram os menores valores para a EE com aquecimento, continham açúcar cristal, no qual conforme a Tabela 28 apresentou um efeito negativo significativo ( $p < 0,05$ ) e para a análise de EE sem aquecimento apresentaram uns dos maiores valores. Com o aquecimento da emulsão o açúcar teve efeito de diminuir a EE, sem o aquecimento o açúcar aumentou a EE.

Estudo de Kurt & Zorba (2005), a adição de proteína do soro do leite e soro em pó aumentou significativamente a estabilidade da emulsão. Conforme Kocak & Aydemir (1994), isto pode ser explicado pelo fato de que as proteínas do soro de leite têm uma alta capacidade de ligar água (propriedades hidrofílicas altas). Ensor et al. (1987) descobriram que em salsicha, após a adição de 2.0% de concentrado de proteína de soro de leite, apresentou maior estabilidade do que a salsicha com 0,00, 1,75 ou 3,75% de adição de proteína de soro de leite. Hongprabhas & Barbut (1999) descobriram que o pré-aquecimento de um isolado de proteína de soro de leite antes da adição a uma variedade de produtos de carne melhorava a capacidade de retenção de água, o rendimento cozido e as propriedades reológicas de batatas de carne de peito de aves de capoeira crus e cozida.

Hughes et al., (1998), adicionou amido de mandioca e proteína do soro do leite em salsichas formuladas com teor reduzido de gordura, verificaram que o amido de mandioca e a proteína do soro de leite aumentaram significativamente a estabilidade da emulsão.

Conforme Terra et al., (2004), os fatores que influenciam decisivamente na instabilidade da emulsão cárnea são a quantidade de água, proteínas miofibrilares, gordura, bem como as condições de processamento. Nestas condições, dá-se ênfase especial à temperatura na etapa de emulsificação, não devendo ultrapassar 12°C, considerando que acima desta pode ocorrer desnaturação das proteínas miofibrilares, insolubilizando-as. O excessivo tratamento térmico durante o cozimento também é um fator altamente significativo na instabilização da emulsão cárnea.

Conforme Ordóñez, (2005), uma vez que a gordura é recoberta pelas proteínas, a emulsão permanece estável durante algumas horas. Assim a estabilidade das emulsões por

longo período (ligação) é obtida pela desnaturação das proteínas mediante a aplicação de tratamento térmico (produtos cárneos cozidos) a fim de facilitar as interações intermoleculares que formam uma rede tridimensional de fibras protéicas, ocorrendo a formação do gel cárneo. Diversos ingredientes, como proteínas, carboidratos e hidrocolóides, são usados para auxiliar nesta estabilização, reforçando a consolidação do gel da matriz e proporcionando a estabilização do sistema (Shimikomaki & Olivo, 2006).

O conhecimento sobre os ingredientes que aumentam a estabilidade da emulsão é importante em vista da economia para a indústria processadora, no qual este parâmetro se mantenha durante as etapas de processamento (Shimikomaki & Olivo, 2006).

**Tabela 28** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta estabilidade da emulsão com aquecimento.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	87,775	0,495	0,000*
<b>Leite em pó</b>	5,781	1,108	0,014*
<b>Açúcar cristal</b>	-3,879	1,108	0,039*
<b>Proteína x Açúcar</b>	4,281	1,108	0,031*

\*Significância de 95%

O modelo encontrado para a estabilidade da emulsão com aquecimento não foi adequado para a utilização na construção das superfícies de resposta, devido à baixa correlação obtida e ao valor do teste F ser menor que o tabelado.

Menores resultados com a menor perda por reaquecimento foram para as formulações, T2, T4, T7, T8, T10, T12, T17, T18 e T19. Em contraposição, as formulações que obtiveram maior perda por reaquecimento foram T1, T5 e T9. As formulações que tiveram menores perdas continham principalmente a mistura dos ingredientes amido de milho, proteína de soja e leite em pó, que podem ter influenciado na menor perda devido suas composições que são capazes que ligar a água, assim a matriz formada com estes ingredientes apresenta uma boa estabilidade ao cozimento. Assim, o maior resultado de perda por reaquecimento foi a formulação T1 (controle). Estes resultados estão de acordo com Pedroso onde a formulação de presunto adicionada da combinação de hidrocoloides (amido e carragena) teve menores perdas por reaquecimento (10,61%), os ingredientes adicionados separadamente o autor encontrou para adição de carragena (18,46%) e amido (13,60%).

A formulação T1 (controle) que apresentou a maior perda por reaquecimento. As formulações que não apresentaram diferenças significativas entre as perdas por reaquecimento

e congelamento foram T2, T3, T4, T7, T10, T17, T18 e T19. As formulações que continham proteína de soja apresentaram maiores perdas, conforme Youssef & Barbut (2009), relatou maior perda por cozimento em produtos com alto teor de proteína, devido aumento da espessura e rigidez da película proteica interfacial em torno dos glóbulos gordurosos à medida que as proteínas mais solúveis estavam disponíveis. Jones e Mandigo (1982), propuseram que uma película proteico interfacial espesso e rígido não permitisse que a gordura se expandisse durante o aquecimento e resultaria em fendas de ruptura e, portanto, a separação/emulsão de gordura quebraria. Outra possibilidade é que um alto nível de proteína forma uma rede de proteína altamente agregada mais densa (durante o cozimento), o que poderia pressionar os glóbulos gordurosos para coalescer e espremer alguma matriz proteica.

Hughes et al., (1998) afirmaram que a adição de fécula de mandioca e proteína do soro do leite diminuiu significativamente a perda por cozimento em salsichas Frankfurt.

Hamchmeiter & Herald (1998) avaliaram produto de massa fina de peru, verificaram que a maior perda foi para o produto padrão, que não continha a adição de hidrocoloides, e os menos índices foram para os produtos adicionados de amido de mandioca e amido de milho.

Pedroso (2006), ao analisar a perda por congelamento em presuntos adicionados de amido e goma carragena verificou um efeito negativo significativo para o amido, indicando que o amido contribui para a permanência da água no produto. Também foi verificado um efeito sinérgico negativo entre amido e a carragena.

Os resultados para a concentração do malonaldeído das mortadelas foram entre 0,15 a 3,53 mg malonaldeído/Kg. O maior resultado encontrado foi para a formulação T4, no qual foram adicionados amido de milho e proteína de soja. Conforme a tabela 29 os ingredientes que tiveram um efeito positivo e significativo ( $p < 0,05$ ) foram o amido de milho e proteína de soja. Houve efeito de interação significativo de primeira, segunda e terceira ordem. A formulação controle (T1), apresentou um dos menores valores, assim, a adição de ingredientes podem aumentar a oxidação nestes produtos. Os ingredientes leite em pó e açúcar apresentaram um efeito negativo na resposta TBARS, porém apenas o efeito do leite em pó foi significativo ( $p < 0,05$ ).

Rodrigues (2016), na formulação controle sem adição de CMS e com adição de 4% proteína isolada de soja e 2,5 fécula de mandioca encontrou valores entre 0,45 a 0,84 mg malonaldeído/Kg. Importante ressaltar que neste trabalho foi utilizado CMS de frango em todas as formulações, o que contribui para o aumento do índice oxidativo.

**Tabela 29** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta TBARS.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	0,771	0,014	0,00001*
<b>Amido de milho</b>	0,320	0,031	0,002*
<b>Proteína de soja</b>	0,450	0,031	0,001*
<b>Leite em pó</b>	-0,207	0,031	0,007*
<b>Amido de milho x Proteína de soja</b>	0,457	0,031	0,0007*
<b>Amido de milho x Leite em pó</b>	-0,450	0,031	0,0007*
<b>Amido de milho x Açúcar</b>	-0,352	0,031	0,001*
<b>Proteína de soja x Leite em pó</b>	-0,365	0,031	0,001*
<b>Proteína de soja x Açúcar</b>	-0,407	0,031	0,0009*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	0,295	0,031	0,002*

\*Significância de 95%

O modelo encontrado para TBARS não foi adequado para a utilização na construção das superfícies de resposta, devido à baixa correlação obtida e ao valor do teste F ser menor que o tabelado.

#### 4.7 COR INSTRUMENTAL

Nas tabelas 30, 31 e 32 são apresentados os valores da cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e para cor após exposição a luz por uma hora ( $L^{**}$ ,  $a^{**}$  e  $b^{**}$ ) nos dias 0, 30, e 60 nas formulações desenvolvidas.

Os resultados encontrados para  $L^*$  sem exposição a luz todos os tratamentos durante o armazenamento obtiveram diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Conforme a Tabela 31 os ingredientes leite em pó e açúcar cristal apresentaram efeito positivo e significativo ( $p < 0,05$ ) na luminosidade deste produto. Também houveram efeitos positivos significativos de segunda ordem. De acordo com Prestes et al., (2015) a adição de polissacarídeos geralmente é relatada como resultado de uma diminuição nos parâmetros  $L^*$ . Hughes et al., (1998), relataram que a adição de amido de mandioca teve uma diminuição da luminosidade de salsichas.

Estudo de Andrés et al., (2006) a adição de proteína do leite e gomas (guar e xantana), aumentaram os valores de luminosidade de salsichas de frango significativamente ( $p < 0,05$ ) sendo que as proteínas do leite tiveram um efeito maior do que as gomas.

