



## **PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE BURN IN LINE**

**Marcelo Maia do Nascimento**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Belém  
Agosto de 2021

## PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE BURN IN LINE

Marcelo Maia do Nascimento

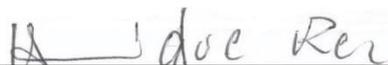
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

Examinada por:



---

Prof. Jandecy Cabral Leite, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



---

Prof. Manoel Henrique Reis Nascimento, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



---

Prof. David Barbosa de Alencar, Dr.  
(FAMETRO-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

AGOSTO DE 2021

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFPA**

---

Nascimento, Marcelo Maia do, 1987-  
Proposta de desenvolvimento de Burn In Inline / Marcelo  
Maia do Nascimento - 2021.

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal  
do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Processos, 2021.

1. Burn In I. Título

CDD 670.42

---

*Dedico este trabalho à querida família,  
que tanto amo: Deisiane, Davi, Elinalda  
e João, pelo apoio incondicional na  
realização de meus sonhos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela graça de ter alcançado mais este grande objetivo em minha vida.

Aos meus pais, João Evangelista Carvalho do Nascimento e Elinalda Maia do Nascimento, por terem me dado todas as condições e todos os incentivos para me aprofundar nos estudos e seguir meus sonhos. À minha amada Deisiane Silveira Santana do Nascimento, pelo apoio e cumplicidade nas horas difíceis deste trabalho, e ao meu lindo filho Davi Santana do Nascimento, que veio a este mundo para tornar seu pai o homem mais feliz do mundo. Sou muito grato pelo seu amor e carinho, sem vocês eu não teria conseguido!

Ao meu professor orientador, Dr. Jandecy Cabral Leite, pela sua paciência e incalculáveis horas disponibilizadas para a revisão e orientação no decorrer deste trabalho.

Aos professores e colegas do PPGEP e do ITEGAM, que disponibilizaram todos os recursos possíveis para tornar este desafio mais fácil de ser concluído.

E agradeço a todos os outros que indiretamente contribuíram e, com injustiça, não estão relacionados aqui. Porém, deixo registrada minha gratidão.

*“Ele não sabia que era impossível. Foi lá e fez”*

(Jean Cocteau)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

## **PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE BURN IN LINE**

**Marcelo Maia do Nascimento**

Agosto/2021

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Área de Concentração: Engenharia de Processos

A manufatura avançada promete impactar positivamente a economia de maneira significativa para diversos ramos e segmentos industriais, como metalurgia e agronegócio. Diante disso, tem-se como objetivo desenvolver um novo produto implementado dentro de uma empresa do Polo Industrial de Manaus, esse novo produto trata-se de um sistema automatizado para armazenagem em ambiente de temperatura controlada, teste e acompanhamento dos testes em tempo real de seus produtos. Dessa maneira, a presente dissertação pode ser considerada de forma exploratória, de natureza aplicada e qualitativa, sob dois aspectos, pesquisa bibliográfica e estudo de caso, a coleta de dados foi por meio de reunião com os profissionais da empresa, visitas técnicas, pesquisando sobre a importância do tema. Os resultados mostraram que as principais etapas de desenvolvimento do Burn In Inline foram validadas, estudos de capacidade produtiva associado aos desenvolvimentos podem gerar modernização da fábrica e maior competitividade entre empresas do ramo.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

## **PROPOSAL FOR THE DEVELOPMENT OF BURN IN INLINE**

**Marcelo Maia do Nascimento**

August/2021

Advisor: Jandecy Cabral Leite

Research Area: Process Engineering

Advanced manufacturing promises to positively impact the economy significantly for various branches and industrial segments, such as metallurgy and agribusiness. Therefore, the aim is to develop a new product implemented within the company Manaus Industrial Hub, this new product is an automated system for storage in a controlled temperature environment, testing and monitoring of real-time tests of its products. Thus, this article can be considered exploratory, applied and qualitative in nature, under two aspects, bibliographical research and case study, data collection was through meetings with company professionals, technical visits, researching on the importance of the topic. The results showed that the main stages of development of Burn In Inline were validated, studies of production capacity associated with the developments can generate factory modernization and greater competitiveness among companies in the field.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 - OBJETIVOS.....	2
<b>1.2.1 - Objetivo geral.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.2 - Objetivos específicos.....</b>	<b>2</b>
1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO.....	2
1.3 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	3
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 - INDÚSTRIA 4.0.....	5
<b>2.1.1 - Internet das coisas.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2 - Integração de sistemas vertical e horizontal.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.3 - Manufatura aditiva.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.4 - Big data.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.5 - Robôs autônomos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.6 - Simulação.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.7 - Realidade aumentada.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.8 - Segurança cibernética.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.9 - Computação em nuvem.....</b>	<b>11</b>
2.2 - ASPECTOS GERAIS DE ENSAIOS DE BURN IN.....	11
2.3 - TÉCNICAS DE ENSAIO.....	12
2.4 - BURN IN.....	13
2.5 - ESTUDOS DE TEMPOS.....	15
<b>2.5.1 - Methods Time Measurement – MTM.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5.2 - Maynard Operation Sequence Technique – MOST.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
3.1 - LOCAL DE ESTUDO.....	18
3.2 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	18
<b>3.2.1 - Metodologia experimental.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.2 - Caracterização da organização.....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
4.1 - MODELO PROPOSTO.....	25

4.2 - ESTUDO DE CAPACIDADE PRODUTIVA.....	26
4.3 - ESTEIRAS INFERIOR E SUPERIOR.....	27
4.4 - ISOLAMENTO TÉRMICO.....	29
4.5 - ELEVADOR CONTÍNUO.....	30
4.6 - SISTEMA DE TRANSFER.....	33
4.7 - BERÇOS.....	34
4.8 - FLUXO DE TESTE DO BURN IN INLINE.....	36
4.9 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
<b>4.9.1 - Aplicando resultados.....</b>	<b>38</b>
<b>4.9.2 - Desenvolvimento de esteiras inferior e superior do Burn In.....</b>	<b>38</b>
<b>4.9.3 - Desenvolvimento do isolamento térmico.....</b>	<b>41</b>
<b>4.9.4 - Desenvolvimento do berço.....</b>	<b>42</b>
<b>4.9.5 - Desenvolvimento do elevador.....</b>	<b>43</b>
<b>4.9.6 - Banco de dados.....</b>	<b>51</b>
4.9.6.1 - Tabela dos modelos.....	51
4.9.6.2 - Tabela das temperaturas.....	52
4.9.6.3 - Tabela dos berços.....	52
<b>4.9.7 - Análise de estudo de capacidade produtiva.....</b>	<b>54</b>
<b>4.9.8 - Análise de tempo.....</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....</b>	<b>61</b>
5.1 - CONCLUSÕES.....	61
5.2 - SUGESTÕES.....	62
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Fluxo para realizar ensaio do Burn In.....	15
Figura 2.2	Movimentos básicos.....	16
Figura 3.1	Fluxograma do desenvolvimento do projeto.....	19
Figura 3.2	Fluxograma de processo.....	21
Figura 3.3	Processo de Burn In.....	22
Figura 3.4	Layout atual linha de produção – PSA.....	23
Figura 3.5	Layout atual linha de produção mezanino – PSA.....	23
Figura 3.6	Layout da área do Burn In.....	24
Figura 4.1	Proposta de Burn In Inline.....	25
Figura 4.2	Dimensional e tempo de Burn In.....	26
Figura 4.3	Vista frontal das esteiras.....	28
Figura 4.4	Esteira com berços e produtos.....	29
Figura 4.5	Motor com redutor planetário.....	29
Figura 4.6	Isolamento térmico.....	30
Figura 4.7	Estudo para implantação do elevador utilizando o SolidWorks..	32
Figura 4.8	Modelagem completa do elevador.....	33
Figura 4.9	Modelagem do sistema de transfer.....	34
Figura 4.10	Posicionamento do sistema de transfer na esteira.....	34
Figura 4.11	Modelagem 3D do berço.....	35
Figura 4.12	Modelagem 3D do berço com produto D150.....	36
Figura 4.13	Modelagem 3D do berço com produto A930.....	36
Figura 4.14	Fluxo de teste do Burn In Inline.....	37
Figura 4.15	Esteiras.....	38
Figura 4.16	Gráfico da curva-S.....	40
Figura 4.17	Validação da energização dos berços.....	40
Figura 4.18	Isolamento térmico.....	41
Figura 4.19	Instalação de elementos no isolamento térmico.....	42
Figura 4.20	Protótipo do berço.....	43
Figura 4.21	Estrutura de apoio dos berços.....	44
Figura 4.22	Estrutura do elevador vertical.....	44
Figura 4.23	Elevador vertical.....	45

