



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José do Rio Preto

Renata Milani Moreira Hoffmann

Performance e integridade de selagem de *pouches* autoclaváveis

São José do Rio Preto
2017

Renata Milani Moreira Hoffmann

Performance e integridade de selagem de *pouches* autoclaváveis

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, junto ao Programa Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof. Dr. João Claudio Thomeo
Co-orientadora: Prof^a Dr^a Adriana Barbosa Santos

São José do Rio Preto
2017

Hoffmann, Renata Milani Moreira.

Performance e integridade de selagem de *pouches* autoclaváveis
/ Renata Milani Moreira Hoffmann. -- São José do Rio Preto, 2017
94 f. : il.

Orientador: João Claudio Thomeo

Coorientador: Adriana Barbosa Santos

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Alimentos – Embalagens. 3. Embalagens - Indústria. 4. Selagem. I. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. II. Título.

CDU – 664.09

Renata Milani Moreira Hoffmann

Performance e integridade de selagem de *pouches* autoclaváveis

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, junto ao Programa Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto

Orientador: Prof. Dr. João Claudio Thomeo

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Adriana Barbosa Santos

Comissão Examinadora

Prof. Dr. João Claudio Thomeo
UNESP – São José do Rio Preto
Orientador

Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barreto
UNESP – São José do Rio Preto

Prof. Dr. Marco Antonio Trindade
FZEA- USP – Pirassununga - SP

São José do Rio Preto
06 de dezembro de 2017

RESUMO

Pouches autoclaváveis são bolsas flexíveis laminadas que podem suportar altas temperaturas, reconhecidas pela facilidade de transporte e armazenamento, economia de energia durante o processamento térmico e melhoria nas características sensoriais do produto nelas acondicionadas, além da redução na perda de nutrientes. O objetivo desta dissertação foi caracterizar a problemática da selagem de *pouches* autoclaváveis em uma unidade industrial. Para tanto, foi realizado um estudo preliminar, a partir de dados históricos da empresa, que abrangeu as etapas de envase e selagem de *pouches*. Como parte da etapa de envase, foram analisados os dados históricos de perdas de embalagem por defeitos de selagem críticos e menores, perdas por tipo de carne e formato e, ainda, o peso. Os principais problemas encontrados neste estudo preliminar foram a contaminação na região do selo e problemas de selagem. Com base nas considerações finais deste estudo preliminar, foi proposto um experimento fatorial para o processo de selagem em uma unidade industrial para embalagens de 320 g, contendo carne em cubos acrescida de líquido. As variáveis estudadas neste processo foram o tempo e velocidade de selagem. Este experimento foi realizado em um equipamento de selagem vertical e as variáveis de resposta obtidas foram: tração máxima do selo, pressão interna no selo, presença de vazamento e teste de incubação. O tempo de selagem foi fixado em 0,93s, 0,95s e 0,98s e a velocidade de selagem em 35 e 40 *pouches*/minuto. Os resultados encontrados indicaram que as condições experimentais de selagem - velocidade de selagem de 35 *pouches*/minuto e tempo de selagem de 0,98s e velocidade de selagem de 40 *pouches*/minuto e tempos de selagem de 0,96s e 0,98s - atenderam ao valor mínimo da especificação. Outros resultados alcançados: avaliação do impacto do processo térmico no selo e comparação entre diferentes métodos de avaliação do selo.

Palavras-chave: *Pouch* autoclavável. Selagem. Integridade do selo.

ABSTRACT

Retortable pouches are laminated flexible pouches that can suffer high temperatures, recognized for ease of transportation and storage, energy savings during thermal processing and improvement in the sensory characteristics of the product in them packaged in addition to the reduction in nutrient loss. The objective of this dissertation was to characterize the problem of sealing retortable pouches in an industrial unit. Therefore, a preliminary study was carried out, based on historical data of the company, which covered the stages of packaging and sealing pouches. As part of the packaging stage, the historical data of packaging losses by critical and minor sealing defects, losses by type of meat and shape and also weight were analyzed. The main problems encountered in this preliminary study were contamination in the seal region and sealing problems. Based on the final considerations of this preliminary study, a factorial experiment was proposed for the sealing process in an industrial unit for 320 g containers, containing cubed meat plus liquid. The variables studied in this process were the time and speed of sealing. This experiment was performed in a vertical sealing equipment and the response variables obtained were: maximum seal traction, internal seal pressure, presence of leakage and incubation test. The sealing time was set at 0.93s, 0.95s and 0.98s and the sealing rate at 35 and 40 pouches / minute. The results indicated that the experimental conditions of sealing - sealing speed of 35 pouches / minute and sealing time of 0.98s and sealing speed of 40 pouches / minute and sealing times of 0.96s and 0.98s - met to the minimum value of the specification. Other results achieved: evaluation of the thermal process impact on the seal and comparison between different seal evaluation methods.)

Keywords: Retortable Pouch. Sealing. Sealing integrity.

Este trabalho é dedicado aos meus colegas de trabalho e minha família e meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu forças para não desistir diante das inúmeras dificuldades.

Aos meus orientadores, pela efficientíssima orientação deste estudo, paciência e aprendizado.

À empresa JBS, através dos colegas de trabalho que permitiram e colaboraram para a execução deste trabalho.

À minha família, pela compreensão nos momentos de ausência e, aos meus pais, pelo apoio.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 3.1. | Etapas da inspeção visual do selo | 25 |
| Figura 4.1. | Mercado de <i>pouches</i> da unidade industrial em 2015 | 29 |
| Figura 4.2. | Fluxograma das principais etapas do processo de produção | 31 |
| Figura 4.3. | Equipamento empregado nos testes de tração do selo | 40 |
| Figura 4.4. | Equipamento para análise de rompimento interno | 41 |
| Figura 4.5. | Equipamento empregado no teste de vazamento | 42 |
| Figura 5.1. | Porcentagem de perdas de <i>pouch</i> para origem da proteína | 44 |
| Figura 5.2. | Porcentagem de perdas de <i>pouch</i> por tipo de corte | 46 |
| Figura 5.3. | Distribuição dos pesos dos <i>pouches</i> de carne bovina e frango | 47 |
| Figura 5.4. | Porcentagem de defeitos críticos no selo por motivo | 48 |
| Figura 5.5. | Boxplot da tração do selo antes do processo térmico | 55 |
| Figura 5.6. | Boxplot da tração do selo depois do processo térmico | 56 |
| Figura 5.7. | Interação entre os fatores tempo e velocidade | 61 |
| Figura 5.8. | Correlação entre Y_{1a} e Y_{1d} | 64 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|--------------|--|----|
| Tabela 3.1. | Normas utilizadas para avaliação do selo de <i>pouches</i> | 18 |
| Tabela 4.1. | Níveis dos fatores velocidade e tempo de selagem | 38 |
| Tabela 4.2. | Caracterização das variáveis resposta do planejamento de experimentos | 38 |
| Tabela 4.3. | Número de unidades experimentais envolvidas no delineamento experimental | 39 |
| Tabela 5.1. | Estatísticas descritivas da porcentagem de perda de <i>pouch</i> por origem da proteína animal | 44 |
| Tabela 5.2. | Estatísticas descritivas da porcentagem de perda de <i>pouch</i> por tipo de corte | 45 |
| Tabela 5.3. | Estatísticas descritivas dos pesos de <i>pouch</i> de carne bovina e frango. | 47 |
| Tabela 5.4. | Resultado do Rompimento interno para diferentes pressões | 51 |
| Tabela 5.5. | Resultados do Rompimento interno antes e depois do processo térmico | 53 |
| Tabela 5.6. | Resultados de tração do selo antes do processo térmico | 56 |
| Tabela 5.7. | ANOVA para tração do selo antes do processo térmico | 57 |
| Tabela 5.8. | Resultados de tração do selo depois do processo térmico | 59 |
| Tabela 5.9. | ANOVA para tração do selo depois do processo térmico | 60 |
| Tabela 5.10. | Diferença de tração do selo antes e depois do processo termico | 63 |
| Tabela 5.11. | Resumo dos resultados Y_1 e Y_2 | 66 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM - American Society for Testing and Materials
CFIA - Canadian Food Inspection Agency
FDA - Food and Drug Administration
NCFST - National Center for Food Safety and Technology
NFPA - National Food Processers Association
OPA - Poliamida Orientada
PE - Polietileno
PET – Poli-tereftalato de etileno
PP – Polipropileno
SPMC – Sterilization Packaging Manufacturers Council
USDA - United States Department of Agriculture
S - segundo

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2 OBJETIVOS | 15 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 15 |
| 2.2 Objetivos específicos | 15 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 16 |
| 3.1 Principais características dos <i>pouches</i> autoclaváveis..... | 16 |
| 3.2 Garantia da qualidade no processo de selagem..... | 24 |
| 3.2.1 Métodos de Inspeção do selo..... | 24 |
| 4 ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA..... | 29 |
| 4.1 Descrição dos principais processos da unidade industrial..... | 30 |
| 4.2 Estudo preliminar..... | 35 |
| 4.3 Delineamento experimental..... | 36 |
| 4.4 Método experimental..... | 40 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 43 |
| 5.1 Resultados do estudo preliminar..... | 43 |
| 5.1.1 Perdas de <i>pouches</i> por origem da proteína animal..... | 43 |
| 5.1.2 Perdas de <i>pouches</i> por tipo de corte..... | 44 |
| 5.1.3 Análise de peso..... | 46 |
| 5.1.4 Motivos de perdas de <i>pouches</i> | 48 |
| 5.2. Resultados iniciais do experimento fatorial..... | 49 |
| 5.2.1 Etapas da preparação do alimento e selagem..... | 50 |
| 5.2.2 Ensaio preliminar para definição dos parâmetros do teste de Rompimento interno do selo..... | 51 |
| 5.2.3 Rompimento interno..... | 52 |
| 5.2.4 Tração do selo antes e depois do processo térmico..... | 53 |
| 5.2.4.1 Tração do selo antes do processo térmico..... | 54 |
| 5.2.4.2 Tração do selo depois do processo térmico..... | 57 |
| 5.2.4.3 Impacto do processo térmico sobre a tração do selo..... | 61 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2.5 Teste de vazamento | 64 |
| 5.2.6 Teste de incubação..... | 64 |
| 5.2.7 Comparação entre metodologias de análise do selo..... | 65 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 67 |
| 7 TRABALHOS FUTUROS..... | 69 |
| 8 REFERÊNCIAS..... | 70 |
| ANEXOS..... | 76 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo produtor mundial de carne bovina, sendo responsável por 17% da produção total. Conforme a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, as exportações nacionais de carne bovina cresceram 680,3% em 16 anos, passando de US\$ 779 milhões em 2000 para US\$ 5,3 bilhões em 2016. O Brasil também é líder mundial em vendas externas do produto, com 21% do total comercializado no exterior (ABIEC, 2017).

O Brasil exportou em 2016 1.076.041 ton e 105.561 ton de carne *in natura* e processada, respectivamente. Neste ano, a exportação de carne processada movimentou US\$ 600.687 mil, uma redução de 1% em relação ao ano anterior, correspondendo em valor financeiro a 11% de todos os produtos exportados, ficando em segundo lugar. Os principais mercados da carne processada brasileira foram EUA (30%), Reino Unido (25,7%), Bélgica (5,9%) e Holanda (4,4%) (ABIEC, 2017).

A carne brasileira processada é exportada em diferentes formas, que dependem do processamento térmico utilizado e conseqüentemente do tipo de embalagem. Quando exportada na forma congelada, a carne passou pelo processamento térmico de pasteurização e foi embalada em embalagens plásticas seladas com ou sem vácuo. Dentre as embalagens normalmente empregadas para a carne termoprocessada esterilizada estão as embalagens rígidas conhecidas como latas e as plásticas flexíveis, denominadas *pouches*, ambas autoclaváveis.

As principais vantagens dos *pouches* autoclaváveis são: facilidade de transporte e armazenamento, economia de energia durante o processo térmico e melhoria nas características sensoriais do produto nele acondicionado, além da redução na perda de nutrientes. Apresentam certa fragilidade e merecem atenção especial durante os processos térmico e de selagem. Durante o processo térmico, ocorre um enfraquecimento do selo, devido ao aumento da pressão interna dentro da embalagem. Defeitos do selo, tais como a perda de hermeticidade da embalagem e vazamentos, podem ser identificados durante o processo de selagem. Neste sentido, a atuação da garantia da qualidade é fundamental para prevenir os danos à saúde, ao invés de focar apenas em testes no produto final, de modo que a atenção ao perigo biológico da etapa de selagem é um aspecto crucial. Identificar causas de defeitos e definir mecanismos de controle para reduzi-los a níveis aceitáveis é uma exigência fundamental para a produção de alimentos seguros. De fato, a etapa de

selagem é um ponto crítico de controle do programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle em unidades industriais.

De acordo com Agência de Inspeção de Alimentos do Canadá (CFIA, da denominação em inglês) (2002), os fatores de processo que influenciam na qualidade do selo são: temperatura, pressão e tempo de selagem. Além destes, também merece destaque a ausência de contaminantes na área do selo e o material de embalagem.

Outro aspecto que vale salientar como desdobramento da fragilidade do *pouch* são as perdas a que estão sujeitas as indústrias processadoras de alimentos acondicionados em *pouch*, que são perdas de produtividade, insatisfação de clientes, devolução de produtos exportados, suspensão da autorização de exportação, além do prejuízo intangível da imagem da marca.

Neste contexto, esta dissertação trata da problemática da selagem de embalagens flexíveis, considerado um PCC, abordando o processo de produção de cubos de carne acondicionados em embalagem *pouch* autoclaváveis. Para tanto, foi realizado um estudo de caso numa unidade industrial que avaliou um conjunto de variáveis que pudesse impactar nos defeitos do selo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação foi realizar a caracterização das origens das perdas de *pouch* numa unidade industrial e avaliar a influência das variáveis de selagem sobre a resistência do selo.

2.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Caracterizar as origens de perdas derivadas de defeitos no selo de embalagens *pouch* autoclaváveis, a partir de dados históricos de uma unidade industrial de produtos à base de carne;
- b) Avaliar o impacto na resistência do selo das seguintes variáveis: velocidade e tempo de selagem;
- c) Propor soluções técnicas que promovam maior robustez ao processo de selagem de embalagens *pouches* autoclaváveis, contendo cubos de carne com presença de líquido.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As seções deste capítulo abordam a pesquisa sobre os principais assuntos relacionados a *pouches* autoclaváveis, utilizados nesta dissertação. Primeiramente foram abordadas as vantagens deste tipo de embalagem em relação às latas convencionais. Em seguida, mencionaram-se as características dos plásticos empregados na formação de filmes autoclaváveis, e os pontos mais críticos do processamento de *pouch* que envolvem o selo. Por último, foram abordados os requisitos internacionais de qualidade do selo de *pouches*, métodos de inspeção e como a garantia da qualidade está inserida neste contexto.

3.1 Principais características dos *pouches* autoclaváveis

Segundo Kelsey (1985), o processo de embalagem é um dos mais importantes ao longo de todo o processo de fabricação de alimentos, pois mantém a qualidade do produto durante a estocagem, transporte e até o final da vida útil. Dentre as principais embalagens primárias para alimentos destacam-se: vidro, cartonadas, bandejas, metálicas e embalagens flexíveis (*pouches*).

Os *pouches* autoclaváveis são bolsas flexíveis laminadas que podem suportar altas temperaturas e conciliam as vantagens da lata de metal e embalagens de plástico. A tecnologia é reconhecida como uma das alternativas para latas de metal na produção de alimentos termicamente processados estáveis durante a sua vida útil (SABAPATHY; BAWA, 2003).

Os *pouches* autoclaváveis possuem várias vantagens em relação às latas tradicionais. *Pouches* de espessura fina são mais fáceis de serem estocados e facilitam a expedição. Durante o processamento térmico, ocorre grande economia de energia, uma vez que necessitam de 30 a 50% menos tempo para alcançar a temperatura de esterilização do produto no centro da embalagem se comparados com latas ou embalagens de vidro. Redução na perda de nutrientes e melhorias nas características sensoriais de cor, textura, frescor e sabor dos produtos também são percebidos, pois o produto próximo à superfície não fica sobrecozido, como acontece nas latas e embalagens de vidro. Desta forma, recomenda-se o uso de *pouches* para produtos delicados, onde a cor e a textura são importantes (MERMELSTEIN, 1978; KUMAR et al., 2007).

Com relação ao custo de processo, os *pouches* são mais baratos, mais leves e apresentam fácil abertura. Muitas modificações na composição de camadas, número de camadas e forma de obtenção dos laminados já foram patenteadas. Os principais objetivos dessas modificações foram a redução de espessura e custo de material, aumento da aderência das camadas, melhora das propriedades de barreira e aumento da velocidade de produção (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

Uma desvantagem da embalagem flexível é a perda de conveniência para o usuário, devido à perda da robustez. A embalagem flexível não possui resistência para suportar cargas, requerendo uma embalagem secundária para suportá-la. Sendo assim, a combinação de *pouches* com placas de papelão ou o uso de caixas com fibras corrugadas tem sido uma alternativa para essa deficiência. A aplicação de *pouches* na área de alimentos tem sido muito abrangente, sendo utilizados para sopas, molhos prontos, produtos cárneos, conservas de vegetais, produtos secos, tais como cereais matinais, bem como para produtos líquidos, como vinhos baratos (SELKE et al., 2016).

A comparação do processo com *pouches* e o com latas mostra desvantagem na produção de *pouches*, pois o enchimento e a selagem de *pouches* é cerca de 3 vezes mais lento que o com latas (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

Os plásticos empregados na formação de filmes autoclaváveis são coextrusados ou laminados de vários polímeros, incluindo Polipropileno (PP), Poliamida Orientada (OPA), Poli-tereftalato de etileno (PET) e Polietileno (PE). Esses coextrusados, ou laminados, apresentam boa barreira ao oxigênio e à umidade e contam com sistemas de abertura variados (BOWN, 2003), dentre elas as de zíper e as provenientes de selagens easy-peel, que facilitam a abertura pelo cliente (SELKE et al., 2016).

O alumínio (Al), com espessura entre 7 e 25 μm , é responsável pela barreira aos gases, aromas, umidade e à luz e também pela resistência estrutural em altas temperaturas. As poliolefinas conferem resistência mecânica e ao calor. As embalagens de alimentos esterilizáveis pelo calor necessitam de poliolefinas, pois também oferecem barreira a gases, destacando sua importância na incorporação de camadas de outros polímeros que podem limitar a transmissão de oxigênio e outros gases. Alguns aditivos, tais como, nano polímeros, podem ajudar na criação de barreiras para a migração de gases através da embalagem. Porém, as poliolefinas

podem causar problemas de reciclagem, sensibilidade à umidade e descoloração durante o processamento (TOLINSKI, 2015).

A camada interna de polipropileno aumenta a resistência da selagem durante o tratamento térmico, à rigidez (corpo) e à inércia química. A poliamida aumenta a resistência mecânica da embalagem (SARANTÓPOULOS et al., 2002). O PET confere estabilidade térmica, resistência à tração, à perfuração, ao impacto e ao início do rasgo. Exemplos de estruturas possíveis de camadas dos laminados utilizados na produção de *pouches* são: PET/Al/PP; PET/Al/PET/PP; PET/Al/OPA/PP; PET/OPA/Al/PP.

As embalagens transparentes são obtidas pela substituição do alumínio por uma camada de plástico que apresente boa barreira aos gases, minimizando a ocorrência da degradação do produto embalado pelo efeito do oxigênio. Nesses casos são utilizados filmes de poliamida orientada, PET revestido com óxidos de silício ou de alumínio ou com poliácido acrílico modificado. Entretanto, mesmo com a utilização desses revestimentos, a vida útil do produto embalado em *pouch* transparente será menor do que a esperada para o *pouch* que contenha o alumínio (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

O empilhamento excessivo dos *pouchs* durante o armazenamento e transporte ou condições inadequadas da superfície das caixas utilizadas no transporte interno de *pouchs* após processo térmico também podem prejudicar a estrutura do laminado ou até provocar microperfurações no corpo da embalagem, em condições mais severas (COLTRO et al., 2002).

A utilização de *pouches* é possível pelo processo *form-fill-seal* (formação, enchimento e selagem) ou somente *fill-seal* (*enchimento e selagem*). No processo de *form-fill-seal*, o material de embalagem entra no formato de bobina sendo primeiramente termoformado em bolsas ou bandejas e depois enchido e selado. No processo de *fill-seal* são usadas embalagens pré-montadas, devendo ser apenas enchidas e seladas. A comparação dos dois processos indica maior segurança ao *fill-seal*, pois há maior tempo entre a formação da embalagem e o seu processamento, o que é importante para a boa solidificação das soldas.

Um dos pontos mais críticos para o processamento de *pouch* envolve o selo, uma vez que é a primeira parte da embalagem a se romper quando há diferença de pressão (SARANTÓPOULOS et al., 2002). É preciso que entre os processos de selagem e autoclavagem exista tempo suficiente para completa solidificação do

material da embalagem fundido na selagem, minimizando o risco de abertura da bolsa durante o processamento posterior (BOWN, 2003). Após a selagem, os *pouches* são colocados em prateleiras perfuradas dentro da autoclave, que garantem a homogeneidade da distribuição de calor e também atuam como barreira física para minimizar sua expansão durante o processo.

O processo de autoclavagem deve ser avaliado com cuidado, considerando-se as variáveis de tempo, temperatura, pressão e contrapressão aplicadas de forma a evitar a perda de integridade do selo da embalagem, minimizando a entrada de água e a contaminação do produto (BOWN, 2003). A contrapressão evita a delaminação de embalagens laminadas, na qual um dos materiais atinge seu limite elástico durante a esterilização, o que poderia gerar deformação permanente, e também mantém o volume da embalagem durante todo o processo (SARANTÓPOULOS et al., 2002). O início do resfriamento constitui a fase mais crítica do processamento, podendo afetar a estrutura das camadas internas da embalagem, se não houver controle da diferença de pressão existente no ambiente interno e externo da embalagem (BOWN, 2003),

Durante o processo térmico o aumento da temperatura da autoclave para 140°C, ocorre uma perda na tração do selo de 15 a 35%, dependendo do tipo de estrutura das camadas de embalagem e das pressões utilizadas (TUNG; BRITT, 1995).

Não existe uniformização internacional quanto aos requisitos do selo de embalagens *pouch* e, sendo esta embalagem destinada preferencialmente para o mercado exterior, as empresas exportadoras devem estar preparadas para cumprir com as exigências de cada país ou bloco econômico. A Tabela 3.1 apresenta um resumo das principais normas exigidas internacionalmente para avaliação do selo. Tais normas, utilizadas para avaliação de selagem, são provenientes de países como Canadá, Estados Unidos e Japão, não tendo sido encontrada nenhuma norma de avaliação do selo para os países da União Europeia e Brasil. Além das normas de avaliação do selo, as legislações de peso que devem ser atendidas são: para a União Européia a Diretiva 76/211/CEE 20/1/76 e para o Brasil a portaria do INMETRO 17/7/2008.

Tabela 3.1. Normas utilizadas para avaliação do selo de *pouches*

| Origem | Norma | Ano | Descrição |
|--------|-------------------------|------|--|
| Canadá | CFIA | 2002 | Rompimento interno e externo, defeitos visuais, tração do selo |
| EUA | ASTM F 88 | 1985 | Tração de materiais de embalagem |
| EUA | ASTM D 882 | 1992 | Tração do selo |
| Japão | JIS –Z-0238 | 1998 | Ensaio de vazamento |
| EUA | CFR 9 318 (381) USDA | 1989 | Definição de defeitos visuais e ensaios mecânicos para selo. |

De acordo com a Agência de Inspeção de alimentos do Canadá (CFIA, da denominação em inglês) (2002) a integridade do selo de *pouches* depende de 3 fatores: dosagem de produto, equipamento de selagem e material de embalagem. Sendo assim, detalhando estes 3 fatores que influenciam na qualidade do selo, temos 6 subfatores:

1. Temperatura dos materiais na superfície do selo;
2. Pressão na barra de selagem;
3. Tempo de permanência de selagem;
4. Compatibilidade dos materiais de selagem;
5. Ausência de contaminantes na área de selagem;
6. Condição física da superfície do selo.

As discussões sobre qualidade do selo de embalagens flexíveis ainda carecem de mais pesquisas que possam propiciar avanços para a indústria de alimentos. A literatura deixa em aberto quais os parâmetros que devem ser seguidos para os itens supracitados, não havendo referências técnicas que auxiliem a prática industrial, restando apenas recomendações de fabricantes de embalagens e seladoras, tais como temperatura de fusão dos materiais de embalagem.

Nos problemas relacionados à dosagem do produto, a presença de contaminantes na área de selagem da embalagem, tais como água, óleo, outros líquidos e sólidos particulados, podem comprometer a selagem seriamente. A presença de material estranho pode causar espaços vazios ou formar bolhas, formando uma depressão visível no selo. Vazios ou partículas de alimento também podem formar canais de vazamento que permitem a entrada de ar e recontaminação da embalagem por bactérias externas. Estes contaminantes na área de selagem são gerados através do gotejamento a partir do bocal de enchimento após o enchimento

da embalagem, sendo um problema potencial de contaminação da região de selagem. À medida que cada produto tem a sua característica de tamanho de partícula e fluxo, a definição de um sistema de dosagem adequado para cada tipo de produto apresenta certa dificuldade. Alguns exemplos podem ser usados como diretrizes para minimizar a contaminação na área de selagem:

- a) Produtos secos: devem usar válvulas rotativas;
- b) Produtos úmidos: devem usar válvulas deslizantes;
- c) Bicos dosadores com orifícios de sucção para sugar de volta o gotejamento do produto;
- d) Anéis de sopragem de ar na superfície da embalagem para remoção de sujidades.
- e) Proteções móveis na embalagem durante a dosagem.