A formulação que obteve o maior valor cotinha na sua composição leite em pó e açúcar. Hughes et al., (1998), relataram que adicionando proteína do soro do leite tiveram um aumento na luminosidade de salsichas. Thompson et al. (1982) também observou que os produtos que contêm proteína de soro tiveram maior valores para  $L^*$  do que controles.

Conforme a Tabela 30 a maioria das formulações com o armazenamento diminuiu a luminosidade do produto, porém, as formulações T3, T4, T6 e T9 apresentaram um aumento do valor de L\* com o armazenamento.

**Tabela 30** - Resultados cor L\* e L\*\* das mortadelas desenvolvidas nos 0, 30 e 60 dias de armazenamento.

	L*0	L*30	L*60	L**0	L**30	L**60
<b>T1</b>	67,28 <sup>a</sup> ± 0,452	59,94 <sup>c</sup> ± 1,247	62,61 <sup>b</sup> ± 0,324	68,12 <sup>a</sup> ± 0,245	48,73 <sup>c</sup> ± 1,139	65,46 <sup>b</sup> ± 0,492
<b>T2</b>	63,74 <sup>a</sup> ± 0,442	48,33 <sup>c</sup> ± 1,284	59,15 <sup>b</sup> ± 0,832	63,39 <sup>a</sup> ± 0,234	33,26 <sup>c</sup> ± 1,213	59,08 <sup>b</sup> ± 0,678
<b>T3</b>	51,81 <sup>b</sup> ± 0,812	37,05 <sup>c</sup> ± 0,713	61,3 <sup>a</sup> ± 0,470	49,67 <sup>b</sup> ± 1,304	30,91 <sup>c</sup> ± 0,54	61,37 <sup>a</sup> ± 0,316
<b>T4</b>	35,30 <sup>b</sup> ± 1,082	33,32 <sup>c</sup> ± 0,968	60,39 <sup>a</sup> ± 0,175	37,51 <sup>b</sup> ± 1,158	27,50 <sup>c</sup> ± 1,018	59,78 <sup>a</sup> ± 0,584
<b>T5</b>	38,46 <sup>b</sup> ± 1,191	36,23 <sup>c</sup> ± 1,796	59,70 <sup>a</sup> ± 0,410	45,72 <sup>b</sup> ± 0,874	33,14 <sup>c</sup> ± 1,117	58,00 <sup>a</sup> ± 0,638
<b>T6</b>	44,68 <sup>b</sup> ± 1,142	34,07 <sup>c</sup> ± 0,966	59,17 <sup>a</sup> ± 0,812	47,87 <sup>b</sup> ± 1,285	31,98 <sup>c</sup> ± 1,208	58,3 <sup>a</sup> ± 0,413
<b>T7</b>	48,47 <sup>c</sup> ± 1,061	66,32 <sup>a</sup> ± 0,388	63,17 <sup>b</sup> ± 0,369	37,81 <sup>c</sup> ± 1,521	64,95 <sup>a</sup> ± 0,372	63,39 <sup>b</sup> ± 0,197
<b>T8</b>	44,89 <sup>c</sup> ± 1,954	65,85 <sup>a</sup> ± 0,213	64,06 <sup>b</sup> ± 0,449	42,28 <sup>b</sup> ± 1,413	65,32 <sup>a</sup> ± 0,126	64,37 <sup>a</sup> ± 0,177
<b>T9</b>	43,36 <sup>b</sup> ± 0,991	65,44 <sup>a</sup> ± 0,330	65,46 <sup>a</sup> ± 0,126	46,71 <sup>c</sup> ± 1,634	65,20 <sup>a</sup> ± 0,236	63,64 <sup>b</sup> ± 0,143
<b>T10</b>	30,97 <sup>c</sup> ± 0,442	62,87 <sup>a</sup> ± 0,470	60,64 <sup>b</sup> ± 0,247	38,88 <sup>b</sup> ± 1,885	59,83 <sup>a</sup> ± 0,375	58,98 <sup>a</sup> ± 0,500
<b>T11</b>	34,69 <sup>b</sup> ± 0,545	61,11 <sup>a</sup> ± 0,460	60,63 <sup>a</sup> ± 0,152	38,49 <sup>b</sup> ± 1,590	59,97 <sup>a</sup> ± 0,423	60,11 <sup>a</sup> ± 1,041
<b>T12</b>	64,20 <sup>a</sup> ± 0,806	62,48 <sup>b</sup> ± 0,266	60,93 <sup>c</sup> ± 0,449	64,71 <sup>a</sup> ± 0,426	62,51 <sup>b</sup> ± 0,300	61,55 <sup>c</sup> ± 0,226
<b>T13</b>	64,26 <sup>b</sup> ± 0,484	65,56 <sup>a</sup> ± 0,334	60,14 <sup>c</sup> ± 0,566	64,74 <sup>a</sup> ± 0,378	62,89 <sup>b</sup> ± 0,550	61,94 <sup>c</sup> ± 0,5129

<b>T14</b>	63,12 <sup>b</sup> ± 0,629	64,43 <sup>a</sup> ± 0,294	60,88 <sup>c</sup> ± 0,488	62,45 <sup>a</sup> ± 1,112	61,84 <sup>ab</sup> ± 0,706	60,98 <sup>b</sup> ± 0,616
<b>T15</b>	66,36 <sup>a</sup> ± 0,196	64,33 <sup>b</sup> ± 0,493	64,19 <sup>b</sup> ± 0,539	66,03 <sup>a</sup> ± 0,813	62,99 <sup>c</sup> ± 0,535	64,51 <sup>b</sup> ± 0,376
<b>T16</b>	63,62 <sup>a</sup> ± 0,401	62,44 <sup>b</sup> ± 0,287	61,49 <sup>c</sup> ± 0,294	61,63 <sup>a</sup> ± 0,533	61,68 <sup>a</sup> ± 0,252	61,54 <sup>a</sup> ± 0,212
<b>T17</b>	64,69 <sup>a</sup> ± 0,551	63,27 <sup>b</sup> ± 0,291	61,98 <sup>c</sup> ± 0,425	64,80 <sup>a</sup> ± 0,527	64,02 <sup>b</sup> ± 0,395	63,65 <sup>b</sup> ± 0,467
<b>T18</b>	61,92 <sup>b</sup> ± 0,429	63,54 <sup>a</sup> ± 0,652	62,41 <sup>b</sup> ± 0,233	64,09 <sup>a</sup> ± 0,411	63,63 <sup>ab</sup> ± 0,521	63,20 <sup>b</sup> ± 0,135
<b>T19</b>	62,71 <sup>a</sup> ± 0,327	62,44 <sup>a</sup> ± 0,269	59,79 <sup>b</sup> ± 59,902	61,85 <sup>a</sup> ± 0,284	62,33 <sup>a</sup> ± 0,435	59,90 <sup>b</sup> ± 0,404
<b>T20</b>	63,42 <sup>a</sup> ± 0,184	62,88 <sup>b</sup> ± 0,288	59,18 <sup>c</sup> ± 0,380	63,24 <sup>a</sup> ± 0,448	62,54 <sup>b</sup> ± 0,303	59,43 <sup>c</sup> ± 0,220

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras diferentes na horizontal diferem significativamente (p<0,05).

**Tabela 31** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta L\* 0 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	53,897	0,263	0,000*
<b>Leite em pó</b>	5,314	0,588	0,003*
<b>Açúcar cristal</b>	4,494	0,588	0,005*
<b>Amido de milho x Proteína de soja</b>	2,191	0,588	0,034*
<b>Amido de milho x Açúcar</b>	3,831	0,588	0,007*
<b>Proteína de soja x Leite em pó</b>	4,021	0,588	0,006*
<b>Proteína de soja x Açúcar</b>	7,606	0,588	0,001*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	15,721	0,588	0,0001*

\*Significância de 95%

De acordo com a Tabela 30 os resultados da cor L\*\* após exposição a luz após uma hora, as formulações T1, T2, T12, T13, T14, T15, T17, T18, T19 e T20 apresentaram uma diminuição significativa nos valores da luminosidade em relação ao seu armazenamento. Ou seja, com o armazenamento estas formulações apresentaram maior escurecimento. As formulações T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 e T16 aumentaram o seu valor de luminosidade em relação ao seu armazenamento. A maioria destas formulações continha o leite em pó e/ou açúcar cristal ou uma combinação no qual obteve aumento no valor de L\*\*.

Conforme a Tabela 32 dos efeitos para a resposta L\*\* 0 dias, no qual leite em pó, açúcar cristal e interações de segunda ordem obtiveram um efeito positivo significativo ( $p < 0,05$ ) na luminosidade das formulações após exposição a luz.

**Tabela 32** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta L\*\* 0 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>P</b>
<b>Média/interação</b>	54,499	0,284	0,000*
<b>Proteína de soja</b>	- 4,969	0,634	0,004*
<b>Leite em pó</b>	2,631	0,634	0,025*
<b>Açúcar cristal</b>	6,409	0,634	0,002*
<b>Amido de milho x Proteína de soja</b>	3,354	0,634	0,013*
<b>Amido de milho x Açúcar</b>	2,746	0,634	0,023*
<b>Proteína de soja x Açúcar</b>	9,489	0,634	0,0006*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	13,884	0,634	0,0002*

\*Significância de 95%

O modelo encontrado para a cor L\* e L\*\* 0 dias não foi adequado para a utilização na construção das superfícies de resposta, devido à baixa correlação obtida e ao valor do teste F ser menor que o tabelado.