Figura 4.24	Diagrama eletrônico do elevador.....	46
Figura 4.25	Montagem para teste do circuito elétrico.....	47
Figura 4.26	Display.....	48
Figura 4.27	Fluxograma do aplicativo de monitoramento.....	49
Figura 4.28	Mapa da comunicação MQTT.....	50
Figura 4.29	Conexão MQTT.....	50
Figura 4.30	Tabela com os modelos.....	52
Figura 4.31	Tabela de temperatura.....	52
Figura 4.32	Fluxograma dos berços.....	53
Figura 4.33	Tabela berços.....	54
Figura 4.34	Dimensional do berço.....	55
Figura 4.35	Capacidade produtiva.....	56
Figura 4.36	Definição de variáveis de processo.....	58
Figura 4.37	Tempo de operação.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Comparativo das técnicas de utilização de estresse.....	13
Tabela 4.1	Tabela de modelos.....	51
Tabela 4.2	Tabela berços.....	53
Tabela 4.3	Capacidade produtiva por modelo.....	56
Tabela 4.4	Capacidade necessário X Capacidade projetada.....	57

## NOMENCLATURA

ALT	ACCELERATED LIFE TESTING
AMR	AUTONOMOUS MOBILE ROBOTS
AST	ACCELERATED STRESS TESTING
BD	BIG DATA
CA	CORRENTE ALTERNADA
CAD	COMPUTER AIDED DESIGN
CPS	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
DC	NORMA BRASILEIRA
END	ENSAIO NÃO DESTRUTIVO
ESS	ENVIRONMENTAL STRESS SCREENING
HALT	HIGHLY ACCELERATE LIFE TESTING
HASA	HIGHLY ACCELERATE STRESS AUDIT
HASS	HIGHLY ACCELERATE STRESS SCREENING
HAST	HIGHLY ACCELERATE STRESS TESTING
IDE	INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT
IOT	INTERNET OF THINGS
MA	MANUFATURA ADITIVA
MIT	MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
MOST	MAYNARD OPERATION SEQUENCE TECHNIQUE
MQTT	MESSAGE QUEUING TELEMETRY TRANSPOR
MTM	METHODS TIME MEASUREMENT
PIM	POLO INDUSTRIAL DE MANAUS
RA	REALIDADE AUMENTADA
RFID	RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION
TMU	TIME MEASUREMENT UNIT
UPH	UNIDADE POR HORA

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 - MOTIVAÇÃO

A Indústria 4.0 engloba todos os aspectos da cadeia de valor, e depende da Tecnologia de Comunicação de Informação para integrar as atividades de fabricação e negócios em uma operação eficiente e perfeita. No momento atual da indústria nacional, a manufatura avançada, também conhecida como Indústria 4.0, tem tomado espaço importante com a emergente necessidade de novas tecnologias para otimização de processos de produção. Ela possui a capacidade de acomodar os diferentes requisitos de produção e personalização de massa comumente encontrada pela indústria, sem a necessidade de investimentos de capital excessivos. A manufatura avançada promete impactar positivamente a economia de maneira significativa para diversos ramos e segmentos industriais, como metalurgia e agronegócio.

O objetivo desta dissertação foi desenvolver um protótipo de Burn In Inline implementado dentro de uma empresa do Polo Industrial de Manaus - PIM, esse novo produto trata-se de um sistema automatizado para armazenagem em ambiente de temperatura controlada, teste e acompanhamento dos testes em tempo real de seus produtos. Protocolos de comunicação IoT, conceitos e ferramentas emergente da indústria 4.0 serão utilizados nesse projeto. Para implementação do sistema robotizado, fez-se necessário o desenvolvimento de software que auxiliaram o funcionamento do novo equipamento. Um teste de Burn-In consiste em submeter um produto industrial a condições simuladas da realidade em que irá funcionar, e forçar os componentes que trazem defeitos que afetam a sua fiabilidade, originados durante o processo de fabricação falhar e serem substituídos ou reparados no fabricante. É comum empresas terem dispostos equipamentos que realizam esse teste, geralmente em um ambiente fora da linha de produção e com vários operadores realizando a função.

Do ponto de vista institucional e científico, este projeto justifica-se pelo interesse sobre a inovação de implementar um equipamento capaz de realizar o Burn In Inline, ou seja, no mesmo espaço de produção, com aplicação de características da Indústria 4.0, como Internet das Coisas. A pesquisa por meio de revisão da literatura, informações coletadas na empresa, cujas atividades apoiam projetos de

desenvolvimento acadêmico, científico e tecnológico e que podem ser introduzidas em qualquer organização que identifique a necessidade desse tipo de automação.

## 1.2 - OBJETIVOS

### 1.2.1 - Objetivo geral

Desenvolver um protótipo de Burn In Inline.

### 1.2.2 - Objetivos específicos

- Realizar estudo de tempos e capacidade produtiva;
- Desenvolver sistema do elevador contínuo;
- Projetar isolamento térmico;
- Desenvolver sistema de esteiras para transporte de produtos.

## 1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho apresentou contribuições importantes para a área de Burn In implementado no mesmo ambiente de produção. Explorou a aplicação de características da Indústria 4.0, como Internet das Coisas com Integração Vertical e Horizontal dos Sistemas.

As contribuições mais relevantes deste trabalho se estendem nos contextos acadêmico, tecnológico e empresarial, os quais serão circunstanciados nesta seção. Diversos estudos mostram a importância da realização de testes de Burn In no processo de fabricação eletroeletrônico, mas sempre requerem espaço físico diferente do ambiente de produção.

No contexto acadêmico autores, definem a confiabilidade como um produto que pode ser definida como a probabilidade de que este irá executar suas funções de projeto sem falhas em um ambiente especificado, por um período projetado, com um determinado nível de confiança (KECECIOGLU *et al.*, 2003), (NBR 5462, 1994), (IRESON, 1996), (MACHADO, 2002).

No contexto tecnológico, a maioria dos sistemas de tecnologia da informação existentes hoje não são totalmente integrados. Mas, com a Indústria 4.0, as empresas, os departamentos, as funções e os recursos se tornarão muito mais coesos, à medida que as redes de integração de dados universais e entre empresas evoluam e possibilitem cadeias de valor verdadeiramente automatizadas (RÜßMANN *et al.*, 2015). Entende-se integração horizontal como a integração dos vários sistemas de TI para o apoio e a implementação de diferentes processos de agregação de valor (tais como fabricação, logística, vendas, engenharia e serviço), tanto dentro da empresa produtora, como além das fronteiras da empresa. Por integração vertical, entende-se a integração dos vários sistemas de TI nos diferentes níveis hierárquicos de um sistema de produção, como nível de atuadores e de sensores, o nível de controle, o nível de gerenciamento da produção, o nível de fabricação e execução, e o nível de planejamento de recursos corporativos (BITKOM *et al.*, 2016).

A integração permite um sistema de fabricação flexível e reconfigurável, uma vez que as máquinas inteligentes formam um sistema auto-organizado que pode ser reconfigurado dinamicamente para se adaptar a diferentes tipos de produtos, e as grandes quantidades de informações são coletadas e processadas para tornar o processo de produção transparente.

No contexto empresarial, com o surgimento de novas tecnologias o seu emprego dentro das indústrias, pode-se dizer que não serão produzidos bens da mesma forma que antes. Essas inovações que irão mudar desde os processos industriais até as relações sociais é a chamada de Quarta Revolução Industrial. Diante disso, várias organizações entram em uma corrida internacional em direção à indústria do futuro. A implementação do Burn In Inline propiciará inovação ao processo de testes de Burn In e modernização da fábrica, podendo tornar-se mais competitiva.

#### 1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho é organizado em cinco capítulos.

O Capítulo 1 é composto pela motivação, objetivos, contribuições da dissertação e a forma de organização do trabalho.

O Capítulo 2 trata da revisão da literatura do trabalho, dividida em quatro partes. A primeira parte aborda conceitos da Indústria 4.0 no qual foi abordado ao longo deste projeto. A segunda parte enfatiza os aspectos gerais de ensaios de estresse em produtos

eletrônicos. A terceira parte descreve o processo de Burn In, teste que será executado durante a implementação do projeto. Por fim, a última etapa trata da técnica MOST que sintetiza os movimentos em operações.

O Capítulo 3 é dedicado aos procedimentos metodológicos, composto pelo local de estudo e metodologia utilizada.

O Capítulo 4 expõe os resultados preliminares e discussões obtidos pelo trabalho, será abordado inicialmente o estudo de capacidade produtiva, o desenvolvimento de esteiras inferior e superior responsáveis pelo transporte dos produtos em teste, o isolamento térmico, elevador contínuo, sistemas de transfer, berços e o fluxo de teste do Burn In Inline. Após a apresentação dos desenvolvimentos, será explanado as análises de capacidade produtiva de testes no Burn In, a quantidade de berços operacionais e análise de tempos.

