

EVERSON LIMA FERNANDES

**OTIMIZAÇÃODO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMBALAGENS DE
PAPELÃO COM LÓGICA *FUZZY***

**MANAUS – AM
2022**

EVERSON LIMA FERNANDES

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMBALAGENS DE
PAPELÃO COM LÓGICA FUZZY**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental - PPG.EGPSA, do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia- ITEGAM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. David Barbosa de Alencar

**MANAUS – AM
2022**

EVERSON LIMA RODRIGUES

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMBALAGENS DE
PAPELÃO COM LÓGICA FUZZY**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – ITEGAM.

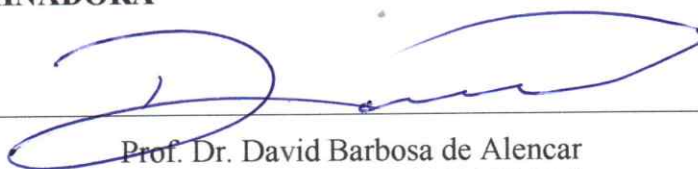
Manaus-AM, 24 de agosto de 2022.



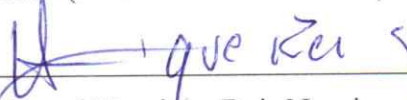
Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite

Coordenador do PPG.EGPSA - ITEGAM

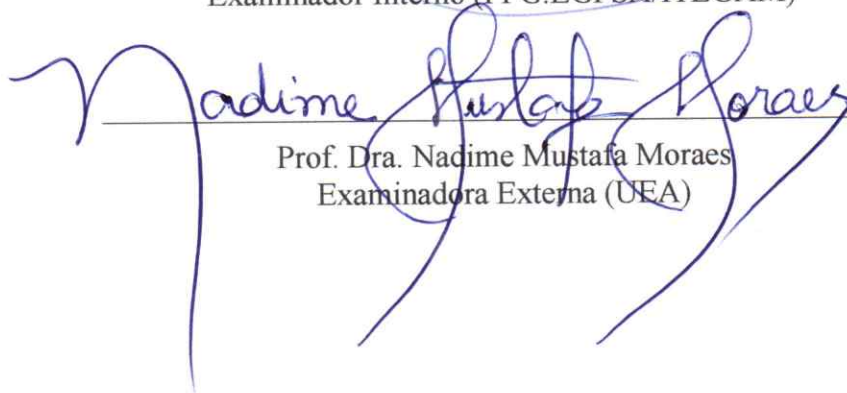
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. David Barbosa de Alencar
Orientador (PPG.EGPSA/ITEGAM)



Prof. Dr. Manoel Henrique Reis Nascimento
Examinador Interno (PPG.EGPSA/ITEGAM)



Prof. Dra. Nadime Mustafa Moraes
Examinadora Externa (UEA)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Biblioteca do ITEGAM

Fernandes, Everson Lima, 2022 - OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMBALAGENS DE PAPELÃO COM LÓGICA FUZZY / Everson Lima Fernandes - 2022. 62 f., il: Colorido

Orientador: Dr. David Barbosa de Alencar

Dissertação: Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, Programa de Pós Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (PPG-EGPSA), Manaus - AM, 2022.

1. Papelão 2. Desenvolvimento de Embalagens 3. Lógica Fuzzy

CDD - 1001.ed.2022.40

AGRADECIMENTOS

As minhas Filhas, Tércia, Everlin e Mariana, pela felicidade que suas existências me proporcionam todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Paulo Fernandes e Maria Luiza Fernandes, pela educação e contribuição que dão aos meus estudos.

Ao Professor Dr. David Barbosa de Alencar, por sua paciência e seu excelente suporte na orientação desse mestrado.

A todos os professores do ITEGAM, por todo conhecimento valioso compartilhado.

A todos os amigos e colegas do grupo TPV pelo companheirismo e apoio durante todo o processo de formação.

A todos, minha singela gratidão!

Epígrafe

‘Eu não creio que exista algo mais emocionante para o coração humano do que a emoção sentida pelo inventor quando ele vê alguma criação da mente se tornando algo de sucesso. Essas emoções fazem o homem esquecer comida, sono, amigos amor, tudo.’

Nikola Tesla

Dedicatória

Aos meus pais Paulo Fernandes e Maria Luiza Fernandes, irmãos Emerson e Cintia Fernandes, minhas filhas Tércia, Everlin e Mariana e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que esse sonho fosse realizado.

RESUMO

FERNANDES, Everson Lima. Otimização do Processo de Fabricação de Embalagens de Papelão com Lógica *Fuzzy*. 2022. F.62. Dissertação do programa de pós-graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (EGPSA), Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2022.

Este estudo surgiu a partir da necessidade de atender a demanda de fabricação de monitores de LCD com embalagens de papelão, com menor complexidade de montagem, reduzindo de forma substancial a quantidade de dobras nas embalagens, em decorrência do emprego de grande quantidade de colabores envolvidos na montagem de caixas de papelão padrão. O foco do trabalho é diretamente na redução da quantidade de dobras das caixas, mantendo os *layouts* de fábrica atuais e obedecendo aos requisitos básicos de dimensional, geometria resistência mecânica, e critérios de aceitação de clientes, (testes de qualidade). Os métodos utilizados para os fins da pesquisa foram exploratórios e descritivos, tendo como instrumento de pesquisa aplicado em forma de observação e análise nas diversas etapas do desenvolvimento do projeto de embalagem, propondo uma nova abordagem no conceito de caixas que atendesse de forma menos complexa às necessidades modernas de produção e desenvolvimento. Nesse caso, propomos com a lógica *Fuzzy*, validar os resultados obtidos com os novos layouts de caixas, bem como outras recomendações pertinentes ao proposto estudo, criando subsídios para responder o problema levantado.

Palavras Chave: Papelão; Desenvolvimento de Embalagens; Lógica *Fuzzy*.

ABSTRACT

FERNANDES, Everson Lima. Application of OCRA Tools and Fuzzy Logic in the Development of Cardboard Packaging for LCD Monitors. 2022. F.62. Dissertation of the postgraduate program in Engineering, Process, Systems and Environmental Management (EGPSA), Galileo Institute of Technology and Education of the Amazon (ITEGAM), Manaus/Am, 2022.

This study arose from the need to meet the demand for manufacturing monitors at a lower cost than initially budgeted, with the assembly of the new corrugated cardboard packaging, complying with the requirements established by the client DELL and with a reduced staff of 42 employees to a maximum of 08 people in the assembly process. The methods used for the purposes of the research were exploratory and descriptive, having as a research instrument applied in the form of observation in the various stages and aimed to present a production feasibility study in the development of corrugated cardboard packaging for LCD monitors used in computers, respecting the ergonomic rules of the OCRA tool and using Fuzzy logic, in the development of cardboard packaging, which contain a high level of manufacturing and assembly complexity in the company, totally eliminating the current packaging standard, which contains cardboard boxes, styrofoam and poly bubble bag in the company, as well as other recommendations relevant to the proposed study, creating subsidies to answer the problem raised.

Keywords: Corrugated Cardboard; OCRA method; Packaging Development; Fuzzy Logic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Ciclo de Vida Papelão Ondulado.....	24
Figura 2.2 – Chapas de Papelão ondulado.....	25
Figura 2.3 – Bobina de Papelão Ondulado.....	26
Figura 2.4 – Entrada do Papel na ondulateira e Processo de formação da Chapa.....	27
Figura 2.5 – Fluxograma do processo de papelão ondulado.....	28
Figura 2.6 – Diagrama Esquemático de uma ondulateira.....	29
Figura 2.7 – Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	35
Figura 3.1 – Caixa de Papelão Ondulado.....	39
Figura 3.2 – Desenho de calço de Papelão Ondulado.....	39
Figura 3.3 – Fluxograma de Desenvolvimento do projeto	41
Figura 4.1 – Diagrama de Montagem de Caixas de alta Qtde., de dobras.....	44
Figura 4.2 – Diagrama Esquemático de Fluxo de Prod. de caixas de alta quant. de Montagem Processo Original.....	45
Figura 4.3 – Diagrama esquemático de Fluxo de Produção de Caixas.....	47
Figura 4.4 – Plotter Fabricando Amostra de Caixa.....	48
Figura 4.5 – Caixa Planificada após o Corte na Plotter.....	49
Figura 4.6 – Sistema Fuzzy para a avaliação de dobras de caixas.....	51
Figura 4.7 – Análise Conjunto Caixa/Calço com Quant. Dobras.....	51
Figura 4.8 – Condição de Dobra média entre caixa/calço.....	52
Figura 4.9 – Condição de Dobra máxima entre caixa/calço.....	52
Figura 4.10 – Condição de Dobra mínima entre caixa/calço.....	53
Figura 4.11 – Cond. de Dobra máxima de caixa e dobra mín. de calço.....	53
Figura 4.12 – Laudo Teste Empilhamento Caixa baixa Complexidade de Montagem.....	55
Figura 4.13 – Máquina de <i>Drop Test</i> (Teste de Queda)	56

Figura 4.14 – Caixa Deformada após Teste de Queda.....	56
Figura 4.15 – Laudo de Aprovação - Teste de Queda e Vibração.....	57
Figura 4.16 – Máquina de Vibração em Atividade.....	58
Figura 4.17 – Diagrama Esquemático Fluxo Produção Caixa redução de dobras.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Materiais de apoio utilizados no estudo.....	38
Tabela 4.1 – Somatória dobras Caixa/Calços papelão dos monitores de LCD.....	46
Tabela 4.2 – Critério de avaliação de dobras do conjunto caixa/calço.....	50
Tabela 4.3 – Regras de Inferência Para Dobras.....	50

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 – Interpretação visual tabela Dobras de Caixas.....	46
Gráfico 4.2 – Ganho percentual comparativo novo desenho caixas.....	60

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	20
1 INTRODUÇÃO	20
1.1 JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO	21
1.2 OBJETIVOS	22
1.2.1 Geral.....	22
1.2.2 Específicos.....	22
1.3 ESCOPO DO TRABALHO.....	22
CAPÍTULO 2	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PAPELÃO ONDULADO.....	23
2.1.1 O Ciclo do Papel Ondulado.....	24
2.1.2 A Estrutura e a Embalagem de Papelão Ondulado.....	25
2.2 PAPELÃO OND. ATENDE AS NECES DOS CLIENTES.....	29
2.2.1 Atendendo as Necessidades de Proteção ao Produto.....	30
2.3 HISTÓRIA DAS EMBALAGENS.....	30
2.4 PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS.....	31
2.4.1 Planejamento de Projeto e Desenvolvimento.....	31
2.4.2 Condições de Armazenagem da Embalagem e do Produto Acabado.....	32
2.4.3 Medição e Controle por meios de Instrumentação.....	32
2.5 CONCEITO DE LÓGICA <i>FUZZY</i>	34
2.6 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA.....	36
CAPÍTULO 3	37
3 MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 MATERIAIS.....	37
3.2 MÉTODOS.....	39
3.3 FASES DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	41

CAPÍTULO 4	43
4 APLICAÇÃO E ESTUDO DE CASO	43
4.2 DESENVOLVIMENTO LOCAL DO PROJETO.....	47
4.3 OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DE DOBRAS UTILIZANDO LÓGICA <i>FUZZY</i>	48
4.4 VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO NO FABRIC. DE MONITORES).....	53
4.5 VALIDAÇÃO DO PROCESSO.....	57
4.6 RESULTADOS OBTIDOS	58
CAPÍTULO 5	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
5.1 CONCLUSÕES	60
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	61
5.3 REFERÊNCIA	63

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da globalização o mercado vem passando por intensas transformações, tornando-se inquieto o que exige das empresas a serem criativas, ágeis, flexíveis e tendo que se adaptar a diversos tipos de culturas, sem dúvida, uma tarefa desafiadora para os executivos em todo o mundo, exigindo maiores esforços para obter a sua permanência no mercado. E um dos grandes desafios da sociedade atual é produzir bens e serviços com o menor custo, com menor impacto ambiental possível, com alta qualidade, gerando emprego e renda, reduzindo a utilização de recursos naturais.

A lógica *Fuzzy* têm sido cada vez mais empregadas em condições que envolvam informações que carregam a complexidade da comunicação humana, que vão desde controles simples de eletrodomésticos a controles de satélites, de transações financeiras a estudos da medicina, com a tendência de crescerem principalmente nos estudos híbridos que incorporam abordagens conexionistas e evolutivas (MERIGÓ, LAFUENTE, YAGER, 2015).

A embalagem tem como objetivo o armazenamento, a proteção, a preservação e zelar pela segurança no manuseio e no transporte do produto. O embalar do produto garante a integridade do produto até o consumidor final. Tendo como aliado a tecnologia que possibilita o uso de diversos tipos de materiais, proporcionado excelente qualidade, com custos reduzidos tanto para quem vende como para quem consome.

A embalagem é o elo entre o consumidor e o produto a ser adquirido por ele, é necessário que a embalagem apresente sempre boas condições, um bom *design*, sendo parte de um conjunto de fatores que fazem as pessoas notarem determinado produto para que o mesmo seja comercializado (VIEIRA, 2016).

A embalagem tornou-se instrumento determinante para atender à sociedade em suas necessidades de alimentação, saúde, conveniência, proporcionando produtos com segurança e informação para o bem-estar das pessoas, admitindo a acessibilidade a produtos perecíveis, frágeis, de alto ou baixo valor agregado.

Para ABPO (Associação Brasileira de Papelão Ondulado), o papelão ondulado é uma estrutura formada por um ou mais elementos ondulados, chamados de “miolo”, fixados a um ou mais elementos planos, chamados de “capa”, por meio de adesivo aplicado no topo das

ondas. Tanto o “miolo” quanto a “capa” são obtidos a partir de fibras virgens de celulose, matéria-prima renovável ou de papel reciclado.

A melhoria do processo de fabricação de embalagens de papelão reduzindo a quantidade de dobras e otimizando o processo é o problema abordado neste trabalho.

1.1 JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO

Os monitores de computador são fabricados desde o início da revolução tecnológica, comercializados desde a década de 70, onde iniciou um grande incremento da indústria mundial.

A produção de monitores no Polo Industrial de Manaus, teve início dos anos 2000, e atua de forma bastante significativa no faturamento das empresas de eletroeletrônicos.