**Tabela 33** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta L\* 30 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	57,095	0,107	0,000*
<b>Amido de milho</b>	- 2,774	0,239	0,001*
<b>Proteína de soja</b>	2,004	0,239	0,003*
<b>Leite em pó</b>	3,586	0,239	0,0006*
<b>Açúcar cristal</b>	15,944	0,239	0,000007*
<b>Amido de milho x Proteína de soja</b>	1,594	0,239	0,007*
<b>Amido de milho x Leite em pó</b>	1,361	0,239	0,011*
<b>Amido de milho x Açúcar</b>	1,719	0,239	0,005*
<b>Proteína de soja x Leite em pó</b>	12,659	0,239	0,00001*
<b>Proteína de soja x Açúcar</b>	- 3,988	0,239	0,0005*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	- 2,371	0,239	0,002*

\*Significância de 95%

A Tabela 33, os efeitos da resposta L\* 30 dias os ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar cristal apresentaram efeitos significativos ( $p < 0,05$ ), somente o amido de milho obteve efeito negativo na luminosidade dos produtos em 30 dias de armazenamento.

Os resultados com a adição de leite em pó estão de acordo com Cruz (2014) que adicionou soro de leite em formulações de mortadela de frango, segundo a autora a luminosidade das mortadelas aumenta à medida que o percentual de soro é maior nas

formulações, e quanto maior o seu valor, mais claro é o produto. Esse fato se deve a coloração opaca do soro de leite e da cor amarelada da carne de frango, tornando assim a mortadela mais pálida. Assim a presença do soro de leite na mortadela de frango, influenciou nesta característica física, resultando num produto mais claro quando comparado com a formulação sem adição de soro.

**Tabela 34** – Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta L\*\* 30 dias.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	p
<b>Média/interação</b>	54,261	0,184	0,000*
<b>Amido de milho</b>	- 3,107	0,411	0,005*
<b>Proteína de soja</b>	4,870	0,411	0,001*
<b>Leite em pó</b>	7,110	0,411	0,0004*
<b>Açúcar cristal</b>	20,140	0,411	0,00002*
<b>Amido de milho x Proteína de soj;</b>	2,655	0,411	0,007*
<b>Amido de milho x Leite em pó</b>	2,320	0,411	0,011*
<b>Amido de milho x Açúcar</b>	1,810	0,411	0,021*
<b>Proteína de soja x Leite em pós</b>	11,402	0,411	0,0001*
<b>Proteína de soja x Açúcar</b>	- 5,522	0,411	0,0009*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	- 6,637	0,411	0,0005*

\*Significância de 95%

Conforme Tabela 34 dos efeitos para resposta L\*\* 30 dias após exposição a luz por uma hora todos os ingredientes apresentaram efeito significativo ( $p < 0,05$ ).

O modelo encontrado para a cor L\* e L\*\* 30 dias não foi adequado para a utilização na construção das superfícies de resposta, devido à baixa correlação obtida e ao valor do teste F ser menor que o tabelado.

**Tabela 35** - Resultados cor a\* e a\*\* das mortadelas desenvolvidas nos 0, 30 e 60 dias de armazenamento.

	a*0	a*30	a*60	a**0	a**30	a**60
<b>T1</b>	19,62 <sup>b</sup>	18,49 <sup>c</sup>	20,36 <sup>a</sup>	17,63 <sup>b</sup>	16,42 <sup>c</sup>	20,36 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,066	0,311	0,096	0,208	0,339	0,107
<b>T2</b>	21,51 <sup>b</sup>	18,07 <sup>c</sup>	22,41 <sup>a</sup>	19,44 <sup>b</sup>	16,67 <sup>c</sup>	21,52 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,172	0,779	0,346	0,325	0,638	0,161
<b>T3</b>	18,39 <sup>b</sup>	15,54 <sup>c</sup>	20,60 <sup>a</sup>	18,81 <sup>b</sup>	12,7 <sup>c</sup>	20,41 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,274	0,314	0,126	0,616	0,144	0,205



<b>T4</b>	14,42 <sup>b</sup>	14,59 <sup>b</sup>	21,53 <sup>a</sup>	17,06 <sup>b</sup>	13,06 <sup>c</sup>	21,39 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,301	0,317	0,318	0,589	0,595	0,259
<b>T5</b>	17,59 <sup>b</sup>	15,24 <sup>c</sup>	22,51 <sup>a</sup>	17,63 <sup>b</sup>	13,58 <sup>c</sup>	20,51 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,299	0,548	0,267	0,768	0,418	0,326
<b>T6</b>	17,69 <sup>b</sup>	15,49 <sup>c</sup>	22,57 <sup>a</sup>	18,69 <sup>b</sup>	18,56 <sup>b</sup>	20,71 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,483	0,122	0,256	0,490	0,509	0,168
<b>T7</b>	16,89 <sup>b</sup>	20,64 <sup>a</sup>	20,61 <sup>a</sup>	15,19 <sup>b</sup>	19,48 <sup>a</sup>	19,57 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,430	0,129	0,076	0,472	0,277	0,129
<b>T8</b>	14,58 <sup>c</sup>	21,69 <sup>a</sup>	20,58 <sup>b</sup>	17,14 <sup>b</sup>	19,64 <sup>a</sup>	19,67 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,541	0,249	0,060	0,828	0,101	0,079
<b>T9</b>	16,23 <sup>c</sup>	21,45 <sup>a</sup>	20,52 <sup>b</sup>	18,51 <sup>b</sup>	19,51 <sup>a</sup>	19,64 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,183	0,274	0,136	0,639	0,238	0,132
<b>T10</b>	14,43 <sup>b</sup>	22,31 <sup>a</sup>	22,53 <sup>a</sup>	15,20 <sup>c</sup>	19,97 <sup>b</sup>	21,22 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,423	0,370	0,160	0,377	0,482	0,379
<b>T11</b>	14,32 <sup>b</sup>	22,16 <sup>a</sup>	21,73 <sup>a</sup>	14,22 <sup>c</sup>	19,22 <sup>b</sup>	21,24 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,221	0,465	0,408	0,823	0,662	0,131
<b>T12</b>	20,63 <sup>c</sup>	21,43 <sup>b</sup>	22,34 <sup>a</sup>	20,14 <sup>c</sup>	20,38 <sup>b</sup>	21,49 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,197	0,202	0,208	0,119	0,147	0,115
<b>T13</b>	21,58 <sup>a</sup>	20,63 <sup>b</sup>	21,54 <sup>a</sup>	20,21 <sup>b</sup>	19,89 <sup>c</sup>	21,39 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,138	0,106	0,219	0,241	0,269	0,125
<b>T14</b>	21,58 <sup>a</sup>	20,56 <sup>b</sup>	21,70 <sup>a</sup>	19,44 <sup>b</sup>	19,38 <sup>b</sup>	21,63 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,136	0,073	0,169	0,111	0,259	0,049
<b>T15</b>	20,37 <sup>b</sup>	20,42 <sup>b</sup>	21,39 <sup>a</sup>	18,58 <sup>c</sup>	19,54 <sup>b</sup>	20,51 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,061	0,091	0,145	0,086	0,229	0,093
<b>T16</b>	23,65 <sup>a</sup>	21,85 <sup>c</sup>	22,78 <sup>b</sup>	21,34 <sup>b</sup>	20,93 <sup>b</sup>	22,38 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,194	0,584	0,114	0,125	0,456	0,537
<b>T17</b>	21,24 <sup>b</sup>	21,50 <sup>b</sup>	23,30 <sup>a</sup>	20,43 <sup>b</sup>	19,54 <sup>c</sup>	21,42 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,262	0,137	0,214	0,379	0,210	0,119
<b>T18</b>	19,66 <sup>c</sup>	21,22 <sup>b</sup>	22,60 <sup>a</sup>	20,36 <sup>b</sup>	20,44 <sup>b</sup>	21,45 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,329	0,273	0,121	0,218	0,186	0,151
<b>T19</b>	20,54 <sup>c</sup>	23,50 <sup>a</sup>	22,48 <sup>b</sup>	19,29 <sup>c</sup>	21,54 <sup>b</sup>	22,31 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,222	0,286	0,254	0,626	0,185	0,177

<b>T20</b>	20,68 <sup>b</sup>	22,55 <sup>a</sup>	22,58 <sup>a</sup>	20,38 <sup>c</sup>	21,21 <sup>b</sup>	21,73 <sup>a</sup>
	±	±	±	±	±	±
	0,136	0,199	0,124	0,103	0,070	0,174

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras diferentes na horizontal diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).

Conforme a Tabela 35, durante o armazenamento a cor a\* antes da exposição a luz e a\*\* após exposição por uma hora a luz tiveram aumento nos 60 dias de armazenamento. Assim, com o armazenamento as formulações apresentaram maiores valores de vermelhidão.

**Tabela 36** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a\* 0 dias.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	p
<b>Média/interação</b>	18,780	0,146	0,000001*
<b>Leite em pó</b>	1,797	0,327	0,012*
<b>Açúcar cristal</b>	1,512	0,327	0,019*
<b>Amido de milho x Açúcar</b>	1,510	0,327	0,019*
<b>Proteína de soja x Açúcar</b>	2,160	0,327	0,007*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	3,595	0,327	0,001*

\*Significância de 95%

De acordo com a Tabela 36 dos efeitos para a resposta a\* 0 dias os ingredientes leite em pó e açúcar cristal apresentaram efeito positivo significativo ( $p < 0,05$ ), assim como algumas interações de segunda ordem.