O Capítulo 5 demonstra as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

As Referências Bibliográficas listam todos as fontes consultadas para o desenvolvimento deste trabalho, como fontes de livros, artigos de periódicos científicos, normas nacionais e internacionais, monografias, teses e dissertações, arquivos eletrônicos e manuais técnicos foi importante

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1 - INDÚSTRIA 4.0

Indústria 4.0 é um dos termos utilizados para descrever a estratégia de alta tecnologia promovida pelo governo alemão que está sendo implementada pela indústria em todo o mundo. Abrange um conjunto de tecnologias de ponta ligadas à internet com objetivo de tornar os sistemas de produção mais flexíveis e colaborativos (BITKOM *et al.*, 2016). A Indústria 4.0 ou, mais expressivamente, Quarta Revolução Industrial, refere-se a um conjunto de transformações nos modelos de produção a partir da convergência e aplicação de tecnologias disruptivas nos sistemas industriais tradicionais. Essa nova reforma apoia-se na revolução digital, mediante a ascensão das high-techs, tendo em vista a ubiquidade e mobilidade da internet, sensores mais robustos, inteligência artificial e aprendizado de máquina (SCHWAB, 2016) (VAIDYA *et al.*, 2018).

A Indústria 4.0 prevê a integração entre humanos e máquinas, mesmo que em posições geográficas distantes, formando grandes redes e fornecendo produtos e serviços de forma autônoma (SILVA *et al.*, 2015).

A compreensão disseminada acerca da Indústria 4.0 está ligada ao desenvolvimento de redes de trabalho na forma de Sistemas Cyber-físicos (CPS). No ambiente produtivo, esses sistemas compreendem máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e equipamentos de produção com capacidade para trocar informações de maneira autônoma, gerenciando os fluxos produtivos independentemente. Os produtos inteligentes armazenam seu próprio histórico produtivo, status e rotas alternativas de produção, podendo ser facilmente localizados (KAGERMANN *et al.*, 2013).

A Indústria 4.0 é baseada, fundamentalmente em nove pilares tecnológicos, com foco na melhoria contínua em termos de eficiência, segurança, produtividade e retorno dos investimentos. Nesta seção será apresentado os nove pilares com seus respectivos detalhamentos.

### **2.1.1 - Internet das coisas**

O termo Internet das Coisas surgiu em 1999, utilizado pela primeira vez por Kevin Ashon, pesquisador britânico do Massachusetts Institute of Technology (MIT), em uma apresentação para executivos da empresa Procter & Gamble sobre a ideia de etiquetar os produtos da empresa com identificadores de Rádio Frequência (RFID) para facilitar a logística da cadeia de produção (FINEP, 2015).

A Internet das Coisas, dentro das indústrias permite que as máquinas interajam entre si, coletando e analisando dados, e armazenando-os em nuvem, pois identificam e solucionam problemas sem a interferência humana, tomando decisões eficientes sozinhas. Além de propor um futuro no qual todos os objetos sejam conectados e interligados de forma inteligente a todo o momento. Ou seja, o mundo físico com a IoT dá origem a um enorme Sistema de Informações (COLOMBO et al., 2018).

Ainda em constante crescimento, (VASHI et al., 2017) afirmam que vem ocorrendo uma revolução radical da internet, não se trata apenas de uma rede que interage com os objetos conectados, extraindo informações do ambiente sensorial, e interage com o meio físico, ela também verifica padrões na rede para fornecer informações, novas aplicações e comunicação. Tudo isso é impulsionado pela tecnologia sem fio, como Bluetooth, RFID, Wi-Fi e serviços de dados por telefone, todos incorporados com dispositivos sensores e gatilhos.

Em suma, deve-se pensar que o papel da Internet das Coisas dentro de indústrias refere-se a um ambiente no qual equipamentos estão conectados por meio de sensores e inteligência artificial, permitindo a interação e compartilhamento das informações em tempo real (FILHO, 2018).

### **2.1.2 - Integração de sistemas vertical e horizontal**

Integração horizontal refere-se a conexão entre a fábrica e toda a cadeia de valor externa à planta, indo além da própria organização conectando-se aos parceiros externos para entregar um melhor serviço ao cliente. Já a integração vertical trata da integração de sistema de tecnologia da informação (TI) em vários níveis de produção e fabricação, além da integração da estrutura interna da empresa (ROMANO, 2017).

Com a integração tanto vertical quanto horizontal, serão beneficiados os clientes e as empresas, pois o uso de sensores em cada etapa da produção permite um novo nível

de identificação de defeitos e problemas relacionados a qualidade, que pode reduzir consideravelmente retrabalho e peças defeituosas bem como a interconexão entre sistemas oferecem métricas em tempo real permitindo rastreabilidade e otimização do fluxo do produto (FILHO, 2018).

### **2.1.3 - Manufatura aditiva**

Segundo (GIORDANO *et al.*, 2016), manufatura aditiva é um termo usado para se referir a tecnologias utilizadas na fabricação de objetos físicos através de fontes de dados criadas em sistemas de projetos computacionais. No entanto, estes equipamentos não se restringem simplesmente à produção de modelos, mas também à manufatura final de produtos.

O uso das tecnologias da manufatura aditiva (MA) se encontra em alta nos diversos campos do mercado industrial. Proveniente de um processo de impressão de objetos visivelmente palpáveis, a manufatura aditiva é utilizada em diversas áreas, atualmente tem destaque nos setores automotivos e aeroespacial, e nos projetos de implantes odontológicos (MARQUES, 2014).

Para fabricação de peças com design complexo existem algumas características fundamentais da manufatura aditiva na qual são, a redução do número de etapas e processos na fabricação de um objeto, e a economia de material (BERMAN, 2021). Com alto nível de eficiência e flexibilidade, a manufatura aditiva atende as linhas de produção, propiciando a fabricação sob demanda de peças, em locais otimizados, para entrega direta nas linhas de montagem. Melhora também, o custo-benefício, devido ao menor desperdício de materiais em comparação com os métodos de manufatura convencionais.

Entretanto, DELOITTE (2015) afirma que a impressão 3D ainda enfrenta alguns desafios técnicos como: o número limitado de materiais, imprecisão, custo elevado para produção em massa e as limitações no tamanho dos componentes que podem ser impressos, que podem colocar em desvantagem quando comparada a fabricação tradicional.

#### 2.1.4 - Big data

A IoT permite uma interconexão, via envio de dados, de produtos, pessoas, processos e infraestruturas deixando todo o sistema de manufatura mais automático e inteligente. Este volume, velocidade e variedade de dados gerados, oriundas de máquinas, pessoas e aplicações entre si, segundo (INTEL, 2013), é denominado de Big Data. Segundo pesquisa realizada em 2015 pela BSA | The Software Alliance, foi estimado que cerca de 2,5 quintilhões (10<sup>18</sup>) de bytes em dados são gerados todos os dias, e esse número dobrará a cada dois anos. Esse imenso conjunto de dados é denominado Big Data (BSA, 2015).

O Big Data em sistemas IoT, grandes volumes de dados podem ser analisados online com ferramentas avançadas trabalhando em nuvem em velocidade de transmissão. Os dados gerados permitem ser armazenados em sistemas em nuvem distribuídos para futuras análises. Os resultados destas análises podem otimizar operações e fornecer informações com objetivo de aumentar a produtividade, eficiência e reduzir os custos operacionais (GILCHRIST, 2016).

Segundo HU *et al.* (2014), SIVARAJAH *et al.* (2021) e SAGGI *et al.* (2018), as categorias de processamento mais aplicadas no contexto da BD, são o *Streaming processing*, e o *Batch processing*. O *Streaming processing*, atua no processamento de fluxo dos dados e tem como ponto de partida que o valor potencial dos dados depende da atualização deles, sendo assim, os dados devem ser processados o mais rápido possível para obter seus resultados. O *Batch processing* faz o processamento de diferentes lotes de dados, e tem como características armazenar os dados primeiro e depois analisá-los. O *Map Reduce* se tornou o modelo dominante de *batch processing*. Sendo seu propósito primeiro dividir os dados em pequenos pedaços e em seguida, processá-los em paralelo e de maneira distribuída para gerar resultados intermediários. O resultado é obtido agregando todos os resultados intermediários.

Nesse cenário, a BD está se tornando uma técnica adotada por muitas organizações com o objetivo de obter esses dados e transformá-los em informações valiosas (KAUFFMANN *et al.*, 2021).

### **2.1.5 - Robôs autônomos**

Para (FONTES, 2019), robôs autônomos coletam dados do ambiente que está instalado, trabalham sem a intervenção humana, se estiver enquadrado em altos níveis de autonomia podem realizar a automanutenção. Após a configuração, se deslocam entre dois pontos e pode substituir a mão de obra humana em diversas situações inclusive em condições de perigo, como riscos de explosão, atmosferas elevadas e explorações espaciais.

É possível agrupar os robôs móveis baseados em três características: anatomia, tipo de controle e funcionalidade (PIERI, 2002). Em relação a anatomia, os robôs podem ser classificados em três grupos: aéreos, aquáticos e terrestres.