Devido ao aumento da demanda da produção de monitores, e conseqüentemente a necessidade premente de melhorias nos processos produtivos, que trouxessem soluções diferenciais e tecnológicas, em relação aos concorrentes, objetivando dessa forma, a simplificação de produtos/processos. Surgiu a necessidade de otimização dos projetos de embalagem de monitores, que garantisse a aceitação do cliente final, qualidade assegurada e menor complexidade de montagem.

Nos referimos as embalagens de papelão de monitores para computador, onde são fabricados por uma empresa multinacional instalada no Polo Industrial de Manaus.

Diante desse exposto, observa-se a grande variedade de soluções nos *designs* das embalagens, objetivando torna-las, mais práticas e com menor valor agregador, respeitando as suas características básicas. Dessa necessidade a lógica *fuzzy*, contribui na otimização do projeto dessas embalagens.

A engenharia deve sempre pensar no sistema como um todo, mas avaliando todas as etapas de um produto, desde a ideia inicial até o produto final com a aceitação do cliente. Não é mais possível um produto ter funcionalidade, qualidade intrínseca e *design* inovador se o processo de fabricação é por vezes arcaico lento, instável e oneroso.

Esse trabalho aborda a condição de uma nova embalagem que adequa à situação informada, no que tange a sua funcionalidade e, onde havia grande oportunidades de melhorias no seu *design* de projeto, que otimizaria o processo de produção da embalagem e manufatura do produto final.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Implementar um modelo fuzzy na melhoria e viabilidade de produção no desenvolvimento local de embalagem de papelão ondulado para monitores de LCD usados em computadores.

1.2.2 Específicos

Identificar os pontos críticos referentes ao projeto adequando às normas de fabricação da empresa e cliente.

Atendendo a nova embalagem em termos de *layout* a fim de reduzir o custo de fabricação e atender às necessidades de capacidade de produção da empresa.

Testar a embalagem objetivando a homologação por meio de ensaios laboratoriais a fim de validar os resultados.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

No primeiro capítulo é apresentada introdução ao tema proposto, à justificativa, a formulação do problema, o objetivo geral e os objetivos específicos, a metodologia e o escopo do trabalho.

No segundo capítulo é proporcionado à revisão da literatura, onde procurou um levantamento bibliográfico, com a finalidade de haver um embasamento no referencial teórico referente ao tema e elementos que contribuísse para o estudo de caso, dando ao trabalho um caráter científico.

No terceiro capítulo do trabalho é realizada a apresentação dos materiais e dos métodos utilizados para abordar o tema em estudo.

No quarto capítulo é apresentada à análise dos resultados e discussões fazendo uma conexão entre a experiência observada na prática com os conceitos coletados na pesquisa bibliográfica, mostrando as contribuições advindas da pesquisa.

No quinto capítulo é apresentada à conclusão, onde consta o resumo da pesquisa, fazendo uma ligação com o problema proposto e o resultado obtido, juntamente com os objetivos e além de propor possíveis sugestões para os trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PAPELÃO ONDULADO

Conforme descrito no site ABPO (Associação Brasileira do Papelão Ondulado) o papelão ondulado surgiu no apogeu da revolução industrial, no século 19, projetado na Inglaterra em 1856, como proteção interna de chapéus, com características de proteção e a facilidade de trabalho, foi logo adaptado para o uso em embalagens. Em 1871, o americano Albert L. Jones patenteou embalagens produzidas em papelão ondulado para envolver produtos frágeis, como garrafas de vidro. Tempos depois, o americano Oliver Long fez uma importante descoberta, constatou que uma folha plana colada ao papel ondulado mantinha sua forma e aumentava a resistência, chamou face simples, com o aumento da resistência, nasceu à indústria de papelão ondulado. A companhia chamada Thompson & Norris iniciou o trabalho com as patentes em 1875, seguido por outra companhia, Robert Gair em 1878, ambas nos Estados Unidos e depois na França, Inglaterra e Alemanha. A patente para a chapa de parede simples surgiu em 1889, iniciava-se a produção das primeiras caixas montadas.

Com inovações em *design* e sistemas construtivos, impressão e acabamento de alta qualidade, as embalagens de papelão ondulado expandem suas fronteiras e passam a ser notadas como embalagens sustentáveis. A tecnologia da produção da embalagem de papelão ondulado evolui firmemente, e suas qualidades essenciais, cada vez mais valorizadas, continuam intactas: matéria-prima 100% reciclável, 100% biodegradável e 100% proveniente de fontes renováveis extraído do site ABPO (Associação Brasileira do Papelão Ondulado).

Figura 2.1 – Ciclo de Vida do Papelão Ondulado



Fonte: DOC PLAYER (2020)

2.1.1 O Ciclo do Papelão Ondulado

O papel é obtido a partir de uma pasta ou suspensão aquosa de fibras, cuja água (99,5%) escoar por meio das malhas de uma tela, passando depois por consecutivas secagens até chegar à média de 8% de umidade nas bobinas. Fabricado a partir de grandes reflorestamentos de Eucaliptos, *Pinnus Elliott* e Araucária, tem no eucalipto a principal madeira empregada para a produção de celulose, com a sua adequabilidade ao clima brasileiro, seu prazo de crescimento (média de seis anos) e por não demandar grandes tratamentos de solo. Para se produzir uma tonelada de papel precisar de aproximadamente de 55 árvores adultas. O eucalipto em forma de tronco, passa pelo descascador, de onde são conduzidos para dois processos distintos de produção de celulose. Parte deles passa pelo desfibrador, onde se transforma em uma pasta mecânica, matéria-prima básica para a fabricação de papel imprensa (DINIZ, 2014).

Uma quantidade maior é conduzida para o picador, aonde saem cavacos com 2 ou 3 cm de comprimentos e são selecionados para uniformização do tamanho é a matéria-prima para a produção de celulose que dá origem aos papeis para embalagem. Depois são levados para os digestores, responsáveis pelo cozimento da celulose num composto químico formado por soda cáustica, sulfeto de sódio e carbonato de sódio, este processo forma uma polpa parda e a celulose neste ponto já pode ser usada na fabricação do papel *Kraft* (DINIZ, 2014).

Para a fabricação de papel para embalagem são utilizadas individualmente ou combinadas à celulose longa de *pinus*, a celulose fibra curta de eucalipto e a pasta mecânica. Dois processos básicos são empregados na fabricação da polpa: o mecânico e o químico. No processo mecânico todos os componentes da madeira são usados e destinados para papéis que não exigem muita resistência e brilho, como jornal e papel toalha. E no processo químico a madeira é cozida com agentes químicos para extrair a lignina e carboidratos produzindo polpa de alta qualidade.

Uma mistura dos processos químicos e mecânico também são possíveis para transformar a madeira em polpa. Após a operação de lavagem em soda cáustica ou sulfato de sódio neutro, com o objetivo de amolecer a lignina e carboidratos que unem as fibras, é processada a moagem em um disco refinador. Essa técnica é principalmente usada em folhosas e, a polpa semi-química, serve para aproveitamentos onde a resistência, a rigidez e a coloração não são tão necessárias, como miolo de papelão ondulado (DINIZ, 2014).

2.1.2 A Estrutura e a Embalagem de Papelão Ondulado

Segundo verificado no site ABPO (Associação Brasileira do Papelão Ondulado) o papelão ondulado é uma estrutura desenvolvida por um ou mais elementos ondulados, chamado de miolo, que estão aderentes a dois ou mais elementos lisos, que são as capas, por meio de um adesivo aplicado na crista ou topo da onda (cola).

Figura 2.2 – Chapas de Papelão Ondulado



Fonte: INCAPA – CAIXAS DE PAPELÃO ONDULADOS E ACESSÓRIOS (2020).

A chapa de papelão ondulado é composta de três elementos básicos: papel, cola e calor. O papel pode ser descrito como uma massa homogênea desenvolvida por fibras de celulose entrelaçadas entre si. É fabricada em formato de bobinas de papel e estas unidas se transformam em chapa de papelão ondulado. As bobinas possuem larguras e formas distintas que variam em função das medidas das ondulateiras. A gramatura (peso por m²) para o miolo e para as capas também altera conforme a especificação técnica.

A cola é produzida na estação de cola, à base de amido, tendo em sua formulação aditivos que lhe darão resistência à umidade. O teste que mede a intensidade dessa união chama-se adesividade, que é a resistência ao descolamento entre as chapas e o miolo. A cola produzida é enviada até o coleiro da ondulateira (local onde a capa interna é unida ao miolo) e até a torradeira (local onde o miolo, capa interna e a capa externa se unem).

Figura 2.3 – Bobina de Papelão Ondulado



Fonte: SAMECH VEDAÇÕES INDUSTRIAIS (2021).

A secagem é realizada na caldeira que envia o vapor para a ondulateira. A bobina é irregular na sua forma cilíndrica; assim, o papel, quando desenrolado, precisa ser projetado para permitir uma perfeita adesividade e, isto é feito através de freio e cilindro pré-aquecedor. Os papeis capa e miolo passam pelo pré-aquecedor e pré-condicionador, ambos à temperatura de 170 graus centígrados, o que permite conservar o papel capa com a umidade ideal média de 8%. No pré-condicionador o papel miolo é condicionado à ondulação (DINIZ, 2014).

Figura 2.4 – Entrada do Papel na Onduladeira e Processo de Formação da Chapa



Fonte: ADAMI (2017).

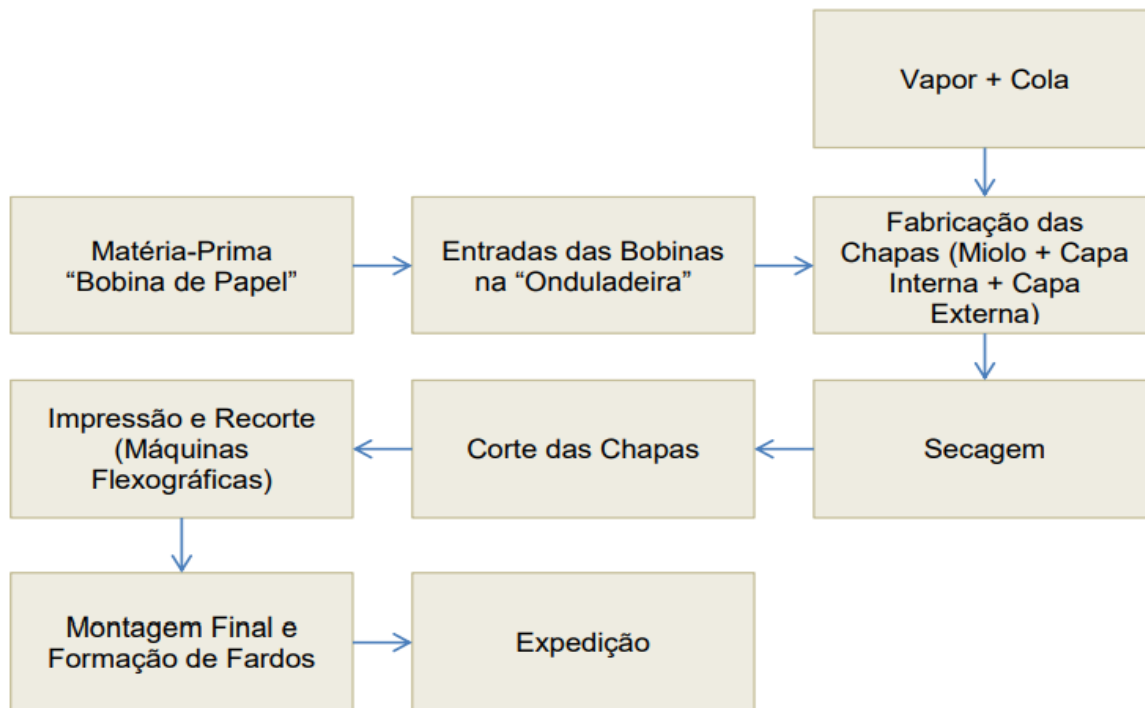
Na onduladeira o papel é transformado em chapas de papelão ondulado e estas chapas podem ter várias composições com gramaturas, coluna, *cobb* e espessuras diferentes. A composição da chapa de papelão ondulado para fabricação de embalagens é feita através de várias composições desses papéis capa e miolo e determinada em função dos testes físicos e do desempenho da embalagem que se almeja conseguir.

A qualidade da chapa de papelão ondulado constituirá por meio de composições criada pelo setor de Desenvolvimento de Produtos, com informações adquiridas ou especificações técnicas fornecidas pelos usuários, os testes físicos serão obtidos nas chapas de papelão que serão aprovados, caso estejam dentro das especificações ou reprovados se estiverem não conformes. As chapas podem ser em face simples (capa e miolo), parede simples (capa, miolo e capa) parede dupla (dois miolos e três capas) e parede tripla (três miolos e quatro capas).

Os vincos normais das caixas maletas são realizados na onduladeira com suas compensações e levadas às impressoras para produzir as impressões, entalhes, detalhes corte e vinco e acabamento. A impressora é fundamentalmente composta de: unidade de alimentação, unidade de impressão, unidade de entalhes, unidade de cola, unidade de dobra e unidade de contagem. As impressoras de corte e vinco têm a unidade de alimentação, impressão, corte e vinco e contagem. O sentido de ondulação é uma característica importante para o bom

desempenho da embalagem de transporte de papelão ondulado, especialmente em estocagem, pois irá impactar inteiramente na resistência da caixa (DINIZ, 2014).

Figura 2.5 – Fluxograma do processo de papelão ondulado.



Fonte: ROBERT (2007).

Depois da produção das impressões e cortes acontece o acabamento das embalagens onde será efetivado o fechamento por cola ou grampo, no caso das maletas e nas cortes e vinco este processo poderá ser feito através de montagem manual ou automática, ambas realizadas pelo cliente. As caixas de papelão podem haver acessórios que serão parte de um conjunto onde poderão ter tabuleiros, separadores, cintas ou divisórias que serão aproveitados para colaborar na resistência da caixa, são projetados para acomodação interna dos produtos, consentindo solucionar problemas futuros com resistência, redução de custos para os clientes (DINIZ, 2014).