Cruz (2014), encontrou valores menores do que no presente estudo para cor a\*, a autora encontrou valores entre 2,95 (controle) e valores de 2,17 a 2,55 para mortadelas adicionadas de soro de leite. Estes resultados baixos para a\* foi devido ao baixo teor de pigmentos vermelhos, provavelmente devido a presença do pigmento mioglobina em baixa quantidade no músculo do peito de frango, que varia entre 0,01 a 1,50 mg/g de pigmentação.

Youssef e Barbut (2011), produtos apresentaram menores valores de a\* com a adição de proteína isolada de soja e proteína do soro do leite, de acordo com os autores a diminuição da coloração vermelha se deu pela cor mais clara do soro e soja, e pela substituição da carne por esses ingredientes não-cárneos, assim ocorreu uma diminuição da mioglobina, diminuindo a coloração vermelha dos produtos.

Andrés et al., (2006) com a adição de proteínas do leite em salsichas de frango, encontraram valores menores e significativos ( $p < 0,05$ ) da cor a\*.

**Tabela 37** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a\*\* 0 dias.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	p
<b>Média/interação</b>	18,484	0,123	0,000*
<b>Amido de milho</b>	0,959	0,275	0,040*

<b>Leite em pó</b>	0,901	0,275	0,047*
<b>Amido de milho x Proteína de soj:</b>	1,261	0,275	0,019*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	1,974	0,275	0,005*

\*Significância de 95%

Conforme a Tabela dos efeitos para a resposta a\*\* 0 dias os ingredientes amido de milho e leite em pó apresentaram efeito positivo e significativo ( $p < 0,05$ ). Também apresentaram efeito significativo interações de segunda ordem.

O modelo encontrado para a cor a\* e a\*\* 0 dias não foi adequado para a utilização na construção das superfícies de resposta, devido à baixa correlação obtida e ao valor do teste F ser menor que o tabelado.

**Tabela 38** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a\* 30 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	19,966	0,233	0,000004*
<b>Açúcar cristal</b>	3,882	0,521	0,005*
<b>Proteína de soja x Leite em pó</b>	2,410	0,521	0,019*

\*Significância de 95%

Para a resposta a\* 30 dias apenas ingrediente açúcar cristal e uma interação de segunda ordem apresentaram efeito significativo positivo.

**Tabela 39** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a\*\* 30 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	18,583	0,199	0,000003*
<b>Leite em pó</b>	1,633	0,445	0,035*
<b>Açúcar cristal</b>	3,589	0,445	0,004*
<b>Proteína de soja x Leite em pó</b>	1,924	0,445	0,023*

\*Significância de 95%

A Tabela 39 apresentou efeito positivo significativo para ingredientes leite em pó e açúcar cristal, também apresentou efeito positivo significativo para interação se segunda ordem.

O modelo encontrado para a cor a\* e a\*\* 30 dias não foi adequado para a utilização na construção das superfícies de resposta, devido à baixa correlação obtida e ao valor do teste F ser menor que o tabelado.

**Tabela 40** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta a\* 60 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>P</b>
<b>Média/interação</b>	21,833	0,084	0,00000*
<b>Amido de milho</b>	0,897	0,188	0,017*
<b>Proteína de soja x Açúcar</b>	0,810	0,188	0,023*

\*Significância de 95%

De acordo com a Tabela 41, o amido de milho e o açúcar cristal apresentaram efeito positivo significativo ( $p < 0,05$ ) para  $a^{**}$  60 dias após exposição da luz. Também houve uma interação secundária positiva significativa ( $3 \times 4$ ).

**Tabela 41** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta  $a^{**}$  60 dias.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	p
Média/interação	21,027	0,092	0,00000*
Amido de milho	0,797	0,206	0,031*
Açúcar cristal	0,670	0,206	0,047*
Leite em pó x Açúcar	0,692	0,206	0,044*

\*Significância de 95%

O modelo encontrado para a cor  $a^*$  e  $a^{**}$  60 dias não foi adequado para a utilização na construção das superfícies de resposta, devido à baixa correlação obtida e ao valor do teste F ser menor que o tabelado.

**Tabela 42** - Resultados cor  $b^*$  e  $b^{**}$  das mortadelas desenvolvidas nos 0, 30 e 60 dias de armazenamento.

	$b^*0$	$b^*30$	$b^*60$	$b^{**}0$	$b^{**}30$	$b^{**}60$
<b>T1</b>	14,70 <sup>b</sup> ± 0,189	14,84 <sup>b</sup> ± 0,281	17,38 <sup>a</sup> ± 0,152	17,46 <sup>b</sup> ± 0,179	13,61 <sup>c</sup> ± 0,245	18,59 <sup>a</sup> ± 0,075
<b>T2</b>	15,73 <sup>b</sup> ± 0,148	12,83 <sup>c</sup> ± 0,621	19,35 <sup>a</sup> ± 0,271	15,51 <sup>b</sup> ± 0,406	13,47 <sup>c</sup> ± 0,327	19,53 <sup>a</sup> ± 0,178
<b>T3</b>	15,21 <sup>b</sup> ± 0,216	13,26 <sup>c</sup> ± 0,405	19,74 <sup>a</sup> ± 0,126	14,90 <sup>b</sup> ± 0,995	11,31 <sup>c</sup> ± 0,253	19,49 <sup>a</sup> ± 0,152
<b>T4</b>	11,85 <sup>c</sup> ± 0,583	12,58 <sup>b</sup> ± 0,306	19,56 <sup>a</sup> ± 0,172	11,73 <sup>b</sup> ± 0,448	11,17 <sup>c</sup> ± 0,450	20,31 <sup>a</sup> ± 0,168
<b>T5</b>	12,42 <sup>b</sup> ± 0,315	12,39 <sup>b</sup> ± 0,570	20,32 <sup>a</sup> ± 0,266	10,97 <sup>b</sup> ± 0,901	11,49 <sup>b</sup> ± 0,372	20,42 <sup>a</sup> ± 0,340
<b>T6</b>	13,57 <sup>b</sup> ± 0,333	12,52 <sup>c</sup> ± 0,337	21,35 <sup>a</sup> ± 0,339	14,7 <sup>b</sup> ± 0,657	12,14 <sup>c</sup> ± 0,732	20,42 <sup>a</sup> ± 0,162
<b>T7</b>	13,32 <sup>c</sup> ± 0,453	18,52 <sup>b</sup> ± 0,333	19,48 <sup>a</sup> ± 0,185	13,41 <sup>c</sup> ± 0,308	18,46 <sup>b</sup> ± 0,102	19,47 <sup>a</sup> ± 0,052
<b>T8</b>	13,04 <sup>c</sup> ± 0,409	18,66 <sup>b</sup> ± 0,125	19,39 <sup>a</sup> ± 0,218	14,92 <sup>b</sup> ± 0,811	19,52 <sup>a</sup> ± 0,242	19,43 <sup>a</sup> ± 0,179
<b>T9</b>	12,69 <sup>c</sup> ± 0,523	17,43 <sup>b</sup> ± 0,458	18,42 <sup>a</sup> ± 0,222	17,93 <sup>ab</sup> ± 0,477	17,60 <sup>b</sup> ± 0,344	18,25 <sup>a</sup> ± 0,116
<b>T10</b>	10,82 <sup>c</sup> ± 0,569	19,62 <sup>a</sup> ± 0,315	18,56 <sup>b</sup> ± 0,140	11,13 <sup>c</sup> ± 0,517	18,28 <sup>b</sup> ± 0,387	19,37 <sup>a</sup> ± 0,149
<b>T11</b>	10,71 <sup>b</sup> ±	18,24 <sup>a</sup> ±	18,32 <sup>a</sup> ±	11,38 <sup>c</sup> ±	17,59 <sup>b</sup> ±	18,41 <sup>a</sup> ±