No que se refere ao equipamento de selagem, pode-se destacar 3 fatores:

a) Binômio tempo e temperatura de selagem: para que os materiais da embalagem alcancem o ponto de fusão. O não atendimento deste binômio pode resultar em selo com baixa resistência à ruptura e até selo aberto. O selo com baixa resistência à ruptura pode provocar vazamento durante o processamento térmico, no qual as elevadas temperaturas aumentam a pressão interna da embalagem e, conseqüentemente, forçam o selo.

b) Pressão da barra de selagem: para proporcionar o contato necessário entre as partes fundidas.

c) Integridade física da barra de selagem: para que não apresente ranhuras e materiais estranhos que possam impedir a troca térmica e evitar o contato íntimo das partes fundidas;

A incompatibilidade dos materiais da embalagem pode dificultar a fusão das camadas internas da embalagem, prejudicando a selagem.

3.2 Garantia da qualidade no processo de selagem

A análise de Perigos Pontos Críticos de Controle (APPCC) é uma abordagem científica para avaliar perigos associados à produção de alimentos e estabelecer programas de controle para garantir a segurança alimentar (FAO 1997). É um sistema preventivo que leva em consideração os perigos físicos, químicos e

microbiológicos que afetam a segurança alimentar do produto em toda a cadeia produtiva de alimentos (FAO 1997). Representa uma atitude proativa para prevenir danos à saúde e enfatizar a prevenção de problemas, ao invés de se focar no teste do produto final. Pode ser utilizado em qualquer estágio da cadeia de produção, desde a produção primária até a distribuição, e até mesmo nos locais que oferecem serviços de alimentação e em casa (JOUVE, 1998). O foco do sistema é a avaliação de perigos associados a uma produção de alimentos em particular, identificando os estágios da produção onde o perigo ocorre e definindo mecanismos de controle (ROPKINGS; BECK, 2000). O plano APPCC pretende identificar os perigos, eliminá-los ou reduzi-los a níveis aceitáveis, como exigência fundamental para a produção de alimentos seguros (FAO, 1997; ORISS; WHITEHEAD, 2000; ROPKINGS; BECK, 2000). Vários perigos podem comprometer a segurança dos alimentos, tais como:

- Microbiológico (coliforme fecal, salmonella, *Listeria sp*);
- Nutricional (consumo de gordura, nível de obesidade);
- Ambiental (pesticidas, metais pesados, nitrato);
- Natural (ingredientes);
- Aditivos alimentares.

Segundo o “Codex Alimentarius”, o sistema de APPCC consiste em seguir os seguintes princípios (ILSI, 1997):

- a) Identificar os perigos e analisar os riscos de severidade e de ocorrência;
- b) Determinar os pontos críticos de controle necessários para controlar os perigos identificados; e sua probabilidade;
- c) Especificar os limites críticos para garantir que a operação está sob controle nos pontos críticos de controle (PCC);
- d) Estabelecer e implementar o monitoramento do sistema;
- e) Executar as ações corretivas quando os limites críticos não foram atendidos;
- f) Verificar o sistema; e Manter registros.

O embasamento do sistema APPCC tem o termo perigo como um agente nocivo, ou condição do alimento inaceitável, que pode causar algum efeito de saúde adverso. Segundo ILSI (1997) os perigos podem ser provocados por:

- a) A presença inaceitável de uma contaminação química, física ou microbiológica na matéria prima, no produto semiacabado ou no produto final;
- b) Potencial de crescimento ou de sobrevivência de microrganismos ou de produção de substâncias químicas no produto semiacabado, no produto final ou no ambiente da linha de produção;
- c) Recontaminação do produto semifabricado ou do produto final com microrganismos, produtos químicos ou corpos estranhos;

Um alimento é considerado seguro quando não causa mal a saúde e não ofereça dúvidas em relação à sua composição e peso. A segurança alimentar é uma das mais importantes características da qualidade que correspondem às expectativas do consumidor (ILSI, 1997). A partir de 14 de dezembro de 1995, todas as empresas de alimentos da União Européia deveriam ter um sistema APPCC implantado. Este foi o resultado de diretrizes da EEC; 93-43 aprovada pelo Conselho da Europa em 14 de junho de 1993.

A garantia da qualidade tem como principal objetivo o atendimento às normas internacionais mencionadas na Tabela 3.1, valendo-se de métodos de inspeção do selo. Através da atuação preventiva no processo de selagem a qualidade e a segurança alimentar dos produtos acondicionados em *pouch* será atendida. Neste aspecto preventivo, vale ressaltar ainda que todos os processos que tenham impacto potencial na qualidade do produto devem ser previamente validados. Essa validação consiste na comprovação da constância dos resultados obtidos sob controle de determinadas condições de entrada e deve seguir algumas técnicas de planejamento e otimização de experimentos para proporcionar maior robustez aos processos analisados (SILVA; SANT'ANNA, 2007).

Em outra perspectiva, encontra-se a redução de reclamações de consumidores e clientes, também relacionadas à segurança alimentar devido à perda da integridade do selo da embalagem.

Neste sentido, a garantia da qualidade não é apenas um fator preponderante para melhorar a satisfação dos clientes e aumentar a vantagem competitiva, é um requisito legal neste setor. O não cumprimento da inocuidade de um produto pode incorrer em penalidades impostas por órgãos governamentais reguladores e de

fiscalização, prejudicar e comprometer a imagem de uma marca respeitada, além de causar enfermidades aos consumidores (GRIGG; MCALIDEN, 2001).

3.2.1 Métodos de Inspeção do selo

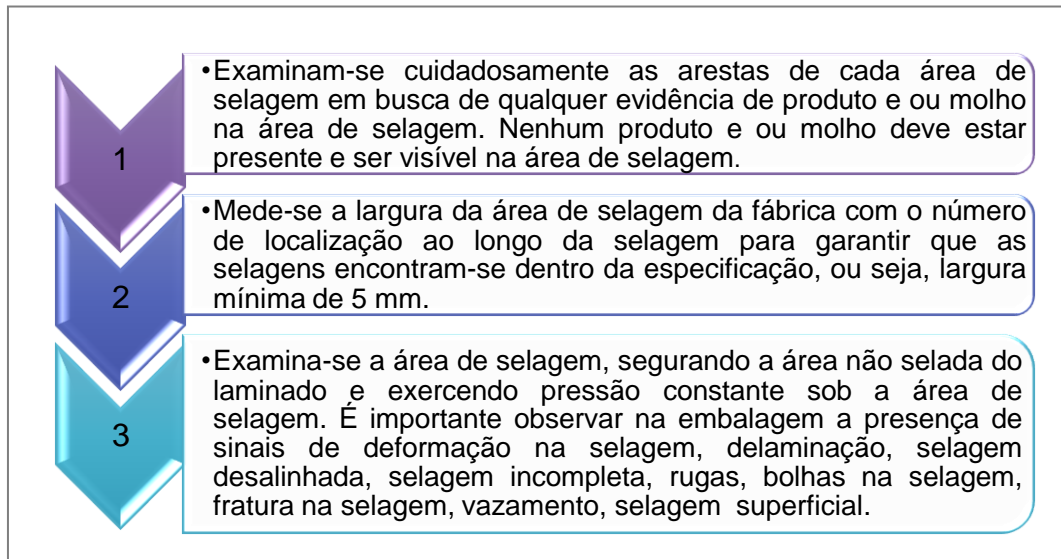
Os métodos de inspeção de selagem têm como objetivo analisar a integridade do selo. Estes métodos estão divididos em dois tipos, de acordo com o dano oferecido à selagem: destrutivos e não destrutivos. No método destrutivo, a embalagem deve ser danificada para ser analisada, enquanto que no não destrutivo, a embalagem permanece íntegra durante a análise. Dentre os métodos não destrutivos podem-se citar a inspeção visual externa e o teste de vazamento, já os destrutivos podem ser representados pelo teste de rompimento (burst test), teste de tração (tensile test) e teste com solução corante.

Os métodos de teste recomendados pela SPMC, Maryland, USA são: tensile test, teste de rompimento interno e compressão, incubação e inspeção visual.

O teste de inspeção visual é esquematizado na Figura 3.1. É um dos principais métodos de detecção de defeitos presentes nas embalagens flexíveis. É realizado em local com iluminação adequada, no Brasil acima de 540 lux (BRASIL, 2005). O CFIA (2002) classifica os defeitos visuais em críticos, maiores e menores, que podem ser descritos como segue:

- a) Defeitos críticos: a selagem apresenta evidência de perda da condição hermética do selo, ou houve crescimento microbiano no conteúdo da embalagem. Deve ser considerado um problema potencial de saúde pública; São eles: canal de vazamento, selo aberto ou incompleto, largura selo menor que 5 mm e presença de rugas maiores que 5 mm;
- b) Defeitos maiores: a selagem não mostra sinais visíveis de perda da condição hermética do selo, mas tem tamanha magnitude que o selo deve ter perdido sua condição hermética. Exemplo: delaminação das camadas;
- c) Defeitos menores: a selagem não tem efeito adverso na condição hermética do selo. É um defeito mínimo que afeta só a aparência e a comercialização, não prejudicando a segurança do produto. São eles: presença de dobras menores, desalinhamento do selo e presença de ondulações;

Figura 3.1. Etapas da inspeção visual do selo (*)



(*) Fonte: CFIA (2002)

A Agência Americana de Alimentos e Medicamentos (FDA, da denominação em inglês), requer que exames visuais sejam conduzidos por um inspetor qualificado em fechamento de embalagens, com frequência suficiente para assegurar o fechamento apropriado e detectar qualquer defeito grosseiro de fechamento. Num determinado lote, embalagens devem ser selecionadas aleatoriamente para avaliação de cada câmara de selagem ou fechamento. De acordo com os regulamentos do FDA, a inspeção visual deve ser realizada antes e após processamento térmico em embalagens selecionadas aleatoriamente de cada câmara de selagem (ITAL, 1990)

O Conselho dos Fabricantes de Embalagens (SPMC, da denominação em inglês) (2012), descreve algumas possíveis causas de defeitos visuais e os efeitos na integridade da selagem, destacando como principais efeitos a perda da integridade da embalagem. As principais causas de defeitos visuais na selagem tais como canais de vazamento, rugas, fina e rachaduras são:

- Contaminação na barra de selagem;
- Mau alinhamento da embalagem na barra de selagem;
- Barra de selagem danificada;
- Combinação entre temperatura excessiva, pressão e/ou tempo de permanência, através de toda a extensão da barra de selagem ou em áreas específicas.

De acordo com a tabela de principais causas de defeitos visuais do Anexo 1 do Conselho dos Fabricantes de Embalagens Esterilizáveis (SPMC, 2012), as causas da selagem fina e rugas estão relacionadas a ajustes operacionais na alimentação de embalagem. Selagem aberta, ocorrência de bolhas, presença de contaminação e delaminação estão relacionadas a parâmetros de selagem tais como tempo, temperatura, pressão e ainda a contaminação na região da selagem por líquido ou partículas, contaminação esta que funciona como um isolante na superfície de selagem, prejudicando a fusão entre as superfícies durante a selagem.

Outro teste não destrutivo mencionado é o de vazamento. Nele, as embalagens são submersas em um tanque com água. O tanque é fechado e uma bomba reduz a pressão interna do ar do tanque. A redução da pressão interna no ambiente externo da embalagem ocasiona um aumento na pressão do ar dentro da embalagem, forçando a expulsão do ar. Caso a embalagem possua algum vazamento na região de selagem, ocorrerá a presença de bolhas com fluxo constante, permitindo a visualização do local do vazamento.

No teste destrutivo de tração do selo, também conhecido como *tensile test*, obtém-se a máxima carga por unidade de largura do selo necessária para separar progressivamente as duas partes que foram seladas. Uma tira da embalagem é cortada em largura definida e fixada nas garras do equipamento, mantendo a equidistância entre as extremidades. Os detalhes deste procedimento estão disponíveis em normas da American Society for Testing and Materials (ASTM).

De acordo com SARANTOPOULOS et al. (2002), um selo aceitável deve rasgar durante o teste de tração de maneira uniforme de tal modo que a lâmina de alumínio e parte da camada laminada de um lado da embalagem adiram no selo no outro lado da embalagem. O selo deve apresentar uma aparência áspera e marmorizada. O selo deve também ser considerado adequado se a lâmina de alumínio é exposta em todo o comprimento do selo. Se a força ficar abaixo da faixa previamente designada, o selo é considerado inadequado. A desvantagem do teste de tração é que ele não identifica pontos fracos em outras áreas não testadas do selo. Este teste é utilizado para a avaliação da selabilidade do material e também para verificar se as condições de operação do equipamento são adequadas para produzir uma embalagem com selagem desejada.

O teste de rompimento, também conhecido como *Burst test*, pode ser realizado através de três procedimentos distintos (CFIA 2002):

- a) Estouro dinâmico: injeta-se ar continuamente até que a bolsa estoure, registrando-se a pressão de ruptura;
- b) Rompimento estático: injeta-se ar até uma determinada pressão, que é mantida durante 30s. O resultado é aprovação ou reprovação da região de selagem e é avaliado visualmente. Porém, o método não detalha qual o critério de reprovação utilizado;
- c) Rompimento indexado: infla-se a embalagem até uma pressão determinada, mantém-se essa pressão por tempo determinado; eleva-se a pressão até um valor determinado superior e a mantém por tempo estabelecido; repete-se o procedimento até a ruptura da bolsa. O registro inclui a pressão interna de ruptura e observações de separação da selagem. Este teste é usado para selos destacáveis. O ensaio de ruptura interna deve ser concluído antes do teste de tração. Este teste não necessariamente fornece correlação com o teste de tração (norma FPA-SPMC 003-96).

Recomenda-se, geralmente, que os testes de rompimento sejam feitos antes e após o processamento térmico e armazenamento, pois essas operações tendem a reduzir a resistência do selo. Durante o armazenamento, o peso do empilhamento dos *pouches* exerce pressão externa na selagem. LAMPI et al. (1980) constataram que as bolsas suportaram 240 kPa ou 35 psi durante 30 segundos após a selagem, enquanto que suportaram 140 kPa ou 20 psi durante 30 segundos após processamento térmico e armazenamento.

O padrão de teste de rompimento, conforme descrito na norma CAN / CGSB-32.302-M87 para *pouches* laminados termoprocessados é de 15 psi, mantida durante 30s, sem evidência de ruptura do selo. A largura do selo após o teste deve ser maior que 3mm.

De acordo com HARPER et al. (1995), testes realizados pela National Center for Food Safety and Technology dos Estados Unidos (NCFST) indicam que o teste de tração e o de rompimento não são capazes de identificar a presença de canais de micro vazamento com tamanhos menores que 250 μm e 200 μm de diâmetro, respectivamente, os quais são visíveis a olho nu. De acordo com os autores, vazamentos que não são claramente visíveis, menores que 50 μm de diâmetro, não poderiam ser revelados pelos dois métodos citados. Como a contaminação na região do selo durante a etapa de enchimento ocorre esporadicamente, os testes de

tração do selo e rompimento, mesmo que realizados com frequência estatística adequada, não garantirão a identificação deste tipo de defeito. Por este motivo, esses testes não podem ser utilizados para indicar a efetiva perda da integridade de selagem.

Para o teste de incubação, a norma 9 CFR 318.309 do United States Department of Agriculture (USDA) (1986) para embalagens *pouch*, prevê instalações de incubação que incluem um dispositivo preciso de registro de temperatura e tempo, um dispositivo de indicação de temperatura, um meio para a circulação do ar dentro da incubadora para evitar variações de temperatura, e um meio para evitar a entrada de pessoas não autorizadas (ITAL, 1995). As principais condições previstas pela norma são:

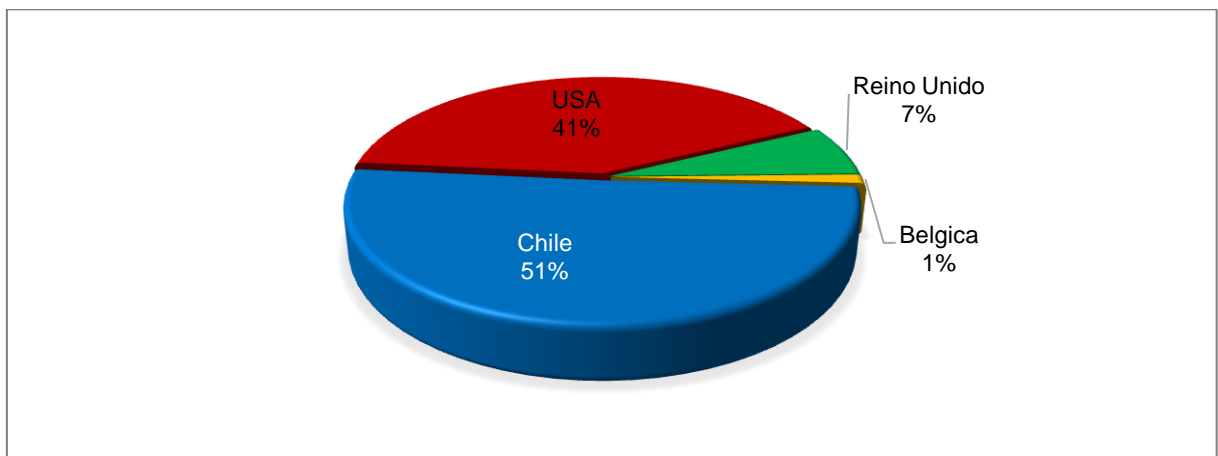
- a) Temperatura de incubação: deve ser mantida a $35 \pm 2,8$ ° C;
- b) Para autoclaves contínuas rotativas, autoclaves hidrostáticas, ou outros sistemas de processamento térmico do tipo contínuo, o estabelecimento deve selecionar pelo menos uma embalagem por 1.000 processadas para incubação;
- c) Apenas recipientes de aparência normal serão selecionados para a incubação;
- d) Tempo de incubação: durante pelo menos 10 dias (240 horas);
- e) Controles de incubação e da manutenção de registros: funcionários devem verificar visualmente todos os recipientes sob incubação a cada dia de trabalho e notificar quando são detectadas embalagens anormais.

4. ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA

Um estudo de caso foi realizado em uma empresa de grande porte, do segmento abatedouro frigorífico, com mais de 2500 funcionários, que faz parte de um grande grupo multinacional, situada no interior de São Paulo, que possui no seu *mix* de produção cerca de 50 produtos processados e acondicionados em *pouches*. Na embalagem *pouch*, são acondicionados produtos à base de carne bovina, suína, frango e de vegetais, como feijão, mandioca ou champignon, sendo que todos recebem a adição de líquido.

De acordo com informações da empresa, o volume de *pouches* destinados ao mercado externo é apresentado na Figura 4.1, onde se constata que os maiores importadores são o Chile e Estados Unidos. No Chile os *pouches* são utilizados na merenda escolar, nos Estados Unidos são vendidos para presídios ou em supermercados e no Reino Unido são destinados às forças armadas.

Figura 4.1. Mercado de *pouches* da unidade industrial em 2015 (*)



(*) Fonte: Dados fornecidos pela Empresa

Nos Estados Unidos, os *pouches* passam pela avaliação do FSIS – Food Safety Inspection Service, ou seja, o serviço americano de inspeção oficial de alimentos, que fica situado dentro do armazém de estocagem do cliente. Caso o serviço de inspeção encontre um único *pouch* com vazamento ou estufamento, todo o lote do produto pode ser devolvido ao país de origem, antes de ser distribuído pelo cliente.

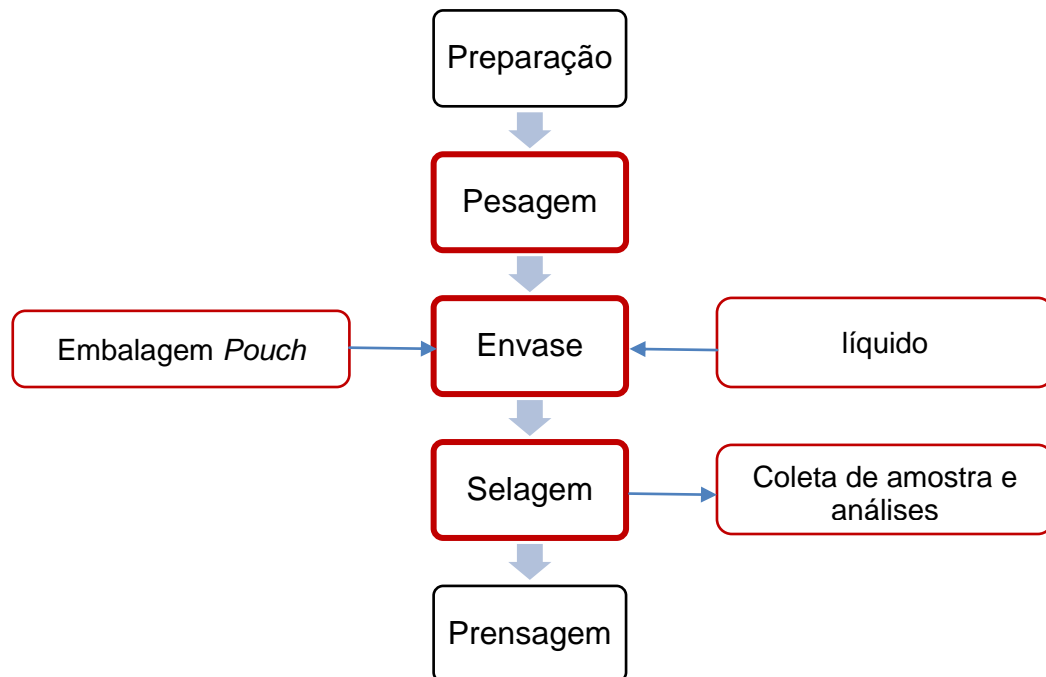
O número total de reclamações de clientes devido a problemas no selo dos *pouches* em 2014 foi de 16 e, em 2015, de 19, correspondendo a um aumento de 0,005 reclamações por 1000 unidades exportadas em 2014 para 0,008 reclamações por 1000 unidades exportadas em 2015. Duas reclamações geraram devoluções de *pouches* em 2015 por recusa do governo americano. Em 2016 não houve nenhuma reclamação. Após três reincidências de recusa, a unidade industrial pode perder a autorização de exportação de todos os produtos para esse país, gerando grandes perdas financeiras.

Assim, neste capítulo desta dissertação, faz-se uma análise detalhada das etapas de envase e selagem do *pouch* (item 4.1), apresenta-se uma análise de dados históricos de perdas de embalagens da unidade industrial em função do tipo de corte, tipo de proteína (item 4.2) e um estudo de selagem conduzido por um planejamento estatístico fatorial (item 4.3). Para esta última etapa, são apresentados os equipamentos e métodos aplicados a cada um dos testes realizados.

4.1 Descrição dos principais processos da unidade industrial

As principais etapas do processo de produção da unidade industrial são descritas no fluxograma da Figura 4.2, nas quais as etapas de pesagem, envase e selagem que aparecem destacadas são o foco deste trabalho.

Figura 4.2. Fluxograma das principais etapas do processo de produção.



Os produtos podem ser apresentados em três tipos de corte: cubos, moído e desfiado. No corte em cubos, o formato é paralelepíptico, no corte moído o formato é granular e no corte desfiado as fibras são alongadas possuindo um comprimento entre 2 e 4 cm. Para todos os cortes, a carne é cortada em cubos, na etapa de preparação, seguido de cozimento. Após o cozimento, os cubos podem manter seu formato original ou serem moídos ou desfiados, seguindo daí para as etapas posteriores.

As etapas de pesagem e envase ocorrem em balança automática multi cabeças modelo CCW-M (Ishida Co. Ltd, Sakyo-ku, Japão). As canecas são abertas depois que a combinação de pesos atende ao peso definido e o produto cai através de um funil seguindo para a etapa de envase.

O estudo realizado para o processo de envase, também conhecido como *fill-seal*, foi feito para *pouches* com peso até 320 g, cujas dimensões são de 190mm de altura por 160mm de largura, com estrutura das camadas internas de 12 micras de poliéster, 9 micras de alumínio, 15 micras de Bopa Nylon e 70 micras de Cpp. Vale ressaltar que não se avaliou a integridade do selo para *pouches* com outras estruturas internas de camadas nem outros pesos.

Os *pouches* são fornecidos pela empresa HPM Global Inc, localizada em Seul, na Coreia do Sul, que realiza as seguintes análises para garantir a qualidade das embalagens: tração do selo, inclusive depois do processo térmico; dimensões; teste de vazamento; teste de alongação; teste de rompimento estático; e teste de queda. No recebimento das embalagens, o departamento de Garantia da Qualidade da unidade industrial repete as principais análises realizadas pelo fornecedor, de acordo com um plano de amostragem, buscando identificar embalagens que não atendam aos padrões pré definidos.

O processo de envase ocorre nas seguintes etapas:

- a) Alimentação de embalagem: os fardos de embalagens alinhados são puxados por ventosas. Abertura da embalagem: o ar comprimido é soprado dentro da embalagem num suporte circular através de orifícios;
- b) Envase de sólidos e líquidos: o funil da etapa de pesagem é inserido próximo da embalagem, permitindo a passagem dos sólidos, seguido da adição de líquido. O êmbolo de dosagem de líquido deve ter sua altura ajustada de tal forma que não respingue líquido na região do selo, mantendo a mesma sempre limpa. A pressão do ar para dosagem de líquido deve ser ajustada de acordo com a velocidade da máquina. A placa de suporte da embalagem vibra verticalmente para estabilizar a posição do produto no interior do *pouch*. Em seguida, a embalagem é transferida para a etapa de remoção de ar que ocorre dentro da câmara de selagem;
- c) Remoção do ar: o vácuo é gerado por uma bomba. O vácuo excessivo durante a remoção do ar da embalagem pode contaminar a região de selagem, por isso deve ser controlado. Cada câmara de selagem possui um manômetro para visualização do vácuo e não ultrapassa 1mPa

Um processo importante após o envase de líquidos é a limpeza da região do selo. Esse sistema está acoplado ao êmbolo dosador e consiste de um anel giratório com seis orifícios de sopragem de ar. Esta limpeza mecânica é fundamental para remover partículas de líquido ou sólido que possam ter respingado durante o envase, contaminando a região do selo.