2.2 PAPELÃO ONDULADO ATENDE AS NECESSIDADES DOS CLIENTES

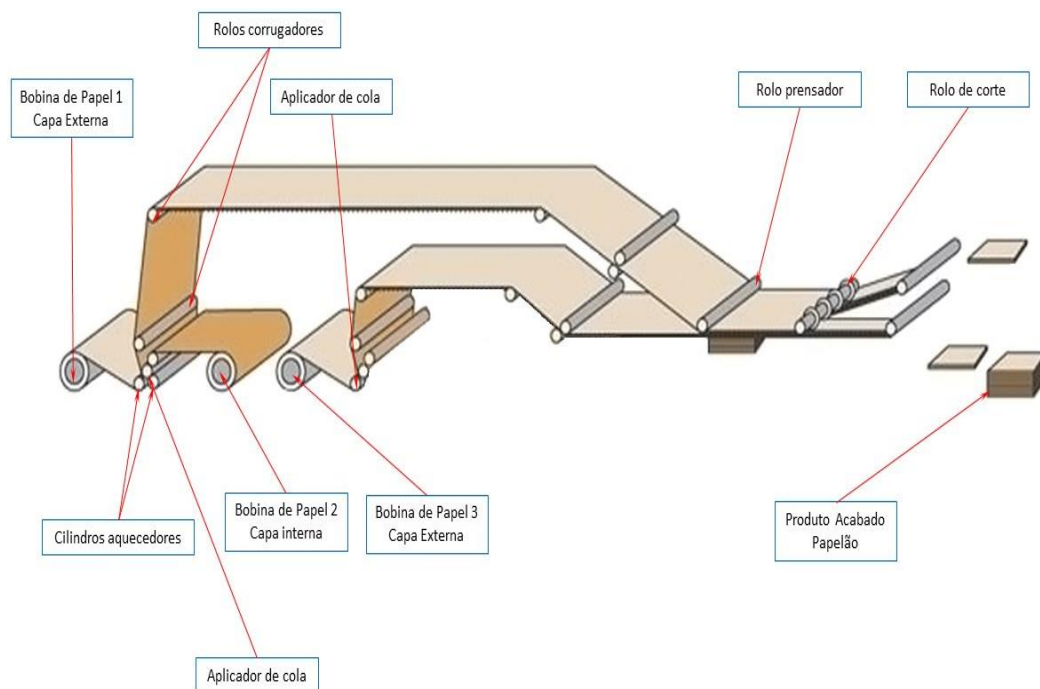
Na era da globalização as empresas que almejam continuar no mercado competitivo precisam proporcionar produto ou serviço que atendam as mais diversas necessidades e expectativas dos clientes, com isso precisam aprimorar continuamente seus métodos e processos. A embalagem de papelão ondulado vem desde o início de seu desenvolvimento buscando se aperfeiçoar, de maneira a gerar a satisfação e a realização ao utilizar uma

embalagem de qualidade que se ajuste perfeitamente dentro de suas necessidades e expectativas de cada cliente.

Ao examinar uma caixa de papelão, não se tem noção de como foi trabalhoso a sua produção, está embalagem representa para que o produto que nela foi embalado esteja em perfeito estado de conservação, do quanto às informações nela contidas influenciam na hora da compra, de quanto sua estrutura estética promove ou prejudica o seu armazenamento e transporte. Atender as necessidades dos clientes ultrapassa a simples função de material para proteger ou transportar um determinado produto. O papelão ondulado pode ser projetado para admitir quase todos os tipos de bens de consumo, de produtos farmacêuticos a alimentos em geral, além de ter um custo menor e ser reciclável (DINIZ, 2014).

O papelão ondulado tem o custo baixo o que o torna uma excelente opção de embalagem, em virtude do baixo custo na produção e nos processos envolvidos o papelão ondulado por ser um material mais leve permite uma boa redução nos custos na hora do envio e transporte.

Figura 2.6 - Diagrama Esquemático de uma Onduladeira



O papelão ondulado é prático, econômico, resistente, de baixo custo, com as novas tecnologias e inovações permite ao cliente adequá-lo as suas especificações e necessidades, estando em constante desenvolvimento e atualização especialmente nas questões de economia sustentável (reciclagem e descarte apropriados). Quando bem projetado consegue conciliar a adequação ao produto com um aumento no lucro uma vez que, é vendido por especificação e peso permitindo ao cliente optar por diversas composições e modelos de embalagens

2.2.1 Atendendo as Necessidades de Proteção ao Produto

O papelão ondulado é projetado para garantir a proteção e estabilidade dos produtos durante as viagens de transporte até chegada do consumidor final. A embalagem de papelão tem como utilidade manter intacto o produto, assim sua função protetiva, passando por inúmeros testes mecânicos contra, choques, vibrações, empilhamento e transporte.

Tem a habilidade de reduzir prejuízos, custos e otimizando as vendas, tornando o trabalho da logística o mais facilitado possível. A seleção de fornecedor de caixa de papelão ondulado é uma decisão estratégica que deve ser adotada com muita cautela, uma vez que impacta inteiramente a logística de sua empresa e implica na satisfação de seu cliente (DINIZ, 2014).

Na empresa estudada, o setor de Desenvolvimento de Recursos / Engenharia Mecânica (*Resource Development/Mechanical Engineering – RD/ME*) é o responsável por adaptar o projeto de embalagem do produto as necessidades do cliente, por meio de projetos únicos e sob medida elaborados. Informações como o tipo de produto a ser utilizado na embalagem, o empilhamento, o tipo de transporte, o mercado interno ou externo, as condições climáticas e de movimentação, as dimensões da caixa, peso do produto, a logística, a paletização, o segmento de mercado, o armazenamento, o nível de fragilidade, o fechamento, o *layout* e etc, são algumas das considerações necessárias para elaboração e a análise do projeto em estudo.

2.3 HISTÓRIA DAS EMBALAGENS

Conforme definição da norma NBR 9198/1985, embalagem é o elemento ou conjunto de elementos destinados a envolver, conter e proteger produtos durante sua movimentação, transporte, armazenagem, comercialização e consumo.

A embalagem é um recipiente empregado para conservar o produto, seus aspectos devem comportar as características e especificações necessárias ao produto, funciona para acondicionar o produto, garantindo sua integridade por determinado período de tempo.

A embalagem é usada para embalar, estocar e conservar determinado produto e no decorrer dos tempos adquiriu a função a de vender o produto, atraindo olhares e sensações nos clientes por meio de imagens, tipografias, cores, logomarca, formas e texturas. É para isso necessário que a embalagem ofereça boas condições, um bom design, sendo parte de um conjunto de fatores que fazem as pessoas notarem determinado produto para que o mesmo seja comercializado (ABRE, 2015).

É certo que sua origem teve propósitos essencialmente básicos, mas com o tempo a embalagem foi sendo vista com outros olhares, não apenas para comportar algum produto, mas também para diferencia-lo dos tantos outros existentes. O mercado de embalagens abrange

diversas áreas desde a fabricação dos materiais, a distribuição para os produtores e o *design*, assim como os processos de reciclagem, fazendo com que o setor seja muito movimentado financeiramente. A partir do momento em que ocorreu um desenvolvimento de produtos de uma escala artesanal para industrial passaram a aparecer materiais e procedimentos mais inovadores e hábeis na fabricação de embalagens que pudessem satisfazer as necessidades de produção das mercadorias (BATTISTELLA, COLOMBO, ABREU, 2010).

Na atualidade a embalagem ganhou outras finalidades além de acondicionar e proteger a mercadoria, entre essas finalidades pode-se destacar, tornar mínimo os problemas com os constituintes da formulação do produto, evitar interferências nas características químicas e físicas dos mesmos, promover facilidade no transporte, apresentar um custo acessível e evitar adulterações do produto (FIORENTINO, *et al*, 2008).

2.4 PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS

2.4.1 Planejamento de Projeto e Desenvolvimento

O planejamento é o início do projeto e deve incluir todas as informações necessárias para que o produto final esteja de acordo com as expectativas do cliente. Para que a embalagem atenda às conformidades exigidas é importante que seu processo de criação seja estudado e bem desenvolvido. Avaliada como um elo de ligação entre o produto, sua marca e o consumidor, comunicação direta entre a empresa e seu público alvo. Por meio dele, a empresa é capaz de criar novos produtos mais competitivos e em menor tempo com a finalidade de atender à constante evolução do mercado (BARROS, BORGHI, 2014).

Para o projeto da embalagem de caixa papelão ondulado os envolvidos normalmente são estabelecidos segundo as etapas do processo. Em alguns projetos, parte dos responsáveis é composta de parceiros ou fornecedores, eles buscam soluções viáveis e compatíveis com a realidade de produção e investimento da empresa que fabrica o produto.

O projeto da embalagem de caixa papelão ondulado demanda diversos tipos de conhecimento que são descritos e desenvolvido pelo setor de Desenvolvimento de Recursos / Engenharia Mecânica (*Resource Development/Mechanical Engineering – RD/ME*) de uma empresa do PIM conforme solicitação do cliente DELL. Algumas dessas etapas de desenvolvimento de projeto são descritos pela literatura: a Primeira Etapa Formação da Equipe de Projeto; a Segunda Etapa Início do Projeto; a Terceira Etapa Projeto e Design; a Quarta Etapa Estudo das Concepções; a Quinta Etapa Projeto Preliminar; a Sexta Etapa Projeto Detalhado e a Sétima Etapa Entrada em Produção/ Fim do Projeto.

2.4.2 Condições de Armazenagem da Embalagem e do Produto Acabado

Numerosos são os motivos que influenciam no desempenho da embalagem de papelão ondulado, sobretudo nas fases de armazenagem e transporte. O papelão ondulado é um material que tem facilidade a absorver a umidade do ar e suas propriedades dependem do teor de umidade ambiente, em condições semelhantes às do ar livre, com teores de umidade próximos ao ponto de saturação, isso impactam diretamente na resistência da embalagem que trarão possíveis danos aos produtos e uma insatisfação dos clientes.

O empilhamento e o tempo no depósito são condições que impactam muito na resistência da embalagem. A quantidade de caixas empilhadas, o tempo de armazenagem que pode motivar uma perda de 55% em 100 dias, prejudica muito a qualidade das embalagens. As condições climáticas e de movimentação são fatores determinantes na perda de resistência.

Nas necessidades dos clientes e nas especificações do papelão a área de desenvolvimento projeta as embalagens do produto de forma que atendam ao cliente da melhor forma possível, protegendo o produto, com o tipo correto de embalagem, controlando a qualidade através das especificações técnicas e testes físicos e visuais, alcançado uma menor perda e retrabalho no ato da fabricação, estocagem e manuseio e um melhor aproveitamento dos sistemas de transporte e movimentação do produto (DINIZ, 2014).

2.4.3 Medição e Controle por meio da Instrumentação

A área Técnica de Projetos e Desenvolvimento dos Produtos é responsável pelas especificações e padronização, utilizam instrumentos de aferição para controlar e medir as especificações com intuito de continuamente melhorá-las e mantê-las atendendo as especificações da ABPO (Associação Brasileira de Papelão Ondulado). A Instrumentação quando usada de forma prudente e planejada, reduz custos, aumenta a produtividade e contribui com a qualidade e a segurança da produção. A eficiência dos processos dependem da qualidade da instrumentação, da confiabilidade dos equipamentos.

O setor de controle de qualidade fica responsável por realizar os testes físicos no papelão e nas caixas mantendo o padrão de qualidade desenvolvido pelo setor desenvolvimento de produtos baseados em referências como ABNT, ISO e outras normas de qualidade e segurança necessárias. Na fabricação do papelão ondulado a qualidade precisa ser mantida passando por vários ensaios de laboratórios que dependerão do nível de complexidade das embalagens e são eles: Compressão de Caixas, Gramatura, Umidade, Compressão a Coluna, Arrebatamento, CMT, RCT testar a resistência, Absorção ou COBB, Resistência à tração, Elasticidade, Porosidade, Espessura, Esmagamento, Instrumentos como a Trena, o Calibre e o Paquímetro.

2.5 CONCEITO DE LÓGICA FUZZY

No ano 1965, o professor *Lotfi Zadeh* informou o que, anos depois vinha a ser uma das maiores revoluções no setor matemático: a Lógica *Fuzzy* ou Lógica Nebulosa ou Lógica Difusa. A teoria aborda dos conjuntos não totalmente verdadeiros nem tampouco dos totalmente falsos. A lógica *Fuzzy* deve ser vista como uma teoria matemática formal para a representação de incertezas. Conjuntos *Fuzzy* foram desenvolvidos para determinar o quanto um elemento pertence ou não a um determinado conjunto, com o uso de graus de pertinência (μ) que são valores no intervalo [0;1] (POSSELT, MOLZ, HORN, 2009).

Em 1970 um grupo de cientistas e pesquisadores começou a estudar a abordagem do Prof. Zadeh com mais seriedade, desenvolvendo a primeira literatura internacional especializada, instituída a *Fuzzy Sets and Systems*. Outras associações foram sendo formadas, como a primeira conferência *NAFIPS – North American Fuzzy Information Processing Society* (Sociedade de Processamento de Informações *Fuzzy* da América do Norte) em 1982 e muitos outros grupos e literaturas especializadas foram surgindo, tornando a teoria cada vez mais difundida e estudada. Conceitos inicialmente contraditórios com os princípios do campo da engenharia e da lógica clássica tiveram sua popularização em diferentes aplicações em função da abordagem de duas características opostas entre si, a imprecisão e a incerteza, quanto maior a incerteza, menor a imprecisão e vice-versa (MERIGÓ, LAFUENTE, YAGER, 2015).