	0,244	0,183	0,260	0,328	0,322	0,054
<b>T12</b>	16,44 <sup>c</sup> ±	18,44 <sup>b</sup> ±	19,30 <sup>a</sup> ±	17,45 <sup>c</sup> ±	18,6 <sup>b</sup>	20,48 <sup>a</sup> ±
	0,244	0,161	0,199	0,073	±	0,271
					0,129	
<b>T13</b>	15,36 <sup>c</sup> ±	16,63 <sup>b</sup> ±	19,35 <sup>a</sup> ±	16,46 <sup>c</sup> ±	17,63 <sup>b</sup> ±	19,31 <sup>a</sup> ±
	0,247	0,279	0,320	0,329	0,235	0,068
<b>T14</b>	16,40 <sup>c</sup> ±	18,51 <sup>b</sup> ±	20,3 <sup>a</sup>	17,46 <sup>b</sup> ±	17,55 <sup>b</sup> ±	20,68 <sup>a</sup> ±
	0,263	0,197	±	0,287	0,229	0,092
			0,162			
<b>T15</b>	16,60 <sup>c</sup> ±	17,44 <sup>b</sup> ±	19,55 <sup>a</sup> ±	17,41 <sup>b</sup> ±	17,59 <sup>b</sup> ±	19,45 <sup>a</sup> ±
	0,225	0,109	0,254	0,167	0,169	0,201
<b>T16</b>	17,29 <sup>c</sup> ±	18,52 <sup>b</sup> ±	20,51 <sup>a</sup> ±	17,68 <sup>c</sup> ±	18,69 <sup>b</sup> ±	20,41 <sup>a</sup> ±
	0,190	0,234	0,365	0,206	0,209	0,223
<b>T17</b>	16,42 <sup>c</sup>	17,29 <sup>b</sup> ±	19,54 <sup>a</sup> ±	16,67 <sup>c</sup> ±	17,37 <sup>b</sup> ±	19,24 <sup>a</sup> ±
	±	0,219	0,182	0,561	0,230	0,138
	0,205					
<b>T18</b>	16,26 <sup>c</sup> ±	17,39 <sup>b</sup> ±	19,61 <sup>a</sup> ±	17,39 <sup>b</sup> ±	18,25 <sup>a</sup> ±	18,42 <sup>a</sup> ±
	0,322	0,214	0,306	0,234	0,244	0,203
<b>T19</b>	17,38 <sup>c</sup> ±	18,57 <sup>b</sup> ±	21,43 <sup>a</sup>	17,18 <sup>c</sup> ±	18,58 <sup>b</sup> ±	21,29 <sup>a</sup> ±
	0,277	0,249	±	0,471	0,183	0,254
			0,133			
<b>T20</b>	16,66 <sup>c</sup>	18,39 <sup>b</sup> ±	21,35 <sup>a</sup> ±	18,35 <sup>b</sup> ±	18,50 <sup>b</sup> ±	20,50 <sup>a</sup> ±
	±	0,273	0,158	0,225	0,171	0,104
	0,203					

\*Médias ± Erro puro indicadas com letras diferentes na horizontal diferem significativamente (p<0,05).

Conforme a Tabela 42 os valores de b\* antes da exposição a luz e b\*\* depois da exposição a luz durante o armazenamento obtiveram maiores valores.

**Tabela 43** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta b\* 0 dias.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	p
<b>Média/interação</b>	14,643	0,111	0,000001*
<b>Leite em pó</b>	1,231	0,247	0,015*
<b>Açúcar cristal</b>	0,809	0,247	0,047*
<b>Amido de milho x Açúcar</b>	0,881	0,247	0,038*
<b>Proteína de soja x Açúcar</b>	1,096	0,247	0,021*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	2,516	0,247	0,002*

\*Significância de 95%

Conforme Tabela 43 os ingredientes leite em pó e açúcar apresentaram efeito positivo e significativo estatisticamente. Andrés et al. (2006) encontraram valores maiores e significativos (p<0,05) para a cor b\* em salsichas de frango adicionadas com proteína do leite. Também houve efeito significativo (p<0,05) de ordem secundária e terciária.

**Tabela 44** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta b\*\* 0 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	15,504	0,157	0,000002*
<b>Açúcar cristal</b>	1,662	0,352	0,018*
<b>Amido de milho x Leite em pó</b>	1,545	0,352	0,022*
<b>Proteína de soja x Leite em pó</b>	1,300	0,352	0,034*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	2,090	0,352	0,009*

\*Significância de 95%

De acordo com a Tabela 44 dos efeitos o açúcar foi o único ingrediente que teve efeito significativo para a resposta b\*\* 0 dias após a exposição a luz ( $p < 0,05$ ). Também houveram efeitos significativos de segunda ordem.

O modelo encontrado para a cor b\* e b\*\* não foi adequado para a utilização na construção das superfícies de resposta, devido à baixa correlação obtida e ao valor do teste F ser menor que o tabelado.

**Tabela 45** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta b\* 30 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>p</b>
<b>Média/interação</b>	16,603	0,148	0,000002*
<b>Proteína de soja</b>	1,361	0,332	0,026*
<b>Açúcar cristal</b>	3,654	0,332	0,001*
<b>Proteína de soja x Leite em pó</b>	1,911	0,332	0,010*
<b>Proteína de soja x Açúcar</b>	-1,249	0,332	0,033*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	-1,401	0,332	0,024*

\*Significância de 95%

Conforme Tabela 45 para a resposta b\* 30 dias os ingredientes proteína de soja e açúcar cristal apresentaram um efeito significativo positivo. Também apresentaram efeitos significativos de segunda ordem.

**Tabela 46** - Cálculo dos efeitos das variáveis estudadas para a resposta b\*\* 30 dias.

<b>Fatores</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>P</b>
<b>Média/interação</b>	16,370	0,124	0,000001*
<b>Proteína de soja</b>	1,395	0,277	0,015*
<b>Leite em pó</b>	1,430	0,277	0,014*
<b>Açúcar cristal</b>	4,045	0,277	0,0007*
<b>Proteína de soja x Leite em pó</b>	2,467	0,277	0,003*
<b>Proteína de soja x Açúcar</b>	-1,042	0,277	0,033*
<b>Leite em pó x Açúcar</b>	-1,582	0,277	0,011*

\*Significância de 95%

Resultados encontrados para  $b^{**}$  30 dias após exposição a luz, conforme a Tabela 46 os ingredientes proteína de soja, leite em pó e açúcar apresentaram efeito significativo e positivo. Também houve efeitos significativos de segunda ordem.

Assim, com o armazenamento deste produto, a adição destes ingredientes promoveram um aumento no amarelamento deste produto. Pode ser confirmado pelo fato de que aos 60 dias de armazenamento a formulação controle apresentou o menor valor. Rodrigues (2016) em seu estudo também verificou que com o armazenamento de mortadelas obteve um maior valor de  $b^*$ .

As análises de cor instrumental de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  das mortadelas desenvolvidas ao longo do seu armazenamento apresentaram variações quanto as formulações que apresentaram maiores e menores valores. Sendo que os ingredientes adicionados apresentaram um efeito durante o armazenamento, sendo o açúcar cristal um dos ingredientes que tiveram maior efeito significativo na cor das mortadelas desenvolvidas.

#### 4.8 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Nas tabelas 47 e 48 são apresentados os resultados encontrados nas análises microbiológicas realizadas em 7 e 67 dias de armazenamento. As análises foram baseadas na RDC n° 12 (Brasil, 2001), que determina os padrões microbiológicos para alimentos, para a mortadela são exigidos as análises Coliformes 45°C, *Staphylococcus* Coagulase positiva, *Clostridium* sulfito redutor 46°C e *Salmonella* sp., já que não há um padrão microbiológico para este produto armazenado a temperatura ambiente.

Também foram realizadas as análises de Bactérias Mesófilas e Bactérias Lácticas. Embora não sejam exigidas pela legislação, na temperatura em que as mortadelas deste estudo foram armazenadas é propício o crescimento de micro-organismos Mesófilo. A grande maioria das bactérias patogênicas de origem alimentar são mesófilas. Portanto, uma alta contagem de bactérias mesófilas aeróbias significa ocorrência de condições favoráveis à multiplicação. Não há padrões microbiológicos estabelecidos para mesófilas aeróbias, porém esta contagem é comumente empregada para indicar algum procedimento inadequado sob o ponto de vista sanitário (Franco, 1996). Conforme Sidone et al., (2016) os micro-organismos anaeróbios mesófilos caracterizam-se por apresentar crescimento em ambientes sem a presença de oxigênio e a temperaturas na faixa de 30-45 °C.

As bactérias lácticas produzem uma diminuição no pH dos produtos à base de carne e muitas bactérias lácticas são benéficas, pois produzem bacteriocinas que inibem a microflora

indesejável de patógeno (Lorenzo et al. 2010). Porém, o crescimento a níveis elevados destas bactérias nestes produtos pode provocar mudanças adversas sensoriais, tais como odores ácidos indesejáveis (Borch et al. 1996).

Conforme a Tabela 47, no dia 7, as formulações T1 a T18 apresentaram baixa contagem de bactérias lácticas, e somente as formulações T19 e T20 apresentaram contagens maiores, sendo que a formulação T19 apresentou a maior contagem. Após o armazenamento algumas formulações continuaram com as contagens baixas como apresentaram na análise realizada no dia 7, e outras formulações aumentaram o crescimento de bactérias lácticas, foram as formulações T3, T4, T5, T6, T7, T11, T12, T13, T14, T16 e T18. As formulações que tiveram um decréscimo da  $a_w$  (T3 a T7) em 60 dias que tiveram resultado menor 0,955 tiveram crescimento de bactérias lácticas, assim como as formulações que em 0 dias iniciaram com  $a_w$  menor que 0,955 e ao longo do período de armazenamento aumentaram  $a_w$  dos produtos também tiveram crescimento de bactérias lácticas.

**Tabela 47** - Análise microbiológica de *Clostridium* Sulfito Redutor (UFC/g), Bactérias Lácticas (UFC/g), *Salmonella* sp. (presença ou ausência), Coliformes Termotolerantes (NMP/g), Mesófilos (UFC/g) e *Staphylococcus* Coagulase Positiva (UFC/g) em 7 dias

	<b>C. sulfito redutor</b>	<b>Bactérias lácticas</b>	<b><i>Salmonella</i> sp.</b>	<b>Coliformes 45°C</b>	<b>Mesófilos</b>	<b><i>Staphylococcus</i> coagulase positiva</b>
<b>T1</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	3,6	1,1 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T2</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	2,0 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T3</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	4,5 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T4</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	8,0 x 10 <sup>3</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T5</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	4,0 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T6</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	7,9 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T7</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	1,3 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T8</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	31,7 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T9</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	1,2 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T10</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	5,0 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T11</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	2,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T12</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	2,6 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T13</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	2,2 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T14</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	9,0 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T15</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	2,2 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T16</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	7,4	9,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T17</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	4,8 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T18</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	Ausência	<3,0	6,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T19</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	9,8 x 10 <sup>5</sup>	Ausência	<3,0	5,8 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
<b>T20</b>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	1,1 x 10 <sup>2</sup>	Ausência	<3,0	3,5 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>



Os resultados encontrados para *Staphylococcus* foram de acordo com encontrado por Bortoluzzi (2009) que também encontrou valores baixos ( $<1,0 \times 10^1$ ) em mortadelas armazenadas sob refrigeração 5°C em 90 dias.