Os robôs autônomos são capazes de tomar suas próprias decisões baseados nos dados dos sensores, ou seja, executar a tarefa por conta própria. Estes robôs devem ser capazes de sentir o ambiente, extrair informações, processar e reagir de acordo com a sua tarefa (SIEGWART, 2011).

Dentre os robôs disponíveis no mercado, o AMR está se destacando, este possui um sistema com sensores que permite a localização em tempo de execução, é utilizado para o transporte de cargas nos diversos segmentos industriais.

### **2.1.6 - Simulação**

Uma tecnologia que tem trazido benefícios e diferenciais para a área industrial é a tecnologia da simulação, o principal motivo pelo uso dessa inovação no ambiente industrial produtivo é a redução do tempo de processo no projeto e, conseqüentemente, o custo associado ao mesmo (BLAZ, 2017). Com o exponencial avanço da computação, estes processos foram ampliados e desenvolveram-se softwares com diferentes tecnologias agrupando áreas de conhecimento. Pesquisas recentes em otimização de simulação e o crescimento explosivo em poder computacional tornaram viável o uso de simulações para otimizar diretamente projetos e operações de sistemas (JIE XU, 2016).

As aplicações destinadas ao uso da simulação percorrem diferenciadas áreas de trabalho. Não havendo restrições, a proposta de simular uma tarefa ou processo. Segundo (TORGA, 2007), a simulação é uma das ferramentas mais utilizadas na manufatura e por meio de sua aplicação vários benefícios podem ser verificados, como

aumento da produtividade, melhoria na qualidade dos processos e facilitação na compreensão e utilização dos gestores de manufatura para a tomada de decisão.

O trabalho de Simulação pode ser desenvolvido segundo as seguintes etapas: formulação do problema, coleta de dados, definição e validação do modelo, construção e verificação do programa computacional, realização de execuções piloto, validação do modelo programado, projeto dos experimentos, realização das execuções de Simulação, análise de resultados e documentação e implementação (LAW et al., 2000) (LIU, et al., 2018).

Diversos softwares de Simulação foram desenvolvidos, tais como: Arena, Promodel, Siemens Tecnomatix Plant Simulation, Dassault CATIA V6, AutoMod (ZHANG, 2014).

### **2.1.7 - Realidade aumentada**

A realidade aumentada pode ser caracterizada como a combinação do ambiente físico do mundo real com elementos virtuais que são visualizados através de um dispositivo eletrônico (BLANCO *et al.*, 2018). Para (AZUMA, 1997), A realidade aumentada (RA) é uma tecnologia inovadora no mercado e apresenta uma crescente expansão. Ela é identificada pela coexistência entre objetos reais e virtuais no mesmo ambiente, contanto que estes objetos virtuais sejam interativos em tempo real e se mesquem junto ao ambiente nas três dimensões. Com estas definições

A RA trata-se de uma ferramenta que pode atuar na manutenção de equipamentos, em treinamentos na fábrica, no controle da produção à distância e em tempo real, entre outras atuações (BAUMGARTEN, 2019).

A RA quando aplicada na indústria torna-se também uma tecnologia de habilitação chave, à medida que existe melhora na transferência de informações entre os mundos digital e físico (ROMERO, 2017).

### **2.1.8 - Segurança cibernética**

Com o surgimento de uma nova era industrial que coloca as empresas em um novo nível nos quesitos de produtividade, eficiência e gestão, ao promover a automação dos processos de fabricação e o armazenamento de dados na nuvem, comprovam que o chão da fábrica está mudando, ao conectar os componentes físicos aos sistemas

cibernéticos, fazendo com que essa interação seja a engrenagem que promete sustentar a indústria do futuro.

A Indústria 4.0 introduziu sistemas ciberfísicos na manufatura e serviços. Sistemas ciberfísicos são integrações de computação, rede e processos físicos (ASARE, 2012). Os sistemas ciberfísicos são a tecnologia que permite a extração de informações em tempo real, análise de dados, transmissão de dados e tomada de decisão, permitindo atuação remota (WIESNER *et al.*, 2015).

Em meio aos avanços tecnológicos, a segurança cibernética visa oferecer proteção contra roubo ou dano ao hardware empregado na Tecnologia da Informação (TI), bem como ao software e aos dados armazenados nos sistemas (HUXTABLE, 2016).

### **2.1.9 - Computação em nuvem**

A computação em nuvem consiste no armazenamento de dados em servidores virtuais. Possui a vantagem do acesso aos dados remotamente, de qualquer lugar do mundo, a qualquer momento, não requer a instalação de grandes programas em discos rígidos físicos (KONO, 2014).

Para (MALATHI, 2011), a computação em nuvem permite acesso ao software e ao armazenamento de dados na representação nuvem da internet ou de uma rede digital integrada, cujos serviços são fornecidos por meio de centros comuns e criados em servidores para os usuários.

No contexto da Indústria 4.0 enormes volumes de dados e informações são gerados, que precisam ser armazenados e processados por meio de tecnologias da computação em nuvem (ALMADA, 2015).

## **2.2 - ASPECTOS GERAIS DE ENSAIOS DE BURN IN**

O primeiro plano para um teste acelerado de vida surgiu na década de 60 por Chernoff (NELSON, 2005). Este plano consistia em utilizar uma distribuição exponencial, duas variáveis aceleradas e dados censurados. Na década de 70, Wayne B. Nelson e os seus colaboradores desenvolveram planos de envelhecimento para distribuições Lognormale Weibull (NELSON, 2005). Desde então diversos autores estudaram novos modelos e a sua aplicabilidade aos diversos cenários.

Os ensaios de estresse seguem basicamente o mesmo princípio de expor um grupo de produtos a estresses ambientais acima das condições normais de operação, fazendo com que defeitos latentes no produto sejam precipitados em falhas aparentes em um período muito menor do que aconteceria a níveis normais de estresse (IRESON *et al.*, 1996).

De forma geral, os ensaios têm as finalidades de promover a melhoria da confiabilidade, garantir a confiabilidade projetada ou conhecer as características de confiabilidade do produto. A primeira diz respeito a aumentar a margem de segurança do produto pela eliminação das deficiências de projeto, e desta forma atuar no período de maturidade do produto. A segunda está relacionada à eliminação de componentes defeituosos e fraquezas de processo antes da entrega do produto ao cliente. Essas deficiências alteram a confiabilidade do produto, fazendo com que a confiabilidade de campo seja diferente da confiabilidade projetada. A eliminação destas deficiências minimiza o período de mortalidade infantil do produto. A terceira trata-se da avaliação quantitativa dos dados de vida do produto (THERMOTRON INDUSTRIES, 1998), (RELIASOFT CORPORATION, 2003).

Ao longo do tempo, a proposta de uso de testes Burn in foi atraindo a atenção de pesquisadores como (TSAI, 2000), que, com o intuito de realizar testes mais flexíveis, com variedade de equipamentos para validar fontes de alimentação em corrente alternada (CA), incluindo nobreak e um teste de Burn In de unidade de motor CA, desenvolveu um método para melhorar o fluxo de testes incluídos no processo. Como resultado observou-se que 80% da energia necessária para os testes é realimentada, reduzindo, desta forma, o custo com energia elétrica.

Para realizar ensaios de Burn In alteram-se uma ou mais variáveis de aceleração como a temperatura, a umidade, a tensão elétrica, a pressão, a vibração, a radiação eletromagnética ou a taxa de uso. Os dados resultantes destes ensaios são depois extrapolados para as condições normais de uso, através do modelo mais apropriado (VASSILOU, 2003).

### 2.3 - TÉCNICAS DE ENSAIO

Têm-se algumas técnicas de ensaios que serão apresentadas nesta seção, abaixo:

1. *AST: Accelerated Stress Testing;*
2. *ALT: Accelerated Life Testing;*

3. *HAST: Highly Accelerate Stress Testing;*
4. *HALT: Highly Accelerate Life Testing;*
5. *HASS: Highly Accelerate Stress Screening;*
6. *HASA: Highly Accelerate Stress Audit;*
7. *ESS: Environmental Stress Screening;*
8. *Burn In ou Steady-state Burn in.*

Basicamente, pode-se afirmar que o que difere uma técnica da outra é o objetivo principal do ensaio, em consequência do qual, as técnicas, embora similares em conceito, possuem diferenças na sua implementação.

Tabela 2.1 - Comparativo das técnicas de utilização de estresse.

<b>Técnica</b>	<b>Objetivo Principal</b>	<b>Tipo de estresse</b>	<b>Nível de estresse</b>	<b>Abrangência</b>	<b>Duração</b>
AST	Identificar modos de falha	-	Médio para Alto	Amostral	Fixa
ALT	Identificar tempos para falha	-	Médio para Alto	Amostral	Indeterminada
HAST	Identificar modos de falha em componente	Umidade e Temperatura	Alto	Amostral	Fixa
HALT	Identificar modos de falha	Degrau	Muito alto	Amostral	Indeterminada
HASS	Screening	-	Alto	100%	Fixa
HASA	Auditoria/Verificação	-	Alto	Amostral	Fixa
ESS	Screening	-	Médio	100%	Fixa
Burn In	Screening	Temperatura	Baixo para médio	100%	Fixa ou Indeterminada

Fonte: Adaptado de DE LUCA (2004).