A etapa de selagem é realizada no equipamento de selagem vertical modelo Fvv-12-150 NY (Furukawa, Hiroshima, Japão) em 12 câmaras. Cada câmara de selagem possui uma barra de selagem frontal e outra traseira, que são revestidas por uma fita de teflon e aquecidas por uma resistência elétrica. As resistências são aquecidas pela passagem de uma corrente elétrica ajustada no painel do equipamento. Um *encoder* realiza o sincronismo da posição de cada câmara de selagem. As dimensões da barra de selagem geram um selo de 10mm de largura. Nesta etapa do processo, as seguintes variáveis estão envolvidas:

- a) Tempo de selagem - representa o tempo que a barra de selagem fica em contato com a embalagem a ser selada. Este tempo é medido em segundos.
- b) Velocidade de selagem - é medida em pacotes/minuto. Um contador de embalagens registra quantos *pouches* são selados por minuto para as 12 câmaras de selagem. A capacidade máxima é de 60 pacotes/minuto, dependendo do tipo de produto.
- c) Pressão de selagem - cada câmara de selagem possui um diafragma que se infla com a entrada de ar comprimido, pressionando a embalagem contra a barra de selagem. A entrada de ar é ajustada através de uma válvula reguladora de pressão, de modo que a pressão do ar é considerada como a pressão de selagem, podendo ser visualizada em um manômetro. A pressão manométrica de selagem recomendada pelo fabricante da seladora deve ficar entre 0,5 e 1 mbar.
- d) Temperatura de selagem: é fornecida indiretamente, uma vez que o equipamento fornece a corrente elétrica que passa através da resistência elétrica de cada câmara de selagem. Sabendo-se que todas as câmaras possuem a mesma resistência elétrica, estima-se que possuam a mesma corrente elétrica e, conseqüentemente, temperatura. A corrente elétrica de alimentação geral do equipamento é contínua de 110 A e 14 Volt. Este controle é independente das variáveis anteriores.

A visualização do início do tempo de selagem ocorre quando uma lâmpada é acionada no painel do equipamento e a corrente elétrica passa pela resistência da barra de selagem. O tempo finaliza quando a mesma lâmpada é acionada novamente e a corrente elétrica e a selagem é concluída. Com um cronômetro é

possível medir esse intervalo de tempo de acionamento e finalização da selagem. Para verificar a independência do tempo de selagem e velocidade de selagem, foi fixado no painel do equipamento o tempo de selagem de 1 seg e acompanhado com um cronômetro o tempo real de selagem para duas velocidades de selagem de 34 *pouches*/minuto e 37 *pouches*/minuto. Para as duas velocidades, o tempo de selagem real avaliado no cronômetro foi o mesmo. Sendo assim, estas variáveis mencionadas podem ser ajustadas independentemente.

Cada barra de selagem possui uma marcação com números de 1 a 12, que identificam cada *pouch* selado com a respectiva câmara de selagem.

O resfriamento da barra de selagem é realizado através de circulação de água à temperatura ambiente. A água do resfriamento das barras passa por uma torre de resfriamento e retorna a câmara de selagem. Após a saída da embalagem da câmara de selagem, dá-se início a um novo ciclo de selagem.

Nas atividades cotidianas da empresa, a coleta de amostras é realizada para três atividades distintas:

1. Inspeção visual do selo: realizada por operadoras de produção treinadas, que avaliam as embalagens, retirando da linha de produção as que apresentam defeitos visuais, sendo que a meta da empresa é de, no máximo, 1% de embalagens defeituosas;
2. Verificação manual do peso através de uma balança;
3. Monitoramento do rompimento interno do selo pela equipe do departamento de Garantia da Qualidade.

Vale ressaltar que a etapa de selagem é um Ponto Crítico de Controle microbiológico (PCC) de acordo com a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) da unidade industrial. Nesta análise, o limite crítico para garantir que a operação de selagem está sob controle é o atendimento de no mínimo 5mm de largura do selo, após teste de rompimento interno. Para a realização do teste de rompimento são aplicados a embalagem pressões de 20 psi e 15 psi antes e após processamento térmico, por um tempo de 30 segundos, teste este a ser descrito no item 4.3.1 desta dissertação. A unidade industrial não realiza teste de tração do selo para os *pouches* com peso de até 320 g.

Para avaliar se a largura do selo está de acordo com o PCC, a equipe da Garantia da Qualidade coleta 12 amostras a cada hora para realização das análises.

Ainda como parte dos procedimentos de monitoramento, ações corretivas são tomadas quando os limites críticos não são atendidos.

A etapa de prensagem é realizada em três rolos prensadores que pressionam levemente a superfície da embalagem permitindo uma distribuição uniforme do produto, melhorando a eficiência do processo térmico posterior. O ajuste dos rolos deve ser realizado para impedir que o produto pressione o selo. Após prensagem as embalagens são acondicionadas, manualmente, em bandejas acopladas a carrinhos de transporte que seguem para o processamento térmico.

4.2 Estudo preliminar

Primeiramente, foi efetuada uma análise dos dados históricos de percentual de perdas de embalagens da unidade industrial, decorrentes de não conformidades do selo identificadas nas análises de inspeção visual, que ocorrem na etapa de selagem. Nesta análise, os dados foram agrupados em dois estratos distintos: perdas de embalagens por tipo de corte e por origem da proteína.

A análise dos dados históricos de percentual de perdas por tipo de corte (moído, cubos e desfiado) e origem da proteína (frango e bovino) objetivou verificar se essas variáveis poderiam influenciar na contaminação da região do selo, contribuindo de alguma forma com os defeitos críticos de selagem. As definições dos tipos de cortes estão detalhadas na seção 4.1. Foram avaliados os dados históricos do período de janeiro a outubro de 2014. A tabela com os dados históricos de perdas encontra-se no Anexo 2.

Conforme mencionado no item 3.1, a geometria das partículas e consistência do material sólido influem diretamente na possibilidade de ocorrência de material indevido na região do selo. Como exemplo, alguns produtos desfiados geram fibras que podem ficar aderidas ao êmbolo dosador, provocando a contaminação da região do selo, caso o sistema de limpeza não seja satisfatório.

A origem da proteína, se de frango ou bovino, também poderia influenciar nas perdas, uma vez que a maciez dos tecidos musculares do produto de origem animal pode variar de acordo com a espécie, parte do animal, idade ou alimentação (FELICIO, 1997).

Por último, foram analisados os dados históricos de pesagem de *pouches* fornecidos pela empresa referentes ao período de 7/1/2015 a 28/10/15. Os *pouches*

foram pesados em balança com duas casas decimais e capacidade máxima de 5 Kg (Metler Toledo, Brasil), sendo pesado um *pouch* a cada hora de produção, conforme fluxograma da Figura 4.2, totalizando 332 amostras de bovinos e 269 amostras de frango. A tabela com os dados históricos de pesagem encontra-se no Anexo 3.

A análise estatística dos dados coletados baseou-se em análises de estatísticas descritivas e análise de variância para comparação de médias. Além disso, foram construídos gráficos *box-plot* e gráficos de Pareto para ilustrar alguns resultados. O software Minitab® v. 14.0 (Minitab Inc., State College, EUA) foi utilizado nos cálculos estatísticos. Adotou-se um nível de significância de 5% nos testes estatísticos.

As considerações finais deste estudo preliminar vão dar suporte à necessidade de realização de um experimento fatorial na etapa de selagem para possibilitar o entendimento mais profundo do impacto dos parâmetros de processo de selagem na integridade do selo dos *pouches*.

4.3 Delineamento experimental

Como mencionado no capítulo de revisão bibliográfica, os fatores que influenciam na qualidade do selo são seis (CFIA, 2002): temperatura dos materiais na superfície do selo, pressão na barra de selagem, tempo de permanência de selagem, compatibilidade dos materiais de selagem, ausência de contaminantes na área de selagem e, por último, a condição física da superfície do selo. Em virtude de o equipamento de selagem utilizado durante o experimento só permitir a alteração do tempo de permanência de selagem e da velocidade de selagem, os demais fatores serão mantidos constantes durante a realização do experimento.

Para avaliar como as variáveis do processo de selagem impactam na resistência do selo de *pouches* autoclaváveis, planejou-se um delineamento fatorial 2 x 3 com 2 repetições, tendo a velocidade de selagem (X_1), em 2 níveis, e o tempo de selagem (X_2), em 3 níveis, como variáveis controladas/fatores. Como variáveis respostas foram observadas: a tração do selo antes do processo térmico (Y_{1a}), a tração do selo depois do processo térmico (Y_{1d}); rompimento interno antes do processo térmico (Y_{2a}), rompimento interno depois do processo térmico (Y_{2d}), teste de vazamento (Y_3); e teste de incubação (Y_4).

Os experimentos foram realizados utilizando-se *pouches* com as dimensões de 160mm de largura x 190mm de comprimento, com fundo *stand up*, fornecidos pela empresa HPM Global Inc, localizada em Seul, na Coreia do Sul. A espessura e composição das camadas internas desta embalagem foram: 12 μm de poliéster, 9 μm de alumínio, 15 μm de Poliamida biaxialmente orientada (Bopa) e 70 micras de copolímero de polipropileno.

O equipamento utilizado para selagem foi do fornecedor Furukawa (Hiroshima, Japão) modelo Fv-12-150 NY. Esse equipamento possui 12 câmaras de selagem independentes, que giram no sentido horário. Para os ensaios, o teflon das 12 barras de selagem estava dentro dos padrões de integridade. Os ajustes de velocidade e tempo de selagem foram realizados diretamente no painel do equipamento.

A corrente elétrica aplicada às resistências das barras de selagem durante os experimentos variou entre 107 A e 113 A. A pressão de selagem durante os experimentos foi de 0,9 Mpa.

Para a velocidade de selagem (X_1) os dois níveis pré-definidos para os experimentos foram 35 *pouches*/minuto e 40 *pouches*/minuto. Para o tempo de selagem (X_2), os 3 níveis definidos foram, 0,93 segundos, 0,96 segundos e 0,98 segundos. Estes níveis foram estabelecidos em função do padrão atual existente na unidade industrial de tempo de selagem entre 0,8 e 1 segundos e velocidade de selagem entre 35 e 40 *pouches*/minuto.

O aumento da velocidade de 35 para 40 *pouches*/minuto está relacionado ao aumento da produtividade. Porém, esta velocidade não estava aprovada para utilização na unidade industrial, pois este aumento traz outras questões de resfriamento da barra de selagem, sistema de limpeza da região do selo que podem sofrer maiores variações.

Da combinação dos níveis dos dois fatores derivaram-se seis condições experimentais distintas. A ordem de realização dos experimentos foi aleatória. A Tabela 4.1 apresenta os níveis dos fatores utilizados, a Tabela 4.2 categorizou cada variável resposta e a Tabela 4.3 mostra a ordem de realização dos experimentos, incluindo o número de amostras independentes para cada experimento realizado. Para cada variável resposta do experimento, uma amostra de cada câmara de selagem de diferentes ciclos foi coletada e identificada, aleatoriamente, para evitar amostras tendenciosas. Sendo assim, foram utilizadas 12 unidades experimentais

para cada variável resposta em cada experimento, para cada repetição, de modo que para realizar todos os testes foram empregadas 864 amostras.

Durante a realização dos ensaios, verificou-se que a temperatura máxima da água de resfriamento da barra de selagem obtida durante os experimentos foi de 36,8 °C na entrada e 38,9 °C na saída da seladora.

Os ensaios foram realizados em embalagens *pouch* de 320 g, nas quais foram embalados cubos de carne bovina, na primeira repetição, e de frango, na segunda repetição, pois, de acordo com o resultado dos estudos preliminares apresentados no item 5.1, a origem da matéria prima não exerceu influência na porcentagem de perdas de *pouch*.

Tabela 4.1. Níveis dos fatores velocidade e tempo de selagem para ensaios de selagem.

| Variáveis controladas (fatores) | Nível |
|---|-------|
| X ₁ : Velocidade de selagem (<i>pouches/min</i>) | 35 |
| | 40 |
| | 0,93 |
| X ₂ : Tempo selagem (segundos) | 0,96 |
| | 0,98 |

Tabela 4.2. Categorização das variáveis resposta do planejamento de experimentos.

| Variável resposta | Tipo |
|---|--------------|
| Y _{1a} : Tração de selo (N) | Quantitativo |
| Y _{1d} : Tração de selo (N) | Quantitativo |
| Y _{2a} : Rompimento interno (visual) | Qualitativo |
| Y _{2d} : Rompimento interno (visual) | Qualitativo |
| Y ₃ : Status de vazamento (visual) | Qualitativo |
| Y ₄ : Teste de incubação (visual) | Qualitativo |

4.4 Método experimental

Para avaliar as variáveis respostas apresentadas na Tabela 4.2, foram executados os ensaios de X, Y (antes e após processo térmico). Todos os ensaios foram conduzidos de acordo com as normas específicas que os regulam.

Para realização do ensaio de tração, foi feita uma amostragem de 3 tiras, cada uma com 15mm de largura por 50mm de comprimento, cortando na extensão de 160mm da largura do selo com o auxílio de uma guilhotina. Nesta amostragem, a primeira tira foi retirada da lateral esquerda, a segunda tira do centro e a última tira da lateral direita. Durante a preparação dos corpos de prova foi necessário passar álcool nas tiras para remoção da gordura superficial para não prejudicar sua fixação ao *probe* do equipamento.

Este teste foi realizado conforme a metodologia ASTM F88 (1985) para amostras antes e após do processo térmico. A Figura 4.3 apresenta uma imagem do equipamento de teste universal utilizado, modelo EJA da Thwing-Albert Instrument Company (West Berlin, USA), provido de uma célula de carga que produz uma força máxima de 500 N. O valor mínimo de referência para aceitação da tração do selo a ser seguido antes do processo térmico é de 49 N e após o processo térmico, é de 22 N para as tiras de 15mm. Estes valores de referência seguem recomendações do fabricante da embalagem. O resultado será considerado não conforme se ao menos uma das tiras atingir um resultado menor do que o valor mínimo de referência.

Figura 4.3. Equipamento empregado nos testes de tração do selo (*tensile test*) (*)

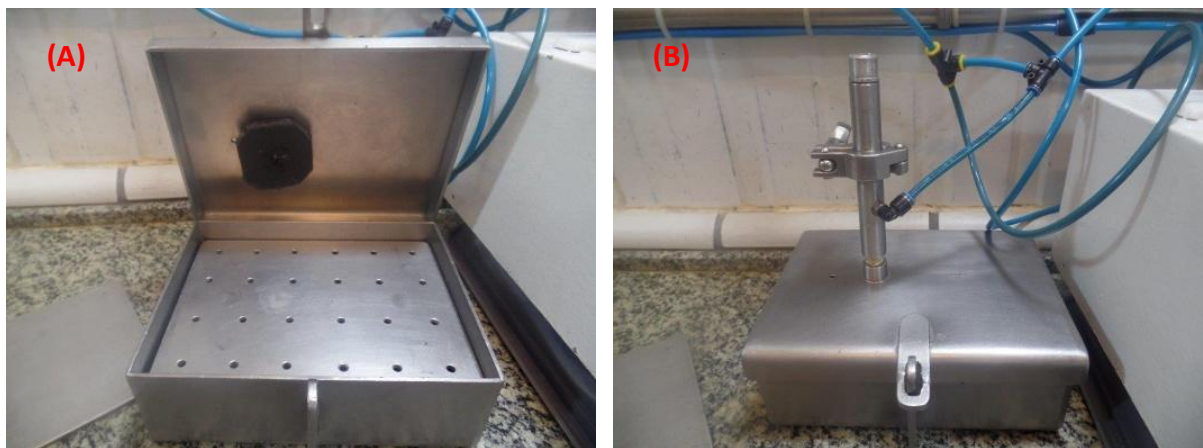


(*) Fonte: Thwing Albert (2016)

O ensaio de rompimento interno foi realizado em equipamento Mocon SKYE, modelo 2000 (Mocon, Inc., Minneapolis, EUA), apresentado na Figura 4.4, conforme a metodologia do CFIA (2002) e FPA SPMC 003-96 (1996).

Primeiramente, o ar pressurizado foi introduzido dentro da embalagem, que ficou armazenada no compartimento, através de uma agulha. A Figura 4.4A representa o compartimento aberto, sendo possível observar a parte interna onde a embalagem fica acondicionada. A Figura 4.1B representa o compartimento fechado, a haste com a agulha através da qual ocorre a entrada de ar na embalagem e a tampa com a trava de segurança para fechamento do compartimento.

Figura 4.4. Equipamento para análise de rompimento interno dos *pouches* (*)



(*) Fonte: Banco de dados da empresa

As pressões de ar utilizadas neste teste foram de 25 psi, para *pouches* que ainda não haviam sofrido processo térmico, e 20 psi, após o processo térmico. O tempo utilizado para aplicação da pressão foi de 30s. Após a finalização do ensaio, realiza-se a inspeção da largura do selo e, de acordo com as normas citadas, a embalagem estará dentro dos padrões de conformidade quando a largura do selo for mínima de 5 mm.

Em relação ao ensaio de vazamento, a metodologia utilizada foi a JIS-Z -0238 (1998), na qual os *pouches*, após processo térmico, foram submersos em um tanque com água à temperatura ambiente. A Figura 4.5 apresenta detalhes do equipamento utilizado, no qual uma bomba de vácuo reduz a pressão interna. O equipamento possui uma tampa de acrílico e uma janela de inspeção na lateral que permite a visualização de possíveis vazamentos através da presença de bolhas de ar. A

pressão interna utilizada durante o teste foi de 0,08 Mpa e o tempo foi de 30 segundos. A presença de bolhas em fluxo contínuo em qualquer ponto do selo indica um resultado não conforme devido à presença de vazamento através do selo.

Figura 4.5. Equipamento empregado no teste de vazamento (*)



(*) Fonte: Banco de dados da empresa

Para os ensaios de incubação, os *pouches* após processo térmico foram acondicionados em prateleiras por 10 dias na sala de incubação, à temperatura de $35 \pm 2,8$ °C de acordo com a legislação do USDA (1984). Após o término do período, foi realizada uma inspeção visual no selo dos *pouches* conforme metodologia do CFIA (2002) para defeitos visuais. Foram avaliados os defeitos maiores e menores, conforme detalhado no item 3.2, além da avaliação para verificar se o *pouch* está inflado, indicando crescimento microbiano.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, primeiramente são apresentados os resultados do estudo preliminar sobre os dados históricos de cunho descritivo da unidade fabril, sem propósitos inferenciais, acerca da quantidade de perdas de *pouch* para as duas origens da proteína animal (frango e bovino) e para os defeitos no selo para os três tipos de corte (cubos, desfiado e moído). Em seguida apresenta-se os resultados da avaliação dos dados históricos da unidade fabril de peso de *pouches* de 320 g para cubos de frango e bovino. Os resultados das perdas de *pouches* apresentados neste capítulo foram agrupados e estratificados em defeitos críticos e menores do selo. O entendimento dos motivos de perdas auxiliará na compreensão da problemática da selagem no contexto geral. Posteriormente, são apresentados os resultados do experimento planejado.

5.1 Resultados do estudo preliminar

5.1.1 Perdas de *pouches* por origem da proteína animal

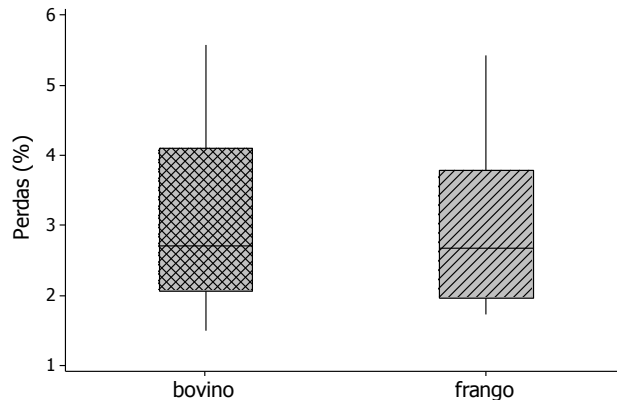
No período analisado, foram avaliados os dados históricos das perdas de *pouches* em 18 dias de produção, utilizando matéria prima em formato de cubos de origem bovina e 14 dias de produção de cubos de frango. Na Tabela 5.1 estão expostos resultados da média da porcentagem de perdas diárias para proteína de origem bovina e de frango, 3,16% e 3,05%, respectivamente, sugerindo que as perdas estavam acima da meta de 1% para as duas origens analisadas. A amplitude da porcentagem de perdas, medida pela diferença entre os extremos, para origem bovina foi de 4,09% e, para frango, foi de 3,47%, o que denota uma alta variação, também quantificada pelos coeficientes de variação de 41,7% e 43,2%. Verifica-se ainda que a média e a mediana das duas origens estiveram próximas. Nos dias avaliados, verificou-se que o mínimo e o máximo da porcentagem de perdas de *pouches* para bovino foi de 1,5 e 5,59 % e 1,96 e 5,43% para frango. A menor porcentagem de perdas para bovino e frango ocorreu nos dias 30/1/2014 e 26/4/2014, enquanto que as maiores porcentagens de perdas para bovino e frango ocorreram nos dias 8/7/2014 e 9/6/2014. Isso revela que essas ocorrências não foram observadas nos mesmos dias para as duas origens de proteína animal.

Tabela 5.1 Estatísticas descritivas da porcentagem de perda de *pouch* por origem da proteína animal

| Origem da proteína | Número dias avaliados | Média (%) | Desvio padrão | Mediana (%) | Extremos (%) | Coeficiente de variação |
|--------------------|-----------------------|-----------|---------------|-------------|--------------|-------------------------|
| Bovino | 18 | 3,16 | 1,32 | 2,71 | 1,50; 5,59 | 41,70 |
| Frango | 14 | 3,05 | 1,32 | 2,67 | 1,96; 5,43 | 43,27 |

Os *box-plots* representados na Figura 5.1 fornecem indícios de que a origem da proteína animal não influencia na porcentagem de perdas de *pouch*, notando-se sobreposição entre eles. Além disso, como a porcentagem de perdas está acima da meta, este processo necessita de ajustes e análise detalhada sobre as possíveis causas dessas perdas.

Figura 5.1 - Porcentagem de perda de *pouch* por origem da proteína animal.



5.1.2 Perdas de *pouches* por tipo de corte

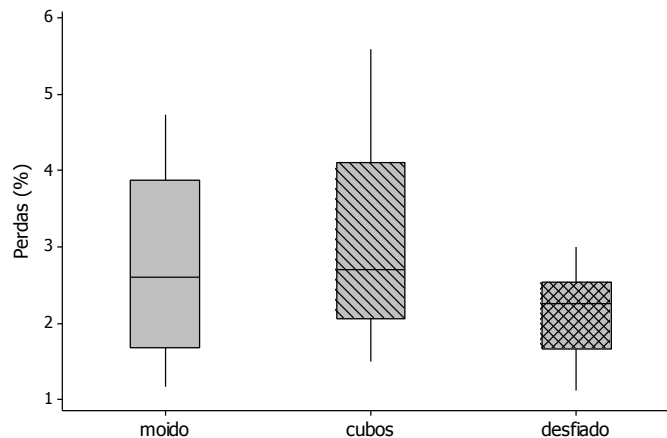
Para se analisar a porcentagem de perdas por tipo de corte, foram obtidas informações de perdas de *pouches* em 39 dias de produção, dos quais 14 dias para a matéria prima moída, 18 dias para cubos e 7 dias para desfiada, sendo os resultados apresentados na Tabela 5.2.

A média das perdas diárias para o formato moído foi de 2,79%, para o corte em cubos de 3,16% e para o corte desfiado de 2,09%, revelando que tais perdas também estavam acima da meta de 1% para os três tipos de cortes analisados. Nota-se, ainda, que a amplitude da porcentagem de perdas para o corte moído foi de 3,58%, para cubos de 4,09% e para desfiado foi de 1,88%. A menor dispersão foi encontrada para o corte desfiado, revelada pelo menor desvio padrão, amplitude e coeficiente de variação. A Figura 5.2 reforça visualmente este resultado com o formato do *box-plot* mais compacto para o corte desfiado. Além disso, observou-se que a menor porcentagem de perdas de moídos, de cubos e de desfiados ocorreu nos dias 21/1/2014, 30/1/2014 e 10/1/2014 e as maiores porcentagens de perdas ocorreram nos dias 21/10/2014, 8/7/2014 e 30/6/2014, respectivamente. Isso revela que essas ocorrências não foram observadas nos mesmos dias para os diferentes cortes, o que poderia representar um vício do processo. Em termos de processo esta é uma informação muito importante, pois se houvesse diferença significativa estudos específicos teriam que ser realizados para definir suas causas que poderiam levar a ajustes específicos para cada tipo de corte. Portanto, os fatores tipo de corte e origem da proteína não exercem influência no percentual de perdas de *pouches*. Além disso, como a porcentagem de perdas encontra-se acima da meta definida pela unidade industrial, este processo necessita de ajustes e análise detalhada sobre as possíveis causas dessas perdas. Sendo assim, pode-se prosseguir na avaliação de outros fatores que possam influenciar nas perdas, em especial os parâmetros de selagem.