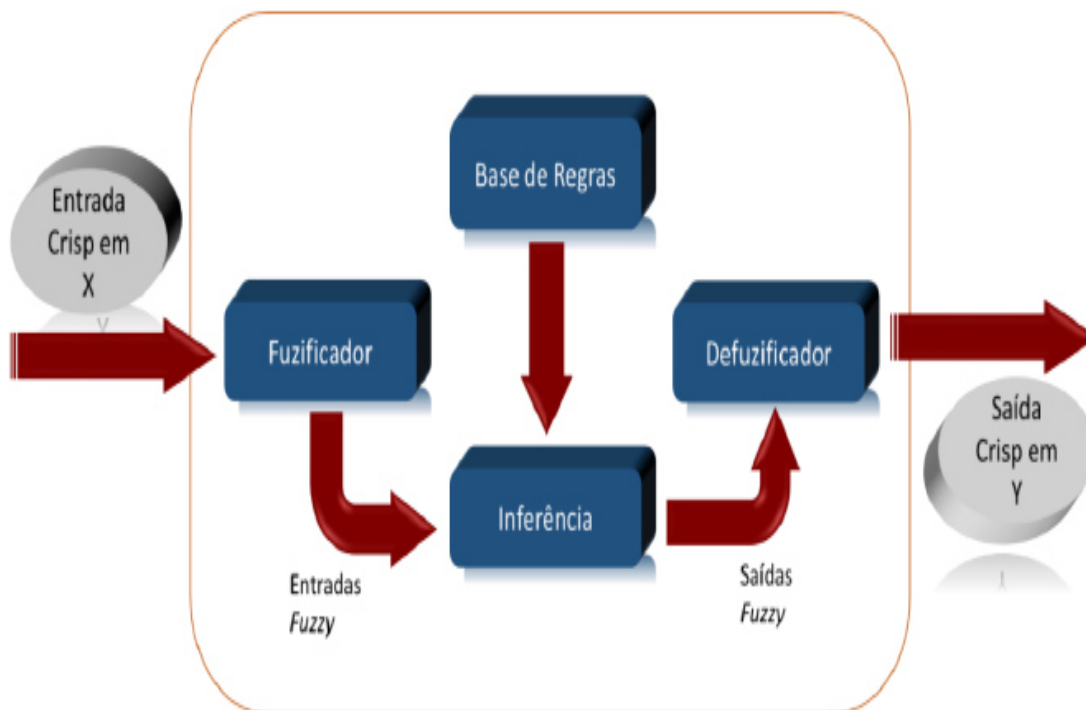
A Lógica *Fuzzy* é uma teoria matemática, e o que é chamado nebulosidade leva em consideração um aspecto de incerteza. Nebulosidade (*Fuzzyness*) é a ambiguidade que pode ser encontrada na definição de um conceito ou no sentido de uma palavra (SARAVA, 2000).

Na teoria clássica de conjuntos, um elemento só pode pertencer ou não a um conjunto, na realidade *Fuzzy* um elemento pode pertencer parcialmente àquele conjunto. As respostas não precisam necessariamente ser “sim” ou “não”, para poder assumir valores como “creio que sim”, “acredito fortemente que não” ou “tenho quase certeza absoluta que sim”. Com isso, foi possível alterar esses valores linguísticos, cheio de imprecisões, em valores que pudessem ser programados (ALVARENGA, 2016).

A lógica *Fuzzy* têm sido cada vez mais empregadas em condições que envolvam informações que carregam a complexidade da comunicação humana, que vão desde controles simples de eletrodomésticos a controles de satélites, de transações financeiras a estudos da medicina, com a tendência de crescerem principalmente nos estudos híbridos que incorporam abordagens conexionistas e evolutivas. No decorrer dos tempos a teoria dos conjuntos *Fuzzy*, foi sendo adotada de diferentes formas, como agrupada com a inteligência artificial, com a linguagem natural, nos processos de tomada de decisão, nos sistemas especialistas, em redes

neurais, com a teoria de controle, entre outros. Um sistema de inferência *Fuzzy* é composto por três unidades básicas: o fuzificador, o motor de inferência *Fuzzy* e o defuzificador, conforme pode ser visto na figura 07 (MERIGÓ, LAFUENTE, YAGER, 2015).

Figura 2.7 - Sistema de Inferência *Fuzzy*



Fonte: MENDEL (1995).

O fuzificador tem como papel transformar valores reais em valores *Fuzzy*, caracterizar a entrada em valores pertencentes a um universo de discurso padronizado, os quais tornam-se instâncias de variáveis de natureza linguística. Na etapa de Fuzzyficação, são usadas funções definidas na modelagem do algoritmo. Estas funções podem ser trapezoidais, triangulares, gaussianas ou singletons.

A base de regras é composta por estruturas proposicionais do tipo SE (premissa) – ENTÃO (conclusão) as quais compõem o conjunto de regras que atuam no lugar de especialista, tratando as variáveis linguísticas de acordo com as entradas e suas possíveis combinações.

O módulo de inferência *Fuzzy* verifica o grau de compatibilidade entre os fatos e cláusulas nas premissas da base de regras, gerando uma conclusão por meio de um método de inferência. Os conjuntos *Fuzzy* referentes às variáveis de entrada e saída, visto que o desempenho é medido pela quantidade do número de conjuntos e da forma (MERIGÓ, LAFUENTE, YAGER, 2015).

O processo de defuzzificação consiste em combinar os valores de saída obtidos por meio de um dos controladores *Fuzzy*. A variável *Fuzzy* é transformada em valores escalares baseados em métodos como média de máximos e mínimos, primeiro máximo e último máximo, centroide e bissietorem (LATARRO, 2018).

Os sistemas fundamentados em lógica *Fuzzy* têm sido cultivados com sucesso a problemas de decisão, controle, diagnóstico e classificação, dado que os sistemas são capazes de gerenciar o raciocínio complexo intrínseco a essas áreas de aplicação. O sistema de inferência *Fuzzy* é um instrumento que tem sido explorada e tem auxiliado diversas áreas do conhecimento, especialmente à tomada de decisão (MERIGÓ, LAFUENTE, YAGER, 2015).

2.6 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA

O estudo em questão sucedeu em empresa multinacional estrangeira produtora de produtos eletrônicos, uma das maiores produtoras de monitores e televisores do mundo

A empresa tem como missão a produção de monitores e televisores de LCD e LED, de várias marcas e modelos, com as melhores tecnologias, produzindo produtos de qualidade e tendo serviço de atendimento como diferencial, buscando sempre melhoria continua em seus processos através da excelência na evolução tecnológica e a satisfação do cliente, com preços competitivos. Tem uma Política de Sistema de Gestão Integrada solidificada e comunicada a todos os níveis da organização.

Foi construída no Polo Industrial industriais de Manaus com modernas instalações, construindo assim o desenvolvimento da região, teve início com 150 empregos e uma capacidade de produção parcial de aproximadamente 25.000 produtos/mês. Na atualidade a empresa emprega mais de mil funcionários uma das maiores produtoras de televisores no Brasil, considerada de grande porte. Ela busca o desenvolvimento e melhoria de seus processos a partir da utilização de ferramentas de melhoria contínua, visando tornar seus produtos mais competitivo no mercado. Sua produção é caracterizada como processo intermitente, o seu volume é determinado a partir da demanda ou lotes encomendados por grandes clientes.

O setor de Desenvolvimento de Recursos/Engenharia Mecânica (RD/ME) da empresa contribui nas análises durante a fase de linha piloto. O Estudo avalia a performance de vários produtos, enumerando as melhorias aplicadas por meio da lógica *Fuzzy*, de maneira que as informações obtidas fossem suficientes para gerar conclusões satisfatórias.

A empresa possui o Código de Conduta e Ética tendo como compromisso de defender e fortalecer a visão, missão e valores, seguindo uma postura responsável, ética, transparente e de

respeito mútuo entre todos. Tem como Responsabilidade Ambiental o respeito pela natureza permeia todas as atividades, desde os materiais com que fabrica seus produtos, os processos produtivos, a otimização, e economia de energia, até o descarte final e reciclagem de seus produtos.

CAPÍTULO 3

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos na utilização dos objetivos propostos. O objeto desse estudo busca estudar melhorias quantitativas e qualitativas para a o desenvolvimento de caixas de papelão com quantidade reduzida de dobras e que atendam todos os requisitos legais, mecânicos e de processo.

A tabela 3.1 mostra os materiais de apoio utilizados na pesquisa:

Tabela 3.1 – Materiais de apoio utilizados no estudo.

Item	Descrição
1	Computador Windows 10 e software GERTARCAD
2	Plotter de recorte de Papel
3	Máquina de drop test (teste de queda)
4	Máquina de Teste de Vibração
5	Máquina Prensa de Teste de Compressão
6	Calibre de caixas
7	Computador com Windows 10 com software Matlab instalado para uso da lógica <i>Fuzzy</i>
8	Jogo de Calibre de caixas
9	Paquímetro digital

Figura 3.1 – Caixa de Papelão Ondulado.

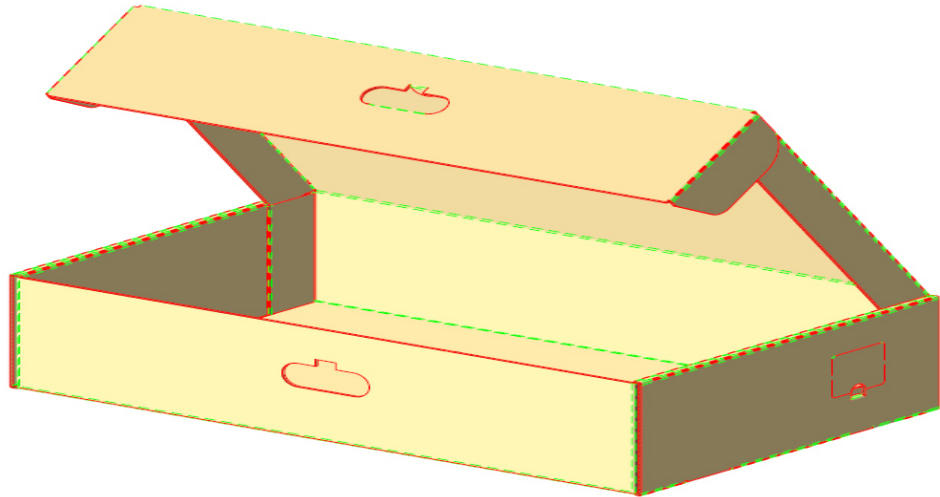
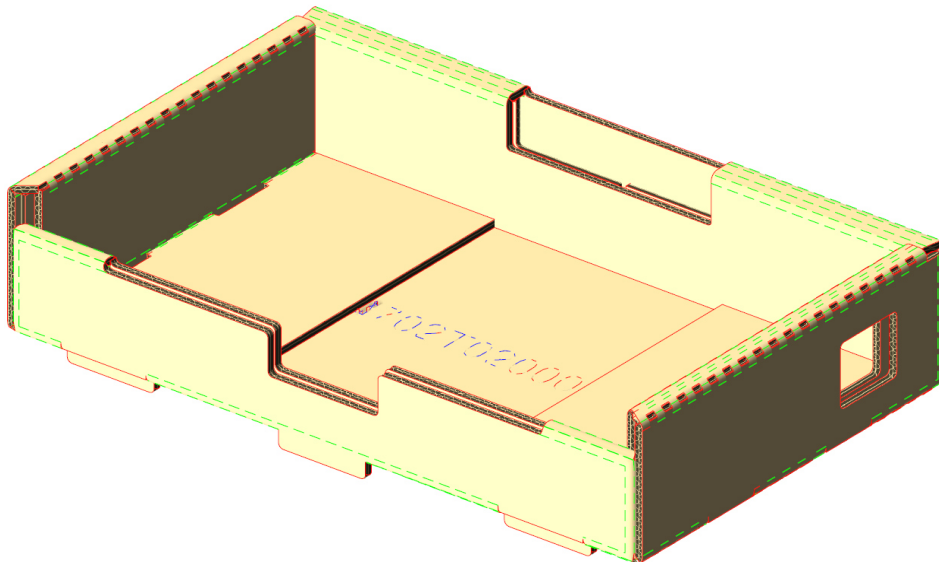


Figura 3.2 – Desenho de caço de papelão Ondulado.



As figuras 3.1 e 3.2 demonstram o material de estudo desse trabalho, e os detalhes de dobra e corte.

3.2 MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada de natureza qualitativa, pois havia necessidade de qualidade das informações através da coleta de dados para interpretação subjetiva, proporcionando uma compreensão mais consistente do tema proposto. E quanto aos fins da pesquisa foram usados os conceitos de exploratória e a descritiva, pois procurou observar, explorar, compreender e descrever o estudo de viabilidade de produção para a fabricação e montagem de um novo sistema de embalagens de baixa complexidade.

Quanto aos meios de investigação da pesquisa é bibliográfica e de campo, pois procurou descrever o desenvolvimento do projeto de embalagens de caixa de papelão ondulado e depois as etapas dos testes realizados a fim de constatar a viabilidade de fabricação e montagem das embalagens de caixa totalmente de papelão sem necessidade de complemento de isopor e poli bolha como acontecia com as caixas anteriormente montadas.