#### 2.4 - BURN IN

Burn-in é um termo comum na indústria eletrônica. Ensaio de Burn In envolve o uso de temperatura levemente elevada e constante, geralmente com a aplicação de uma tensão DC (*Direct Current*) externa para estabelecer os limites de operação superiores e inferiores de um dispositivo (ou seja, é um ensaio operacional levando o produto aos

limites da especificação). Uma carga elétrica pode ser aplicada, com o intuito de acelerar o processo de envelhecimento (DISSADO, 1997), (PIERI, 2002). O ensaio é usualmente projetado para representar os primeiros 90 dias de operação do produto (INTEL, 2013).

O Teste de Estresse Acelerado pode ser definido simplesmente como: aplicação de altos níveis de estresse por um curto período em um teste de resistência do dispositivo, assumindo que ele exibirá os mesmos mecanismos de falha que exibiria em um longo período em níveis de estresse mais baixos (THERMOTRON INDUSTRIES, 1998), (ASSIS, 2016), também afirma que os testes de Burn In constituem todavia um custo importante de produção, pelo que devem ser criteriosamente concebidos, seguindo Normas e optando, sempre que possível, por testes (ou Ensaio) Não Destrutivos (END), estes ensaios terão de ser realizados – idealmente, aproveitando-se a circunstância para identificar e eliminar cada nova causa raiz surgida (ASSIS, 2016).

Segundo (MI, 1994), o Burn In é um método amplamente utilizado para melhorar a qualidade dos produtos após sua produção. Para um componente reparável, existem dois tipos comuns de reparo, reparo completo e reparo mínimo. Políticas de manutenção preventiva, como substituição por idade e substituição de bloco, são frequentemente empregadas na operação de campo.

O principal objetivo deste ensaio, como nos demais, é identificar e remover produtos fracos de um lote, ou seja, produtos com dispositivos funcionando marginalmente ou defeitos resultantes de anomalias no processo produtivo, que são evidenciadas como falhas dependentes de tempo e estresse. A recomendação é encontrar e eliminar falhas prematuras ou infantis antes da introdução do produto no mercado (JENSEN *et al.*, 1982), (BIBEN, 2003), (DEPARTMENT OF DEFENSE, 1996).

Geralmente o teste em produtos eletrônicos é realizado em câmaras, fornos, ou simplesmente, em uma sala de aquecimento, quando não for o caso de temperaturas muito elevadas (FONTES, 2019). O importante é que independente da forma as estruturas devem manter os produtos em uma temperatura de teste especificada e prover acesso para conexões elétricas.

O ensaio do Burn In segue um fluxo baseado em seu objetivo principal, abaixo na Figura 2.1 está ilustrado as principais atividades:

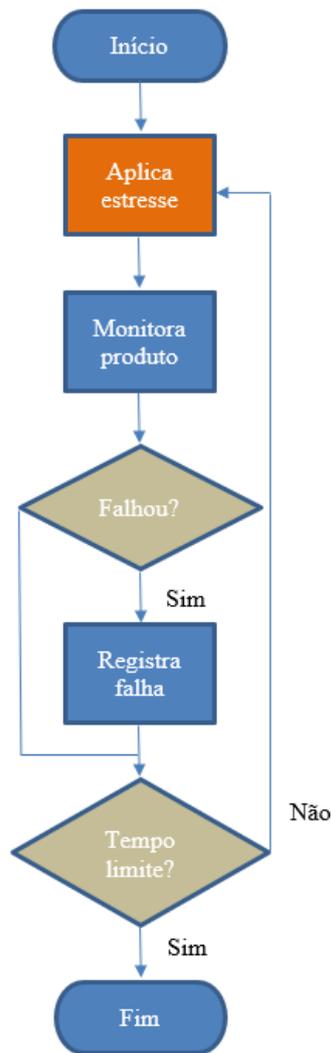


Figura 2.1 - Fluxo para realizar ensaio do Burn In.

## 2.5 - ESTUDOS DE TEMPOS

O procedimento do estudo de tempos e movimentos está se tornando cada vez mais comum em ações que visam à melhoria no desempenho de processos em empresas de diversos segmentos, e um dos fatores que ajudam a garantir o sucesso desse método é a facilidade que se tem de implantá-lo, tanto em processos curtos como longos (BITENCOURT, 2006).

A análise dos movimentos é utilizada para localizar os problemas relacionados à parte de movimentação do operador e de suas operações durante a realização da tarefa. Dentre as análises são considerado itens como ergonomia, movimentos desnecessários de buscar ferramentas e peças que estão demasiadamente distantes do local de trabalho, layout da célula produtiva (TUJÍ, 2002).

A principal atividade do estudo é a cronometragem do tempo utilizado para efetuar uma tarefa específica. Usando a estatística, o estudo mensura o trabalho, com valores próximos aos gastos nas tarefas do processo. Tem como objetivo encontrar métodos que possam otimizar os trabalhos por meio da padronização e o balanceamento do processo e por fim, determinar a capacidade produtiva da empresa (PEINADO, 2004).

### 2.5.1 - Methods Time Measurement – MTM

Segundo a associação MTM do Brasil, o Methods-Time Measurement é um sistema de tempos pré-determinados que tem como base o estudo de tempos e movimentos para melhorar as operações em uma linha de produção (MTM DO BRASIL, 2005).

Pode-se definir tempo-padrão como a quantidade de tempo que um trabalhador qualificado deveria levar para completar determinada função, trabalhando em ritmo sustentável, utilizando determinados métodos, ferramentas e equipamentos e determinadas matérias-primas, para uma configuração específica do ambiente de trabalho (STEVENSON, 2001).

Conforme (MTM DO BRASIL, 2005) as tarefas totalmente influenciáveis pelo homem, são compostas de 80% a 85% de movimentos básicos, em que também se incluem os típicos ciclos de movimentos, como mostra a Figura 2.2.

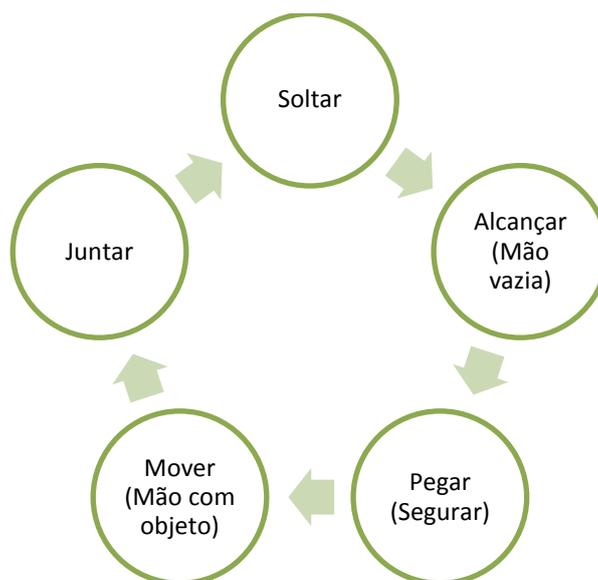


Figura 2.2 - Movimentos básicos.

Os movimentos descritos na Figura 2.2 são considerados básicos para execução de qualquer operação, mas em um estudo mais minucioso têm-se também do pé sem desvio do eixo do corpo, pernas sem desvio do eixo do corpo, passo lateral com desvio do eixo do corpo, andar com desvio do eixo do corpo, torção do corpo com desvio do eixo do corpo e demais.

### **2.5.2 - Maynard Operation Sequence Technique - MOST**

Uma extensão do MTM, chamada Maynard Operation Sequence Technique - MOST, é um sistema simplificado desenvolvido por (ZANDIN, 2002), que foi aplicado pela primeira vez na Suécia em 1967. Com o MOST os analistas podem definir padrões de pelo menos cinco vezes mais rápido do que com MTM-1, com pouco ou nenhum sacrifício da precisão.

## **CAPÍTULO 3**

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 - LOCAL DE ESTUDO**

O desenvolvimento do proposto trabalho foi realizado em uma empresa do Pólo Industrial de Manaus, localizada no Distrito Industrial I.