Tabela 5.2 Estatísticas descritivas da porcentagem de perda de *pouch* por tipo de corte

| Tipo de corte | Número dias avaliados | Média (%) | Desvio padrão | Mediana (%) | Extremos (%) | Coeficiente de variação |
|---------------|-----------------------|-----------|---------------|-------------|--------------|-------------------------|
| Moído | 14 | 2,79 | 1,26 | 2,59 | 1,16; 4,74 | 45,16 |
| Cubos | 18 | 3,16 | 1,31 | 2,71 | 1,5; 5,59 | 41,45 |
| Desfiado | 7 | 2,09 | 0,61 | 2,25 | 1,12; 3,0 | 29,18 |

Figura 5.2 – Porcentagem de perda de *pouch* por tipo de corte



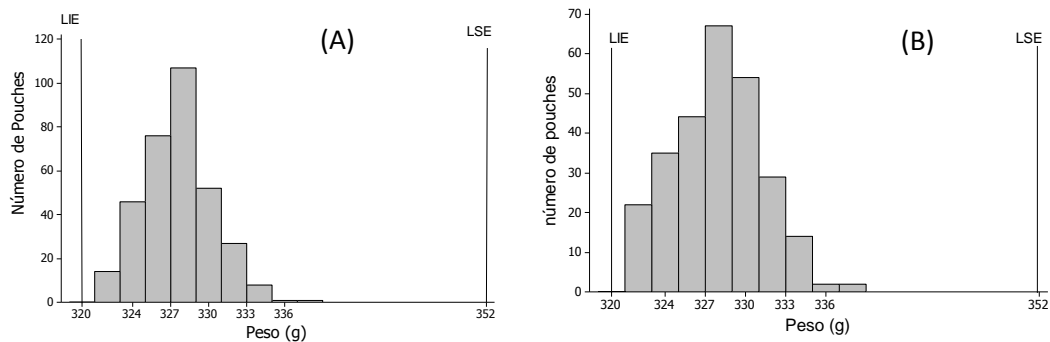
5.1.3 Análise do peso

A análise do peso de *pouches* de 320 g para cubos de bovinos e frango foi realizada em 601 dias de produção, podendo-se verificar os resultados da estatística descritiva deste ensaio na Tabela 5.3. Foram avaliados os dados do peso de *pouches* em 332 dias de produção utilizando proteína bovina e em 269 dias de produção utilizando proteína de frango, para os quais a média do peso dos *pouches* contendo proteína bovina foi de 327,5 g, e a do que continha proteína de frango foi de 327,8 g, evidenciando que, no período de estudo, a média do peso estava acima do peso nominal de 320 g, porém abaixo do peso máximo tolerável de 352 g. Analisando os resultados, observa-se a amplitude de 16,1 g, coeficiente de variação de 0,83 e desvio padrão de 2,75 g para o peso do produto bovino, enquanto que os resultados para o peso do produto de frango são ligeiramente superiores: 16,5 g de amplitude, coeficiente de variação de 1,02 e desvio padrão de 3,35 g. Nos dias avaliados, verificou-se que os pesos mínimos e máximos para produto bovino foram de 322 e 338,10 g e 321,6 e 338,10 g para produto de frango. Analisando a Figura 5.3, que apresenta a distribuição de frequência de peso para os dois tipos de proteína, pode-se perceber que os dados estão deslocados em direção ao limite inferior da especificação e peso nominal, ou seja, próximos a 320 g.

Tabela 5.3 Estatísticas descritivas dos pesos de *pouch* de carne bovina e de frango

| Origem da proteína | N | Média | Desvio padrão | Mediana | Extremos | Coeficiente de variação |
|--------------------|-----|-------|---------------|---------|------------------|-------------------------|
| Carne bovina | 332 | 327,5 | 2,75 | 327,6 | 322; 338,10 | 0,83 |
| Frango | 269 | 327,8 | 3,35 | 328 | 321,6; 338,10 | 1,02 |

Figura 5.3: Distribuição de frequência dos pesos de *pouches* de carne bovina (A) e frango (B)



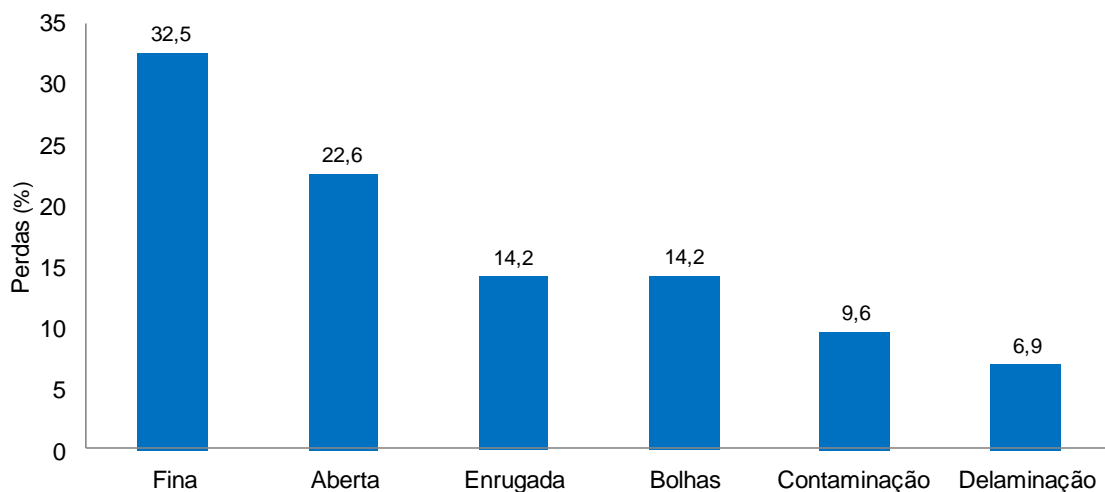
Observou-se, também, que nenhum resultado atingiu o limite superior de especificação de 352 g para os dois tipos de carne, uma condição favorável para evitar contaminação na região do selo.

Sendo assim, baseado no estudo do peso dos *pouches*, pode-se evidenciar que o peso acima do nominal não está contaminando a região do selo e interferindo na qualidade do selo dos *pouches* de 320 g pois nenhum resultado atingiu o limite superior de especificação de 352 g e os dados estão deslocados em direção ao limite inferior da especificação e peso nominal, ou seja, próximos a 320 g .

5.1.4 Motivos de perdas de *pouches*

No que se refere aos motivos da perda de *pouch*, estes foram agrupados e estratificados em dois tipos de defeitos no selo: críticos (fino, aberto, enrugado, bolhas, contaminação e delaminação) e menores (peso, vazio, selo torto, falta de produto, falta de vácuo). Pode-se identificar que, de todas as perdas de *pouches* de 320 g por defeitos no selo no período do estudo, 54% são defeitos críticos e 46% defeitos menores. A tabela com os dados históricos de perdas de *pouch* por tipo de defeito está apresentada no Anexo 4. A Figura 5.4 estratifica em ordem decrescente o percentual de motivos de defeitos críticos do selo que geraram perdas no período do estudo.

Figura 5.4. Porcentagem de defeitos críticos do selo por motivo.



Sendo assim, a análise dos dados históricos sugere que os defeitos críticos do selo que geraram perdas de processo na unidade industrial foram os mesmos apontados pelo Conselho dos Fabricantes de Embalagens Esterilizáveis (SPMC, 2012). As causas dos motivos de defeitos críticos no selo foram detalhadas no item 3.2.1. Para o total dos defeitos críticos, a selagem fina corresponde a 32,5%, e podem ser causados por ajustes operacionais na alimentação da embalagem. A selagem aberta corresponde a 22,6% e pode ser causada por parâmetros de selagem tais como tempo, temperatura e pressão.

Tais aspectos serão abordados a seguir no estudo mais aprofundado que abrangue o experimento planejado, relacionando parâmetros de selagem com

resultados da inspeção e análises do selo vislumbrando propor soluções técnicas mais robustas de garantia da qualidade relativas à integridade do selo.

Em síntese, a análise dos dados históricos da unidade industrial no período avaliado contribuiu para identificar que variáveis de etapas anteriores ao processo de selagem não influenciam nas perdas de *pouches* por defeitos no selo. A origem da proteína e tipo de corte são variáveis relevantes da etapa de preparação do alimento e o peso dos *pouches* é uma variável importante da etapa de pesagem. Por outro lado, os motivos de defeitos são variáveis que fazem parte da etapa de selagem.

A partir daí, muda-se o enfoque do estudo da problemática da selagem abordada neste trabalho, que deixa de tratar da avaliação de etapas anteriores à selagem, ficando mais concentrada na etapa de selagem propriamente dita. Esta nova perspectiva vai abordar a velocidade e o tempo de selagem como fatores de influência na integridade do selo.

5.2 Resultados iniciais do experimento fatorial

Nesta seção são descritas as condições de processo que foram utilizadas nas etapas de preparação do alimento durante a realização do experimento de selagem e o resultado do ensaio preliminar para definição dos parâmetros do teste de rompimento interno do selo. Além disso, são apresentados e discutidos os resultados das variáveis respostas que foram observadas durante o experimento fatorial 2 x 3 com repetição, tendo a velocidade de selagem (X_1), em 2 níveis, e o tempo de selagem (X_2), em 3 níveis, como variáveis controladas. São elas: a tração do selo antes do processo térmico (Y_{1a}), a tração do selo depois do processo térmico (Y_{1d}); rompimento interno antes do processo térmico (Y_{2a}), rompimento interno depois do processo térmico (Y_{2d}), teste de vazamento (Y_3); e teste de incubação (Y_4). Da combinação dos níveis dos dois fatores derivaram-se seis condições experimentais distintas. A descrição do tipo de variável de cada resposta foi apresentada no Quadro 4.2.

5.2.1 Etapas da preparação do alimento e selagem

Para a condução destes ensaios foi necessário treinar uma equipe multidisciplinar de acordo com as responsabilidades da função, composta pelos supervisores e assistentes de produção, equipe da Garantia da Qualidade, equipe da Manutenção e equipe do planejamento da produção. A equipe de Manutenção ficou responsável pelos ajustes dos parâmetros de processo e ferramental de selagem. A equipe de Garantia da Qualidade ficou responsável pela amostragem, identificação das amostras e realização das análises. A responsabilidade do coordenador do projeto foi garantir que os parâmetros e a sequência de realização dos experimentos fossem cumpridos. As amostras foram coletadas de forma aleatória.

Os produtos em cubos, foram cortados, pré-cozidos por imersão em água à 90 °C, pesados e envasados nos *pouches*, seguido pela dosagem de salmoura. A salmoura foi preparada com 1,15% de NaCl em um tanque pulmão e transportada até o dosador volumétrico. Nas condições de processo, o pH do produto foi acima de 4.5.

A quantidade de salmoura prevista em cada embalagem foi de 100 g. A salmoura adicionada durante os experimentos apresentou média de 95,6 g e desvio padrão de 2,33 g. O valor máximo dosado foi de 100,0 g e o mínimo de 90,0 g. Foi dosado em média, 5,4% menos salmoura nos *pouches* na repetição 1 e 9,0% na repetição 2. Como a dosagem foi menor em relação ao limite máximo estabelecido de 100 g, esta situação foi considerada favorável ao processo de selagem, pois evita contaminação na região do selo e, conseqüentemente, a produção de *pouches* abertos. Além disso, o peso líquido máximo do produto na embalagem encontrado durante os experimentos foi de 336 g, ou seja, nenhuma amostra ultrapassou o limite máximo da especificação de 352 g.

A altura do sistema de limpeza acoplado ao êmbolo dosador de salmoura foi ajustada para evitar a contaminação por partículas na região do selo. O vácuo registrado no manômetro das 12 câmaras de selagem variou entre 0.07 e 0.09 Mpa.

Os *pouches* foram processados termicamente para atingir um número adimensional de Fourier (F_o) mínimo de 6 minutos de processo. Tal tempo foi determinado a partir de ensaios de penetração de calor realizados na empresa pelo departamento de pesquisa e desenvolvimento e foi assumido válido neste trabalho.

A temperatura e o tempo de processo térmico foram registrados. Durante o experimento, foram utilizadas três autoclaves. Após o processamento térmico, as amostras foram secas em secador a ar e acondicionadas em caixas de plástico.

5.2.2 Ensaio preliminar para definição dos parâmetros do teste de rompimento interno do selo

Foi realizado um ensaio preliminar para identificar a pressão a ser empregada no teste de rompimento interno. A literatura citada no item 3.2.1 menciona valores de pressão para amostras antes processo térmico entre 35 psi e 20 psi, por tempo de 30s, e após o processo térmico de 15 psi por 30 s. Para estabelecer um critério de aceitação do teste, foram realizados três ensaios com pressões já definidas na programação do equipamento Mocon SKYE, ou seja, 20, 25 e 33 psi e tempo fixo de 30s, para amostras coletadas depois do processo térmico, sendo coletadas dez amostras para cada pressão selecionada, fazendo-se duas repetições, totalizando 60 amostras. As amostras foram analisadas conforme a metodologia descrita na seção 3.2. O resultado foi considerado aceitável quando a largura do selo ficou maior ou igual a 5mm.

Os resultados dos ensaios de rompimento interno estão apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Resultado do teste de rompimento interno para diferentes pressões

| Número teste | Repetição | Pressão (psi) | Resultado |
|--------------|-----------|---------------|--------------|
| 1 | 1 | 20 | Conforme |
| 2 | 1 | 25 | Conforme |
| 3 | 1 | 33 | Não conforme |
| 1 | 2 | 20 | Conforme |
| 2 | 2 | 25 | Conforme |
| 3 | 2 | 33 | Não conforme |

Ao observar os resultados mostrados na Tabela 5.4 conclui-se que, apesar da recomendação do fabricante ser de pressão igual a 15 psi por 30s depois do processo térmico, o selo realizado pela unidade industrial foi capaz de suportar valores de pressão de até 25 psi com resultados dentro das especificações de largura do selo. Estes foram os parâmetros utilizados no experimento de selagem. O resultado deste teste preliminar foi uma referência para a utilização de pressões de ar superiores às utilizadas atualmente pela empresa no teste de rompimento do selo depois do processo térmico.

5.2.3 Rompimento interno

Para obtenção dos resultados de rompimento interno do selo, foram analisadas 288 amostras obtidas nos 6 experimentos realizados em 2 repetições, conforme a metodologia descrita na seção 4.3.1, sendo os resultados apresentados na Tabela 5.5. Esta variável está dividida em duas variáveis resposta: rompimento interno antes do processo térmico (Y_{2a}), rompimento interno depois do processo térmico (Y_{2d}). Na primeira repetição os resultados de todos os experimentos antes e depois do processamento térmico foram conformes. No entanto, na segunda repetição, os resultados dos experimentos 2 e 4 foram não conformes, tanto antes quanto depois do processo térmico, uma vez que o selo apresentou rompimento nas câmaras de selagem 3, 8, 9 e 11. Sendo assim as condições de selagem utilizadas nos experimentos 2 e 4 (velocidade de selagem de 35 *pouches*/minuto e tempos de selagem de 0,96 e 0,94 segundos) não atendem a especificação para este teste de integridade do selo.

No que se refere à porcentagem de conformidade deste teste, foram analisadas 288 amostras, sendo que 10 delas (5 amostras antes do processo térmico e 5 depois do processo térmico) apresentaram resultado não conforme, representando 96,6% de conformidade.

Como o número de amostras não conformes foi o mesmo para antes de depois do processo térmico, podemos verificar que os selos não sofreram nenhuma alteração em função do processo térmico, para este método de avaliação da integridade do selo.

Tabela 5.5. Resultados do rompimento interno antes e depois do processo térmico

| Experimento | Repetição | Y _{2a} | | Y _{2d} | |
|-------------|-----------|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| | | Resultado | Câmaras de selagem não conformes | Resultado | Câmaras de selagem não conformes |
| 1 | 1 | C | nenhuma | C | nenhuma |
| 2 | 1 | C | nenhuma | C | nenhuma |
| 3 | 1 | C | nenhuma | C | nenhuma |
| 4 | 1 | C | nenhuma | C | nenhuma |
| 5 | 1 | C | nenhuma | C | nenhuma |
| 6 | 1 | C | nenhuma | C | nenhuma |
| 1 | 2 | C | nenhuma | C | nenhuma |
| 2 | 2 | NC | 3 e 8 | NC | 3 |
| 3 | 2 | C | nenhuma | C | nenhuma |
| 4 | 2 | NC | 8, 9 e 11 | NC | 3, 8, 9 e 11 |
| 5 | 2 | C | nenhuma | C | nenhuma |
| 6 | 2 | C | nenhuma | C | nenhuma |

O resultado do teste de rompimento interno é qualitativo e não quantitativo, pois a resposta é conforme ou não conforme, de acordo com a altura mínima do selo encontrada após o teste. Além disso, o monitoramento da altura do selo através do teste de rompimento é um ponto crítico de controle da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) da unidade industrial para redução do perigo biológico a níveis aceitáveis. De acordo com a norma da British Retail Consortium (BRC), versão 7 (2015), os resultados de pontos críticos de controle devem ser mensuráveis, sendo assim uma limitação do teste de rompimento interno. Portanto, uma mudança da metodologia de análise visual qualitativa (conforme ou não conforme) se faz necessária para atender a norma BRC.

5.2.4 Tração do selo antes e depois do processo térmico

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados da variável resposta tração do selo, que está dividida em duas variáveis respostas: a tração do selo antes do processo térmico (Y_{1a}), a tração do selo depois do processo térmico (Y_{1d});

Os resultados apresentados nas Tabelas 5.6 a 5.8 foram obtidos através da média de três tiras (triplicata) analisadas do selo de cada *pouch*, para cada câmara de selagem e experimento, perfazendo um total de 864 tiras analisadas. A Tabela completa com todos os resultados encontra-se no Anexo 5. Nessas tabelas, os experimentos de 1 a 6 correspondem às combinações das variáveis controladas velocidade de selagem (X_1) e tempo de selagem (X_2) apresentadas na Tabela 4.3.

5.2.4.1 Tração do selo antes do processo térmico

Sobre a variabilidade dos resultados antes do processo térmico, nota-se através da análise da Tabela 5.6 que os experimentos 2 e 4 apresentaram as maiores variações, reveladas pelos maiores coeficientes de variação, desvio padrão e amplitudes (entre 50,32 e 94,72 N no experimento 2 e 47,22 e 88,60 N no experimento 4). A Figura 5.5 reforça visualmente este resultado com o formato do *box-plot* mais alongado para estes experimentos. A menor variação foi percebida no experimento 5, pois apresentou o menor coeficiente de variação, desvio padrão e amplitude (variando entre 58,72 e 92,466 N). A Figura 5.5 também reforça visualmente este resultado com o formato do *box-plot* mais compacto para este experimento. Contudo, observa-se que a média e a mediana dos 6 experimentos estiveram próximas, demonstrando que na maioria dos resultados de tração do selo estiveram próximos da média. Ademais, todos os resultados do teste de tração do selo antes do processo térmico, encontraram-se dentro da especificação, ou seja, acima de 49 N, com exceção do experimento 1 da câmara de selagem 4. Nesta câmara de selagem todo o comprimento do selo estava aberto, ou seja, o *pouch* não estava selado. Outra exceção verificada foi que o experimento 4 nas câmaras de selagem 8, 9 e 11 apresentou uma tira dentre as três analisadas com resultado abaixo de 49 N. No experimento 2, a câmara de selagem 11 também apresentou uma tira dentre as três analisadas com resultado abaixo de 49 N. Desta forma, a velocidade de selagem de 35 *pouches*/minuto e os tempos de selagem de 0,93 e 0,96 segundos, a velocidade de selagem de 40 *pouches*/minuto e tempo de selagem 0,93 segundos não atenderam as especificações de tração do selo.

Comparando os resultados entre as repetições 1 e 2, pode-se verificar que, a repetição 2 apresentou as maiores variações, o que pode ser evidenciado na Tabela 5.6 pelos maiores coeficientes de variação (18,30 e 19,16 nos experimentos 2 e 4).

Este fato pode estar relacionado a outras variáveis não controladas durante o processo de selagem, tais como pressão da barra de selagem, variação na espessura das camadas internas da embalagem, lote da embalagem, corrente elétrica da barra de selagem, temperatura da água de resfriamento da barra de selagem. É possível que estas variáveis não controladas tenham sofrido maiores variações na repetição 2 em comparação com a repetição 1.

Figura 5.5 Boxplot da tração no selo antes do processo térmico

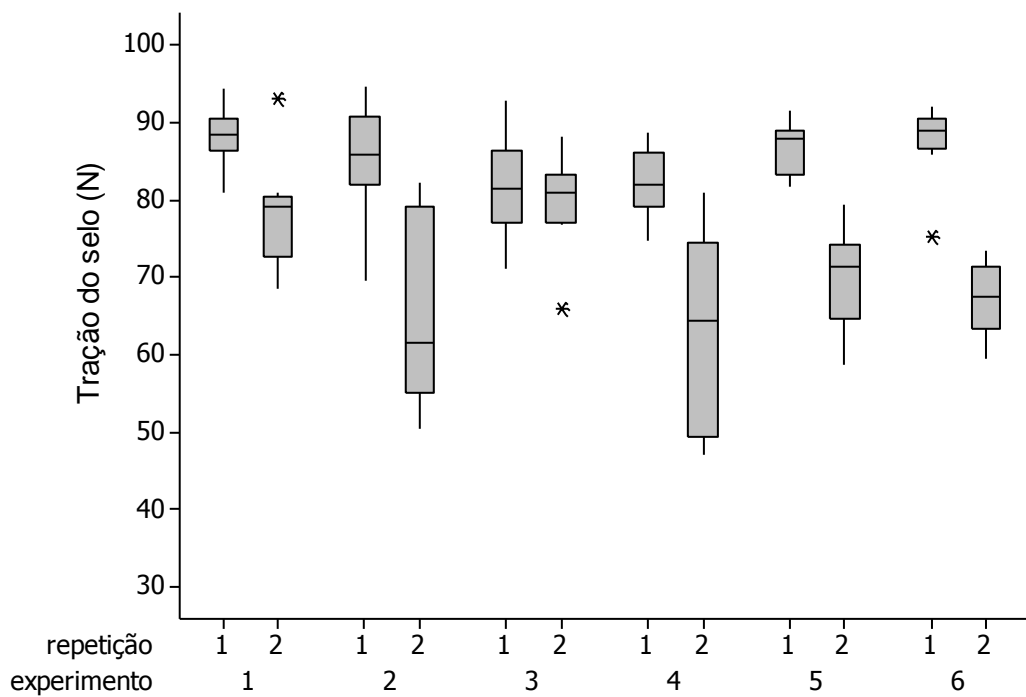


Tabela 5.6. Resultados da tração do selo antes do processo térmico (Y_{1a})

| Repetição | Número do experimento | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| Câmara selagem | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 88,23 | 80,68 | 85,34 | 77,52 | 90,57 | 80,58 | 88,60 | 72,73 | 86,13 | 71,28 | 86,94 | 64,45 |
| 2 | 90,49 | 79,28 | 91,84 | 74,51 | 83,96 | 82,07 | 79,06 | 74,94 | 88,96 | 74,79 | 90,53 | 69,91 |
| 3 | 90,52 | 78,06 | 86,15 | 54,08 | 85,18 | 77,22 | 84,23 | 55,45 | 87,28 | 71,97 | 85,77 | 59,31 |
| 4 | não selou ¹ | 80,98 | 88,90 | 81,98 | 92,70 | 83,60 | 86,39 | 75,15 | 85,25 | 69,44 | 88,17 | 73,43 |
| 5 | 88,99 | 79,16 | 94,72 | 82,16 | 82,43 | 88,20 | 79,48 | 80,95 | 82,55 | 79,41 | 89,92 | 71,91 |
| 6 | 81,01 | 78,92 | 69,63 | 57,22 | 78,44 | 76,84 | 77,00 | 60,52 | 82,05 | 71,63 | 75,11 | 65,44 |
| 7 | 86,46 | 78,69 | 78,50 | 79,80 | 86,74 | 82,19 | 84,98 | 69,09 | 90,54 | 75,09 | 86,43 | 65,79 |
| 8 | 91,01 | 70,70 | 82,53 | 57,45 | 71,14 | 77,11 | 88,51 | 47,11 ³ | 88,43 | 58,72 | 90,42 | 63,04 |
| 9 | 88,46 | 68,39 | 86,93 | 62,73 | 75,39 | 65,85 | 81,33 | 47,22 ⁴ | 88,43 | 63,15 | 92,09 | 59,57 |
| 10 | 88,30 | 69,53 | 91,27 | 54,27 | 76,44 | 80,69 | 82,44 | 68,08 | 88,65 | 72,57 | 91,18 | 69,13 |
| 11 | 83,87 | 79,44 | 81,65 | 50,32 ² | 80,44 | 81,24 | 81,65 | 47,17 ⁵ | 81,71 | 62,37 | 87,78 | 69,33 |
| 12 | 94,46 | 93,19 | 84,74 | 60,09 | 79,34 | 87,12 | 74,81 | 58,28 | 91,46 | 70,57 | 90,62 | 73,05 |
| Média | 88,35 | 78,09 | 85,18 | 66,01 | 81,90 | 80,23 | 82,37 | 63,06 | 86,79 | 70,08 | 87,96 | 67,03 |
| Mediana | 88,47 | 79,05 | 85,75 | 61,41 | 81,44 | 80,97 | 82,05 | 64,30 | 87,85 | 71,46 | 89,05 | 67,47 |
| Desvio | 3,63 | 6,53 | 6,71 | 12,18 | 6,32 | 5,783 | 4,368 | 12,08 | 3,28 | 5,91 | 4,51 | 4,87 |
| Extremos | 81,01; 94,46 | 68,3; 93,19 | 69,63; 94,72 | 50,32; 82,16 | 71,14; 92,70 | 65,85; 88,20 | 74,81; 88,60 | 47,22; 80,95 | 81,71; 92,46 | 58,72; 79,41 | 75,11; 92,20 | 59,32; 73,44 |
| CV | 4,10 | 8,37 | 7,88 | 18,30 | 7,71 | 7,20 | 5,30 | 19,16 | 3,78 | 8,44 | 5,13 | 7,26 |

Notas:

1: *pouch* não selou

2 a 5: uma tira dentre as três tiras analisadas com resultado abaixo de 49 N.

A tração do selo antes do processo térmico (Y_{1a}) sofreu pouca influência dos fatores velocidade e tempo ao nível de significância considerado de 5%. Conforme a análise de variância (ANOVA) apresentada na Tabela 5.7, os efeitos principais (velocidade e tempo de selagem) e o efeito da interação entre os fatores não foram estatisticamente significativos, pois todos os valores de P encontrados para os fatores são maiores que o nível de significância adotado (0,637; 0,925 e 0,722 respectivamente). Analisando os quadrados médios, o efeito da interação

velocidade x tempo é o que apresenta maior contribuição, depois do erro. A Tabela com a média dos resultados de tração do selo utilizados para a análise de variância encontra-se no Anexo 6.