Para Coliformes Termotolerantes e *Clostridium* sulfito redutores, Bortoluzzi (2009) encontrou valores de  $<1,0 \times 10^1$  para todas as suas formulações de mortadela armazenada a temperatura de 5°C. Para a aw destes produtos foram encontrados valores entre 0,9770 a 0,9886. Para este estudo foram confirmadas a presença de coliformes termotolerantes, ao longo do período de armazenamento (67 dias), ocorreu um aumento na contagem de coliformes termotolerantes, nas formulações T2, T3, T4, T5, T6, T8, T9, T11 e T16. A maior contagem foi realizada para a formulação T9, no qual apresentou uma das maiores aw em 0 dias.

A maioria dos resultados para bactérias Mesófilas apresentaram uma maior contagem durante o seu armazenamento, devido a temperatura em que os produtos foram armazenados é a temperatura ótima para o crescimento deste micro-organismo.

**Tabela 48** - Análise microbiológica de *Clostridium* Sulfito Redutor (UFC/g), Bactérias Lácticas (UFC/g), *Salmonella* sp. (presença ou ausência), Coliformes Termotolerantes (NMP/g), Mesófilos (UFC/g) e *Staphylococcus* Coagulase Positiva (UFC/g) em 67 dias

	<b>C. sulfito redutor</b>	<b>Bactérias lácticas</b>	<b><i>Salmonella</i> sp.</b>	<b>Coliformes 45°C</b>	<b>Mesófilos</b>	<b><i>Staphylococcus</i> coagulase positiva</b>
<b>T1</b>	$3,5 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	Ausência	$<3,0$	$3,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T2</b>	$3,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	Ausência	3,6	$30,3 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T3</b>	$<1,0 \times 10^1$	$2,6 \times 10^4$	Ausência	3,6	$1,4 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T4</b>	$<1,0 \times 10^1$	$1,4 \times 10^7$	Ausência	23	$2,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T5</b>	$<1,0 \times 10^1$	$2,9 \times 10^3$	Ausência	3,6	$6,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T6</b>	$<1,0 \times 10^1$	$2,4 \times 10^6$	Ausência	43	$8,8 \times 10^4$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T7</b>	$<1,0 \times 10^1$	$4,0 \times 10^3$	Ausência	$<3,0$	$4,1 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T8</b>	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	Ausência	3,6	$3,6 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T9</b>	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	Ausência	93	$9,6 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T10</b>	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	Ausência	$<3,0$	$2,1 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T11</b>	$<1,0 \times 10^1$	$2,5 \times 10^5$	Ausência	23	$6,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T12</b>	$<1,0 \times 10^1$	$7,0 \times 10^2$	Ausência	$<3,0$	$8,6 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T13</b>	$<1,0 \times 10^1$	$4,4 \times 10^8$	Ausência	$<3,0$	$2,6 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T14</b>	$<1,0 \times 10^1$	$5,8 \times 10^5$	Ausência	$<3,0$	$3,7 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T15</b>	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	Ausência	$<3,0$	$1,2 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T16</b>	$<1,0 \times 10^1$	$1,9 \times 10^3$	Ausência	$<3,0$	$3,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T17</b>	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	Ausência	$<3,0$	$7,1 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T18</b>	$<1,0 \times 10^1$	$5,5 \times 10^5$	Ausência	$<3,0$	$2,2 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T19</b>	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	Ausência	$<3,0$	$6,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$
<b>T20</b>	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	Ausência	$<3,0$	$6,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$

Aos 67 dias as formulações que apresentaram os maiores valores para contagem de *Clostridium* sulfito redutores foram as formulações que continham nenhum ou apenas um ingrediente, que foram as formulações controle T1 e a formulação que continha apenas amido de milho (5%). Para resultados de bactérias lácticas os maiores resultados foram para as formulações T13 (Leite em pó 2,0% e açúcar 3,0%), T4 (amido de milho 5% e proteína concentrada de soja 2%) e T6 (amido de milho 5% e leite em pó 2%).

As formulações que obtiveram as maiores contagens foram as formulações que apresentaram na sua composição apenas dois ingredientes, foram T9 (açúcar 3%), T6 (amido de milho 5% e leite em pó 2%), T4 (amido de milho 5% e proteína de soja 2%) e T11 (proteína concentrada de soja 2% e açúcar 3%).

Maiores contagens para bactérias mesófilas foram para as formulações T2 que continha apenas amido de milho (5%) e T6 continham amido de milho (5%) e leite em pó (2%).

Algumas formulações apresentaram com o armazenamento uma maior contagem de micro-organismos, principalmente bactérias lácticas, mesófilos, coliformes termotolerantes, essas contagens podem ser influenciadas principalmente pela temperatura em que foram armazenadas, porém todos os produtos mantiveram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação.

Este resultado é de grande importância por ser um produto comercializado em temperaturas ambientes muitas vezes podem ser submetidos a temperaturas altas, sem um controle.

## 5. CONCLUSÃO

Os ingredientes utilizados para o planejamento fatorial (amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar) através de suas composições possuem a capacidade de ligar a água livre disponível diminuindo a umidade e a atividade de água em produtos cárneos emulsionados. Estes resultados são interessantes do ponto de vista industrial por poder reduzirem concentrações de alguns ingredientes, que muitas vezes são utilizados altas concentrações, mas que podem ser utilizadas menor concentração. Ou utilizar um outro ingrediente que tenha mais vantagens do ponto de vista tecnológico ou ainda optar por ingredientes mais econômicos que não aumentam os custos da formulação.

Os resultados preliminares, para a capacidade de absorção de água os melhores ingredientes foram para as proteínas isolada e concentrada de soja. Para a atividade de água das soluções as concentrações do sal obtiveram os melhores resultados. Dentre as proteínas de soja,

a proteína concentrada se destacou. O amido de milho também apresentou menores resultados. O leite em pó concentração 2% após o aquecimento foi um dos ingredientes que apresentou um dos menores resultados.

As análises proteína, extrato etéreo, cinzas e carboidratos, apenas a formulação T14 em 0 dias apresentou um teor de proteína abaixo do permitido (11,46%), porém no dia 60 apresentou teor de proteína exigido pela legislação (12,50%), as demais formulações apresentaram valores exigidos pela legislação. No período de armazenamento (0 e 60 dias) todas as formulações apresentaram um maior teor de proteína e cinzas. Os resultados de extrato etéreo a maioria das formulações apresentou uma menor porcentagem aos 60 dias, portanto, estas formulações obtiveram uma liberação da gordura com o armazenamento, somente as formulações T3, T10 e T14 não apresentaram este comportamento.

Em relação a cor a adição dos ingredientes amido de milho, proteína de soja, leite em pó e açúcar alteraram significativamente na cores  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

A melhor formulação foi a T14, que continha os ingredientes amido de milho, leite em pó e açúcar. Apresentou um menor teor de umidade em 0 e 15 dias, e aos 30, 45 e 60 também apresentou um dos menores teores de umidade. A atividade de água permaneceu menor 0,955 até 30 dias de armazenamento, apresentou um dos melhores valores para a estabilidade da emulsão com aquecimento (91,96) e sem aquecimento (99,90) e foi uma das formulações que apresentaram menor liberação da gordura durante o armazenamento.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para trabalhos futuros pretende-se repetir as melhores formulações e realizar a análise sensorial e estas foram encaminhadas para análise histológica para complementar os resultados.

Para as análises de umidade, atividade de água e cor serão realizadas uma análise multivariada para verificar o efeito do tempo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKTAS, N.; GENÇCELEP, H. Effect of starch type and its modifications on physicochemical properties of bologna-type sausage produced with sheep tail fat. **Meat Science**. v. 74, n. 2, p. 404–408, 2006.

ANDRÉS, S.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. The effect of whey protein concentrates and hydrocolloids on the texture and colour characteristics of chicken sausages. *International Journal of Food Science Technology* V. 41, p. 954–961, 2006

ANTUNES, A. J. **Funcionalidades de proteínas do soro de leite bovino**. Barueri, SP: Manole, 2003, 133p.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Washington - DC, 1996.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: Teoria e prática**. 6. Ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015.

AYADI, M. A.; KECHAOU, A.; MAKNI, I.; ATTIA, H. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. **Journal of Food Engineering**, V. 93, n. 3, p. 278–283, 2009.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FONTANA, A. J.; SCHMIDT, S. J.; LABUZA, T. P. **Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications**. USA: Blackwell Publishing, 2007. 435p

BARBUT, S.; MITTAL G. S. Physical and sensory properties of reduced fat breakfast sausages. **Journal of Muscle Foods**, v. 6, n. 1, p. 47-62, 1995.

BILIADERIS, C.G. The structure and interactions of starch with food constituents. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, v. 69, n.1, p. 60-78, 1991.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do Processamento de Alimentos**. São Paulo: Varela, 2ª ed., 2001, 143p.