#### **3.2 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

O desenvolvimento do projeto foi dividido em nove subatividades, sendo a primeira a concepção inicial, onde foi dado início ao projeto. Na segunda e terceira, houve o levantamento bibliográfico com a caracterização da Indústria 4.0 e estudos de tempos, para estas atividades foi realizado pesquisas em periódicos, artigos, dissertações e sites de áreas afins. A quarta atividade tratou da caracterização da empresa, em qual cenário se localiza, ramo e características do processo de fabricação. A quinta subatividade apresenta os resultados preliminares dos desenvolvimentos, como: estudo de capacidade produtiva, esteiras inferior e superior, isolamento térmico, elevador contínuo, sistemas de transfer e berços. Após a apresentação dos resultados preliminares, a sexta atividade apresenta o fluxo de processo proposto para implementação do protótipo seguida pela aplicação dos resultados. Em oitava é apresentado as propostas de continuidade da pesquisa e por fim a conclusão do projeto.

Os passos destas atividades são apresentados a seguir conforme fluxograma da Figura 3.1.

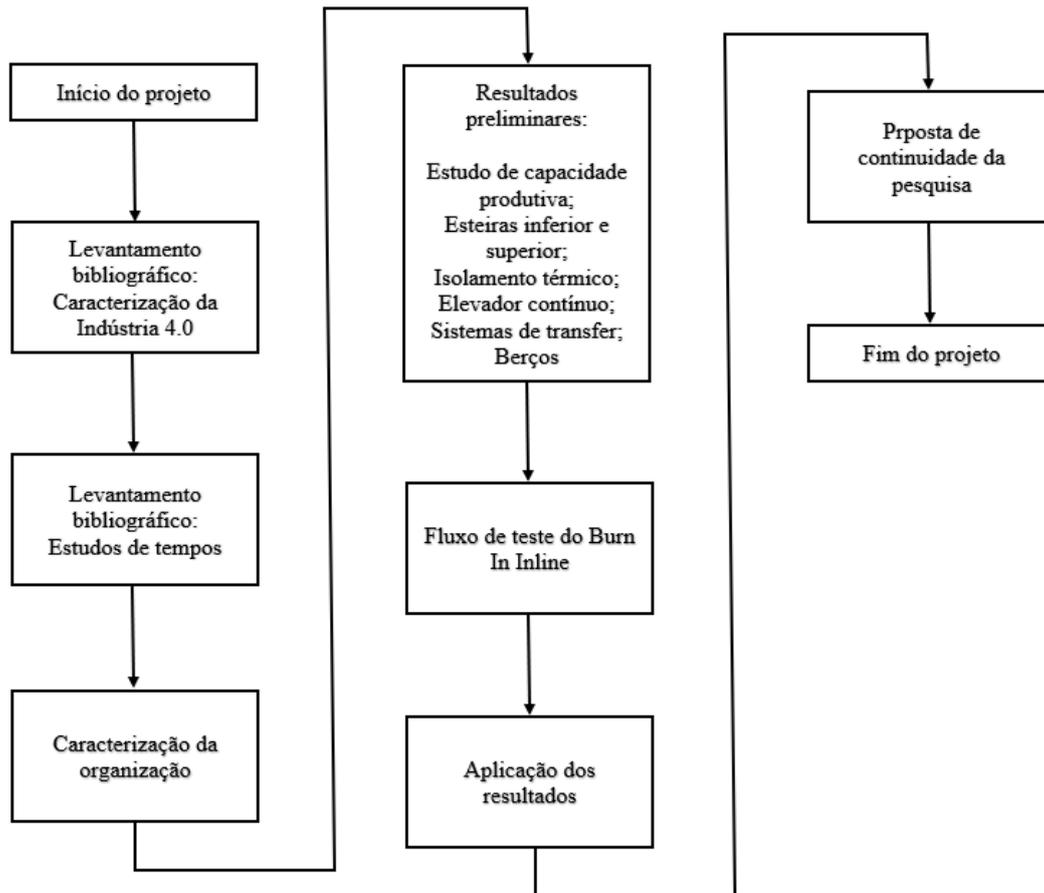


Figura 3.1 - Fluxograma do desenvolvimento do projeto.

### 3.2.1 - Metodologia experimental

Visando otimizar o processo de Burn In e modernizar a fábrica, verificou-se a necessidade de apresentar uma proposta de desenvolvimento de Burn In Inline em uma fábrica do Polo Industrial de Manaus, garantindo o atendimento dos interesses da empresa no que diz respeito às questões produtivas, manutenções e modernização.

O presente estudo pode ser considerado de forma exploratória por proporcionar maior conhecimento sobre o tema, de natureza aplicada estabelecendo a prática dos problemas específicos da organização na intenção de resolvê-los e qualitativa buscando compreender seus conceitos, sob dois aspectos, pesquisa bibliográfica com o propósito de identificar as abordagens dos autores por meio de livros, teses, artigos, sites eletrônicos, documentos da empresa e, estudo de caso, com o objetivo de analisar a implementação de uma linha piloto com aplicação do Burn In Inline na empresa, sendo avaliado por profissionais da área.

Para o desenvolvimento do protótipo, foi realizada coleta de dados por meio de reuniões, visitas técnicas em ambiente fabril, análise de fluxogramas de processo, layout de linhas, referências bibliográficas pesquisadas com objetivo de firmar o fundamento teórico de novas aplicações em processos industriais voltados para Indústria 4.0.

Os sistemas de aquecimentos de produtos eletroeletrônicos são na maioria das vezes realizados fora da linha produção. Para tanto, é necessária uma área preparada e climatizada para receber estes produtos, muitas vezes distantes da linha produção. Recursos humanos são alocados para transportar e monitorar e devolver os produtos para linhas. Tornando o processo dispendioso para a empresa. Esse projeto visa desenvolver um sistema de aquecimento na própria linha diminuindo o tempo de transporte, recursos humanos e possíveis danos de transporte. Além de adequar o protótipo a demais projetos de automação em desenvolvimento na empresa em estudo, este projeto eliminará a exposição dos colaboradores em ambiente com temperatura elevada.

### **3.2.2 - Caracterização da organização**

A empresa está instalada no Polo Industrial de Manaus, desde 2015, é pioneira em fabricação de terminais *POS* e *PIN Pads* altamente seguros, bem como leitores de cartões sem contato (Contactless) e produtos eletrônicos para transações financeiras via cartão.

No contexto atual da indústria no Brasil, a manufatura avançada, também conhecida como Indústria 4.0, tem crescido bastante com a emergente necessidade de novas tecnologias para otimização de processos de produção nas fabricas de eletroeletrônicos. A Indústria 4.0 possui a capacidade de agregar os diferentes requisitos de produção e personalização de massa comumente encontrados pela indústria, sem a necessidade de investimentos de capital excessivos.

Diversas propostas de melhoria em processos utilizam o Burn In, a fim de identificar potenciais falhas em produtos. No entanto, normalmente, as etapas envolvem operadores dedicados para esta atividade e área física dentro da fábrica fora do ambiente de produção.

Na empresa, o processo de Burn In é realizado em 100% de seus produtos e ocorre entre as etapas de Pré e Pós Burn In, como mostrado no fluxograma da Figura 3.2.

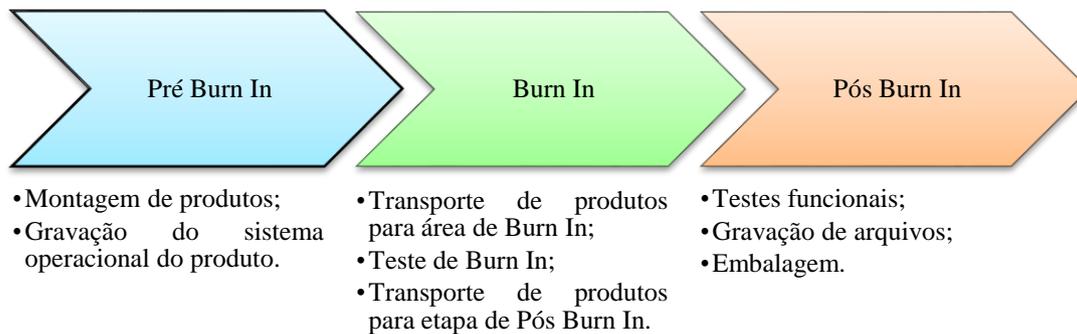


Figura 3.2 - Fluxograma de processo.

A seguir a descrição das etapas conforme fluxograma:

- **Pré Burn In:** Esta etapa contempla a montagem de todo o produto, ocorre em uma esteira de transporte com 15 operadores dispostos ao longo de 16 metros de comprimento. Cada operador é responsável por uma sub montagem e no último posto desta etapa, é realizado a gravação do sistema operacional do produto e por fim o operador deste posto coloca os produtos em um marfinites e os disponibiliza para o teste do Burn In.
- **Burn In:** Os operadores responsáveis por este processo se deslocam da área de Burn In até o ambiente de produção, colocam os marfinites em um carrinho de transporte e os levam até o primeiro ambiente de Burn In, este ambiente é denominado Pré Burn In. Nesta primeira sala, os produtos são retirados dos marfinites e posicionados em um carrinho, em seguida os produtos são energizados por meio de fontes e após o carrinho estar completo com aproximadamente 160 produtos, são levados para a segunda sala, a área aquecida. Dar-se então o início do teste de Burn In, tem duração de duas e quatro horas, dependendo do modelo em teste. Ao finalizar o ensaio, o operador leva o carrinho para primeira sala, desconecta as fontes dos produtos e organiza-os nos marfinites e os leva para o ambiente de produção.
- **Pós Burn In:** Com os produtos testados, inicia-se o processo de pós Burn In, que contempla a realização de testes funcionais, gravações de firmwares e pôr fim a embalagem. Este processo conta também com uma esteira transportadora de 16 metros de comprimento e 15 operadores dispostos ao longo do processo.