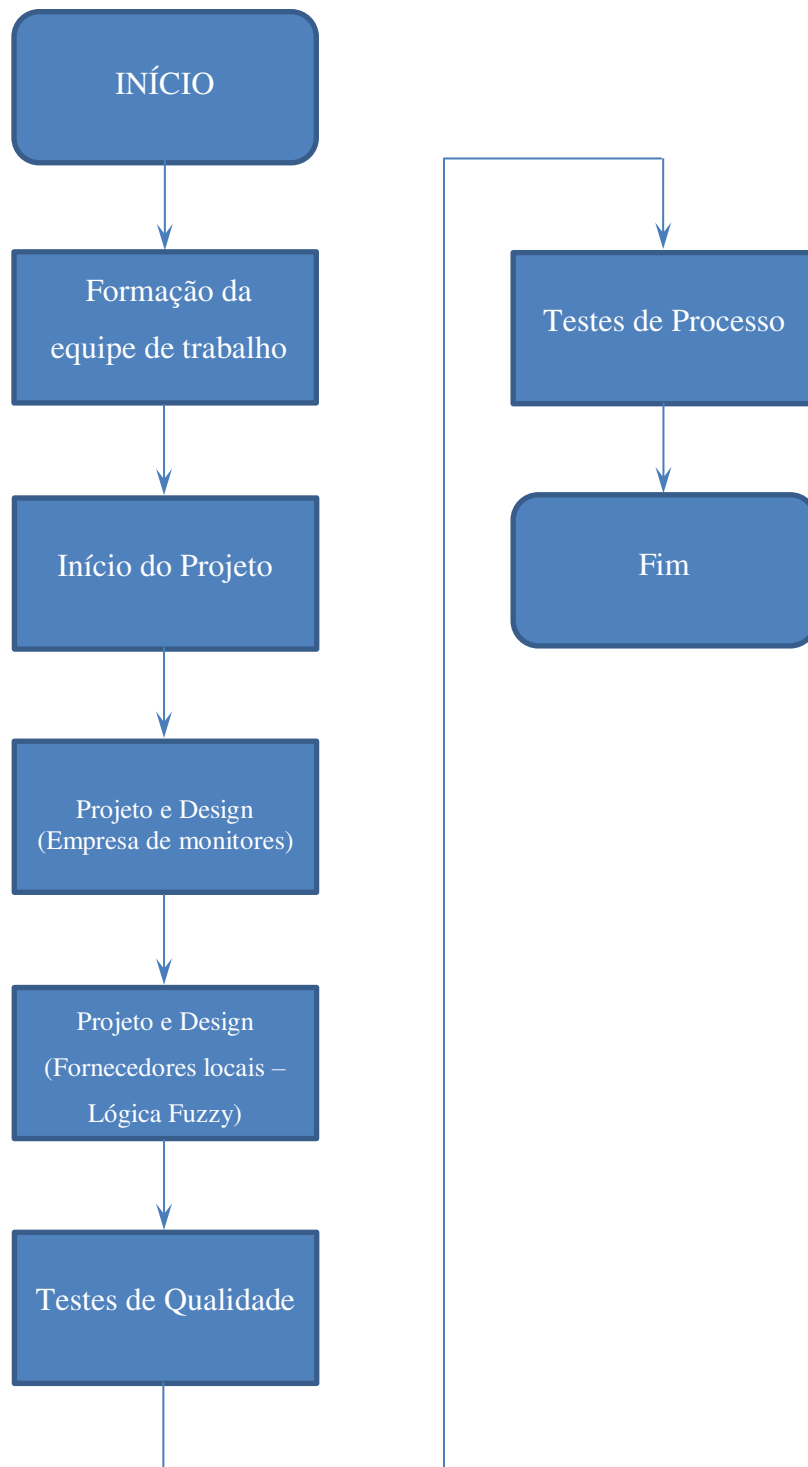
A pesquisa foi realizada primeiramente objetivando um estudo sobre o desenvolvimento do projeto de embalagem, depois observando e analisando o desenvolvimento das etapas do projeto de embalagem até o protótipo em seguida realizando os diversos testes a fim de garantir a integridade dos monitores de LCD dentro das embalagens de caixa de papelão ondulado, e assim comprovando se a pratica é a mesma descrita no referencial bibliográfico pesquisado. E finalizando com a entrega da embalagem a produção para montagem em larga escala. As máquinas e os testes utilizados para o diagnóstico e assim a homologação das caixas foram: Máquina de Drop Test (Teste de Queda); Máquina de *Vibration Test* (Teste de Vibração); Teste de Empilhamento; Máquina de Prensa Hidráulica (Teste de Compressão) e Máquina de Prensa Hidráulica (Teste de Coluna).

Os dados foram coletados por meio de uma pesquisa de campo onde procurou-se observar as diversas etapas do desenvolvimento do projeto de embalagem, o processo de montagem e os diversos testes realizados nas embalagens com monitores LCD, com a ajuda da equipe envolvida, fazendo a inter-relação entre os aspectos convergentes e divergentes dos resultados da pesquisa, tendo como base a interpretação subjetiva do pesquisador.

3.3 FASES DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O fluxograma 3.3, demonstra de forma prática as fases do desenvolvimento do processo:

Fluxograma 3.3 – Fluxograma de Desenvolvimento do projeto.



1º Fase – Formação da Equipe de Projeto:

Nesta etapa será escolhido a equipe para o projeto de caixa de embalagem de papelão ondulado, sendo composto pelas diversas áreas tais como: tais como P&D, Engenharia de Produto, Engenharia de Processos, Produção, fabricante local de caixas de papelão, garantia da qualidade, entre outras. São áreas que respondem por determinada parcela de informações necessárias para o projeto do desenvolvimento da embalagem e possuem suas atividades executadas simultaneamente. Suas atividades iniciam com a análise da solicitação de desenvolvimento da embalagem para um determinado produto.

2º Fase – Início do Projeto:

Nesta fase inicia-se as reuniões com a equipe, apresentando o pré-projeto a ser desenvolvido, o qual aborda três temas principais: Design inicial da embalagem, redução de dobras, comportamento em relação às influências físicas.

3º Fase – Projeto e Design:

O pré-projeto é encaminhado às empresas locais fabricantes de caixas de papelão, o qual será adaptado a real capacidade de produção e realidade de máquinas e dispositivos. Os trabalhos da Engenharia de Produto e Engenharia de processos são fundamentais para o estudo e continuação do projeto nesta fase, pois através de todas as informações como características, dimensionais, restrições quanto ao empilhamento, tombamento, e a distribuição física. Com o conhecimento adquirido de outras embalagens e processos produtivos, ajudam na elaboração do projeto final junto ao fabricante local. Nessa fase a utilização da lógica *Fuzzy* é primordial para que todos os valores de projeto sejam alcançados, sempre focando na redução do número de dobras dos projetos originais para atingir a conclusão do melhor *layout*.

4º Fase – Testes de Qualidade:

Nessa fase são efetuados todos os testes internos de qualidade na embalagem final, objetivando a homologação da embalagem nos requisitos de atendimento às normas e especificações internas da empresa.

5º Fase – Entrada em Produção / Fim do Projeto:

Nessa etapa, o projeto está pronto, todas as partes que compõem a embalagem encontram-se devidamente certificadas e aprovadas. As informações para as áreas realizarem suas atividades encontram-se disponíveis, para contato da área de compras com os fornecedores de

materiais ou até mesmo com os fornecedores de máquinas para embalar. Com isso torna-se possível a produção do lote piloto para acerto de máquinas e da linha de embalagem.

CAPÍTULO 4

4 APLICAÇÃO E ESTUDO DE CASO

4.1 ESTUDO DA EMBALAGEM PADRÃO

Iniciamos o projeto avaliando as embalagens originais, onde será verificado a quantidade de dobras e itens para que a embalagem seja fabricada e montada.

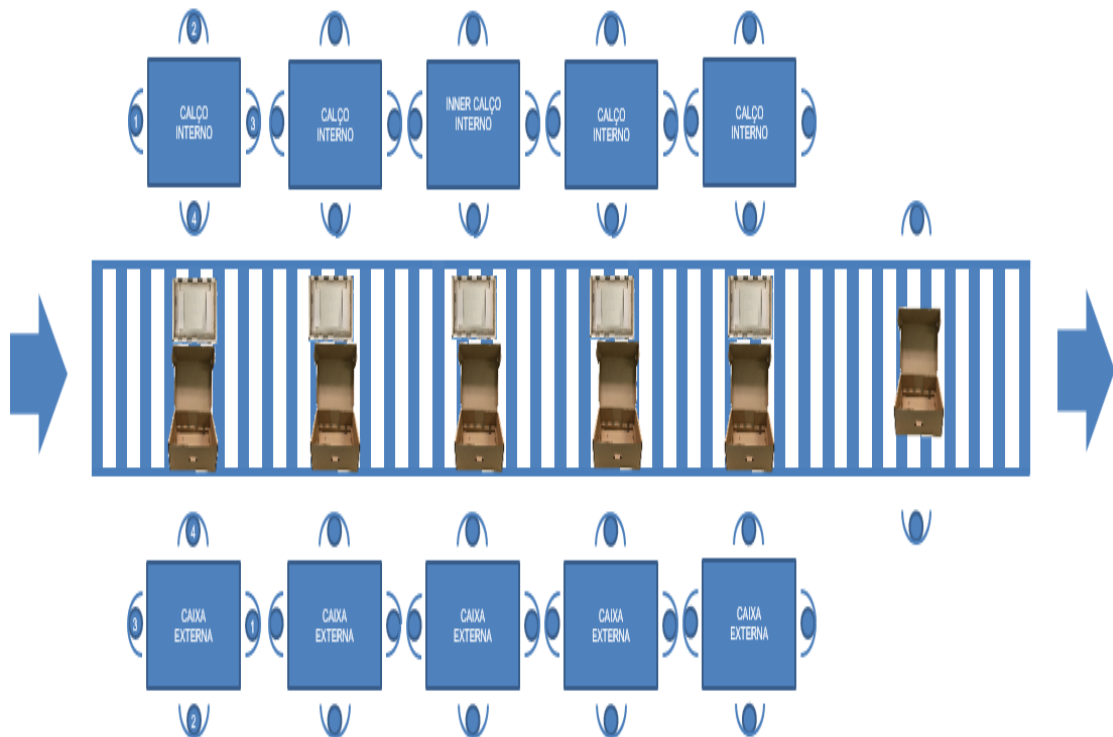
Figura 4.1 – Diagrama de Montagem de Caixas de alta Quantidade de dobras



Podemos deduzir que dessa forma, teremos grande quantidade de intervenções de manufatura, pois existem vários itens a serem montados, dobrados, checados e encaixados, gerando alto índice de mão de obra, alta probabilidade de defeitos no processo, excesso de retrabalhos e desperdícios produtivos.

O diagrama abaixo, mostra o fluxo de produção considerando a montagem de caixas de alta complexidade e várias dobras. Podemos observar que, nessa concepção, a empresa deverá trabalhar com uma linha de produção exclusiva para montagem dessas caixas.

Figura 4.2 – Diagrama Esquemático de Fluxo de Produção de caixas de alta Quantidade de Montagem
Processo Original



Outra análise nesse contexto de embalagem é mostrada na tabela abaixo, onde podemos ver vários modelos de embalagem, produzidas e montadas no contexto atual de alta complexidade, onde existe uma grande quantidade de dobras, que aumentam os custos de mão de obra e dificultam a capacidade do processo em atender os volumes de produção de acordo com a demanda do mercado. A somatória da quantidade de dobras inviabiliza a produção local pois acarreta o aumento de mão de obra e inviabiliza o processo.

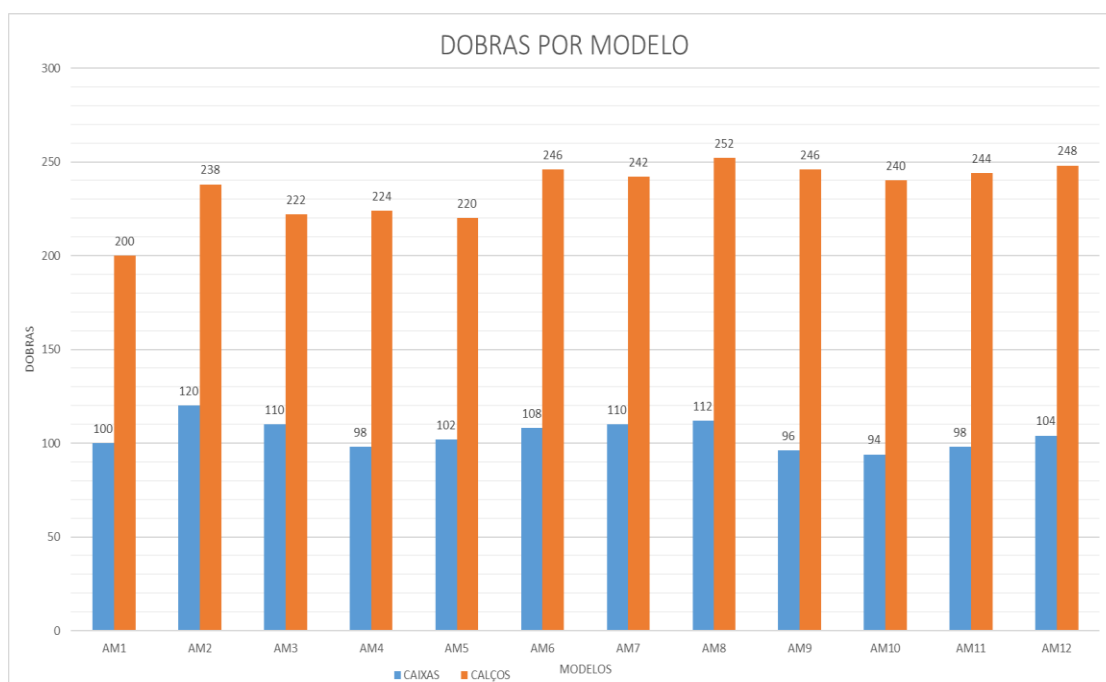
A tabela 4.1, demonstra os projetos de caixa dos monitores com grande quantidade de dobras.

Tabela 4.1 – Somatória de dobras de Caixa/Calços de papelão dos monitores de LCD.

TABELA CAIXAS/CALÇOS DOBRAS PADRÕES				
ITEM	MODELOS	CAIXA	CALÇO	Σ
1	AM1	100	200	300
2	AM2	120	238	358
3	AM3	110	232	332
4	AM4	98	224	322
5	AM5	102	220	322
6	AM6	108	246	354
7	AM7	110	242	352
8	AM8	112	252	364
9	AM9	96	246	342
10	AM10	94	240	334
11	AM11	98	244	342
12	AM12	104	248	352

O gráfico 4.1 demonstra de forma visual e simplificada as diferenças entre os projetos de caixas e calços. Observar que os valores de dobras de calços podem ser visualizados de forma mais coerente e que, são bem maiores que os valores de dobras de caixas.

Gráfico 4.1 – Interpretação visual da tabela de Dobras de Caixas



Após o levantamento inicial das dobras de caixas de todos os modelos de monitores de LCD, verificamos a média de dobras para chegarmos a um valor padrão de dobras para início dos trabalhos.