Tabela 5.7 ANOVA para tração do selo antes do processo térmico (Y_{1a}).

| Fonte de variação | Graus de liberdade | Soma de quadrados | Quadrado médio | Estatística F | Valor P |
|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------------|---------|
| Velocidade | 1 | 32,3 | 32,3 | 0,25 | 0,637 |
| Tempo | 2 | 20,6 | 10,3 | 0,08 | 0,925 |
| Velocidade x tempo | 2 | 90,0 | 45,0 | 0,34 | 0,722 |
| Erro | 6 | 784,4 | 130,7 | | |
| Total | 11 | 937,3 | | | |

5.2.4.2 Tração do selo depois do processo térmico

A respeito da variação nos experimentos depois do processo térmico, observa-se através da análise da Tabela 5.8 que o experimento 4 proporcionou a maior variação, revelada pelo maior coeficiente de variação, desvio padrão e amplitudes (entre 37,43 e 79,09 N). A Figura 5.6 reforça visualmente este resultado com o formato do *box-plot* mais alargado para este experimento. A menor variação foi percebida no experimento 3 pois apresentou o menor coeficiente de variação, desvio padrão e amplitude (variando entre 50,96 e 81,25 N). A Figura 5.6 também reforça visualmente este resultado com o formato do *box-plot* mais compacto para este experimento. Contudo, observa-se que a média e a mediana dos 6 experimentos estiveram próximas, demonstrando que na maioria dos resultados de tração do selo estiveram próximos da média. Além disso, pode-se verificar que todos os resultados do teste de tração do selo depois do processo térmico encontram-se dentro da especificação, ou seja, acima de 22 N. Sendo assim, todas as velocidades de selagem e os tempos de selagem utilizados nos experimentos atenderam as especificações de tração do selo.

Comparando os resultados entre as repetições 1 e 2, pode-se verificar que a repetição 2 apresentou as maiores variações, o que pode ser evidenciado na Tabela 5.8 pelos maiores coeficientes de variação (16,90 e 24,25 nos experimentos 2 e 4). Este fato pode estar relacionado a outras variáveis não controladas durante o processo de selagem, tais como pressão da barra de selagem, variação na espessura das camadas internas da embalagem, lote da embalagem, corrente

elétrica da barra de selagem, temperatura da água de resfriamento da barra de selagem. É possível que estas variáveis não controladas tenham sofrido maiores variações na repetição 2 em comparação com a repetição 1.

Figura 5.6. Boxplot da tração do selo depois do processo térmico

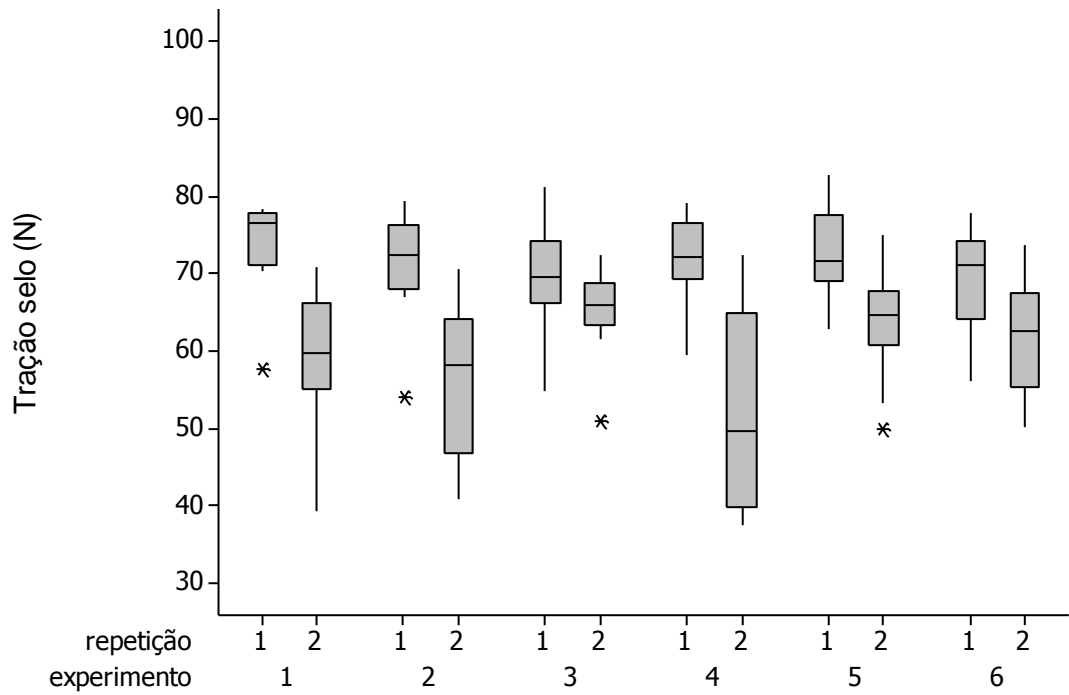


Tabela 5.8. Resultados da tração do selo depois do processo térmico (Y_{1d}).

| Câmara selagem | Número do experimento | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| Repetição | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 77,79 | 60,02 | 71,22 | 62,31 | 68,44 | 62,92 | 72,47 | 37,43 | 75,00 | 60,28 | 73,25 | 63,34 |
| 2 | 76,42 | 61,93 | 70,32 | 64,42 | 70,65 | 65,49 | 71,05 | 58,47 | 67,94 | 65,69 | 72,58 | 65,64 |
| 3 | 77,22 | 52,19 | 76,05 | 48,11 | 74,41 | 64,36 | 73,66 | 46,42 | 68,65 | 64,61 | 74,43 | 51,43 |
| 4 | 76,41 | 64,49 | 76,19 | 64,91 | 81,25 | 68,05 | 68,79 | 66,08 | 71,52 | 68,50 | 65,90 | 69,60 |
| 5 | 71,15 | 69,49 | 66,86 | 70,55 | 54,84 | 68,85 | 74,62 | 72,44 | 62,81 | 74,94 | 73,10 | 73,59 |
| 6 | 57,63 | 59,24 | 53,91 | 56,68 | 67,61 | 64,06 | 71,66 | 52,99 | 71,78 | 64,80 | 56,01 | 57,58 |
| 7 | 70,29 | 55,42 | 73,36 | 63,57 | 73,14 | 66,14 | 59,48 | 63,51 | 71,51 | 62,39 | 69,54 | 64,21 |
| 8 | 78,14 | 56,92 | 74,76 | 46,27 | 80,23 | 50,96 | 79,09 | 39,41 | 82,60 | 53,24 | 66,00 | 58,75 |
| 9 | 77,65 | 39,18 | 67,40 | 44,06 | 70,66 | 69,71 | 71,16 | 37,97 | 82,60 | 49,89 | 77,86 | 50,00 |
| 10 | 78,38 | 66,58 | 79,32 | 59,53 | 65,31 | 66,26 | 65,46 | 65,20 | 78,40 | 65,49 | 63,58 | 61,49 |
| 11 | 76,74 | 54,95 | 78,05 | 40,90 | 68,06 | 61,53 | 78,05 | 41,09 | 71,65 | 63,47 | 57,80 | 54,68 |
| 12 | 70,90 | 70,85 | 69,89 | 55,10 | 65,70 | 72,35 | 77,25 | 42,37 | 70,13 | 73,03 | 76,75 | 67,97 |
| Média | 74,06 | 59,27 | 71,44 | 56,37 | 70,03 | 65,06 | 71,90 | 51,95 | 72,88 | 63,82 | 68,90 | 61,50 |
| Mediana | 76,58 | 59,63 | 72,30 | 58,11 | 69,55 | 65,82 | 72,07 | 49,71 | 71,59 | 64,45 | 71,06 | 62,42 |
| Desvio | 5,97 | 8,63 | 6,82 | 9,52 | 7,03 | 5,37 | 5,52 | 12,70 | 5,89 | 7,12 | 7,12 | 7,26 |
| Extremos | 57,63; 78,38 | 39,18; 70,85 | 53,91; 79,32 | 40,90; 70,55 | 54,84; 81,25 | 50,96; 72,35 | 59,48; 79,09 | 37,43; 72,44 | 62,81; 82,60 | 49,89; 74,94 | 56,01; 77,86 | 50,00; 73,59 |
| CV | 8,07 | 14,55 | 9,55 | 16,90 | 10,03 | 8,26 | 7,68 | 24,45 | 8,08 | 11,16 | 10,33 | 11,81 |

A tração do selo depois do processo térmico (Y_{1a}) sofreu pouca influência dos fatores velocidade e tempo ao nível de significância adotado de 5%. Conforme os resultados da Tabela 5.9 de análise de variância (ANOVA) os efeitos principais (velocidade e tempo de selagem) e o efeito da interação entre os fatores não foram estatisticamente significativos, pois todos são maiores que o nível de significância (valores de P encontrados foram de 0,681; 0,825 e 0,947). Analisando os quadrados médios, os efeitos principais são os que apresentam maior contribuição,

depois do erro. A tabela com a média dos resultados de tração do selo utilizados para a análise de variância encontra-se no Anexo 6.

Tabela 5.9 ANOVA para tração do selo depois do processo térmico (Y_{1d}).

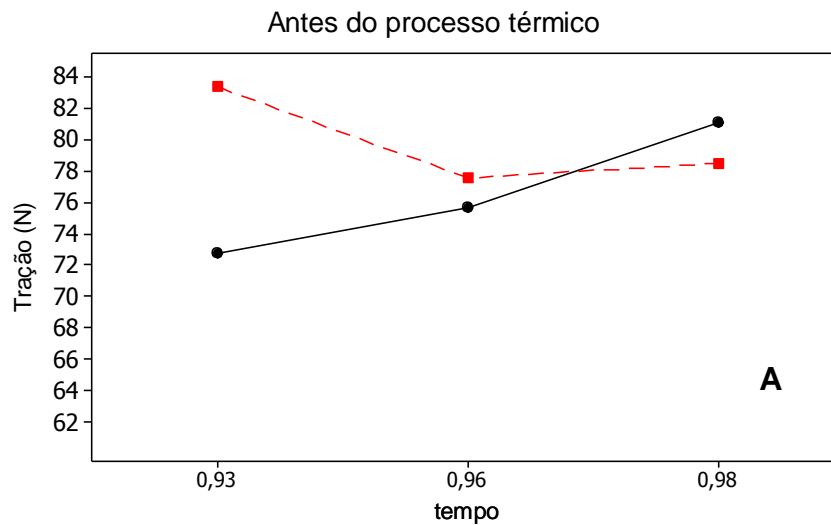
| Fonte de variação | Graus de liberdade | Soma de quadrados | Quadrado médio | Estatística F | Valor P |
|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------------|---------|
| Velocidade | 1 | 15,62 | 15,62 | 0,19 | 0,681 |
| Tempo | 2 | 33,25 | 16,62 | 0,20 | 0,825 |
| Velocidade x tempo | 2 | 9,21 | 4,60 | 0,05 | 0,947 |
| Erro | 6 | 502,71 | 83,78 | | |
| Total | 11 | 560,78 | | | |

Como não houve diferença significativa entre os fatores e a interação entre eles nos níveis em que o experimento foi realizado, infere-se que os níveis podem ter ficado muito próximos. Porém, não foi possível usar níveis mais distantes, pois quando foi testado um tempo de selagem maior que 1 segundo ocorreu queima no selo.

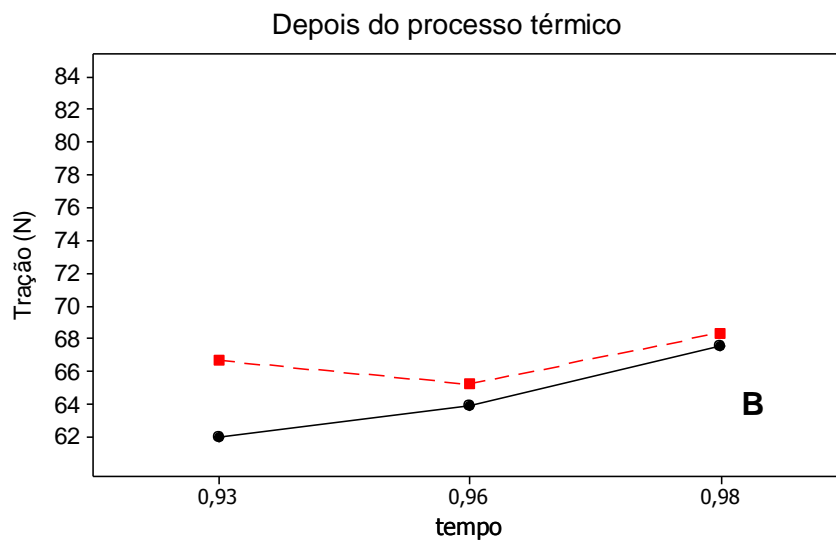
As Figuras 5.7 A e B representam as interações entre os fatores velocidade e tempo de selagem, na linha da cor preta a velocidade de 35 *pouches*/minuto e na cor vermelha a velocidade de 40 *pouches*/minuto. Analisando estas figuras pode-se verificar a discreta mudança na tração para diferentes tempos de selagem, tanto antes como depois do processo térmico nas velocidades de 35 *pouches*/minuto e 40 *pouches*/minuto. Não se observa comportamento definido de tração com o aumento do tempo de selagem para amostras antes e depois do processo térmico, apenas uma redução na tração depois do processo térmico, como será discutido a seguir.

De acordo com Agencia de Inspeção de Alimentos do Canadá (CFIA, da denominação em inglês) (2002), os fatores de processo que influenciam na qualidade do selo são: temperatura, pressão e tempo, porém a agência não detalhou como ocorre a interação entre estes fatores.

Figura 5.7. Interação entre os fatores tempo e velocidade de selagem antes e depois do processo térmico



Velocidades de 35 puches/minuto em preto e 40 puches/minuto em vermelho



Velocidades de 35 puches/minuto em preto e 40 puches/minuto em vermelho

5.2.4.3 Impacto do processo térmico sobre a tração do selo

Com o intuito de avaliar o impacto do processo térmico na tração do selo, foi calculada a diferença na tração do selo antes e depois do processo térmico, demonstrada na Tabela 5.10 através da variável resposta Z. Tendo como base esta diferença, pode-se calcular o percentual de redução na tração do selo e verificar que, em média, ocorreu uma redução na tração do selo em 12,62%. Deve-se esperar uma redução entre 15 e 35% na tração do selo depois do processo térmico,

pois a pressão elevada da autoclave enfraquece o selo, reduzindo a tração (TUNG & BRITT, 1995). A menor redução ocorreu no experimento 5 de 10,08% e a maior redução ocorreu no experimento 1 de 19,96%, ou seja, apenas os resultados de redução da tração do selo do experimento 1 estiveram de acordo com os resultados encontrados na literatura. Vale ressaltar que a menor variação dos resultados de tração do selo ocorreu depois do processo térmico, pois apresentou menor coeficiente de variação, desvio padrão e amplitudes médias (entre 61,92 e 67,54 N). O entendimento deste fato, passa pelo estudo do efeito da exposição prolongada do selo ao calor nas autoclaves, o que pode ter tornado os selos mais homogêneos. É possível que este menor coeficiente de variação indique uma menor influência das condições de selagem para amostras testadas depois do processo térmico.

Outro aspecto importante a ser considerado são os valores de referência utilizados como padrão pela unidade industrial, conforme orientação do fabricante da embalagem. Antes do processo térmico, o padrão utilizado é de 49 N e depois do processo térmico utiliza-se 22 N. Sendo assim, considera-se um padrão de redução de 45% na tração do selo, muito superior à redução média da tração do selo encontrada no experimento de selagem de 12,62% e da literatura de 15 a 35% (TUNG & BRITT, 1995). Isso pode explicar o fato de todos os resultados depois do processo térmico estarem acima do padrão.

Além desta redução da tração, pode-se verificar que ocorreu uma redução no número de resultados não conformes, de 5 antes do processo térmico para nenhum depois do processo térmico. Apesar de o processo térmico enfraquecer o selo, este enfraquecimento não comprometeu o atendimento à especificação em nenhum dos experimentos de selagem realizados.

Tabela 5.10. Diferença da tração do selo antes e depois do processo térmico (N)

| Experimento | Respostas | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Y _{1a} | Y _{1d} | Z | % Z |
| 1 | 83,29 | 66,66 | 16,63 | 19,96 |
| 2 | 75,60 | 63,91 | 11,69 | 15,46 |
| 3 | 81,06 | 67,54 | 13,52 | 16,68 |
| 4 | 73,43 | 61,92 | 11,51 | 15,68 |
| 5 | 78,43 | 68,35 | 10,08 | 12,86 |
| 6 | 77,49 | 65,20 | 12,29 | 15,86 |
| Média | 78,22 | 65,60 | 12,62 | 16,08 |
| Mediana | 78,22 | 65,60 | 12,29 | 15,77 |
| Desvio | 3,58 | 2,40 | 2,26 | 2,30 |
| Extremos | 73,43; 83,29 | 61,92; 67,54 | 10,08; 16,63 | 12,86; 19,96 |
| CV | 4,57 | 3,67 | 17,91 | 14,28 |

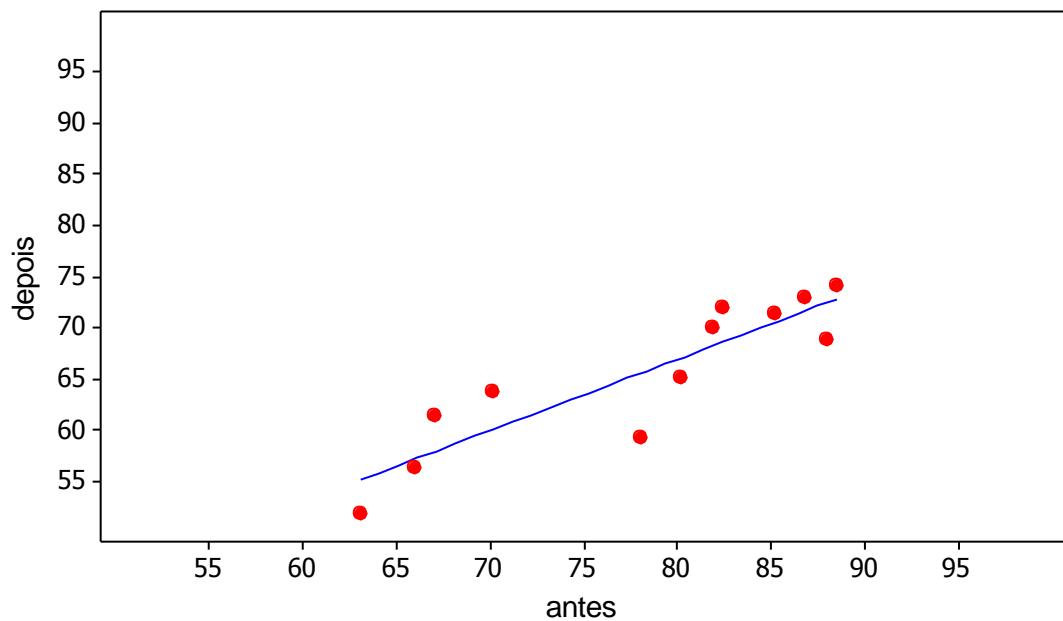
Através do resultado do teste de comparação das médias (teste t) entre os resultados de tração antes e depois do processo térmico, temos evidências de que as médias de tração do selo antes e depois do processo térmico (Y_{1d}) são estatisticamente diferentes, ao nível de significância definido de 5%, pois o valor de $P < 0,001$. Além disso, o valor de t calculado foi de 7,16, muito maior que o valor tabelado.

Apesar da significância estatística entre os resultados de tração do selo antes e depois do processo térmico, objetivou-se estabelecer uma correlação entre estes resultados para eliminar a realização de análises de tração do selo após processo térmico, gerando economia de recursos financeiros com a destruição das amostras e recursos humanos. Esta correlação seria obtida através de uma equação matemática que permitisse a obtenção de resultados de tração do selo após processo térmico através de cálculos matemáticos. Porém, não foi possível estabelecer uma correlação com significância estatística entre estes resultados, de modo a permitir a redução da frequência de realização desta análise gerando economia de tempo e redução de perdas financeiras de *pouches* coletados para análise destrutiva. Verificou-se que o coeficiente R² foi de 77,8%.

A equação matemática obtida através da análise de correlação dos resultados antes e depois do processo térmico está representada a seguir, e a Figura 5.8 demonstra a correlação entre os resultados através de uma reta:

$$Y_{1d} = 11,33 + 0,6949 Y_{1a}$$

Figura 5.8. Correlação linear entre as variáveis resposta tração do selo antes do processo térmico (Y_{1a}) e após processo térmico (Y_{1d})



5.2.5 Teste de vazamento

Nenhuma das amostras analisadas apresentou vazamento nos experimentos de 1 a 6 nas duas repetições realizadas, de modo que resultaram em 100% de conformidade. Isso indica que os selos dos *pouches* de todos os experimentos estavam íntegros, ou seja, não havia canais de vazamento nos selos avaliados neste teste em nenhuma das condições experimentais.

5.2.6 Teste de Incubação

Não ocorreu estufamento em nenhuma das amostras de todos os experimentos das duas repetições após 10 dias de incubação a uma temperatura ambiente de $35 \pm 2,8$ °C. Portanto, este teste apresentou 100% de conformidade.

Isso indica que o selo dos *pouches* de todos os experimentos estavam íntegros, não permitindo a recontaminação dos *pouches* por ar do ambiente externo e entrada de microrganismos.

Após incubação os selos das amostras foram avaliados visualmente e estavam conformes, ou seja, não foram encontrados defeitos visuais maiores, menores ou críticos.

5.2.7 Comparação entre metodologias de análise do selo

No que se refere ao número de amostras em conformidade com os critérios adotados para o método de tração do selo, os resultados encontraram 5 amostras não conformes em 288 avaliadas, representando uma porcentagem de conformidade de 98,3%, 1,7% maior que a porcentagem de conformidade de 96,6%, encontrada na metodologia de rompimento interno.

Analisando os resultados da Tabela 5.11 pode-se verificar que tanto o resultado da tração do selo quanto do rompimento interno antes do processo térmico mostraram que os experimentos 4 e 2 apresentaram-se não conformes. Sendo assim, as condições de selagem utilizadas nos experimentos 2 e 4 (velocidade de selagem de 35 *pouches* /minuto e tempos de selagem de 0,93 e 0,96 segundos) não atendem ao valor mínimo da especificação em ambas as metodologias utilizadas para análise de integridade do selo. Além disso, o teste de tração mostrou-se não conforme para a condição de selagem de 40 *pouches* /minuto e tempo de selagem de 0,93 segundos, o que não foi evidenciado pelo teste de rompimento interno.

Comparando os resultados de integridade do selo entre as duas metodologias antes e depois do processo térmico, das 10 amostras não conformes observadas no teste de rompimento interno, apenas 20% das amostras reprovadas foram analisadas depois do processo térmico. Para o teste de tração do selo, nenhuma amostra foi reprovada depois do processo térmico. Através desta comparação, pode-se verificar que a análise das amostras antes do processo térmico é mais sensível aos parâmetros adotados para o processo de selagem.

Tabela 5.11. Resumo dos resultados Y_1 e Y_2

| Velocidade selagem (pouches/minuto) | Tempo selagem (seg) | Número do experimento | Respostas | |
|--|---------------------------|--------------------------|--|---|
| | | | Rompimento interno Y_2 | Tração do selo Y_1 |
| 35 | 0,93 | 4 | Reprovado Y_{1a} câmaras 8,9 e 11/ Y_{1d} câmaras 3, 8, 9 e 11 | Reprovado Y_{1a} câmaras 8, 9 e 11 |
| | 0,96 | 2 | Reprovado Y_{1a} câmaras 3 e 8// Y_{1d} câmara 3 | Reprovado câmara 11 Y_{1a} |
| | 0,98 | 3 | Aprovado | Aprovado |
| 40 | 0,93 | 1 | Aprovado | Reprovado Y_{1a} câmara 4 |
| | 0,96 | 6 | Aprovado | Aprovado |
| | 0,98 | 5 | Aprovado | Aprovado |

Comparando os resultados dos testes de vazamento e incubação, ambos com 100% de conformidade, com os dos testes de tração do selo (98,3% conformidade) e rompimento interno (96,6% conformidade), pode-se afirmar que estes testes apresentam menor sensibilidade para demonstrar defeitos do selo. Porém, estes testes devem ser considerados na análise da integridade do selo de uma forma global, pois servem de complemento para testes de rompimento interno e tração do selo.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho de avaliação das perdas de embalagens *pouch* devido as não conformidades do selo, foi possível identificar as principais causas de defeitos, dentre eles os de selagem da embalagem. Assim, os ensaios realizados em uma unidade industrial para selagem de *pouches* foram capazes de indicar as condições operacionais mais favoráveis.

As principais conclusões que se pode extrair deste trabalho são:

- As variáveis de etapas anteriores ao processo de selagem, tais como tipo de corte e origem da proteína, provenientes da etapa de envase, não influenciaram nas perdas de *pouches* por defeitos no selo. Também a etapa de pesagem não influenciou na etapa posterior de selagem;
- Contribuição metodológica para trabalhos em outros segmentos de *pouches* através da realização destes estudos das etapas anteriores, antes de focar na etapa alvo de não conformidades, trata-se de um requisito necessário para a realização de um experimento fatorial;
- A velocidade de selagem de 35 *pouches* /minuto, tempo de selagem de 0,98 segundos e velocidade de selagem de 40 *pouches* /minuto e tempos de selagem de 0,96 e 0,98 segundos atendem ao valor mínimo da especificação em ambas as metodologias utilizadas para análise de integridade do selo. Além disso, os efeitos principais (velocidade e tempo de selagem) e o efeito da interação entre os fatores não foram estatisticamente significativos;
- Relação entre o binômio tempo e velocidade de selagem;
- Relação de redução na tração do selo após processo térmico;
- Comparação entre os métodos de análise de integridade do selo, nos quais os métodos de tração e de rompimento interno se mostraram conclusivos, pois apresentaram porcentagem de conformidade muito semelhante;

As principais soluções técnicas sugeridas para promover maior robustez ao processo de selagem de *pouches* autoclaváveis foram:

- Estabelecimento de evidências documentadas que assegurem que o processo de selagem irá consistentemente produzir *pouches* de acordo com as características de qualidade do selo pré-determinadas. Sendo assim, a contribuição técnica deste trabalho forneceu dados para validação do processo de selagem.
- Comparativo entre 4 diferentes métodos de análise de integridade de selo tanto antes quanto depois do processo térmico, contribuindo para a geração de histórico, pois esta análise comparativa entre métodos não é realizada pela unidade industrial. Apartir desta análise comparativa, a unidade industrial já incluiu no programa APPCC, o monitoramento do ponto crítico de controle da etapa de selagem a tração do selo.
- Informações necessárias para a realização de uma análise crítica da metodologia de monitoramento de integridade do selo utilizada atualmente pela unidade industrial.
- Confirmação de que os pontos de controle do processo de selagem apresentados nesta dissertação, tais como velocidade e tempo de selagem, são adequados para a produção de um selo com tração conforme. Sendo assim, este trabalho valida estas condições de processo que são fundamentais para este ponto crítico de controle, comprovando a segurança alimentar do produto aos clientes e órgãos governamentais;
- Foi possível aplicar a metodologia científica no ambiente industrial e além disso, a aproximação da indústria com a comunidade científica é muito enriquecedor para ambas as partes e para o crescimento do país.