Dado a explicação do fluxo de processos para execução do Burn In, a seguir é mostrado por meio de Figura 3.3 o procedimento.



Figura 3.3 - Processo de Burn In.  
Fonte: EMPRESA (2021).

Observa-se na Figura 3.3 algumas etapas do processo, a Figura 2a mostra o operador levando o carrinho de transporte com os produtos para a área de Burn In, ao chegar na sala de Burn In, o operador retira os produtos do marfinito, coloca no carrinho e conecta os cabos de alimentação em todos os produtos, Figura 2b. Com os carrinhos preenchidos, aproximadamente 160 produtos, conforme Figura 2c o operador leva para sala aquecida para iniciar o teste de Burn In, e por fim, Figura 2d o operador retorna para linha de produção com os produtos testados.

Foi elaborado o layout da linha conforme atual disposição de linhas para melhor entendimento do cenário e estudo. O atual layout da fábrica não favorece a otimização deste processo, criando uma oportunidade de melhoria no tempo de transporte, que no atual processo foi identificado perda de 30 minutos a cada 3 horas de produção. O atual layout está mostrado conforme Figura 3.4.

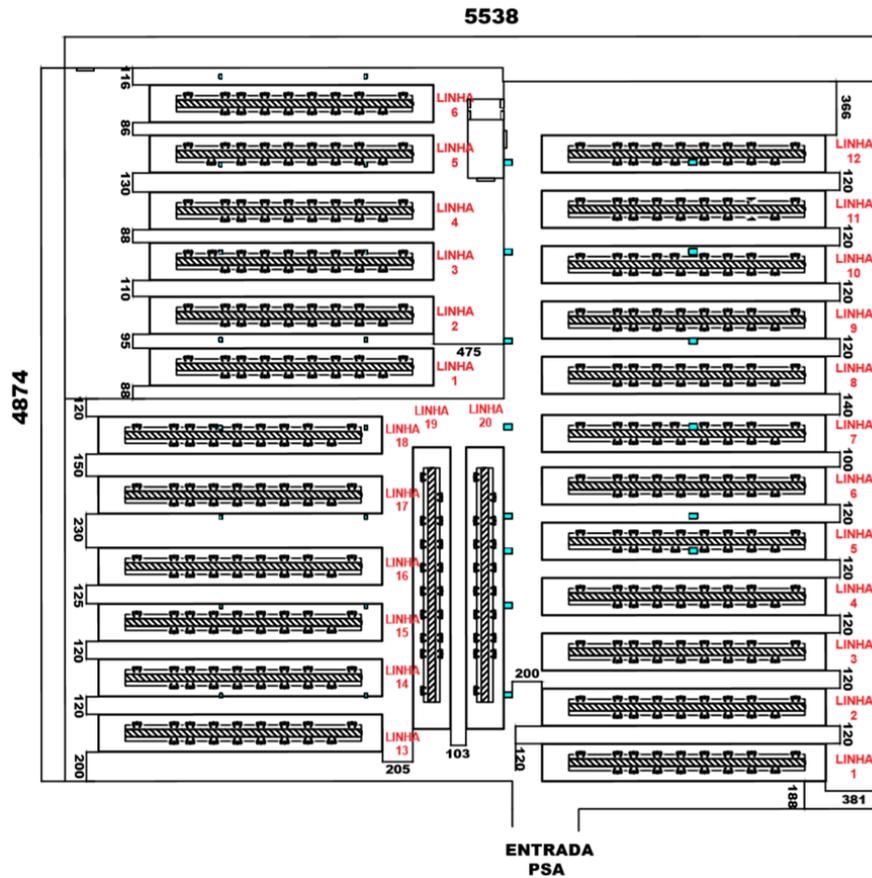


Figura 3.4 - Layout atual linha de produção - PSA.  
 Fonte: EMPRESA (2021).

No andar térreo, a empresa possui 13 linhas de produção, conforme mostrado acima. Destaca-se que para montar uma linha de produção, são utilizadas duas esteiras transportadoras, estão dispostas em aproximadamente 270m<sup>2</sup> e 4 linhas estão dispostas em um mezanino, conforme Figura 3.5 abaixo.

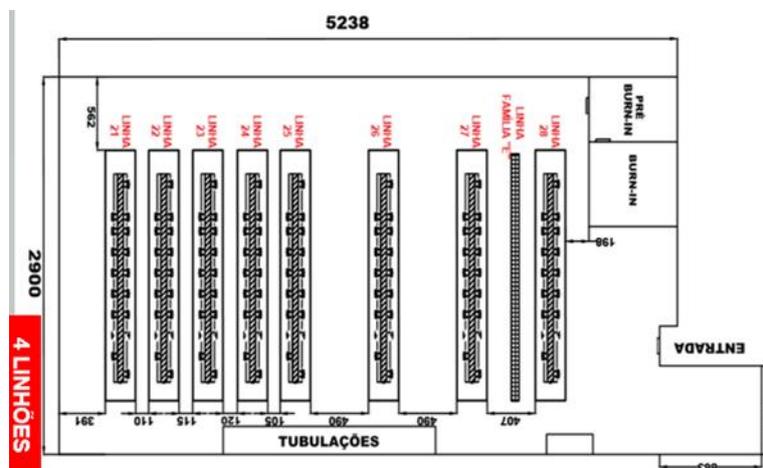


Figura 3.5 - Layout atual linha de produção mezanino - PSA.  
 Fonte: EMPRESA (2021).

O layout do mezanino está disposto em 152m<sup>2</sup> e dispõem de 4 linhas de produção, como nas linhas do térreo, são utilizadas oito esteiras transportadoras.

Além de 422m<sup>2</sup> de área para produção, a fábrica precisa considerar 251m<sup>2</sup> para execução do teste de Burn In, contempla a área de pré Burn In, espaço para acomodação dos produtos em carrinhos e conexão das fontes e o espaço do Burn In, que possui o ambiente aquecido. A Figura 3.6 mostra o layout desses ambientes.

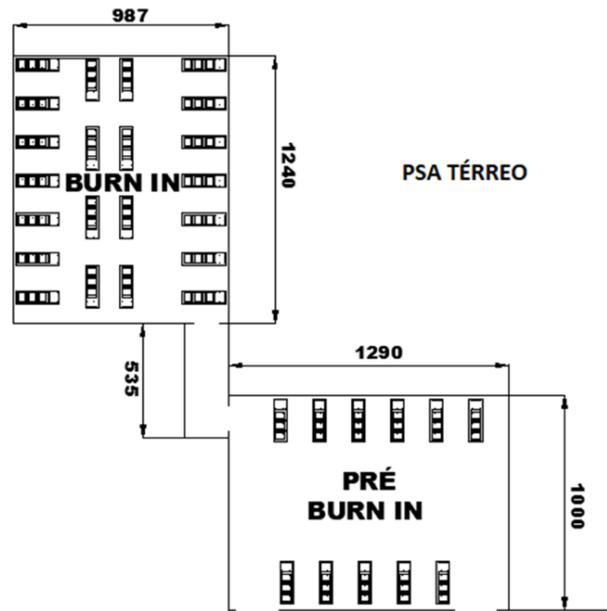


Figura 3.6 - Layout da área do Burn In.  
Fonte: EMPRESA (2021).

O espaço físico ocupado pelo processo de Burn In, Figura 3.6, possui valor agregado para empresa, visto que esta área poderia ser utilizada para ampliação de espaço fabril, a área ocupada pelo Burn In representa 59% de todo espaço de produção.

É possível observar que, além do custo de pessoal empregado para o transporte, ainda tem o tempo que o equipamento fica indisponível para o mercado. Diante disso, esta dissertação propõe uma solução integrada para teste de estresse de forma que elimine a necessidade de um funcionário transportar os produtos e ganhar tempo para execução dos testes. Estima-se que, com a implementação da solução proposta, a empresa terá uma redução de tempo de aproximadamente 17%, quando comparado com o tempo atual. A seção a seguir apresenta a proposta do Burn In integrado à linha de produção, que dispensa a necessidade de transporte dos equipamentos a serem testados.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 - MODELO PROPOSTO

Para o modelo proposto, esta dissertação tem como objetivo apresentar a proposta de projeto de um sistema de Burn In Inline, isto é, um Burn-In integrado à linha de produção, com controle de temperatura, controle de velocidade das esteiras e teste de produtos nos ciclos de tempo de aquecimento, conforme ilustrado na Figura 4.1 e descrito no decorrer desta seção.