BORCH et al., 1996. Bacterial deterioration of meat and meat products. In: **International Journal of Food Microbiology**, v.33, p. 103-120, 1996.

BORTOLUZZI, R. C. **Aplicação da fibra obtida da polpa de laranja na elaboração de mortadela de frango**. 112 p. Tese (Ciência dos Alimentos) Universidade de São Paulo, 2009.

BRADLEY, E. M.; WILLIAMS, J. B.; SCHILLING, M. W.; COGGINS, P. C.; CRIST, C.; YODER, S.; CAMPANO, S. G. Effects of sodium lactate and acetic acid derivatives on the quality and sensory characteristics of hot-boned pork sausage patties. **Meat Science**. v. 88, n. 1, p. 145–150, 2011

BRASIL. MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Mortadela. Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº. 62 de 26/08/2003. Oficializa os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 de setembro. 2003. Seção I, p. 14

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ofício-circular nº 005/2015/CGI/DIPOA/SDA. Informações sobre registro do produto mortadela conservada em temperatura ambiente. Brasília, 27 de julho de 2015.

BRASIL, Vigilância Sanitária. Portaria nº1004 de 11 de dezembro de 1998. Atribuição de função dos aditivos e seus limites máximos de uso para a Categoria – Carnes e Produtos Cárneos. [s.l:s.n], 1998.

CANDOGAN, K.; KOLSARICI, N. The effects of carrageenan and pectin on some quality characteristics of low-fat beef frankfurters. **Meat Science**. v.64(2). P.199-206, 2003.

CAVALHEIRO, C. P.; LUDTKE, F.; STEFANELLO, F. S.; KUBOTA, E. H.; TERRA, N. N. FRIES, L. L. M. Replacement of mechanically deboned chicken meat with its proteinhydrolysate in mortadella-type sausages. **Food Science And Technology**, v.34, p.478-484, 2014.

CENCI, D. F. **Estudo da influência de variáveis do processo emulsificação de mortadela de frango**. 95 p. Dissertação (Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim RS, 2013.

CENGIZ, E.; GOKOGLU, N. Changes in energy and cholesterol contents of frankfurter-type sausages with fat reduction and fat replacer addition. **Food Chemistry**. V. 91, P. 443-447, 2005.

CESÁRIO, C. C. **Propriedades técnico-funcionais de proteína isolada de farelo desengordurado de pinhão-manso (*Jatropha ceurcas L.*)**. 90p. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 2012.

CHOI, Y. M.; JUNG, K. C.; JO, H. M.; NAM, K. W.; CHOE, J. H.; RHEE, M. S.; KIM, B.C. Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage. **Meat Science**. v. 96, n.1, p. 21–25, 2014.

CHOI, Y. S.; CHOI, J. H.; HAN, D. J.; KIM, H. Y.; LEE, M. A.; KIM, H. W.; JEONG, J. Y.; KIM, C. J. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat Science**. v. 82, n. 2, p. 266–271, 2009.

CIERACH, M.; KAPITULA, M. M.; SZACILO, K. The influence of carrageenan on the properties of low-fat frankfurters. **Meat Science**. v. 82, n. 3, p. 295–299, 2009.

CRUZ, A. T. F. **Mortadela de frango com adição de soro de leite**. 92p. Dissertação (Ciência dos Alimentos) – Instituto federal de educação ciência e tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte, 2014.

DAIGLE, S.P.; SCHILLING, M.W.; MARRIOTT, N.G.; WANG, H.; BARBEAU, W.E.; WILLIAMS, R.C. PSE-like turkey breast enhancement through adjunct incorporation in a chunked and formed deli roll. **Meat Science**, v.69, p.319-324, 2005.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**, Artmed, 2010, 900p

ENSOR, S.A., MANDIGO, R.W., CALKINS, C.R.; QUINT, L.N. Comparative evaluation of whey protein concentrate, soy protein isolate and calcium-reduced non-fat dry milk as binders in an emulsion-type sausage. **Journal of Food Science**, v.52, p.1155–1158, 1987.

FLORES, M. et al. Effect of a new emulsifier containing sodium stearyl-2-lactylate and carrageenan on the functionality of meat emulsion systems. **Meat Science**, v.76, p.9-18, 2007.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. Editora Atheneu: São Paulo, 1996. 182p.

GADEKAR, Y. P.; SHARMA, B. D.; SHINDE, A. K.; MENDIRATTA, S. K. Effect of Different Phosphates on Quality of Goat Meat and Restructured Goat Meat Product. **Agricultural Research**. December 2014, v.3, n. 4, p. 370–376, 2014

GARCIA, D. M. **Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de granjas de integração avícola**. 50p. Dissertação (Ciências veterinárias). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2004

GARCÍA, E. G.; TOTOSAUS, A. Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and  $\kappa$ -carrageenan by a mixture design approach. **Meat Science**. v. 78, n. 4, p. 406–413, 2008.

GUERRA, I. C. D.; FÉLEX, S. S. S.; MEIRELES, B. R. L. M.; DALMÁS, P. S.; MOREIRA, R.T.; HONÓRIO, V. G.; MORGANO, M. A.; MILANI, R.F.; BENEVIDES, S.D.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MADRUGA, M. S. Evaluation of goat mortadella prepared with

different levels of fat and goat meat from discarded animals. **Small Ruminant Research**. v. 98, n. 1–3, p. 59–63, 2011.

HACHMEISTER, K. A.; HERALD, T. J. Thermal and reological properties and textural attributes of reduced-fat turkey batters. **Poultry Science**. V. 77, p.632-638. 1998.

HETTIARACHCHY, N. S.; ZIEGLER, G. R. **Protein functionality in food systems**. Chicago: Institute of food technologists, 1994. 519p.

HONGSPRABHAS, P.; BARBUT, S. Effect of pre-heated whey protein level and salt on texture development of poultry meat batters. **Food Research International**, v.32, p.145–149, 1999.

HORITA, C. N.; MORGANO, M. A.; CELEGHINI, R. M. S.; POLLONIO, M. A. R. Physico-chemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. **Meat Science**. Vol. 89, P. 426-433, 2011.

HUGHES, E.; MULLEN, A. M.; TROY, D. J. Effects of fat level, tapioca starch and whey protein on frankfurters formulated with 5% and 12% fat. **Meat Science**, v.48, n.1-2, p.169-180, 1998.

HUI, Y. H.; AALHUS, J.L.; COCOLIN, L.; GUERRERO-LEGARRETA, I.; NOLLET, L. M.; PURCHAS, R. W.; SCHILLING, M. W.; STANFIELD, M. W.; XIONG, Y. L. **Handbook of Meat and Meat Processing**. CRC Press, 2<sup>a</sup>ed, 2001. 982 p.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ed, 1ed digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009. Rio de Janeiro, 2010. 282 p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv47307.pdf>> Acesso em 22/08/2016.



JIN, S.K.; HA, S. R.; HUR, S. J.; CHOI, J. S. Effect of the ratio of raw material components on the physico-chemical characteristics of emulsion-type pork sausages. **Asian - Australasian Journal of Animal Sciences**. v. 29, n. 2, p. 263, 2016.

JONES, K. W.; MANDIGO, R. W. Effects of chopping temperature on the microstructure of meat emulsions. **Journal of Food Science**, v.47, p. 1930-1935, 1982.

JOSÉ, J.; POUVREAU, L.; MARTIN, A. H. Mixing whey and soy proteins: Consequences for the gel mechanical response and water holding. **Food Hydrocolloids**. v. 60, p. 216–224, 2016.

JÚNIOR, W. E. F. **Carboidratos: Estrutura, Propriedades e Funções**. Química Nova na Escola. Nº 29, 2008.

KOCAK, C.; AYDEMIR, S. Sut proteinlerinin fonksiyonel özellikleri (in Turkish). Ankara-Turkey: **Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları** No: 20, 1994.

KURT, S.; ZORBA, O. The effects of different levels of non-fat dry milk and whey powder on emulsion capacity and stability of beef, turkey and chicken meats. **International Journal of Food Science Technology**. V. 40, p. 509–516, 2005.

LEITE, J. T. C.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Transições de fases em alimentos: Influência no processamento e armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.7, n.1, p.83-96, 2005.

LI, J. M.; NIE, S. P. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 46–61, 2016.

LILIC, S.; BRANKOVIC, I.; KORICANAC, C.; VRANIC, D.; SPALEVIC, L.; PAVLOVIC, M.; LAKICEVICA, B. Reducing sodium chloride content in meat burgers by adding potassium chloride and onion. **Procedia Food Science**. v.5, p. 164 – 167, 2015.

LIN. C.S.; ZAYAS, J.F. Microestrutural comparisons of meat emulsions prepared with corn protein emulsified and unemulsified fat. **J. Food Science**, Chicago, v.52, n.2, p.345-350, 1987

LIN, K. W.; MEI, M. Y. Influences of Gums, Soy Protein Isolate, and Heating Temperatures on Reduced- Fat Meat Batters in a Model System. **Journal of food Science**. v. 65, n. 1, p. 48-52, 2000.

LORENZO, J. M.; FONTÁN, M. C. G.; CACHALDORA, A.; FRANCO, I.; CARBALLO, J. Study of the lactic acid bacteria throughout the manufacture of dry-cured lacón (a Spanish traditional meat product). Effect of some additives. **Food Microbiology**. v. 27, n. 2, p. 229-235, 2010.