Onde:

$$M = \frac{\Sigma}{QMM} = 4074/12 = 339,5 \cong 340 \text{ dobras}$$

Onde

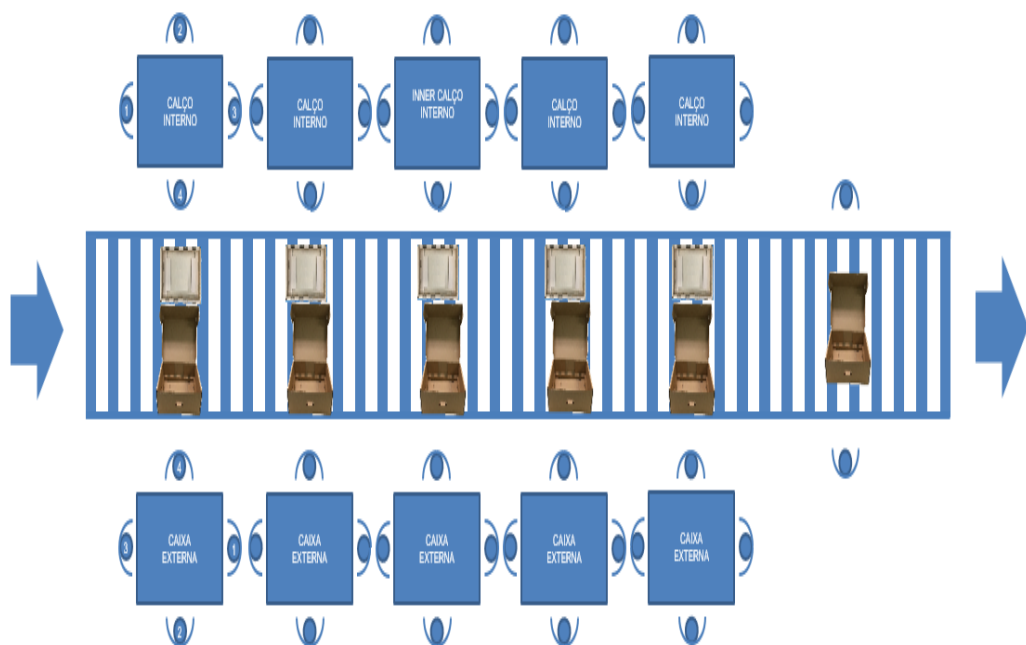
Σ = Somatória da quantidade de dobras em todos os modelos de caixas de monitores de LCD.

QMM = Quantidade de modelos de monitores

O resultado nos informa a quantidade média de dobras por monitores, onde efetuamos a análise do processo de produção para o levantamento de mão de obra necessária e layout para execução dessa atividade.

Após o estudo de tempos e métodos elaborado pela Engenharia de Processos, observamos que a média de mão de obra necessária para a montagem das embalagens padrões era de 45 colaboradores, considerando uma linha de produção de monitores em média de 51 colabores para a montagem de cada modelo de monitor, podemos dizer que, para cada linha de montagem de monitor, temos que ter uma linha de montagem de caixas.

Figura 4.3 – Diagrama esquemático de Fluxo de Produção de Caixas (Dobras Padrão).



4.2 DESENVOLVIMENTO LOCAL DO PROJETO

A análise do projeto original, considerando o excesso de mão de obra na montagem das embalagens, nos mostra que as dobras no *design* da embalagem, são os grandes gargalos do projeto, dessa forma, utilizando os ensaios de qualidade, novas embalagens foram desenvolvidas, considerando um design mais *clean* que reduz o número de dobras, considerando a mesma robustez da embalagem original. Temos uma média de 340 dobras por caixa, valor considerado alto pela engenharia de processos.

Abaixo, temos a máquina plotter no fornecedor local fabricando um novo layout consistente com a proposta de redução das dobras.

Figura 4.4 – Plotter Fabricando Amostra de Caixa

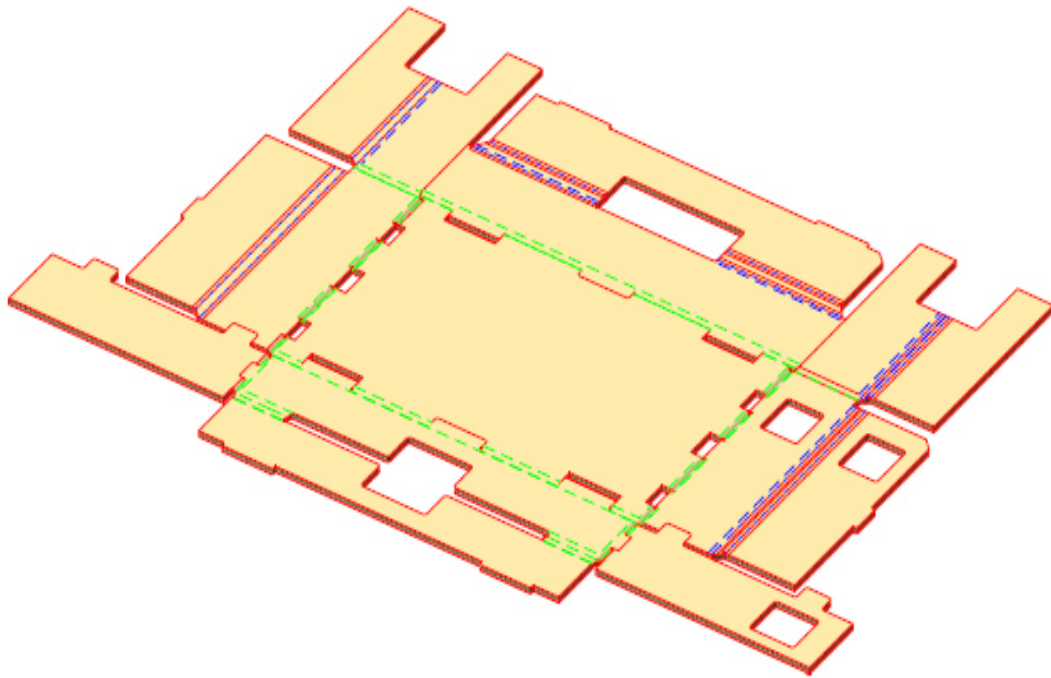


Fonte: LABORATÓRIO DE FABRICAÇÃO DE PROTÓTIPOS (2021)

Os novos projetos de caixa e calço de papelão deverão ser homologados nas mesmas condições primeiramente no fornecedor local, considerando os testes de qualidade preliminares no fornecedor.

Abaixo, temos a figura em perspectiva de um novo *layout* de caixa planejada, onde a redução de dobras deve respeitar as especificações de qualidade e *design*.

Figura 4.5 – Caixa Planificada após o Corte na Plotter



A mudança de layout no fornecedor local, em conjunto com o time da empresa fabricante de monitores, obtivemos uma queda de aproximadamente 76% no número de dobras.

4.3 OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DE DOBRAS UTILIZANDO LÓGICA FUZZY

Considerando que para atingir os valores de “dobras x quantidade de mão de obra x layout de produção”, seriam necessárias a quantidade de dobras de acordo com a tabela abaixo:

$$QD = \frac{QMD}{QPO} = \frac{340}{8} = 42,5 \cong 43$$

Onde

QMD = Quantidade média de dobras por monitor de LCD.

QPO = Quantidade padrão de operadores na linha de embalagem

Os fatores de volume de produção, diferenciados por modelo, geometria dos monitores, micro pausas no processo, análise ergonômica do SDESMT e quantidade de conjunto acessórios (varia de acordo com o modelo), ficou decidido o valor máximo de 50 dobras por unidade de caixa de embalagem. Considerando valores acima de 42 como reprovados.

Tabela 4.2 - Critério de avaliação de dobras do conjunto caixa/calço.

Dobras	Valores
APROVADO	13 ~ 36
ACEITÁVEL	37 ~ 42
REPROVADO	43 ~50

Da tabela 4.2, criamos as regras de inferência para o estudo da lógica Fuzzy.

Tabela 4.3 – Regras de Inferência Para Dobras.

Item	Caixa	Calço	Resultado
1	Baixo	Baixo	Aprovado
2	Baixo	Médio	Aprovado
3	Baixo	Alto	Aceitável
4	Médio	Baixo	Aprovado
5	Médio	Médio	Aceitável
6	Médio	Alto	Reprovado
7	Alto	Baixo	Aceitável
8	Alto	Médio	Reprovado
9	Alto	Alto	Reprovado

A tabela 4.3 demonstra as regras de inferência de dobras, mostrando os resultados de aprovado, aceitável e reprovado.

Considerando as funções de avaliação das variáveis de entrada e saída, as regras de inferência são montadas conforme fórmula abaixo:

A equação: $R = Nv$

R é a quantidade de regras

N é o número de inferências

V é o número de variáveis

Então:

$$R = 3^2 \quad R = 9$$

Figura 4.6 - Sistema Fuzzy para a avaliação de dobras de caixas

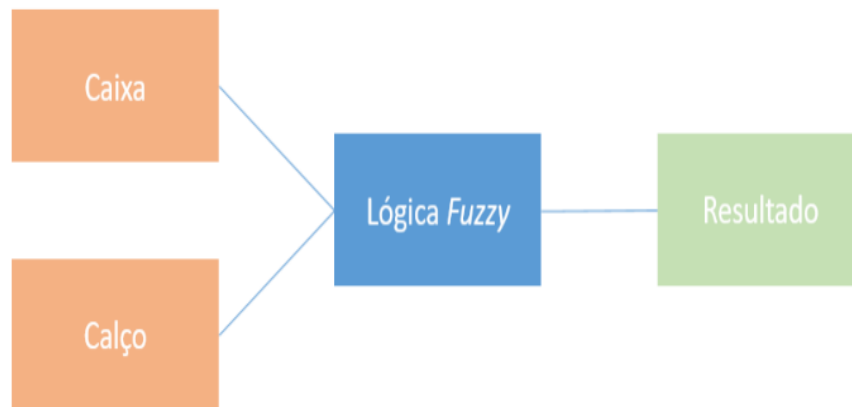


Figura 4.7 – Análise Conjunto Caixa/Calço com Quant. Dobras

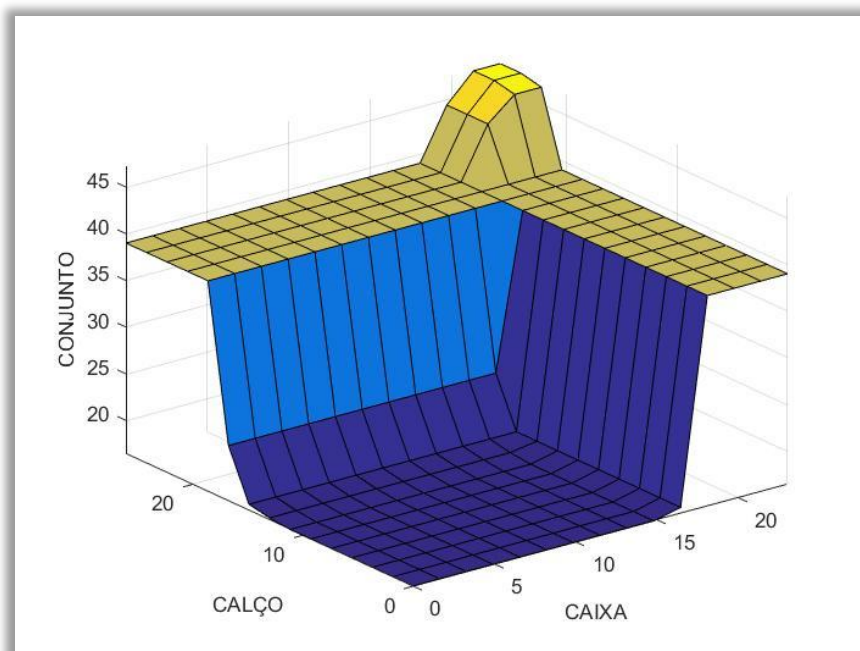


Figura 4.8 – Condição de dobra média entre caixa/calço

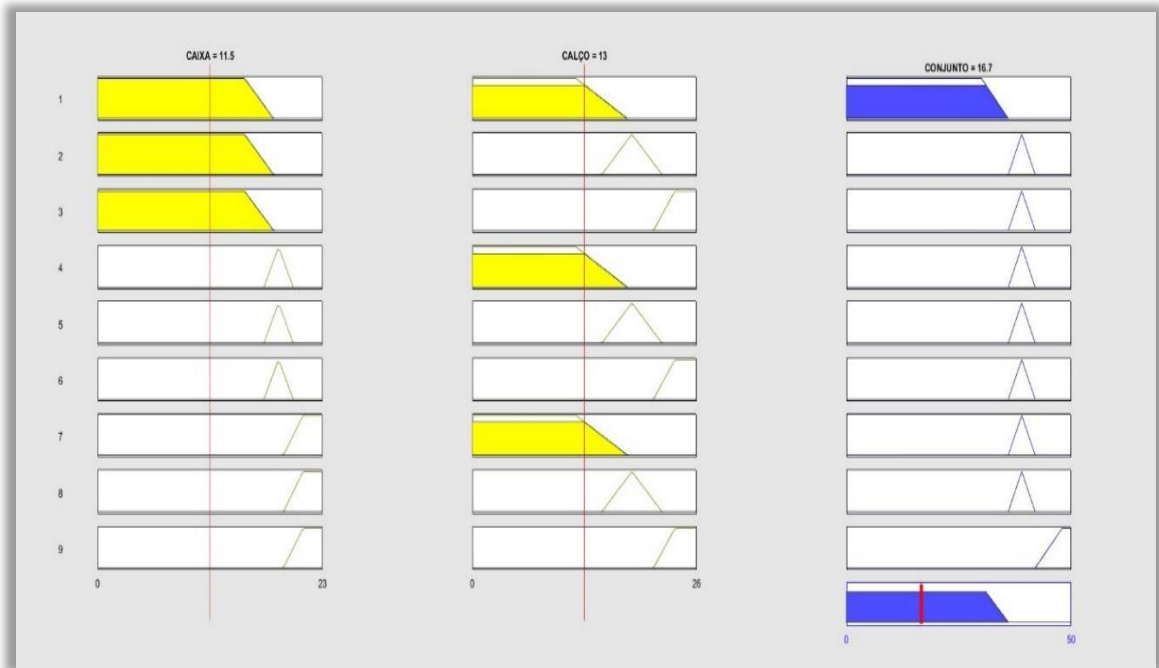


Figura 4.9 – Condição de dobra máxima entre caixa/calço

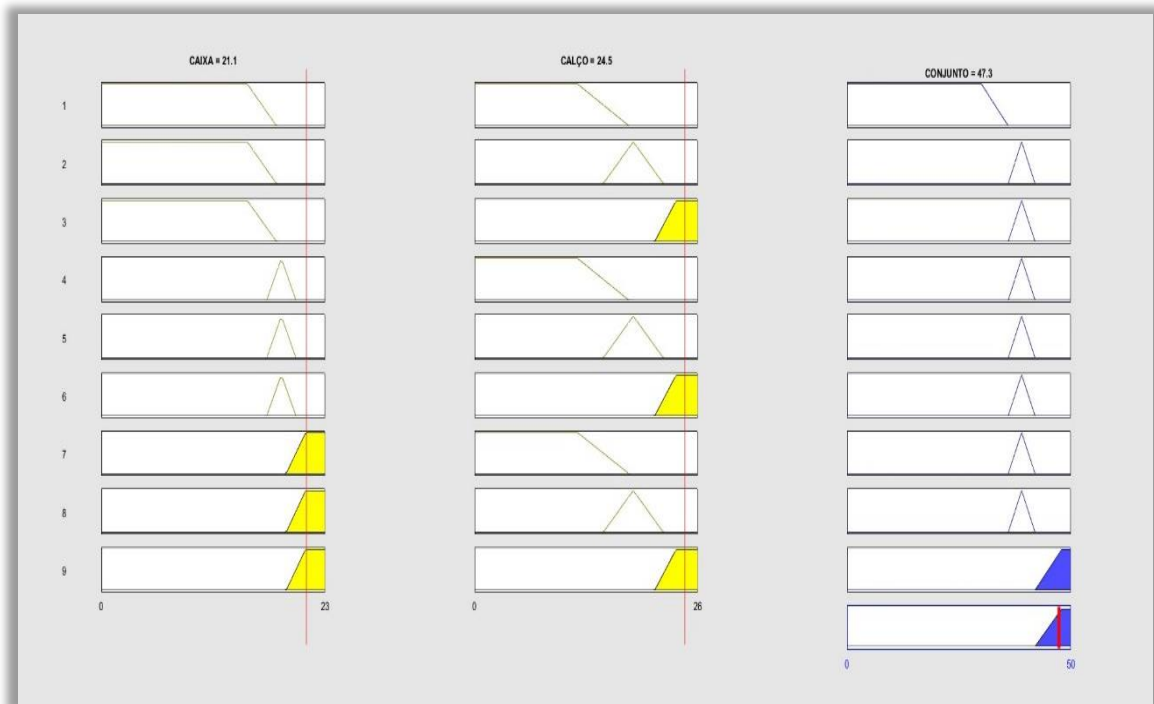
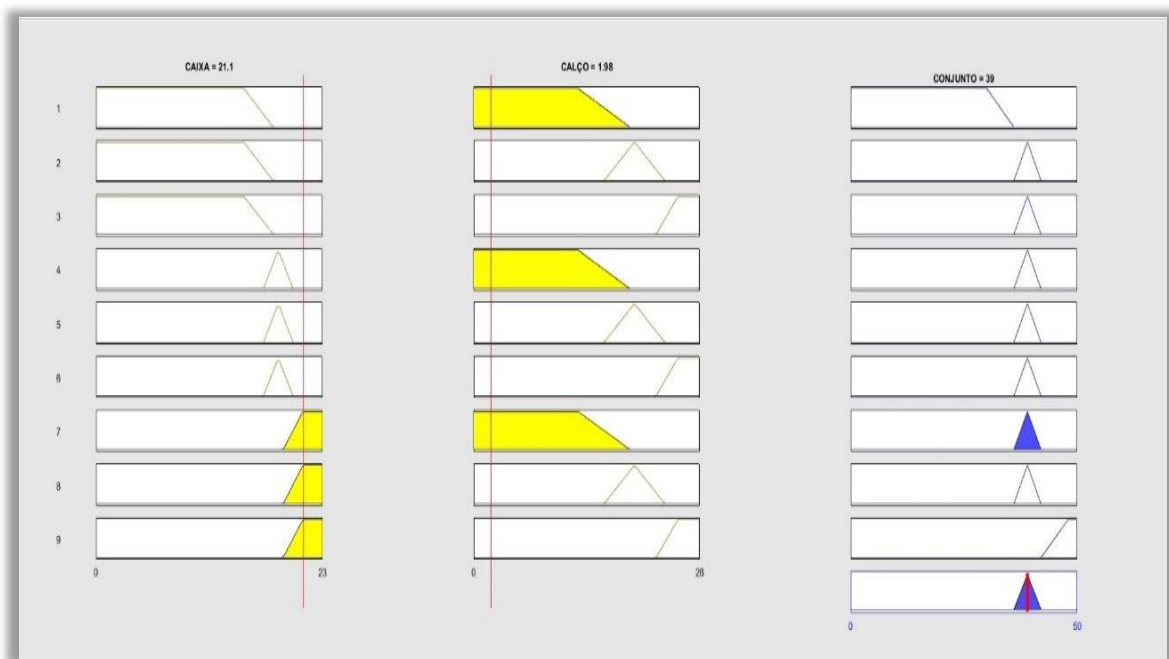


Figura 4.10 – Condição de dobra mínima de caixa e dobra máxima de calço



Figura 4.11 – Condição de dobra máxima de caixa e dobra mínima de calço











4.4 VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO (TESTES DE QUALIDADE NO FABRICANTE DE MONITORES)

Com a aprovação dos participantes do novo projeto local, considerando os resultados obtidos com a aplicação da lógica *Fuzzy*, efetuamos os testes de qualidade das novas embalagens na empresa fabricante de monitores e os resultados estão seguem a sequência abaixo:

Teste de Empilhamento (*Stacking Test*).

Consiste em acondicionar durante determinado tempo e em certas condições de temperatura e umidade os monitores em suas respectivas caixas na posição vertical de acordo com a quantidade máxima de aparelhos que serão transportados em carretas ou contêineres. A caixa deve suportar o próprio peso e não danificar (amassar, trincar, esmagar, travar), o produto acondicionado. Também é observado algum tipo de abaulamento ou deformação, que possa comprometer o empilhamento no sentido de abertura da caixa ou risco de colapso do empilhamento.

Figura 4.12 – Laudo de Teste de Empilhamento de Caixa de baixa Complexidade de Montagem

PRODUCT		MONITOR DELL		EVIDENCE		EVIDENCE		EVIDENCE											
MODEL		P2722H		Before		After													
STAGE		MVT 1st PANEL LGD																	
SAMPLES STACKING SPECIFICATIONS Material color : pls. see the artwork; Bursting Strength Test (BST - Mullen): 12.0 Kgf/cm ² (Min.); Edge Crush Test Value (ECT - Coluna): 10.0 Kgf/cm (Min.); Box Compression Test (BCT - Compressão): 400 Kgf (Min.); Dist. Crush Test (DCT - Empilhamento): 100 Kgf/cm ²																			
STACKING DATA																			
SERIAL	CONCLUSION	REMARK																	
BROYCON7TVB001AF0EBL BROYCON7TVB001AF0A8L BROYCON7TVB001AF01CL BROYCON7TVB001AF0B2L BROYCON7TVB001AF0AAL BROYCON7TVB001AF0C3L	APROVADO 21/10/2021 ~ 28/10/2021 (168 horas)	SAMPLES HOLD OUT WITHOUT NO DAMAGE IN THE STACKING STRUCTURE AND ALSO IN THE MONITOR SET																	
APPROVED IF																			
Packing	No bend, pump																		
Accessories	No any defect, deformation, damage or another adverse																		
Performance	after the power should be no crashes, no picture bad																		
	all connections are working correctly																		
	all function keys are working correctly																		
Appearance	no white spot, light line or mura in the panel																		
	No lock																		
	No scratch, peeled-off paint and so on																		
	No spots																		
REMARKS																			

Fonte: LABORATÓRIO DA QUALIDADE (2021).

A fita colocada para fixar o conjunto serve apenas para evitar o colapso, pois caso haja deformação na coluna o teste é interrompido e a caixa é reprovada. A duração do teste de empilhamento é de 07 dias e o monitoramento é diário durante o período.

Teste de Queda (Drop Test)

O teste consiste em pegar uma amostra montada e através de várias quedas controladas (altura e posição da caixa) em um equipamento apropriado, avaliar as condições finais do produto, nos quesitos, aparência, funcionamento. O teste é aplicado em cantos e arestas estratégicos do produto embalado e após todas as quedas o produto é avaliado nos quesitos informados acima.

Figura 4.13 – Máquina de *Drop Test* (Teste de Queda)



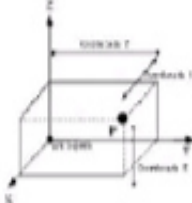
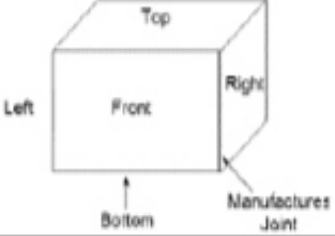
Fonte: LABORATÓRIO DA QUALIDADE (2020).

Figura 4.14– Caixa Deformada após Teste de Queda



Fonte: LABORATÓRIO DA QUALIDADE (2020).

Figura 4.15 – Laudo de Aprovação - Teste de Queda e Vibração

Produto:	Monitor DELL	
Modelo:	P2722H	
Fase:	Amostra Mecânica Fornecedor Local - PCE	
TESTE DE QUEDA E VIBRAÇÃO		
Vibração	Queda	
		
Teste Queda & Vibração		
Serial	Resultado Final	Observações
CN0HTXHCW/SL0013PATWL CN08JMD0W/SL0016MDLLL	APROVADO 20/08/2021	Os produtos suportaram o impacto dos testes de vibração e drop, não ocorrendo danos a sua estrutura nem ao funcionamento dos mesmos
Posições e Sequência de Quedas		
Cantos	Fases	
1) Canto Crítico	5) Bottom	
2) A borda mais curta das três bordas radiantes do canto crítico.	6) Top	
3) A segunda borda mais curta das três bordas radiantes do canto crítico.	7) Direta	
4) A terceira borda mais curta das três bordas radiantes do canto crítico.	8) Esquerda	
	9) Frente	
	10) Trás	
Altura da Queda		
Produto	MONITOR	Notas:
Peso Bruto	9,39 kg	Testes realizados seguindo a spec: ENG0014147 A00 -
Altura	76,00 cm	Package Test Procedure.
Parâmetros de Vibração		
Parâmetros	Frequência	G2/Hz
Eixos x,y,x = 30 min/eixo	1	0,0001
Aceleração = 1,146 Grms	4	0,01
Frequência = 1~200 Hz	100	0,01
	200	0,001
Condições para aprovação		
Embalagem ¹	Íntegra e impressa corretamente	
Etiquetas Caixa	Íntegras e impressas corretamente	
Acessórios	Íntegros, na quantidade e posicionados corretamente	
Produto - Funcionamento	Ligando corretamente	
Produto - Funcionamento	Todas as conexões funcionando corretamente	
Produto - Funcionamento	Todas as teclas funcionando corretamente	
Produto - Funcionamento	Sem distorções ou ruídos (áudio e vídeo)	
Produto - Funcionamento	Sem travamentos	
Produto - Estética	Sem riscos e quebras	
Produto - Estética	Sem manchas	
Etiquetas do Produto	Íntegras e impressas corretamente	
1 - Após o teste de queda desconsiderar a integridade da caixa e calços		
2 - No teste de empilhamento será verificado somente a integridade da caixa de papelão.		

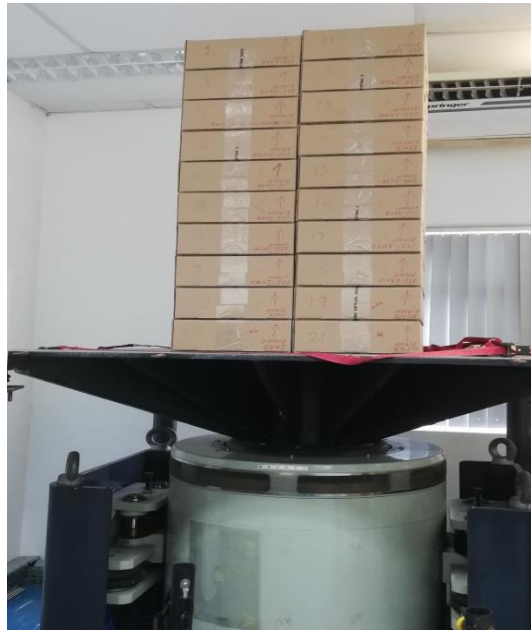
Fonte: LABORATÓRIO DA QUALIDADE (2020).

Teste de Vibração

Consiste em colocar algumas amostras de embalagens em uma máquina que simula as vibrações decorrentes do transporte logístico modal (marítimo-terrestre). A figura acima mostra o resultado do teste de empilhamento.

No Teste de Vibração é usado a Máquina de *Vibration* que é uma plataforma que vibra com frequência pré-determinada, pois depende do tamanho do monitor, simulando os fenômenos de transporte de produtos dentro de carretas, caminhões, navios, trens etc., dura em torno de 90 (noventa) minutos, são submetidos aos testes de vibração para muitas finalidades entre elas a detecção de ressonâncias, falhas de conexão elétricas e eletrônicas, vícios de montagem, testes de transporte, análise de confiabilidade de embalagens, dentre outros.

Figura 4.16 – Máquina de Vibração em Atividade



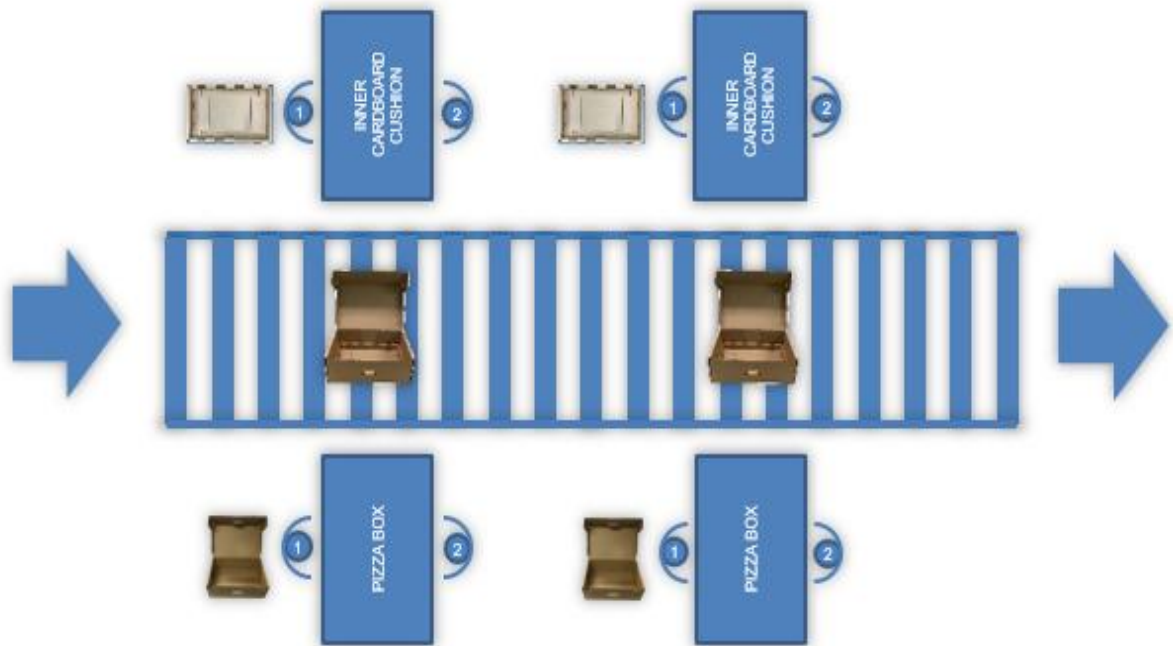
Fonte: LABORATÓRIO DA QUALIDADE (2021)

4.5 VALIDAÇÃO DO PROCESSO

Com a validação dos Testes de Qualidade, as amostras são enviadas à Engenharia de Processos para realização dos ensaios de produção e validação.