As principais dificuldades operacionais que ocorreram durante a realização dos experimentos em ambiente industrial foram:

- Conciliação da programação de produção da unidade industrial com a realização dos experimentos, pois foi necessário a parada da linha de produção onde o experimento foi realizado, atrelada à disponibilidade

de equipamentos e mão de obra para análises destrutivas pois estes também eram utilizados durante a produção.

7 TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalhos futuros, sugerimos:

- Estudos relacionados a outro tipo de selagem térmica, a solda ultrassônica. Neste tipo de solda, vibrações mecânicas são utilizadas no material da embalagem, utilizando amplitude e pressões específicas. Estas vibrações mecânicas criam uma fricção intermolecular, aumentando a energia na área de selagem, na forma de calor. Esta energia aumenta a temperatura até atingir o ponto de fusão do material da embalagem. Com o final da vibração, o material se resfria rapidamente e solidifica, formando uma forte ligação. Além de provocar a fusão do material, a principal vantagem tecnológica da solda ultrassônica é que a vibração também possibilita a eliminação de materiais que causam contaminação da área de selagem por gotejamento do bocal de enchimento. Este novo tipo de solda já está sendo utilizada nas empresas brasileiras no segmento de *pouches*.
- Estudos com embalagens inteligentes, que possuem sistemas de detecção automática de vazamentos durante o *shelf life* do produto.
- Estudos relacionados à resistência mecânica de *pouches* para evitar perfurações ou rompimento das camadas internas durante as diversas etapas da cadeia produtiva até chegar ao consumidor final.

8 REFERÊNCIAS

ABIEC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Brasil será o maior produtor mundial de carne bovina em cinco anos, prevê Abiec. 12/08/2015. Disponível em: <<http://sna.agr.br/brasil-sera-o-maior-produtor-mundial-de-carne-bovina-em-5-anos-preve-abiec/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

ALONSO, A.A. Real Time Optimization for Quality Control of Batch Thermal Sterilization of Prepackaged Foods. **Food Control**, v. 32, p. 392-403. 2013.

ALSALEH, N.A. Application of Quality Tools by The Saudi Food Industry. **The TQM Magazine**, v.19, n. 2, p. 150-161. 2007.

ANDRADE, J et al. Percepção do consumidor frente aos riscos associados aos alimentos, sua segurança e rastreabilidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 184-191. 2013.

ASEFA, D. A. HACCP plan for mycotoxigenic hazards associated with dry cured meat production process. **Food Control**, v. 22, p. 831-817. 2010.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATHERIALS. Standard Test Methods for Tensile Properties of Hin Plastic Sheeting. [s.l.;s.n.], 1985.

AUGUSTO, P.E.D., et al. Thermal Processes and Commercial Sterility (Retort). Reference Module in **Food Science**, p. 567–576. 2014

AWUAH, G.B., et al. Thermal processing and quality: Principles and overview. **Chemical Engineering and Processing**, v 46, p.584–602. 2007.

BARNES, M, et al. Polarised Light Stress Analysis and Laser Scatter Imaging for Non-contact Inspection of Heat Seals in Food Trays. **Journal of Food Engineering**, v.112, p. 183 - 190, 201 - 237. 2011.

BINDU, C.N., et al. Packaging of retorted process seafood, meat and poultry. **Advances in meat, poultry and seafood packaging**, p. 333-362. 2012.

BINDU, J., et al. Shelf life evaluation of a ready-to-eat black clam (*Villorita cyprinoides*) product in indigenous retort pouches. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p.995–1000. 2007.

BOWN, G. Developments in Conventional Heat Treatment. In: ZEUTHEN, P.; BOGH-SORENSEN, L. **Food preservation techniques**. Chap. 9. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Circular 175/2005/CGPE/DIPOA. Disponível em: www.agricultura.gov.br/file/Animal

BRC. British Retail Consortium – Norma BRC versão 7.

BULL, M.K., et al. Packaging under pressure: Effects of high pressure, high temperature processing on the barrier properties of commonly available packaging materials. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 533–537. 2010.

CANOVAS, G.V.B. et al. Advanced retorting, microwave assisted thermal sterilization (MATS) and pressure assisted thermal sterilization (PATS) to process meat products. **Meat Science**, v. 98, p. 420–434. 2014.

CATALA, R. et al. Effect of high pressure treatments on the properties of EVOH-based food packaging materials. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, p. 51–58. 2005.

CFIA. CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY. Flexible retort *pouch* defects, identification and classification manual. [s.l.;s.n.], 2002.

CODEX ALIMENTARIUS. Recommended International Code of Practice – General principles of food hygiene – CAC-RCP 1. 1969.

COLTRO, L. et al. Avaliação do Efeito do Transporte no Desempenho de Embalagem Tipo Stand-up Pouch para Produtos Líquidos. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 2, p. 69-75, 2002.

FELÍCIO, P. E. Fatores ante e post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: PEIXOTO, A. M., MOURA, J. C., FARIA, V. P. (Eds.) **Produção do novilho de corte**. Piracicaba: Fundação de estudos agrários “Luis de Queiroz”,. p. 79-97, 1997.

FIQUEIREDO, V; NETO, P. Implantação do HACCP na indústria de alimentos. **Gestão & Produção**, v. 8, n.1, p.12. 2001.

FLEXIBLE PACKAGE INTEGRITY COMMITTEE. Flexible Package integrity. Guidelines for evaluation and disposition of damaged. **National Food Processers Association (NFPA) Bulletin**. Washington D,C, v. 41. 1989.

GHANI, A.G.A. et al. Thermal sterilization of canned food in a 3-D pouch using computational fluid dynamics. **Journal of Food Engineering**, v. 48, p. 147- 156. 2001.

GHANI, A.G.A et al. Theoretical and experimental investigation of the thermal destruction of Vitamin C in food pouches. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 34, p.129–143. 2002.

GHOSH, A. **Technology of Polymer Packaging**, Capítulo 3 – Converting of Polymer Packaging. 2015.

GRIGG, N.; MCALINDEN, C. A new role for iso 9000 in the food industry? Indicative data from the UK and mainland Europe. **British food journal**, v. 103, n. 9, p. 644-656. 2001.

GRIGG, N.; WALLS, L. Developing statistical thinking for performance improvement in the food industry. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 24, n. 4, p. 347-369. 2007.

GRIJSPAARDT, V.C. HACCP in the EU. **Food Technology**, v. 49 (3), p. 36. 1995.

HAN, J.H. **Innovations in Food Packaging**. Capítulo 1: A Review of Food Packaging Technologies and Innovations. 2th ed. 2014.

HARPER, C. et al. Developments in food packaging integrity testing. **Trends in Food Science & technology**, v. 6, p. 336-340. 1995.

HASSAN, H.F & RAMASWAMY. Measuring and targeting of thermophysical properties of carrot and meat based alginate particals for thermal processing. **Journal of Food engineering**, v. 103, p 433-443. 2011.

HOLDSWORTH, S.D. Optimizing the safety and quality or thermally processed packaged foods. **Improving the thermal processing of foods**, capitulo 1, p 13-35. 2004.

ILSI (International Life Science Institute). **A simple guide to understanding and applying the hazard analysis critical control point concept**. 2th ed. 1997.

ITAL. **Alimentos enlatados, princípios de controle de processo térmico, acidificação e avaliação do fechamento de recipientes**. 4. ed. Campinas: Governo do estado de São Paulo, 1990.

JIS Z-238 – Japanese Industrial Standard. Testing methods for heat sealed flexible packages, 1998.

JOUBE, J.L. Principles of food safety legislation. **Food Control**, v. 9, n. 2-3.1998.

JUN, S., et al. Migration of electrode components during ohmic heating of foods in retort pouches. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. V. 8, p. 237–243. 2007.

KELSEY, R. J. Packaging in Today's Society. 3th ed. Lancaster, PA: Technomic Publishing Co., 1998.

KUMAR, R. et al. Development and evaluation of retort pouch processed ready-to-eat coconut kheer. **Indian Coconut Journal**. v. 37, n. 10, p. 2-6, 2007.

LAGARON, J.M., et al. Improving the performance of retortable plastics. **In-Pack processed foods**, p. 33-54. 2008.

LAMPI, A. M. et al. Changes in lipids and volatile compounds of oat flours and extrudates during processing and storage. **Journal of Cereal Science**. n. 62, p.102-109, 1980.

LAURINDO, J.B. et al. Processing of chopped mussel meat in retort pouch. **Food Science and technology**, v. 35(4), p 612-619. 2015.

LEADLEY, C. et al. A comparative study of high pressure sterilisation and conventional thermal sterilisation: Quality effects in green beans. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, p. 70–79. 2008.

Manual do fabricante da máquina vertical de empacotamento a vácuo. Serial nº 1221200 modelo Fvv- 12- 150 ny. Fabricante: Furukawa MFG.CO.LTD. janeiro/2005

MERMELSTEIN, N. H. Retort pouch earns. IFT food technology industrial achievement award. **Food Technology**, v. 32, n. 6, 1978.

MIGUEL, P.A. Recomendações na adoção de estudo de caso como abordagem metodológica. **Anais do XII SIMPEP** – Bauru, Brasil – 7 a 9 de novembro de 2005.

MIGUEL, P. A. C.; ANDRIETTA, J. M. Benchmarking Six Sigma application in Brazil: best practices in the use of the methodology. **Benchmarking: an International Journal**, v. 16, n. 1, p. 124-134. 2009.

MINITAB. **Minitab statistical software TM**. Release 16. [S.I]: MINITAB, 2012.

MIYAGUSKU, L. et al. HACCP introdução a análise de perigos na indústria da carne. ITAL, Campinas. 2011.

MOHAN, C.O., et al. Effect of filling medium on cooking time and quality of canned yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). **Food Control**, v. 50, p 320-327. 2014.

MONTGOMERY, D. A modern framework for achieving enterprise excellence. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 1, p. 56-65. 2010.

MOKWENA, K.K., et al. Water absorption and oxygen barrier characteristics of ethylene vinyl alcohols films. **Journal of food engineering**, v. 105, p 436-443. 2011.

ORRIS, G. D., & WHITEHEAD, A. J. Hazard analysis and critical control point (HACCP) as a part of an overall quality assurance system in international food trade. **Food Control**, v.11 (5), p. 345-351. 2000.

PARDI, M.C. **Ciência, Higiene e Tecnologia da carne**. v .2, p. 916. 2001.

PINTO, S.H. B et al. Main quality programs characteristics in large size Brazilian companies. **International journal of quality & reliability management**, vl. 25 n. 3, p. 276-291. 2008.

SABAPATHY, S. N.; BAWA, A. S. Retort processing of RTE foods. **Food Nutrition World**, v. 1, n. 12, p. 28–29. 2003.

S.A.H. Lim, et al.(2014). "Statistical process control (spc) in the food industry – a systematic review an future research agenda". **Trends in Food Science & Technology**, v. 37, p. 137-151.

SANTOS, A; ANTONELLI, S. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um survey com indústrias de alimentos de São Paulo. **Gestão e Produção**, v .28, n.3, p. 509-524. 2011.

SARANTÓPOULOS, C. et al. **Embalagens plásticas flexíveis**: principais polímeros e avaliação de propriedades. Campinas, ITAL/CETEA, 2002. 267p.

SELKE, S. E. M.; CULTER, J. D.; HERNANDEZ, R. J. **Plastics packaging: properties, processing, applications and regulations**. 3th. ed. Cincinnati: Hansen, 2016.

SILVA, C.R; SANT´ANNA, A.P. Uma aplicação do planejamento de experimentos na indústria farmacêutica. **S&G revista eletrônica**, v.2, n.3,pp.274-284, 2007.

SIMPSON, R., et al. Automatic control of bath thermal processing of canning foods. **Robotics and automation in food industry**, p. 420-440. 2013.

SIMPSON, R., et al. Minimizing energy consumption associated with retorted. **Handbook of water and energy management in food processing**, p. 523-543. 2008.

SIMPSON, R., et al. Advances with intelligent on-line retort control and automation in thermal processing of canned foods. **Food Control**, v 18, p. 821–833. 2007.

SIMPSON, R., et al. Energy consumption in batch thermal processing: model development and validation. **Journal of Food Engineering**, v. 73, p. 217–224. 2006.

SIVARAMAKRISHNA, V., et al. Development of a timesaving leak detection method for brick-type packages. **Journal of Food Engineering**, v. 82, p 324–332. 2007.

SPMC, Conselho dos Fabricantes de Embalagens, Standard & Test Methods, 2012.

THWINGALBERT. Tensile test. Disponível em: <<http://www.thwingalbert.com/>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

TOLINSKI, M. Additives for Polyolefins: getting the most out of polypropylene, polyethylene and TPO. 2th. ed. United States: William Andrew Elsevier, 2015

TUNG, A. T; BRITT, I. J. Food material science and food process engineering: keys to product quality and safety. **Food Research International**, v. 28, n. 1, p. 101-108, 1995.

ULTRASONIC SEALING SYSTEMS FOR PACKAGING. Disponível em: <https://www.herrmannultrasonics.com/en-us/ultrasonic-sealing/>

UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (USFDA). Bacteriological Analytical manual, 8 th ed. 1998.

USDA, 9 CFR 318 (309), Finished product inspection, 1984. Disponível em:
www.law.cornell.edu

ANEXOS

ANEXO 1. DEFEITOS VISUAIS E POSSÍVEIS CAUSAS

| DEFEITO VISUAL | POSSÍVEL FONTE | POSSÍVEL CAUSA | EFEITO |
|--|---|--|--|
| Canal ou abertura na selagem atravessando toda a largura da selagem | Selagem não aconteceu | <ul style="list-style-type: none"> Alinhamento incorreto da embalagem na barra de selagem Barra de selagem danificada Material estranho por baixo da barra de selagem Contaminação na barra de selagem | Impede integridade completa da selagem |
| | Ruptura na selagem | <ul style="list-style-type: none"> Força interna ou externa foi colocada sobre a selagem devido a condições de esterilização, tamanho, configuração ou pesagem do produto ou manipulação | Destroi integridade da selagem |
| Selagem estreita ou canal ou canal se estendendo parcialmente na selagem | Obstrução parcial na selagem | <ul style="list-style-type: none"> Alinhamento incorreto da embalagem na barra de selagem Barra de selagem danificada Material estranho por baixo da barra de selagem Contaminação na barra de selagem | Deve ser comparado com o padrão visual |
| | Ruptura parcial na selagem | <ul style="list-style-type: none"> Força interna ou externa foi colocada sobre a selagem devido a condições de esterilização, tamanho, configuração ou pesagem do produto ou manipulação | |
| | Revestimento da barra de selagem | <ul style="list-style-type: none"> Material que reveste a barra de selagem danificado | |
| Selagem manchada, furta-cor ou não homogênea | Materiais não selados | <ul style="list-style-type: none"> Contaminação ou pressão insuficiente, temperatura e/ou tempo, tanto na superfície da barra de selagem ou em pontos específicos | Possível violação da integridade da selagem, testes adicionais são recomendados Preocupações estéticas |
| | Propriedades do material inibidas | <ul style="list-style-type: none"> Variação na espessura Contaminação na superfície Excesso de umidade | |
| | Superaquecimento da barra de selagem | <ul style="list-style-type: none"> Aquecimento excessivo, pressão e/ou tempo de permanência impulsiona o revestimento da barra de selagem em materiais porosos Cristalização do revestimento da barra de selagem | |
| | Revestimento da barra de selagem | <ul style="list-style-type: none"> Material que reveste a barra de selagem danificado | |
| Rugas e dobras | Um material enrugado ou folgado | <ul style="list-style-type: none"> Material com dobra interna que do colocado a superfície de selagem Alimentação inadequada antes da etapa de selagem Tensionamento da embalagem inadequado durante a etapa de selagem | Possível violação da integridade da selagem, testes adicionais são recomendados Preocupações estéticas |
| Materiais da embalagem danificados na área de selagem: <ul style="list-style-type: none"> Rachaduras Distorção Opacidade Quebradiço | Superselagem do material | <ul style="list-style-type: none"> Combinação de temperatura excessiva, pressão e/ou tempo de permanência do material de embalagem, através de toda a extensão da barra de selagem ou em áreas específicas | Possível violação da integridade da selagem, testes adicionais são recomendados Preocupações estéticas |
| | Cristalização do material | <ul style="list-style-type: none"> Exposição ao calor excessivo Esterilização inadequada | <ul style="list-style-type: none"> Rachaduras podem afetar a integridade da embalagem, testes adicionais são recomendados |
| | Abrasão ou perfuração dos materiais de embalagens | <ul style="list-style-type: none"> Natureza do produto sendo embalado Manipulação inadequada na estocagem, empacotamento, processamento ou distribuição | <ul style="list-style-type: none"> Possível comprometimento da integridade da embalagem, testes adicionais são recomendados |
| | Flexão do material de embalagem | <ul style="list-style-type: none"> Manipulação inadequada na estocagem, empacotamento, processamento ou distribuição Resistência a flexão insuficiente do material para o uso pretendido | <ul style="list-style-type: none"> Possível comprometimento da integridade da embalagem, testes adicionais são recomendados |

Fonte: SPMC- Standards and methods (2012) – Sterilization packaging manufacturing council – FPA – flexible packaging association – USA – 1998

ANEXO 2. % PERDAS DE *POUCHES* POR TIPO DE CORTE E ESPÉCIE

| data produção cubos | % perdas cubos |
|---------------------|----------------|
| 7-jan | 2,44 |
| 9-jan | 3,67 |
| 17-jan | 2,12 |
| 30-jan | 1,50 |
| 28-fev | 2,68 |
| 18-mar | 5,59 |
| 10-abr | 4,40 |
| 15-abr | 5,07 |
| 8-jul | 5,49 |
| 10-jul | 3,43 |
| 11-jul | 4,01 |
| 8-ago | 2,74 |
| 11-ago | 3,75 |
| 29-ago | 1,81 |
| 22-out | 1,87 |
| 24-out | 1,71 |
| 27-out | 2,23 |
| 28-out | 2,51 |

| data produção moido | % perdas moido | | |
|---------------------|----------------|------------------------|-------------------|
| 21-jan | 1,27 | | |
| 22-jan | 1,16 | | |
| 31-jan | 2,21 | | |
| 8-fev | 1,46 | | |
| 11-abr | 2,45 | | |
| 24-jul | 3,45 | | |
| 25-jul | 3,74 | | |
| 30-jul | 1,76 | | |
| 28-ago | 3,50 | | |
| 4-set | 1,75 | | |
| 20-out | 2,74 | | |
| 21-out | 4,66 | | |
| 29-out | 4,74 | | |
| 30-out | 4,28 | | |
| | | data produção desfiado | % perdas desfiado |
| | | 8-jan | 2,25 |
| | | 10-jan | 1,12 |
| | | 13-jan | 1,66 |
| | | 14-jan | 2,54 |
| | | 5-mar | 2,25 |
| | | 8-mar | 1,85 |
| | | 30-jun | 3,00 |

ANEXO 3. DATOS HISTÓRICOS DE PESO DE POUCHES DE 320g

| P | e | P | s |
|-------|---|-------|---|
| 3 | 2 | 3 | 5 |
| 3 | 2 | 3 | 5 |
| 326 | | 325,7 | |
| 326,6 | | 326,4 | |
| 325,5 | | 326 | |
| 325 | | 328,8 | |
| 325,5 | | 326,2 | |
| 327,5 | | 322,1 | |
| 324,2 | | 322,6 | |
| 323,9 | | 322,3 | |
| 326,1 | | 323 | |
| 324,6 | | 322,2 | |
| 326,3 | | 321,9 | |
| 325,4 | | 321,7 | |
| 329,5 | | 326,4 | |
| 328,2 | | 326,6 | |
| 322,4 | | 326,1 | |
| 323,3 | | 327,2 | |
| 325,4 | | 323 | |
| 324,3 | | 323,6 | |
| 325,5 | | 324,4 | |
| 326,6 | | 323,6 | |
| 329,9 | | 322,9 | |
| 327,3 | | 322,1 | |
| 327 | | 322,8 | |
| 326,9 | | 322,9 | |
| 324 | | 321,9 | |
| 326,5 | | 326,5 | |
| 328,4 | | 325,6 | |
| 327,1 | | 327,1 | |
| 324,7 | | 326,3 | |
| 328 | | 326,4 | |
| 328,2 | | 326,7 | |
| 327,1 | | 325,8 | |
| 327,2 | | 321,8 | |
| 325,7 | | 322,8 | |
| 325,1 | | 324 | |
| 326,5 | | 323,8 | |
| 323,9 | | 322,8 | |
| 325,8 | | 321,8 | |
| 326,3 | | 322,5 | |
| 326,9 | | 322,2 | |
| 327,7 | | 323,6 | |

| P | e | P | s |
|-------|---|-------|---|
| 3 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 2 | 3 | 7 |
| 3 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 2 | 3 | 7 |
| 3 | 2 | 3 | 7 |
| 3 | 2 | 3 | 7 |
| 3 | 2 | 3 | 7 |
| 3 | 2 | 3 | 6 |
| 3 | 2 | 3 | 7 |
| 326 | | 323 | |
| 328,8 | | 323,6 | |
| 329,9 | | 323,5 | |
| 329,7 | | 324,8 | |
| 328,8 | | 324,5 | |
| 330,2 | | 325,3 | |
| 330 | | 326,2 | |
| 324,2 | | 325,1 | |
| 326,4 | | 325,7 | |
| 328,2 | | 324,1 | |
| 327,6 | | 323,4 | |
| 327,8 | | 325,8 | |
| 328,5 | | 325,9 | |
| 328,1 | | 323,9 | |
| 327,8 | | 323,2 | |
| 327,1 | | 325 | |
| 322,8 | | 322,6 | |
| 323,3 | | 328,5 | |
| 322,2 | | 327,7 | |
| 322,3 | | 327,4 | |
| 322,6 | | 328,1 | |
| 322,1 | | 328,6 | |
| 322,6 | | 328 | |
| 322 | | 329,4 | |
| 327,7 | | 328,2 | |
| 325,5 | | 325,4 | |
| 326,1 | | 330,5 | |
| 328,4 | | 328,3 | |
| 329,3 | | 329,3 | |
| 326 | | 329,1 | |
| 326,5 | | 330,5 | |
| 323,4 | | 328,5 | |
| 323,1 | | 332,1 | |
| 323,4 | | 330,2 | |
| 322,4 | | 330 | |
| 323,3 | | 327,4 | |

| Peso Carne 320 g | Peso Frango 320 g |
|------------------|-------------------|
| 322,6 | 330,2 |
| 322,3 | 332,3 |
| 322,7 | 332 |
| 326,8 | 331,2 |
| 329,4 | 328,1 |
| 328,7 | 327,9 |
| 327,6 | 331,2 |
| 328 | 327,4 |
| 327,1 | 329,6 |
| 326,2 | 326,6 |
| 328,5 | 331,2 |
| 328,3 | 327,9 |
| 327,8 | 332,6 |
| 328,3 | 329,2 |
| 328,1 | 334,3 |
| 326,6 | 330,6 |
| 327,6 | 324,2 |
| 327,8 | 329,8 |
| 326,1 | 331,8 |
| 326 | 330,8 |
| 327,7 | 327 |
| 323,8 | 324,4 |
| 323 | 324 |
| 322,8 | 325,1 |
| 325,1 | 325,6 |
| 325,1 | 326,8 |
| 325,2 | 329 |
| 326,4 | 328,2 |
| 324,7 | 330,5 |
| 325,2 | 328,6 |
| 322,9 | 329,8 |
| 323,7 | 329 |
| 323,2 | 328,2 |
| 331 | 330 |
| 324,5 | 327 |
| 324,3 | 326 |
| 324 | 327,8 |
| 324,5 | 329 |
| 325,8 | 329,2 |
| 325,3 | 330,2 |
| 324,8 | 330,2 |
| 327,1 | 328,6 |
| 324,8 | 328,2 |
| 325,7 | 329,2 |

| Peso Carne 320 g | Peso Frango 320 g |
|------------------|-------------------|
| 326,9 | 329 |
| 324,8 | 329,2 |
| 328,3 | 328,8 |
| 327 | 329 |
| 327,1 | 328,2 |
| 325,2 | 330,2 |
| 324,3 | 329,8 |
| 324,7 | 325,8 |
| 324,5 | 327,8 |
| 323,9 | 328,2 |
| 326,3 | 329,2 |
| 328,2 | 330,4 |
| 324 | 329,6 |
| 325,4 | 328,8 |
| 327,6 | 325,8 |
| 324,1 | 328 |
| 323,6 | 328,2 |
| 326 | 330,9 |
| 327,6 | 322,4 |
| 326,4 | 333 |
| 326 | 333,4 |
| 325,2 | 332,8 |
| 323,9 | 334,4 |
| 325,5 | 333,4 |
| 324,1 | 324,2 |
| 327,3 | 323,2 |
| 324,4 | 324 |
| 324,3 | 326 |
| 328,6 | 327 |
| 324 | 323,2 |
| 325,9 | 331,8 |
| 328,1 | 324,4 |
| 324,6 | 323 |
| 325,5 | 323,2 |
| 324,1 | 325 |
| 324,1 | 324,6 |
| 324,5 | 323 |
| 324,7 | 331 |
| 324,7 | 329,2 |
| 325,8 | 329,9 |
| 326,6 | 330,4 |
| 326,2 | 328,6 |
| 327,6 | 332,6 |
| 327,9 | 334,1 |