LYONS, P. H.; KERRY, J. F.; MORRISSEY, P. A.; BUCKLEY, D.J. The influence of added whey protein/carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low fat pork sausages. **Meat Science**. v. 51, n. 1, p. 43–52, 1999.

MACHADO, C. A.; CARVALHO, L. S. S. Maltodextrina na alimentação animal. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**. v. 110, p. 593-594, 2015.

MAGHSOUDI S, **Formulation and production of low fat sausage using carboxymethyl cellulose**. *MSc Thesis*, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, 1999.

MAHMOOD, K.; KAMILAH, H.; SHANG, P. L.; SULAIMAN, S.; ARIFFIN, F.; ALIAS, A. K. A review: Interaction of starch/non-starch hydrocolloid blending and the recent food applications. **Food Bioscience**. v.19, p. 110-120, 2017.

MARTÍNEZ, M. A. L.; QUINTANA, A. M. V.; REVILLA, I. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. **Meat Science**. v. 68, n. 3, p. 383–389, 2004

MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Solubilidade de substâncias orgânicas. **Química Nova**. v. 36, n.8, 2013.

MOHAMMADI, M.; OGHABI, F. Development of low-fat and low-calorie beef sausage using modified starch as fat replacement agent. **Journal of the science of food and agriculture**. v. 92, p. 1291–1296, 2012.

MOHAMMED, H.; WILLIAMS, S. K. Sodium diacetate and sodium lactate affect microbiology and sensory and objective characteristics of a restructured turkey breast product formulated with a fibrin cold-set binding system. **Poultry Science** v. 89, p. 594–602, 2010.

NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Reologia de suspensões de colágeno na presença de maltodextrina e lactose. **Braz. J. Food Technol.**, VII BMCFB, 2009.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, A. 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: Artmed, 2005. 279p.

PADOPOULOS, L.S.; MILLER, R.K.; RINGER, L.J.; CROSS, H.R. Sodium lactate effect on sensory characteristics, cooked meat color and chemical composition. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.3, p.621-626,635, 1991.

PEDROSO, R. A. **Avaliação da influência de amido e carragena nas características físico-químicas e sensoriais de presunto cozido**. 77p. Dissertação (Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2006.

PEDROSO, R.A.; DEMIATE, I.M. Avaliação da influência de amido e carragena nas características físico-químicas e sensoriais de presunto cozido de peru. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p.24-31, 2008.

PENG, L.; ZHONGDONG, L.; KENNEDY, J.F. The study of starch nano-unit chains in the gelatinization process. **Carbohydrate Polymers**, v.68, p. 360 - 366, 2007.

PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; MUDALAL, S.; CAVANI, C. Functional ingredients for poultry meat products. **Trends Food Sci Technol**. v. 33, n.1, p 27–39, 2013

PIETRASIK Z. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. **Meat Science** 51: 17–25, 1999.

PIETRASIK, Z.; JANZ, J. AM. Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat Bologna. **Food Research International**. v. 43, p. 602-608, 2010.

PRABPREE, R.; PONGSAWATMANIT, R. Effect of Tapioca Starch Concentration on Quality and Freeze-Thaw Stability of Fish Sausage. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**. v. 45, p. 314 – 324, 2011.

PRESTES, R. C. **Efeitos da adição de colágeno na qualidade de presunto de frango**. 188p. Tese (Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, Erechim RS, 2011.

PRESTES, R. C.; SILVA, L. B.; TORRI, A. M. P.; KUBOTA, E. H.; ROSA, C. S.; ROMAN, S. S.; KEMPKA, A. P.; DEMIATE, I. M. Sensory and physicochemical evaluation of low-fat chicken mortadella with added native and modified starches. **Journal of Food Science and Technology**. Volume 52, p. 4360–4368, 2015.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **J. Agri. Food Chem.**, v. 40, n. 11, p. 2182-2185, 1992.

REDDY, I.; SEIB, P.A. Modified Waxy Wheat Starch Compared to Modified Waxy Corn Starch. **Journal of Cereal Science**, v. 31, p. 25–39, 2000.

ROCKLAND, L. B.; BEUCHAT, L. R. **Water Activity: Theory and Applications to Food**. Ed. Institute of Food Technologists. Chicago. Ift: 1986. 404 p.

RODRIGUES, A. S. **Atividade antioxidante e antimicrobiana de extratos de ora-pró-nóbis (Pereskia aculeata Mill.) e sua aplicação em mortadela**. 91 p. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria RS, 2016.

SALDAÑA, E.; LEMOS, A. L. S. C.; SELANI, M. M.; SPADA, F. P.; ALMEIDA, M. A.; CASTILLO, C. J. C. Influence of animal fat substitution by vegetal fat on Mortadella-type products formulated with different hydrocolloids. **Sci. agric.** (Piracicaba, Braz.), vol.72, n.6, 2015

SCHILLING, M.W.; MARRIOTT, N.G.; ACTON, J.C.; ANDERSON-COOK, C., ALVARADO; C.Z., WANG, H. Utilization of response surface modeling to evaluate the effects of non-meat adjuncts and combinations of PSE and RFN pork on water holding capacity and cooked color in the production of boneless cured pork. **Meat Science**, v.66, p.371-381, 2004.

SEO, HW.; KANG, GH.; CHO, SH.; BA, H. V.; SEONG, PN. Quality Properties of Sausages Made with Replacement of Pork with Corn Starch, Chicken Breast and Surimi during Refrigerated Storage. **Korean J. Food Sci. An.** Vol. 35, No. 5, p. 638-645, 2015.

SHAO, J. H.; DENG, Y. M.; JIA, N.; LI, R. R.; CAO, J. X.; LIU, D. Y.; LI, J. R. Low-field NMR determination of water distribution in meat batters with NaCl and polyphosphate addition. **Food Chemistry**. v. 200, n. 1, p.308-314, 2016.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**, São Paulo: Varela, 2006, 236p.

SIDONE, M. G.; HAGUIWARA, M. M. H.; MARQUEZINI, M. G.; YOTSUYANAGI, S. E.; LEMOS, A. L. S. C. Estabilidade microbiológica de mortadela de baixo custo estável em temperatura ambiente. Impactos da atividade de água e do teor de nitrito adicionado. **Anais 10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica**. São Paulo: Campinas, 2016.

SILVA, J. R.; ASSUMPÇÃO, R.; VEGRO, C. L. R. A inserção da fécula de mandioca no mercado de amido. **Informações econômicas**. V. 30, , n.7, julho, 2000.

SILVA, L. P.; LOPES, M. M.; MANO, S.; MÁRSICO, E. T.; CONTE-JÚNIOR, C. A.; TEODORO, A. J.; GUEDES, W. S. Influência da adição de polifosfato em lingüiça de frango. **R. bras. Ci. Vet.**, v. 15, n. 1, p. 50-55, 2008

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS/NEPA. UNICAMP – 4.ed. revisada e ampliada, 2011. 161p.

TERRA, N. N.; TERRA, A. B. M.; TERRA, L. M.. **Defeitos nos produtos cárneos: origens e soluções**. São Paulo: Varela, 2004. p. 36 – 81.

THOMAS, R.; ANJANEVULU, A. S. R.; KONDAIAH, N. Development of shelf stable pork sausages using hurdle technology and their quality at ambient temperature ( $37 \pm 1$  °C) storage. **Meat Science**. v. 79, n. 1, p. 1–12, 2008.

THOMPSON, L. U. RENIERS, D. J.; BAKER, L. M. Succinylated whey protein concentrates in meat patties and wieners. **J. Dairy Science**., v.65, n.9, p.1715-1721, 1982.

TUCKER, G. A.; WOODS, L. F. J. **Enzymes in Food Processing**. Black Academic and professional. 1995.

VILLAMONTE, G.; SIMONIN, H.; DURANTON, F.; CHÉRET, R.; LAMBALLERIE, M. Functionality of pork meat proteins: Impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 18, p. 15–23, 2013.

YAMAZAKI, M.; SHEN, Q. W.; SWARTZ, D. R. Tripolyphosphate hydrolysis by bovine fast and slow myosin subfragment 1 isoforms. **Meat Science**. v. 85, n. 3, p. 446–452, 2010.

YOUSSEF, MK.; BARBUT, S. Effects of protein level and fat/oil type on emulsion stability, texture, microstructure and color of meat batters. **Meat Science**, v. 82, p. 228 – 233, 2009.

YOUSSEF, M.K.; BARBUT, S. Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels. **Meat Science**. v. 87, n. 1, January 2011, p. 54–60, 2011.

WANG, S.H.; ROCHA, G. O.; NASCIMENTO, T.; ASCHERI, J.L.R. Absorção de água e propriedades espumantes de farinhas extrusadas de trigo e soja. **Ciência e Tecnologia em**

**Alimentos**, v. 26, n.2, p.475-481, 2006.

ZAMBIAZI, R. C. **Análise físico química de alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 2010.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciênc. Technol. Aliment.**, Campinas, 29(4): 748-753, out.-dez., 2009 .

ZOUARI, N.; AYADI, M. A.; TAIEB, S. H.; FRIKHAL, F.; ATTIA, H. Whey power, iota carrageenan, and fat interactions and their influence on instrumental texture and sensory properties of turkey meat sausage using a mixture design approach. **International Journal of Food Properties**, v. 15, p. 1233–1246, 2012