Na análise, da Engenharia de processos, podemos identificar na figura abaixo, que houve significativa redução de aproximadamente 45 operadores na montagem das caixas para 08 operadores, correspondendo a uma redução de 82% na mão de obra.

Figura 4.17 – Diagrama Esquemático de Fluxo de Produção de Caixa de redução de dobras



4.6 RESULTADOS OBTIDOS

Conforme os resultados obtidos com o desenvolvimento e a implementação dos trabalhos de melhoria no projeto de embalagem da caixa de papelão ondulado na empresa de monitores, houve diversos ganhos entre os quais:

Redução de tempo de montagem e adequação dos tempos com a sequência de montagem do produto (monitor) na linha de produção.

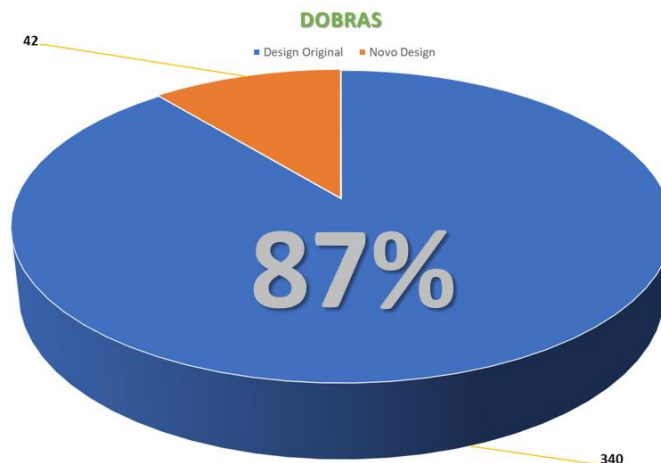
Diminuição e adequação da quantidade de mão de obra aos planos de negócio da empresa (Planejamento Estratégico).

Redução de riscos de doenças ocupacionais referentes a LER (Lesão por esforços repetitivos), a redução drástica do número de dobras por conjunto (caixa/calço) atende o padrão ergonômico da empresa.

Otimização do processo de produção, com a utilização da área padrão disponível para montagem das caixas, pois a quantidade maior de operadores (caixas de grande quantidade de dobras), exigia um layout com área superior ao projeto atual de montagem de caixas.

Continuidade dos tempos de setup: Como mantemos o mesmo layout na área de embalagem, efetuamos a troca de modelos no tempo padrão sem perda de produção.

Gráfico 4.1 - Ganho percentual comparativo novo desenho caixas



Conforme visualização do gráfico 4.1, obtivemos um ganho de 87% na redução de dobras de caixas, saímos da média de 340 dobras por projeto para 42 dobras.

Os resultados são bastante significativos e atenderam de forma eficaz e eficiente os propósitos do referido estudo.

CAPÍTULO 5

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

A metodologia aplicada no desenvolvimento desse estudo demonstra a realidade de um mercado em constantes mudanças, onde não há mais ambiente para empresas que não procuram em seus processos internos, melhoria contínua, redução de custo, eliminação de desperdícios e envolvimento de todos em prol da permanência da empresa no mercado. No começo deste estudo, mais precisamente no capítulo 1 em sua parte introdutória, havia um problema, para ser resolvido. O delineamento de todo o estudo foi focado em resolvê-lo, para isso foi desenvolvido os objetivos e levantado à justificativa, para ajudar a resolver tal problema, embasado nos conceitos e ensinamentos constante na revisão bibliográfica. Para atingir tais objetivos foram feitas pesquisas bibliográficas em artigos, livros, trabalhos monográficos e teses que abordassem o tema e que pudessem ser utilizados como suporte teórico para o desenvolvimento deste trabalho.

Minimizar os diversos tipos de problemas nas empresas e em qualquer segmento é muito importante, principalmente quando há ferramentas que permitem como foi aqui verificado no estudo em questão. O trabalho objetivou entre outros a apresentar estudo de otimização e desenvolvimento embalagens de papelão ondulado para monitores de LCD usados em computadores, reduzindo a quantidade de dobras e utilizando a lógica *Fuzzy*, no processo. Atendendo aos requisitos estipulados pelos fornecedores, clientes internos e externos considerando a fabricação de nova embalagem papelão com novo design.

Com intuito de reduzir o tempo, mão de obra, doenças ocupacionais e os custos decorrentes da fabricação e montagem de embalagem de caixa de papelão ondulado para monitores de LCD, além de identificar os pontos críticos a empresa de monitores desenvolveu um modelo utilizando à lógica *Fuzzy*, com o desenvolvimento do projeto e depois comprovado *in loco* com inúmeros testes, uma forma com grande oportunidade de minimizar o problemas decorrentes da fabricação e da montagem de embalagem, causando menor impacto ao meio ambiente, e a significativa redução de mão de obra.

Várias dificuldades foram encontradas para desenvolver este estudo, já que não havia disponibilidade de tempo suficiente para levantar todas as informações necessárias e pouca literatura que descrevesse a lógica *Fuzzy* no desenvolvimento de projeto de embalagem. Foram

identificados alguns pontos fortes nessa pesquisa que nos deixaram convencidos de que havia possibilidade de realmente mudar o quadro de montagem e fabricação das embalagens de caixa de papelão ondulado.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendação para futuros projetos de melhoria da empresa, poderíamos propor que houvessem três estudos paralelos. Conforme discriminados abaixo:

- ✓ Aplicação da análise ergonômica utilizando método OCRA na montagem de caixas de papelão ondulado.
- ✓ Capacitação de Engenheiros e técnicos no entendimento da metodologia *Fuzzy* em novos projetos nas áreas de produção e processo.
- ✓ Aplicação de simuladores de processos industriais utilizando os simuladores computacionais para projeções de aumento de produtividade prognosticando os resultados, proporcionando suporte à tomada de decisão quanto a ações necessárias para alcançar metas e objetivos de produtividades previstas.

REFERÊNCIAS

ABRE. **A importância da embalagem.** Disponível em: <http://o3design.com.br/aimportancia-da-embalagem/>. Acesso em 02/11/2021.

ADAMI S/A. **Entrada do Papel na onduladeira e Processo de formação da Chapa.** Disponível em: <http://www.adami.com.br/>. Acesso em: 18 de dezembro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e Documentação – Referências – Elaboração: ABNT NBR-6023.** Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Embalagem e Acondicionamento – Elaboração: ABNT NBR 9198.** Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ergonomia - Movimentação manual - Elaboração: ABNT NBR ISO 11228-3/2014.**

ANTÔNIO, R. L. **Estudo Ergonômico dos Riscos de LER/DORT em Linha de Montagem: Aplicando o Método Ocupacional Repetitiva (OCRA) na Análise Ergonômica do Trabalho (AET).** 2003. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2003.

ALVARENGA, H. **Revisão de Sistemas de Inferência Fuzzy Aplicados a Decisões de Alocação de Estoque.** 2016. Dissertação (Mestrado em Administração) – Instituto Coppead de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.

EMPAPEL – **Associação Brasileira de Embalagens em Papel.** Disponível em: <https://www.abre.org.br/fornecedores/abpo-associacao-brasileira-do-papelao-ondulado/>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

BATTISTELLA, N.; COLOMBO, J.R.; ABREU, K.C.K. **A Importância da Cor nas Embalagens como Fator Influenciador no Momento da Compra**. p.2-19, 2010.

BARROS, Aline D.M.; BORGHI, Natália C. IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ponta Grossa, PR, Brasil, (2014). **Processo de concepção e desenvolvimento de embalagens: O caso das linhas de produtos de uma empresa de acessórios para banheiros**.

CAMPOS FILHO, Pio. (2004). **Método para apoio à decisão na verificação da sustentabilidade de uma unidade de conservação, usando lógica Fuzzy**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Florianópolis: UFSC.

COLOMBINI, D.; DELLEMAN, N.; FALLENTIN, N.; KILBOM, A.; GRIECO, A.; TNO TECHNISCHE MENSKUNDE. **Exposure assessment of upper limb repetitive movements: a consensus document**. In: KARWOWSKI, W. (Ed.). International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors. 2. ed. vol. 3. London: Taylor and Francis, 2001. p. 52-66.

COLOMBINI, D.; et al. **Repetitive movements of upper limbs in agriculture: set up of annual exposure level assessment models starting from OCRA checklist via simple and practical tools**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE ERGONOMICS IN DEVELOPING COUNTRIES (AEDeC 2007). Proceedings... Kuala Lumpur (Malaysia), 2007. p. 1-8.

COLOMBINI, D.; OCCHIPINTI, E.; FANTI, M. **Método Ocra: para análise e a prevenção do risco por movimentos repetitivos**. São Paulo: LTr, 2008.

DINIZ, Graziela de Oliveira Ribeiro. **Padrões de Qualidade no Desenvolvimento de Embalagem de Papelão Ondulado em uma empresa de Médio Porte**. 2014.

DOC PLAYER. **Ciclo de Vida do Papelão Ondulado**. Disponível: <https://docplayer.com.br/50748351-Universidade-federal-do-rio-grande-do-sul-escola-de-engenharia-mestrado-profissionalizante-em-engenharia-alvaro-joao-pressanto.html>. Acesso em: 19 de dezembro de 2021.

FIorentino, F.A.M; RICARTE, P.C; CORREA, M.A.; MENDES, G.M.J.S; ISAAC, V.L.B.; SALGADO, H.R.N. **Análise Microbiológica de Embalagens para o Acondicionamento de Medicamentos e Cosméticos**. La Plata: Colegio Farmaceuticos Provincia de Buenos Aires, v. 27, n. 5, p. 757-761, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/7298>. Acesso em: 19 de dezembro de 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 7ª edição. São Paulo: Ed. Atlas, 2019.

INFINITY MACHINE INTERNATIONAL INC. FÁBRICA. (2021). Disponível <http://portuguese.teste-machine.com/sale-8613717-astm-d642-carton-bursting-strength-cardboard-compression-package-testing-machine-for-box-compressive.html> . Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

INCAPACAIXAS. **Chapas de Papelão ondulado**. Disponível: <http://www.incapacaixas.com.br/>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

MERIGÓ, J.M.; LAFUENTE, A.M.; YAGER, R.R. **An overview of Fuzzy research with bibliometric indicators**. Direitos autorais da Crown. 2014 Publicado pela Elsevier B.V. Todos os direitos reservados. Disponível: *An overview of Fuzzy research with bibliometric indicators* - Science Direct. Acesso em: 19 de dezembro de 2021.

MALHEIROS, Bruno Taranto. **Metodologia da Pesquisa em Educação**. 1ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MENDEL, J.M. **Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial**, Proceedings of the IEEE, Vol. 83, No. 3, 1995.

MOTA, L.R. **Controle de Qualidade de Embalagens Flexíveis para Biscoitos**. Goiás: 2004.

NEGRÃO, C.; CAMARGO, E.. **Design de embalagem: do marketing à produção**. São Paulo: Novacec, 2008.

OLIVEIRA, G. T.D.; MAIA, J.L.; MARTINS, R.A.. **Estratégia de produção e desenvolvimento de produto em uma empresa do setor de cosméticos**. São Paulo. Revista Sistemas & Gestão, v. 1, n. 1, p. 58-78, Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brasil. Janeiro. 2006.

PAVANI, R. A. **Estudo ergonômico aplicando o método Occupational Repetitive Actions (OCRA): uma contribuição para a gestão da saúde no trabalho**. 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente) - Centro Universitário Senac, Campus Santo Amaro, São Paulo, 2007.

PIRSQ INC. (2019). **Teste de resistência à compressão. Como verificar a qualidade da caixa de papelão ondulado**. Disponível <https://www.pirsq.com/blog/compressive-corrugated-box-quality-test/>. Acesso: 20 de janeiro de 2022.

POSSELT, E. L.; MOLZ, R.F.; HORN, F. **Uso de Lógica Fuzzy para a Otimização de Sistema Energéticos Baseados em Energia Limpa**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. p. 14, 2009. A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.

ROBERT, N. T. F. **Dossiê Técnico – Produção de Embalagem de Papel**. REDETEC – Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro. 2007.

ROMANO, L.N. **Um Metodologia de Projeto para Embalagem**. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina.

ROSS, T.J. (2010). **Fuzzy Logic With Engineering Applications**. University of New Mexico, USA. John Wiley & Sons, Third Edition.

SARAIVA, G.J. P. **Pesquisa Lógica Fuzzy**. Vol. XVII - Nº 3 - 3º Quadrimestre de 2000.

SAMECH Vedações Industriais. (2021) **Bobina de Papelão Ondulado**. Disponível: <https://www.samechvedacoes.com.br/a-evolucao-da-tecnologia-para-a-industria-de-papel/>. Acesso: 21 de janeiro de 2022.

SMETS, P. **Imperfect information: Imprecision – Uncertainty**, UMIS - Var Unc., Université Libre de Bruxelles, p.1–35, 1999. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/d/pmr5406/Download/papers/Imperfect>. Acesso em: 19 de dezembro de 2021.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção - Teoria e Prática**. 3ª edição. São Paulo, Atlas, 2017.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. Editorial: McGraw-Hill Education; 5a edición: Edit. McGraw-Hill, 2011.

VIEIRA, L.F.R.. **Estudo de Perda por Maquinismo em embalagens de Papelão Ondulado**. Centro Universitário Toledo Araçatuba – SP 2016.