| Peso Carne 320 g | Peso Frango 320 g |
|------------------|-------------------|
| 327,6 | 332 |
| 325,4 | 329,7 |
| 325,2 | 332,6 |
| 326,6 | 328,1 |
| 326,8 | 331 |
| 328 | 327,6 |
| 326,2 | 328 |
| 325,2 | 329,6 |
| 332,4 | 332 |
| 330,4 | 327,6 |
| 330 | 334,9 |
| 330 | 333,1 |
| 329,6 | 334,4 |
| 330,8 | 332,8 |
| 326,9 | 327,7 |
| 334,3 | 327,4 |
| 334,7 | 324,5 |
| 331,9 | 325,6 |
| 331,1 | 334,2 |
| 332,5 | 333,5 |
| 330,7 | 327,8 |
| 330,9 | 331 |
| 331,1 | 329,1 |
| 332,6 | 327,3 |
| 330,6 | 327,6 |
| 328,2 | 328,3 |
| 330,2 | 328,4 |
| 330,6 | 327,3 |
| 331,4 | 329,4 |
| 329,1 | 337,9 |
| 332,3 | 335,1 |
| 325,6 | 338,1 |
| 325,5 | 331,6 |
| 327 | 332,5 |
| 325,9 | 327 |
| 327 | 330,5 |
| 325,1 | 328,9 |
| 325,2 | 328,8 |
| 325,3 | 328,4 |
| 326,9 | 325,1 |
| 331,6 | 325,5 |
| 331,8 | 329,7 |
| 331,9 | 328,3 |

| Peso Carne 320 g | Peso Frango 320 g |
|------------------|-------------------|
| 330,5 | 325,3 |
| 335,2 | 328,9 |
| 328,9 | 328 |
| 330,4 | 328,3 |
| 329,4 | 330,1 |
| 327,1 | 325,2 |
| 326,3 | 325,9 |
| 328,9 | 324,9 |
| 329,4 | 327,8 |
| 327,4 | 328,8 |
| 332 | 329 |
| 329,8 | 329,9 |
| 332,9 | 326,9 |
| 326,5 | 326,8 |
| 328,9 | 329,5 |
| 330,1 | 329,3 |
| 327,6 | 327,2 |
| 329,8 | 331,5 |
| 331,4 | 331,1 |
| 330,4 | 331,1 |
| 325,4 | 332,4 |
| 328,9 | 335 |
| 327,3 | 334,6 |
| 334,5 | 330,9 |
| 331,4 | 331,9 |
| 329 | 328 |
| 328,7 | 328 |
| 327,9 | 326,9 |
| 327,9 | 327,4 |
| 329 | 326,7 |
| 327,2 | 328,9 |
| 333,2 | 327,6 |
| 325,7 | 327,3 |
| 329 | 330,6 |
| 328 | 332 |
| 338,1 | 327,8 |
| 328,6 | 327,2 |
| 331,4 | 328,2 |
| 329,6 | 330,6 |
| 327,4 | 332,1 |
| 327,7 | 328,2 |
| 331,4 | 330,6 |
| 327,9 | 331,1 |

| Peso Carne 320 g | Peso Frango 320 g | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 333 | 330,1 | |
| 332,7 | 330,5 | |
| 332,8 | 330,7 | |
| 332,9 | 330,1 | |
| 333 | 333,2 | |
| 332,4 | 334 | |
| 332,9 | 331,4 | |
| 334,1 | | |
| 329,8 | | |
| 328,5 | | |
| 329,8 | | |
| 328,4 | | Peso Carne 320 g |
| 330,1 | | 328,8 |
| 328,1 | | 328 |
| 328,4 | | 326,9 |
| 328,4 | | 328,6 |
| 334,6 | | 328,8 |
| 330,3 | | 328,6 |
| 328,2 | | 332,2 |
| 328,5 | | 330 |
| 330,5 | | 329,5 |
| 328,9 | | 326,3 |
| 330,3 | | 327,1 |
| 328,2 | | 329,5 |
| 331,8 | | 327,7 |
| 331,9 | | 328 |
| 328,8 | | 328,4 |
| 326,7 | | 327,8 |
| 327,8 | | 329 |
| 329,1 | | 327,9 |
| 331,5 | | 328,2 |
| 329,3 | | 327,5 |
| 329,1 | | 328,1 |
| 329,6 | | 328,7 |
| 328,8 | | 329,9 |
| 329,5 | | 328,4 |
| 327,9 | | 327,6 |
| 330,2 | | 328 |
| 329,6 | | 329,2 |
| 329,2 | | 328,3 |
| 330,2 | | 328,2 |

ANEXO 4: DADOS HISTÓRICOS DE PERDAS DE POUCHES DE 320 G POR TIPO DE DEFEITO CRÍTICO DE SELAGEM

| Defeitos críticos | | datas de produção de produtos com peso da embalagem máximo de 320 g (linha varejo) de janeiro a março/2014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--|
| Descrição do defeito | 6-jan | 7-jan | 8-jan | 9-jan | 10-jan | 13-jan | 14-jan | 16-jan | 17-jan | 20-jan | 21-jan | 22-jan | 30-jan | 31-jan | 7-fev | 8-fev | 10-fev | 17-fev | 18-fev | 28-fev | 5-mar | 6-mar | |
| SELAGEM FINA | 230 | 125 | 77 | 185 | 105 | 60 | 160 | 55 | 125 | 152 | 75 | 22 | 65 | 45 | 175 | 20 | 65 | 185 | 74 | 145 | 137 | 574 | |
| SELAGEM ENRUGADA | 175 | 65 | 15 | 92 | 38 | 10 | 73 | 35 | 42 | 100 | 25 | 35 | 25 | 10 | 130 | 15 | 44 | 95 | 0 | 84 | 71 | 22 | |
| SELAGEM ABERTA | 160 | 95 | 70 | 80 | 30 | 47 | 35 | 30 | 40 | 50 | 15 | 0 | 0 | 35 | 90 | 26 | 15 | 105 | 18 | 72 | 125 | 425 | |
| DELAMINAÇÃO | 30 | 0 | 0 | 0 | 10 | 20 | 2 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| BOLHAS NA SELAGEM | 45 | 90 | 70 | 55 | 47 | 0 | 43 | 25 | 88 | 75 | 20 | 10 | 0 | 0 | 115 | 29 | 26 | 120 | 20 | 65 | 101 | 214 | |
| CONTAMINAÇÃO NA SELAGEM | 90 | 55 | 65 | 85 | 15 | 0 | 74 | 20 | 44 | 90 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 26 | 39 | 92 | 323 | |
| Total | 730 | 430 | 297 | 497 | 245 | 137 | 387 | 165 | 364 | 467 | 135 | 67 | 125 | 90 | 510 | 90 | 150 | 585 | 138 | 405 | 526 | 1558 | |

| Defeitos críticos | | datas de produção de produtos com peso da embalagem máximo de 320 g (linha varejo) de março a julho/2014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------|--|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--|
| Descrição do defeito | 7-mar | 8-mar | 18-mar | 27-mar | 28-mar | 4-abr | 10-abr | 11-abr | 15-abr | 16-abr | 17-abr | 5-mai | 6-mar | 7-mai | 8-mai | 14-mai | 21-mai | 30-jun | 8-jul | 10-jul | 11-jul | 14-jul | |
| SELAGEM FINA | 48 | 139 | 263 | 201 | 216 | 94 | 275 | 350 | 185 | 300 | 151 | 132 | 300 | 270 | 175 | 305 | 641 | 243 | 188 | 120 | 310 | 533 | |
| SELAGEM ENRUGADA | 32 | 0 | 206 | 140 | 190 | 50 | 329 | 200 | 149 | 166 | 50 | 85 | 95 | 40 | 55 | 80 | 584 | 107 | 110 | 55 | 50 | 260 | |
| SELAGEM ABERTA | 74 | 78 | 185 | 85 | 143 | 11 | 130 | 125 | 124 | 210 | 123 | 112 | 156 | 57 | 45 | 56 | 130 | 145 | 145 | 133 | 250 | 348 | |
| DELAMINAÇÃO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 550 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| BOLHAS NA SELAGEM | 25 | 0 | 150 | 175 | 162 | 70 | 333 | 270 | 110 | 205 | 30 | 205 | 190 | 74 | 77 | 100 | 306 | 105 | 75 | 62 | 62 | 184 | |
| CONTAMINAÇÃO NA SELAGEM | 56 | 0 | 155 | 111 | 11 | 20 | 0 | 147 | 0 | 210 | 196 | 100 | 100 | 30 | 7 | 138 | 189 | 195 | 0 | 0 | 41 | 138 | |
| Total | 235 | 217 | 959 | 712 | 722 | 245 | 1617 | 1092 | 568 | 1091 | 550 | 634 | 841 | 471 | 359 | 679 | 1850 | 806 | 518 | 370 | 713 | 1463 | |

| Defeitos críticos | | datas de produção de produtos com peso da embalagem máximo de 320 g (linha varejo) de julho a outubro/2014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|-----------|------------|----------|-----------|------------|------------|--|
| Descrição do defeito | 16-jul | 23-jul | 24-jul | 25-jul | 30-jul | 8-ago | 11-ago | 13-ago | 15-ago | 28-ago | 29-ago | 3-set | 4-set | 11-set | 1-out | 2-out | 3-out | 6-out | 7-out | 13-out | 14-out | 15-out | |
| SELAGEM FINA | 42 | 101 | 151 | 241 | 37 | 110 | 34 | 75 | 30 | 200 | 166 | 35 | 175 | 55 | 356 | 2 | 27 | 64 | 0 | 32 | 180 | 250 | |
| SELAGEM ENRUGADA | 7 | 79 | 4 | 117 | 18 | 0 | 30 | 0 | 0 | 136 | 47 | 25 | 55 | 0 | 35 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 118 | 65 | |
| SELAGEM ABERTA | 6 | 76 | 199 | 220 | 49 | 125 | 118 | 150 | 141 | 355 | 111 | 42 | 183 | 154 | 245 | 4 | 16 | 65 | 0 | 14 | 61 | 269 | |
| DELAMINAÇÃO | 3 | 16 | 156 | 0 | 27 | 125 | 65 | 0 | 26 | 80 | 76 | 0 | 74 | 34 | 0 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| BOLHAS NA SELAGEM | 0 | 60 | 14 | 115 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 172 | 50 | 0 | 0 | 0 | 135 | 0 | 10 | 30 | 0 | 0 | 120 | 111 | |
| CONTAMINAÇÃO NA SELAGEM | 0 | 39 | 0 | 75 | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 112 | 16 | 0 | 0 | 0 | 75 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 32 | |
| Total | 58 | 371 | 524 | 768 | 183 | 360 | 247 | 225 | 197 | 1055 | 466 | 102 | 487 | 243 | 846 | 8 | 59 | 174 | 0 | 46 | 559 | 727 | |

| Defeitos críticos | datas de produção de produtos com peso da embalagem máximo de 320 g (linha varejo) de outubro/2014 (continuação) | | | | | | | | total perdas janeiro a outubro/14 | |
|--------------------------|--|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-----------------------------------|--------------|
| | Descrição do defeito | 20-out | 21-out | 22-out | 24-out | 27-out | 28-out | 29-out | 30-out | total |
| SELAGEM FINA | 89 | 295 | 104 | 77 | 232 | 73 | 192 | 414 | 37383 | 100,0 |
| SELAGEM ENRUGADA | 20 | 60 | 0 | 0 | 114 | 0 | 67 | 52 | | |
| SELAGEM ABERTA | 95 | 232 | 138 | 127 | 99 | 161 | 100 | 455 | | |
| DELAMINAÇÃO | 48 | 384 | 169 | 242 | 84 | 206 | 0 | 126 | | |
| BOLHAS NA SELAGEM | 15 | 58 | 0 | 0 | 40 | 0 | 155 | 0 | | |
| CONTAMINAÇÃO NA SELAGEM | 10 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 0 | | |
| Total | 277 | 1079 | 411 | 446 | 569 | 440 | 589 | 1047 | | |
| Defeitos Críticos | | | | | | | | | | |
| FINA | | | | | | | | | 12140 | 32,5 |
| ABERTA | | | | | | | | | 8442 | 22,6 |
| ENRUGADA | | | | | | | | | 5298 | 14,2 |
| BOLHAS | | | | | | | | | 5313 | 14,2 |
| CONTAMINAÇÃO | | | | | | | | | 3594 | 9,6 |
| DELAMINAÇÃO | | | | | | | | | 2596 | 6,9 |
| TOTAL | | | | | | | | | 37383 | 100,0 |

| Defeitos menores | datas de produção de produtos com peso da embalagem máximo de 320 g (linha varejo) de janeiro a março/2014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|------------|-------------|
| | Descrição do defeito | 6-jan | 7-jan | 8-jan | 9-jan | 10-jan | 13-jan | 14-jan | 16-jan | 17-jan | 20-jan | 21-jan | 22-jan | 30-jan | 31-jan | 7-fev | 8-fev | 10-fev | 17-fev | 18-fev | 28-fev | 5-mar |
| SELAGEM TORTA | 185 | 95 | 50 | 173 | 40 | 15 | 81 | 55 | 52 | 116 | 40 | 24 | 30 | 50 | 101 | 0 | 0 | 165 | 32 | 95 | 112 | 495 |
| DESALINHADA | 120 | 0 | 55 | 63 | 20 | 15 | 5 | 20 | 20 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 92 | 0 | 0 | 80 | 0 | 62 | 0 | 0 |
| DATA FORA DO PADRÃO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EMBALAGEM VAZIA | 80 | 35 | 45 | 35 | 42 | 30 | 10 | 65 | 15 | 45 | 30 | 6 | 15 | 30 | 0 | 30 | 46 | 195 | 30 | 100 | 158 | 262 |
| PESO BAIXO | 225 | 15 | 85 | 145 | 65 | 40 | 70 | 60 | 100 | 165 | 10 | 10 | 20 | 20 | 110 | 10 | 15 | 165 | 20 | 80 | 132 | 354 |
| FALTA DE MOLHO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 | 0 | 0 |
| FALTA DE CARNE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FALTA DE VEGETAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ENTUPIMENTO DO FUNIL | 0 | 15 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PESO ALTO | 235 | 15 | 50 | 105 | 70 | 45 | 75 | 70 | 115 | 110 | 50 | 10 | 30 | 15 | 55 | 5 | 21 | 105 | 12 | 26 | 82 | 470 |
| FALTA DE VÁCUO | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 610 | 160 | 235 | 456 | 167 | 100 | 166 | 200 | 187 | 326 | 90 | 40 | 80 | 100 | 517 | 40 | 61 | 605 | 82 | 405 | 402 | 1111 |

| Defeitos menores | datas de produção de produtos com peso da embalagem máximo de 320 g (linha varejo) de março a julho/2014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Descrição do defeito | 7-mar | 8-mar | 18-mar | 27-mar | 28-mar | 4-abr | 10-abr | 11-abr | 15-abr | 16-abr | 17-abr | 5-mai | 6-mar | 7-mai | 8-mai | 14-mai | 21-mai | 30-jun | 8-jul | 10-jul | 11-jul | 14-jul |
| SELAGEM TORTA | 42 | 110 | 207 | 225 | 205 | 57 | 0 | 0 | 28 | 215 | 0 | 64 | 279 | 120 | 60 | 164 | 185 | 0 | 64 | 60 | 155 | 232 |
| DESALINHADA | 0 | 0 | 196 | 73 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94 | 0 | 75 | 0 | 0 | 0 |
| DATA FORA DO PADRÃO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EMBALAGEM VAZIA | 7 | 40 | 129 | 174 | 0 | 40 | 508 | 273 | 70 | 90 | 166 | 103 | 46 | 20 | 45 | 110 | 140 | 172 | 190 | 32 | 246 | 480 |
| PESO BAIXO | 22 | 40 | 64 | 264 | 93 | 110 | 298 | 80 | 49 | 260 | 220 | 13 | 235 | 70 | 164 | 134 | 303 | 390 | 175 | 75 | 246 | 460 |
| FALTA DE MOLHO | 10 | 0 | 0 | 10 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 230 | 27 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 159 | 90 | 50 | 0 | 170 |
| FALTA DE CARNE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 115 | 34 | 190 | 220 |
| FALTA DE VEGETAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ENTUPIAMENTO DO FUNIL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 111 | 0 | 0 | 0 | 85 |
| PESO ALTO | 33 | 90 | 33 | 149 | 218 | 95 | 224 | 94 | 109 | 140 | 60 | 51 | 145 | 20 | 125 | 56 | 191 | 237 | 170 | 80 | 291 | 399 |
| FALTA DE VÁCUO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 | 87 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 81 | 190 | 596 | 746 | 378 | 207 | 806 | 353 | 207 | 695 | 616 | 207 | 560 | 210 | 269 | 428 | 722 | 832 | 709 | 251 | 837 | 1647 |

| Defeitos menores | datas de produção de produtos com peso da embalagem máximo de 320 g (linha varejo) de julho a outubro/2014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Descrição do defeito | 16-jul | 23-jul | 24-jul | 25-jul | 30-jul | 8-ago | 11-ago | 13-ago | 15-ago | 28-ago | 29-ago | 3-set | 4-set | 11-set | 1-out | 2-out | 3-out | 6-out | 7-out | 13-out | 14-out | 15-out |
| SELAGEM TORTA | 13 | 31 | 0 | 168 | 27 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 55 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 115 |
| DESALINHADA | 13 | 4 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DATA FORA DO PADRÃO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EMBALAGEM VAZIA | 2 | 79 | 95 | 22 | 0 | 105 | 67 | | | 165 | 155 | | 92 | 24 | 380 | 38 | 83 | 100 | 22 | 16 | 30 | 16 |
| PESO BAIXO | 0 | 60 | 211 | 140 | 0 | 161 | 64 | 41 | 61 | 138 | 81 | 10 | 93 | 0 | 227 | 102 | 180 | 286 | 24 | 0 | 280 | 120 |
| FALTA DE MOLHO | 0 | 12 | 65 | 0 | 0 | 74 | 56 | 6 | 0 | | 25 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FALTA DE CARNE | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 85 | 70 | 0 | 0 | 25 | 16 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FALTA DE VEGETAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ENTUPIAMENTO DO FUNIL | 0 | 25 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PESO ALTO | 4 | 17 | 120 | 75 | 0 | 140 | 91 | 45 | 57 | 125 | 64 | 20 | 53 | 13 | 170 | 53 | 29 | 157 | 6 | 105 | 177 | 58 |
| FALTA DE VÁCUO | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 28 | 261 | 397 | 330 | 27 | 525 | 257 | 47 | 61 | 328 | 297 | 10 | 255 | 34 | 607 | 140 | 263 | 386 | 46 | 16 | 410 | 251 |

| Defeitos menores | datas de produção de produtos com peso da embalagem máximo de 320 g (linha varejo) de outubro/2014 (continuação) | | | | | | | |
|----------------------|--|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| | 20-out | 21-out | 22-out | 24-out | 27-out | 28-out | 29-out | 30-out |
| SELAGEM TORTA | 0 | 0 | 110 | 0 | 0 | 149 | 0 | 0 |
| DESALINHADA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DATA FORA DO PADRÃO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EMBALAGEM VAZIA | 29 | 14 | 65 | 40 | 53 | 6 | 0 | 55 |
| PESO BAIXO | 19 | 263 | 378 | 27 | 40 | 45 | 32 | 135 |
| FALTA DE MOLHO | 0 | 0 | 0 | 28 | 11 | 29 | 29 | 0 |
| FALTA DE CARNE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FALTA DE VEGETAL | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ENTUPIMENTO DO FUNIL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PESO ALTO | 60 | 0 | 209 | 23 | 5 | 9 | 17 | 75 |
| FALTA DE VÁCUO | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 48 | 277 | 553 | 98 | 104 | 229 | 61 | 190 |

| Defeitos menores | total perdas janeiro a outubro/14 | |
|-----------------------------------|--|---------------|
| | Total | % |
| Descrição do defeito menor | | |
| PESO BAIXO | 9056 | 28,39 |
| PESO ALTO | 6909 | 21,66 |
| EMBALAGEM VAZIA | 6350 | 19,91 |
| SELAGEM TORTA | 5432 | 17,03 |
| FALTA DE CARNE | 871 | 2,73 |
| FALTA DE MOLHO | 1381 | 4,33 |
| DESALINHADA | 1131 | 3,55 |
| ENTUPIAMENTO DO FUNIL | 403 | 1,26 |
| FALTA DE VÁCUO | 261 | 0,82 |
| DATA FORA DO PADRÃO | 104 | 0,33 |
| FALTA DE VEGETAL | 3 | 0,01 |
| Total | 31901 | 100,00 |

| tipos de defeitos de selagem | total | % |
|-------------------------------------|--------------|------------|
| defeitos criticos | 37383 | 53,96 |
| defeitos menores | 31901 | 46,04 |
| total | 69284 | 100 |

ANEXO 5: RESULTADOS DO TESTE DE TRAÇÃO ANTES E DEPOIS DO PROCESSAMENTO TÉRMICO

| número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT | número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT |
|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 1 | 1 | 83,115 | 56,931 | 2 | 2 | 1 | 1 | 80,063 | 61,234 |
| 1 | 2 | 1 | 2 | 83,145 | 62,607 | 2 | 2 | 1 | 2 | 75,516 | 62,195 |
| 1 | 2 | 1 | 3 | 75,79 | 60,532 | 2 | 2 | 1 | 3 | 76,986 | 63,507 |
| 1 | 2 | 2 | 1 | 67,917 | 62,073 | 2 | 2 | 2 | 1 | 72,464 | 65,018 |
| 1 | 2 | 2 | 2 | 84,396 | 59,814 | 2 | 2 | 2 | 2 | 77,82 | 61,539 |
| 1 | 2 | 2 | 3 | 85,541 | 63,904 | 2 | 2 | 2 | 3 | 73,273 | 66,711 |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 82,565 | 52,902 | 2 | 2 | 3 | 1 | 58,029 | 57,526 |
| 1 | 2 | 3 | 2 | 75,76 | 55,634 | 2 | 2 | 3 | 2 | 54,199 | 42,648 |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 75,882 | 48,05 | 2 | 2 | 3 | 3 | 50,018 | 44,174 |
| 1 | 2 | 4 | 1 | 88,074 | 67,413 | 2 | 2 | 4 | 1 | 82,596 | 68,008 |
| 1 | 2 | 4 | 2 | 65,796 | 54,245 | 2 | 2 | 4 | 2 | 80,978 | 63,889 |
| 1 | 2 | 4 | 3 | 89,096 | 71,823 | 2 | 2 | 4 | 3 | 82,367 | 62,836 |
| 1 | 2 | 5 | 1 | 83,542 | 69,061 | 2 | 2 | 5 | 1 | 81,39 | 71,686 |
| 1 | 2 | 5 | 2 | 75,029 | 70,343 | 2 | 2 | 5 | 2 | 81,024 | 68,146 |
| 1 | 2 | 5 | 3 | 78,934 | 69,077 | 2 | 2 | 5 | 3 | 84,076 | 71,823 |
| 1 | 2 | 6 | 1 | 81,97 | 60,684 | 2 | 2 | 6 | 1 | 48,355 | 51,132 |
| 1 | 2 | 6 | 2 | 78,247 | 55,42 | 2 | 2 | 6 | 2 | 51,147 | 58,395 |
| 1 | 2 | 6 | 3 | 76,553 | 61,615 | 2 | 2 | 6 | 3 | 72,159 | 60,532 |
| 1 | 2 | 7 | 1 | 80,688 | 53,955 | 2 | 2 | 7 | 1 | 80,717 | 63,141 |
| 1 | 2 | 7 | 2 | 79,544 | 58,365 | 2 | 2 | 7 | 2 | 79,453 | 65,048 |
| 1 | 2 | 7 | 3 | 75,851 | 53,958 | 2 | 2 | 7 | 3 | 79,254 | 62,546 |
| 1 | 2 | 8 | 1 | 68,222 | 51,636 | 2 | 2 | 8 | 1 | 55,42 | 43,854 |
| 1 | 2 | 8 | 2 | 77,744 | 58,06 | 2 | 2 | 8 | 2 | 61,707 | 46,661 |
| 1 | 2 | 8 | 3 | 66,147 | 61,066 | 2 | 2 | 8 | 3 | 55,237 | 48,294 |
| 1 | 2 | 9 | 1 | 70,145 | 35,751 | 2 | 2 | 9 | 1 | 60,837 | 37,735 |
| 1 | 2 | 9 | 2 | 67,932 | 41,885 | 2 | 2 | 9 | 2 | 65,842 | 44,724 |
| 1 | 2 | 9 | 3 | 67,093 | 39,932 | 2 | 2 | 9 | 3 | 61,523 | 49,744 |
| 1 | 2 | 10 | 1 | 72,952 | 66,696 | 2 | 2 | 10 | 1 | 49,728 | 55,603 |
| 1 | 2 | 10 | 2 | 65,491 | 68,542 | 2 | 2 | 10 | 2 | 54,108 | 59,57 |
| 1 | 2 | 10 | 3 | 70,175 | 64,514 | 2 | 2 | 10 | 3 | 58,99 | 63,431 |
| 1 | 2 | 11 | 1 | 81,131 | 53,406 | 2 | 2 | 11 | 1 | 43,64 | 42,313 |
| 1 | 2 | 11 | 2 | 80,292 | 54,764 | 2 | 2 | 11 | 2 | 49,072 | 35,507 |
| 1 | 2 | 11 | 3 | 76,904 | 56,703 | 2 | 2 | 11 | 3 | 58,273 | 44,891 |
| 1 | 2 | 12 | 1 | 89,264 | 64,743 | 2 | 2 | 12 | 1 | 62,912 | 58,67 |
| 1 | 2 | 12 | 2 | 94,254 | 74,097 | 2 | 2 | 12 | 2 | 57,953 | 58,899 |
| 1 | 2 | 12 | 3 | 96,054 | 73,715 | 2 | 2 | 12 | 3 | 59,418 | 47,852 |

| número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT | número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT |
|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|
| 3 | 2 | 1 | 1 | 80,032 | 62,805 | 4 | 2 | 1 | 1 | 69,458 | 33,891 |
| 3 | 2 | 1 | 2 | 85,949 | 63,004 | 4 | 2 | 1 | 2 | 75,104 | 43,564 |
| 3 | 2 | 1 | 3 | 75,775 | 62,958 | 4 | 2 | 1 | 3 | 73,639 | 34,836 |
| 3 | 2 | 2 | 1 | 82,855 | 66,132 | 4 | 2 | 2 | 1 | 75,256 | 55,756 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 81,802 | 67,642 | 4 | 2 | 2 | 2 | 75,455 | 58,777 |
| 3 | 2 | 2 | 3 | 81,558 | 62,714 | 4 | 2 | 2 | 3 | 74,127 | 60,898 |
| 3 | 2 | 3 | 1 | 80,994 | 66,223 | 4 | 2 | 3 | 1 | 53,101 | 51,788 |
| 3 | 2 | 3 | 2 | 78,11 | 61,34 | 4 | 2 | 3 | 2 | 62,378 | 39,688 |
| 3 | 2 | 3 | 3 | 72,571 | 65,521 | 4 | 2 | 3 | 3 | 50,873 | 47,821 |
| 3 | 2 | 4 | 1 | 83,389 | 59,875 | 4 | 2 | 4 | 1 | 73,563 | 69,229 |
| 3 | 2 | 4 | 2 | 82,932 | 72,144 | 4 | 2 | 4 | 2 | 77,301 | 63,019 |
| 3 | 2 | 4 | 3 | 84,504 | 72,144 | 4 | 2 | 4 | 3 | 74,585 | 66,01 |
| 3 | 2 | 5 | 1 | 95,291 | 74,112 | 4 | 2 | 5 | 1 | 78,247 | 70,984 |
| 3 | 2 | 5 | 2 | 83,511 | 68,405 | 4 | 2 | 5 | 2 | 86,334 | 73,471 |
| 3 | 2 | 5 | 3 | 85,8 | 64,056 | 4 | 2 | 5 | 3 | 78,278 | 72,876 |
| 3 | 2 | 6 | 1 | 78,14 | 65,521 | 4 | 2 | 6 | 1 | 54,932 | 59,265 |
| 3 | 2 | 6 | 2 | 83,496 | 64,545 | 4 | 2 | 6 | 2 | 54,611 | 46,173 |
| 3 | 2 | 6 | 3 | 68,909 | 62,119 | 4 | 2 | 6 | 3 | 72,021 | 53,528 |
| 3 | 2 | 7 | 1 | 79,453 | 65,735 | 4 | 2 | 7 | 1 | 66,818 | 66,513 |
| 3 | 2 | 7 | 2 | 84,29 | 68,893 | 4 | 2 | 7 | 2 | 69,122 | 62,805 |
| 3 | 2 | 7 | 3 | 82,855 | 63,797 | 4 | 2 | 7 | 3 | 71,35 | 61,218 |
| 3 | 2 | 8 | 1 | 80,978 | 60,394 | 4 | 2 | 8 | 1 | 40,741 | 43,533 |
| 3 | 2 | 8 | 2 | 74,707 | 50,583 | 4 | 2 | 8 | 2 | 56,29 | 32,852 |
| 3 | 2 | 8 | 3 | 75,668 | 41,916 | 4 | 2 | 8 | 3 | 44,327 | 41,87 |
| 3 | 2 | 9 | 1 | 64,224 | 69,458 | 4 | 2 | 9 | 1 | 50,873 | 36,057 |
| 3 | 2 | 9 | 2 | 62,456 | 69,077 | 4 | 2 | 9 | 2 | 49,362 | 38,559 |
| 3 | 2 | 9 | 3 | 70,892 | 70,618 | 4 | 2 | 9 | 3 | 41,428 | 39,311 |
| 3 | 2 | 10 | 1 | 82,413 | 66,254 | 4 | 2 | 10 | 1 | 61,493 | 63,705 |
| 3 | 2 | 10 | 2 | 80,2 | 64,407 | 4 | 2 | 10 | 2 | 69,519 | 66,376 |
| 3 | 2 | 10 | 3 | 79,483 | 68,146 | 4 | 2 | 10 | 3 | 73,227 | 65,521 |
| 3 | 2 | 11 | 1 | 80,078 | 64,362 | 4 | 2 | 11 | 1 | 53,443 | 38,284 |
| 3 | 2 | 11 | 2 | 82,947 | 62,843 | 4 | 2 | 11 | 2 | 40,222 | 39,917 |
| 3 | 2 | 11 | 3 | 80,719 | 57,409 | 4 | 2 | 11 | 3 | 47,867 | 45,074 |
| 3 | 2 | 12 | 1 | 74,6 | 77,789 | 4 | 2 | 12 | 1 | 54,291 | 34,199 |
| 3 | 2 | 12 | 2 | 93,567 | 76,859 | 4 | 2 | 12 | 2 | 52,795 | 49,576 |
| 3 | 2 | 12 | 3 | 93,201 | 62,424 | 4 | 2 | 12 | 3 | 67,764 | 43,335 |

| número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT | número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT |
|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|
| 5 | 2 | 1 | 1 | 76,813 | 58,868 | 6 | 2 | 1 | 1 | 65,842 | 64,392 |
| 5 | 2 | 1 | 2 | 73,09 | 64,804 | 6 | 2 | 1 | 2 | 56,717 | 62,439 |
| 5 | 2 | 1 | 3 | 63,965 | 57,175 | 6 | 2 | 1 | 3 | 70,801 | 63,202 |
| 5 | 2 | 2 | 1 | 76,157 | 62,454 | 6 | 2 | 2 | 1 | 68,375 | 64,316 |
| 5 | 2 | 2 | 2 | 68,222 | 70,038 | 6 | 2 | 2 | 2 | 70,435 | 64,529 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 80,017 | 64,59 | 6 | 2 | 2 | 3 | 70,923 | 68,1 |
| 5 | 2 | 3 | 1 | 75,409 | 63,629 | 6 | 2 | 3 | 1 | 61,722 | 46,173 |
| 5 | 2 | 3 | 2 | 73,471 | 62,775 | 6 | 2 | 3 | 2 | 52,429 | 54,031 |
| 5 | 2 | 3 | 3 | 67,032 | 67,429 | 6 | 2 | 3 | 3 | 63,797 | 54,092 |
| 5 | 2 | 4 | 1 | 73,395 | 70,496 | 6 | 2 | 4 | 1 | 80,49 | 70,801 |
| 5 | 2 | 4 | 2 | 77,805 | 66,177 | 6 | 2 | 4 | 2 | 74,249 | 69,778 |
| 5 | 2 | 4 | 3 | 57,129 | 68,832 | 6 | 2 | 4 | 3 | 65,567 | 68,237 |
| 5 | 2 | 5 | 1 | 80,154 | 72,479 | 6 | 2 | 5 | 1 | 69,229 | 76,279 |
| 5 | 2 | 5 | 2 | 79,971 | 74,265 | 6 | 2 | 5 | 2 | 69,351 | 73,09 |
| 5 | 2 | 5 | 3 | 78,125 | 78,094 | 6 | 2 | 5 | 3 | 77,164 | 71,426 |
| 5 | 2 | 6 | 1 | 70,648 | 64,27 | 6 | 2 | 6 | 1 | 51,773 | 61,249 |
| 5 | 2 | 6 | 2 | 65,353 | 59,723 | 6 | 2 | 6 | 2 | 74,02 | 59,784 |
| 5 | 2 | 6 | 3 | 78,903 | 68,848 | 6 | 2 | 6 | 3 | 70,526 | 51,727 |
| 5 | 2 | 7 | 1 | 78,674 | 59,433 | 6 | 2 | 7 | 1 | 61,752 | 63,904 |
| 5 | 2 | 7 | 2 | 72,372 | 61,035 | 6 | 2 | 7 | 2 | 69,595 | 61,417 |
| 5 | 2 | 7 | 3 | 74,249 | 66,849 | 6 | 2 | 7 | 3 | 66,025 | 67,337 |
| 5 | 2 | 8 | 1 | 58,853 | 53,589 | 6 | 2 | 8 | 1 | 63,385 | 53,955 |
| 5 | 2 | 8 | 2 | 61,966 | 54,688 | 6 | 2 | 8 | 2 | 59,341 | 61,722 |
| 5 | 2 | 8 | 3 | 55,344 | 51,453 | 6 | 2 | 8 | 3 | 66,406 | 60,593 |
| 5 | 2 | 9 | 1 | 62,958 | 52,811 | 6 | 2 | 9 | 1 | 58,136 | 50,995 |
| 5 | 2 | 9 | 2 | 63,354 | 44,327 | 6 | 2 | 9 | 2 | 62,531 | 48,447 |
| 5 | 2 | 9 | 3 | 63,165 | 52,551 | 6 | 2 | 9 | 3 | 58,06 | 50,583 |
| 5 | 2 | 10 | 1 | 74,753 | 63,202 | 6 | 2 | 10 | 1 | 77,469 | 61,234 |
| 5 | 2 | 10 | 2 | 69,473 | 66,147 | 6 | 2 | 10 | 2 | 57,541 | 59,57 |
| 5 | 2 | 10 | 3 | 73,486 | 67,139 | 6 | 2 | 10 | 3 | 72,403 | 63,69 |
| 5 | 2 | 11 | 1 | 65,933 | 62,683 | 6 | 2 | 11 | 1 | 73,486 | 52,714 |
| 5 | 2 | 11 | 2 | 62,027 | 63,644 | 6 | 2 | 11 | 2 | 71,518 | 55,873 |
| 5 | 2 | 11 | 3 | 59,158 | 64,087 | 6 | 2 | 11 | 3 | 62,988 | 55,458 |
| 5 | 2 | 12 | 1 | 61,844 | 69,656 | 6 | 2 | 12 | 1 | 65,933 | 66,36 |
| 5 | 2 | 12 | 2 | 69,046 | 72,739 | 6 | 2 | 12 | 2 | 73,41 | 63,98 |
| 5 | 2 | 12 | 3 | 80,841 | 76,721 | 6 | 2 | 12 | 3 | 79,834 | 72,678 |

| número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT | número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT |
|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 87,494 | 81,009 | 2 | 1 | 1 | 1 | 84,641 | 67,444 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 93,43 | 75,607 | 2 | 1 | 1 | 2 | 86,746 | 66,254 |
| 1 | 1 | 1 | 3 | 83,786 | 76,767 | 2 | 1 | 1 | 3 | 84,641 | 79,987 |
| 1 | 1 | 2 | 1 | 87,738 | 78,247 | 2 | 1 | 2 | 1 | 92,575 | 81,116 |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 91,056 | 89,432 | 2 | 1 | 2 | 2 | 94,36 | 61,798 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 92,682 | 61,584 | 2 | 1 | 2 | 3 | 88,593 | 68,054 |
| 1 | 1 | 3 | 1 | 91,888 | 78,323 | 2 | 1 | 3 | 1 | 87,158 | 83,405 |
| 1 | 1 | 3 | 2 | 89,401 | 76,111 | 2 | 1 | 3 | 2 | 86,884 | 78,003 |
| 1 | 1 | 3 | 3 | 90,286 | 77,225 | 2 | 1 | 3 | 3 | 84,427 | 66,757 |
| 1 | 1 | 4 | 1 | não selou | 77,879 | 2 | 1 | 4 | 1 | 89,966 | 79,865 |
| 1 | 1 | 4 | 2 | não selou | 77,805 | 2 | 1 | 4 | 2 | 87,387 | 76,492 |
| 1 | 1 | 4 | 3 | não selou | 80,978 | 2 | 1 | 4 | 3 | 89,355 | 72,22 |
| 1 | 1 | 5 | 1 | 89,92 | 58,899 | 2 | 1 | 5 | 1 | 87,021 | 63,309 |
| 1 | 1 | 5 | 2 | 83,323 | 78,873 | 2 | 1 | 5 | 2 | 103,531 | 61,92 |
| 1 | 1 | 5 | 3 | 93,745 | 75,699 | 2 | 1 | 5 | 3 | 93,613 | 75,378 |
| 1 | 1 | 6 | 1 | 76,308 | 57,159 | 2 | 1 | 6 | 1 | 76,004 | 53,457 |
| 1 | 1 | 6 | 2 | 81,375 | 56,702 | 2 | 1 | 6 | 2 | 72,159 | 53,391 |
| 1 | 1 | 6 | 3 | 85,373 | 59,036 | 2 | 1 | 6 | 3 | 60,73 | 54,901 |
| 1 | 1 | 7 | 1 | 84,417 | 72,662 | 2 | 1 | 7 | 1 | 68,649 | 73,654 |
| 1 | 1 | 7 | 2 | 87,967 | 71,35 | 2 | 1 | 7 | 2 | 80,017 | 73,883 |
| 1 | 1 | 7 | 3 | 87,006 | 66,879 | 2 | 1 | 7 | 3 | 86,838 | 72,556 |
| 1 | 1 | 8 | 1 | 92,773 | 77,408 | 2 | 1 | 8 | 1 | 83,496 | 75,363 |
| 1 | 1 | 8 | 2 | 88,318 | 79,727 | 2 | 1 | 8 | 2 | 81,268 | 81,528 |
| 1 | 1 | 8 | 3 | 91,949 | 77,286 | 2 | 1 | 8 | 3 | 82,84 | 67,398 |
| 1 | 1 | 9 | 1 | 88,51 | 79,071 | 2 | 1 | 9 | 1 | 86,578 | 63,736 |
| 1 | 1 | 9 | 2 | 89,646 | 78,781 | 2 | 1 | 9 | 2 | 82,916 | 67,596 |
| 1 | 1 | 9 | 3 | 87,239 | 75,104 | 2 | 1 | 9 | 3 | 91,324 | 70,877 |
| 1 | 1 | 10 | 1 | 87,067 | 80,124 | 2 | 1 | 10 | 1 | 98,129 | 78,766 |
| 1 | 1 | 10 | 2 | 88,316 | 80,414 | 2 | 1 | 10 | 2 | 87,128 | 75,485 |
| 1 | 1 | 10 | 3 | 89,539 | 74,615 | 2 | 1 | 10 | 3 | 88,577 | 83,71 |
| 1 | 1 | 11 | 1 | 91,766 | 78,735 | 2 | 1 | 11 | 1 | 80,368 | 76,279 |
| 1 | 1 | 11 | 2 | 85,007 | 78,156 | 2 | 1 | 11 | 2 | 80,902 | 80,154 |
| 1 | 1 | 11 | 3 | 74,86 | 73,349 | 2 | 1 | 11 | 3 | 83,694 | 77,728 |
| 1 | 1 | 12 | 1 | 97,198 | 72,876 | 2 | 1 | 12 | 1 | 82,458 | 76,63 |
| 1 | 1 | 12 | 2 | 93,781 | 71,567 | 2 | 1 | 12 | 2 | 86,395 | 62,607 |
| 1 | 1 | 12 | 3 | 92,407 | 68,268 | 2 | 1 | 12 | 3 | 85,373 | 70,435 |

| número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT | número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT |
|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|
| 3 | 1 | 1 | 1 | 86,7 | 62,119 | 4 | 1 | 1 | 1 | 89,725 | 65,475 |
| 3 | 1 | 1 | 2 | 95,978 | 84,793 | 4 | 1 | 1 | 2 | 86,349 | 72,2 |
| 3 | 1 | 1 | 3 | 89,05 | 58,426 | 4 | 1 | 1 | 3 | 89,752 | 79,758 |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 84,915 | 67,2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 77,82 | 76,529 |
| 3 | 1 | 2 | 2 | 80,017 | 63,782 | 4 | 1 | 2 | 2 | 81,558 | 60,104 |
| 3 | 1 | 2 | 3 | 86,975 | 80,994 | 4 | 1 | 2 | 3 | 77,82 | 76,529 |
| 3 | 1 | 3 | 1 | 83,786 | 61,31 | 4 | 1 | 3 | 1 | 86,166 | 83,099 |
| 3 | 1 | 3 | 2 | 88,501 | 80,75 | 4 | 1 | 3 | 2 | 82,886 | 72,357 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 83,267 | 81,192 | 4 | 1 | 3 | 3 | 83,649 | 65,552 |
| 3 | 1 | 4 | 1 | 84,747 | 81,268 | 4 | 1 | 4 | 1 | 89,188 | 47,073 |
| 3 | 1 | 4 | 2 | 94,742 | 85,281 | 4 | 1 | 4 | 2 | 85,464 | 79,671 |
| 3 | 1 | 4 | 3 | 98,633 | 77,225 | 4 | 1 | 4 | 3 | 84,534 | 79,651 |
| 3 | 1 | 5 | 1 | 78,217 | 53,558 | 4 | 1 | 5 | 1 | 76,996 | 74,829 |
| 3 | 1 | 5 | 2 | 80,292 | 53,238 | 4 | 1 | 5 | 2 | 87,631 | 77,072 |
| 3 | 1 | 5 | 3 | 88,791 | 57,724 | 4 | 1 | 5 | 3 | 73,837 | 71,96 |
| 3 | 1 | 6 | 1 | 76,416 | 57,053 | 4 | 1 | 6 | 1 | 74,234 | 77,011 |
| 3 | 1 | 6 | 2 | 77,744 | 79,33 | 4 | 1 | 6 | 2 | 79,636 | 77,225 |
| 3 | 1 | 6 | 3 | 81,161 | 66,452 | 4 | 1 | 6 | 3 | 77,133 | 60,749 |
| 3 | 1 | 7 | 1 | 78,949 | 70,786 | 4 | 1 | 7 | 1 | 95,123 | 60,577 |
| 3 | 1 | 7 | 2 | 93,964 | 76,172 | 4 | 1 | 7 | 2 | 78,568 | 59,952 |
| 3 | 1 | 7 | 3 | 87,311 | 72,479 | 4 | 1 | 7 | 3 | 81,253 | 57,922 |
| 3 | 1 | 8 | 1 | 69,379 | 81,055 | 4 | 1 | 8 | 1 | 83,984 | 78,308 |
| 3 | 1 | 8 | 2 | 73,944 | 79,941 | 4 | 1 | 8 | 2 | 87,036 | 80,429 |
| 3 | 1 | 8 | 3 | 70,099 | 79,712 | 4 | 1 | 8 | 3 | 94,528 | 78,552 |
| 3 | 1 | 9 | 1 | 83,74 | 66,559 | 4 | 1 | 9 | 1 | 82,526 | 71,426 |
| 3 | 1 | 9 | 2 | 69,275 | 64,728 | 4 | 1 | 9 | 2 | 77,499 | 66,696 |
| 3 | 1 | 9 | 3 | 73,166 | 80,719 | 4 | 1 | 9 | 3 | 83,984 | 75,378 |
| 3 | 1 | 10 | 1 | 73,761 | 69,687 | 4 | 1 | 10 | 1 | 80,475 | 64,758 |
| 3 | 1 | 10 | 2 | 85,251 | 62,851 | 4 | 1 | 10 | 2 | 84,854 | 57,083 |
| 3 | 1 | 10 | 3 | 70,313 | 63,416 | 4 | 1 | 10 | 3 | 82,001 | 74,539 |
| 3 | 1 | 11 | 1 | 77,515 | 66,925 | 4 | 1 | 11 | 1 | 73,624 | 84,9 |
| 3 | 1 | 11 | 2 | 82,855 | 63,751 | 4 | 1 | 11 | 2 | 73,074 | 59,128 |
| 3 | 1 | 11 | 3 | 80,963 | 73,532 | 4 | 1 | 11 | 3 | 66,513 | 52,765 |
| 3 | 1 | 12 | 1 | 73,669 | 67,123 | 4 | 1 | 12 | 1 | 74,539 | 85,907 |
| 3 | 1 | 12 | 2 | 86,151 | 60,074 | 4 | 1 | 12 | 2 | 73,669 | 66,162 |
| 3 | 1 | 12 | 3 | 78,217 | 69,931 | 4 | 1 | 12 | 3 | 76,233 | 79,697 |

| número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT | número do teste | Repetição | câmara selagem | tira | Tração selo antes PT | Tração selo depois PT |
|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------|----------------|------|----------------------|-----------------------|
| 5 | 1 | 1 | 1 | 87,509 | 68,787 | 6 | 1 | 1 | 1 | 85,22 | 72,784 |
| 5 | 1 | 1 | 2 | 86,38 | 67,596 | 6 | 1 | 1 | 2 | 89 | 75,79 |
| 5 | 1 | 1 | 3 | 84,503 | 88,638 | 6 | 1 | 1 | 3 | 86,611 | 71,198 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 77,271 | 61,813 | 6 | 1 | 2 | 1 | 90,164 | 71,167 |
| 5 | 1 | 2 | 2 | 94,849 | 63,812 | 6 | 1 | 2 | 2 | 95,993 | 71,594 |
| 5 | 1 | 2 | 3 | 94,772 | 78,201 | 6 | 1 | 2 | 3 | 85,449 | 74,982 |
| 5 | 1 | 3 | 1 | 85,846 | 71,381 | 6 | 1 | 3 | 1 | 86,258 | 73,288 |
| 5 | 1 | 3 | 2 | 84,473 | 74,265 | 6 | 1 | 3 | 2 | 85,526 | 73,364 |
| 5 | 1 | 3 | 3 | 91,537 | 60,318 | 6 | 1 | 3 | 3 | 85,526 | 76,645 |
| 5 | 1 | 4 | 1 | 85,861 | 76,981 | 6 | 1 | 4 | 1 | 89,874 | 53,604 |
| 5 | 1 | 4 | 2 | 83,328 | 61,63 | 6 | 1 | 4 | 2 | 89,05 | 76,813 |
| 5 | 1 | 4 | 3 | 86,578 | 75,974 | 6 | 1 | 4 | 3 | 85,587 | 67,291 |
| 5 | 1 | 5 | 1 | 70,114 | 68,985 | 6 | 1 | 5 | 1 | 90,332 | 77,026 |
| 5 | 1 | 5 | 2 | 84,518 | 49,759 | 6 | 1 | 5 | 2 | 86,609 | 64,27 |
| 5 | 1 | 5 | 3 | 93,033 | 69,687 | 6 | 1 | 5 | 3 | 92,819 | 78,018 |
| 5 | 1 | 6 | 1 | 81,833 | 65,262 | 6 | 1 | 6 | 1 | 72,128 | 54,729 |
| 5 | 1 | 6 | 2 | 81,512 | 70,801 | 6 | 1 | 6 | 2 | 78,033 | 52,185 |
| 5 | 1 | 6 | 3 | 83,489 | 68,848 | 6 | 1 | 6 | 3 | 75,195 | 61,127 |
| 5 | 1 | 7 | 1 | 83,725 | 77,484 | 6 | 1 | 7 | 1 | 89,111 | 69,473 |
| 5 | 1 | 7 | 2 | 80,261 | 68,008 | 6 | 1 | 7 | 2 | 84,244 | 76,63 |
| 5 | 1 | 7 | 3 | 82,184 | 69,855 | 6 | 1 | 7 | 3 | 87,173 | 62,531 |
| 5 | 1 | 8 | 1 | 92,972 | 68,069 | 6 | 1 | 8 | 1 | 90,515 | 72,144 |
| 5 | 1 | 8 | 2 | 89,172 | 74,768 | 6 | 1 | 8 | 2 | 90,103 | 66,055 |
| 5 | 1 | 8 | 3 | 89,478 | 71,701 | 6 | 1 | 8 | 3 | 90,668 | 59,814 |
| 5 | 1 | 9 | 1 | 87,143 | 82,886 | 6 | 1 | 9 | 1 | 94,238 | 78,43 |
| 5 | 1 | 9 | 2 | 88,273 | 81,039 | 6 | 1 | 9 | 2 | 91,11 | 77,957 |
| 5 | 1 | 9 | 3 | 89,874 | 83,893 | 6 | 1 | 9 | 3 | 91,278 | 77,209 |
| 5 | 1 | 10 | 1 | 88,135 | 76,309 | 6 | 1 | 10 | 1 | 89,615 | 53,452 |
| 5 | 1 | 10 | 2 | 87,265 | 79,315 | 6 | 1 | 10 | 2 | 89,645 | 64,209 |
| 5 | 1 | 10 | 3 | 90,576 | 79,59 | 6 | 1 | 10 | 3 | 94,284 | 73,105 |
| 5 | 1 | 11 | 1 | 86,105 | 73,09 | 6 | 1 | 11 | 1 | 88,331 | 64,392 |
| 5 | 1 | 11 | 2 | 78,049 | 76,248 | 6 | 1 | 11 | 2 | 88,425 | 45,303 |
| 5 | 1 | 11 | 3 | 80,994 | 65,628 | 6 | 1 | 11 | 3 | 86,609 | 63,705 |
| 5 | 1 | 12 | 1 | 93,109 | 76,782 | 6 | 1 | 12 | 1 | 90,938 | 74,173 |
| 5 | 1 | 12 | 2 | 90,607 | 62,912 | 6 | 1 | 12 | 2 | 90,927 | 77,194 |
| 5 | 1 | 12 | 3 | 90,683 | 70,709 | 6 | 1 | 12 | 3 | 90,012 | 78,888 |

ANEXO 6: RESULTADOS DO TESTE DE TRAÇÃO ANTES E DEPOIS DO PROCESSAMENTO TÉRMICO UTILIZADOS PARA A ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)

| velocidade selagem (pouches/minuto) | tempo selagem (segundos) | Tração do selo (N) | |
|--|-----------------------------|--------------------|--------|
| | | antes | depois |
| 40 | 0,98 | 86,79 | 72,89 |
| 40 | 0,93 | 88,50 | 74,06 |
| 40 | 0,93 | 78,09 | 59,28 |
| 35 | 0,98 | 81,90 | 70,03 |
| 40 | 0,96 | 87,96 | 68,90 |
| 35 | 0,96 | 66,02 | 56,38 |
| 35 | 0,96 | 85,19 | 71,45 |
| 35 | 0,93 | 82,38 | 71,90 |
| 40 | 0,96 | 67,03 | 61,50 |
| 40 | 0,98 | 70,09 | 63,83 |
| 35 | 0,93 | 63,06 | 51,95 |
| 35 | 0,98 | 80,23 | 65,06 |