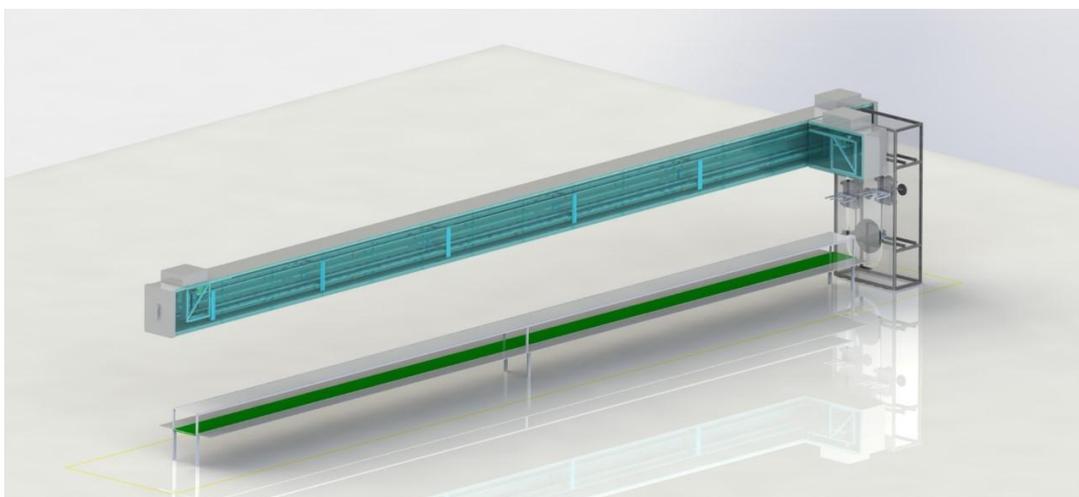


Figura 4.1 - Proposta de Burn In Inline.

Foi utilizado o software SolidWorks para modelagem 3D da proposta, considerando as características do processo como área disponível para instalação, comprimento de esteira transportadora de insumos e produtos e fluxo do processo. A ilustração a seguir mostra a proposta do equipamento em uma linha piloto.

Para instalação do equipamento em linha, será necessário considerar a montagem de estrutura em aço fixadas às colunas existentes na linha de produção. O Burn In será posicionado acima da linha de Pré Burn In.

O projeto conta com seis principais subconjuntos de desenvolvimento, sendo:

- Estudo de capacidade produtiva;
- Esteiras inferior e superior;
- Isolamento térmico;

- Elevadores;
- Sistemas de *transfer*;
- Berços.

#### 4.2 - ESTUDO DE CAPACIDADE PRODUTIVA

Para realizar o estudo de capacidade produtiva do Burn In Inline, foi realizado visita técnica na empresa e coletado dados de modelos produzidos, volume de produção hora a hora, tempo de teste. Membros da Engenharia da empresa deram suporte para coleta de dados.

Dado relevante coletado durante a pesquisa foi o dimensional de cada produto e o tempo de Burn In, demonstrado na Figura 4.2:

MODELO	DIMENSIONAL	TEMPO DE BURN IN
A50	L x W x H (mm) : 138 x 69.5 x 12 Weight (g) :163 (including battery)	3 horas de Burn In
A910	L x W x H: 175 x 82 x 62mm Weight 410g (including battery)	3 horas de Burn In
A920	L x W x H (mm) : 175.7 x 78 x 57 Weight (g): 458 (including battery)	3 horas de Burn In
A930	L x W x H (mm): 190 x 84.4 x 65.8 Weight (g): 465 (including battery)	4 horas de Burn In
D150	L x W x H (mm): 100 x 59.6 x 13.5 l Weight(g): 89 (Including Battery)	2 horas de Burn In
D150 AIR	L x W x H (mm): 100 x 59.6 x 13.5 l Weight(g): 89 (Including Battery)	2 horas de Burn In
D155	L x W x H (mm): 100 x 59.6 x 13.5 l Weight(g): 89 (Including Battery)	2 horas de Burn In
D175	L x W x H (mm): 104 x 61 x 17.5 l Weight(g): 115 (Including Battery)	2 horas de Burn In
D180C+	L x W x H (mm) : 116 x 59.6 x 13 l Weight (g) : 83 (Including Battery)	2 horas de Burn In
D190	L x W x H (mm) : 129 x 71 x 17 l Weight (g) : 185 (Including Battery)	2 horas de Burn In
D195	L x W x H (mm) : 129 x 71 x 17 l Weight (g) : 185 (Including Battery)	2 horas de Burn In
D200	L x W x H (mm) : 121 x 72 x 22.5 l Weight (g) : 165 (Including Battery)	3 horas de Burn In
D210	L x W x H (mm) : 162.5x80x56 l Weight (g) :360 (including battery)	3 horas de Burn In
Q92	L x W x H: 165 x 75 x 62mm Weight 340g (including battery)	3 horas de Burn In
S920	165mmx 78mmx 56mm, 349g (Including Battery)	3 horas de Burn In

Figura 4.2 - Dimensional e tempo de Burn In.  
Fonte: Adaptado de EMPRESA (2021).

Foi identificado que um dos principais produtos da empresa é o modelo D150, também é um dos menores em aspecto mecânico. Outro produto relevante é o A930, este torna-se essencial para o estudo devido ao tamanho e tempo de Burn In, 4 horas.

Com o levantamento de dados foi possível projetar o comprimento do Burn In Inline, velocidade de movimento das esteiras, tamanho do berço e capacidade de armazenamento, além da temperatura de operação, 40 °C, com tolerância de +/- 3 °C.

A proposta do projeto será feita utilizando a fabricação dos produtos D150Air, 335 peças produzidas por hora e A930 com produção hora de 90 produtos.

#### 4.3 - ESTEIRAS INFERIOR E SUPERIOR

O desenvolvimento das esteiras foi baseado na capacidade produtiva dos dois produtos, D150 e A930, são os modelos de menor e maior dimensional mecânico. Para esta atividade foi realizado a modelagem 3D do conjunto utilizado o software SolidWorks. Este desenvolvimento foi pensado na montagem modular, dividindo a estrutura em 4,0m de comprimento cada, isto torna mais acessível a montagem e transporte do subconjunto. Nesta fase foi contemplado os seguintes elementos:

- Barras de metalon reforçado: Projetado para montar a estrutura das esteiras.
- Trilhos flow rack: Será utilizado para reduzir a força exercida pelos motores para transportar os berços.
- Mancais: Utilizado para apoiar e guiar os eixos.
- Engrenagens: Aplicado para transmissão de força através da rotação dos eixos.
- Eixos: Utilizado para guiar o movimento das correntes.
- Barra chata de cobre: Aplicado para conduzir energia aos berços.
- Chapa de poliacetal: Aplicado no isolamento entre barra chata de cobre e barras de metalon.
- Chapas de aço: Utilizado para junção de esteiras inferior e superior.
- Motor stepserve: Necessário para movimento das correntes, com controle eletronicamente de velocidade e alta precisão.

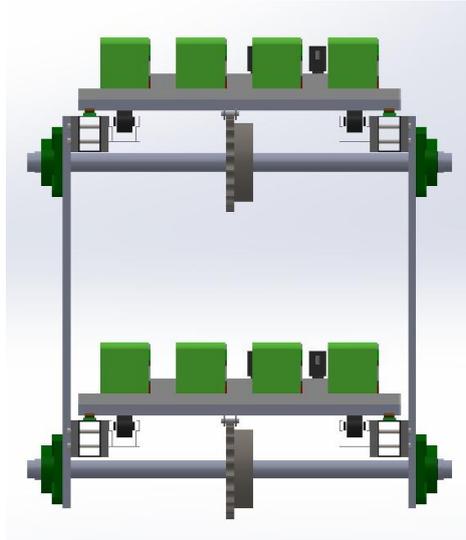


Figura 4.3 - Vista frontal das esteiras.

Conforme Figura 4.3, é mostrado a vista frontal das esteiras, é possível observar duas engrenagens centralizadas nos eixos, estes elementos serão responsáveis pelo movimento das correntes que movimentam os berços. É notado também que as esteiras simultaneamente transportam os berços com os produtos, representados na cor verde, nesta mesma imagem.

Para o funcionamento deste sistema, é necessário que esteiras girem em sentidos contrários uma a outra, pois a posição de entrada e saída de berços é a mesma. Então a esteira inferior terá o giro no sentido horário e a superior no sentido anti-horário.

Conforme Figura 4.4, é possível visualizar a ilustração dos trilhos flow rack que tem a função de reduzir o atrito e proporcionar mais leveza no transporte dos berços. Será instalado oito mancais nas chapas de aço para o apoio dos eixos. As barras chatas de cobre serão instaladas sobre a chapa de poliacetal e terá como principal função energizar os berços.

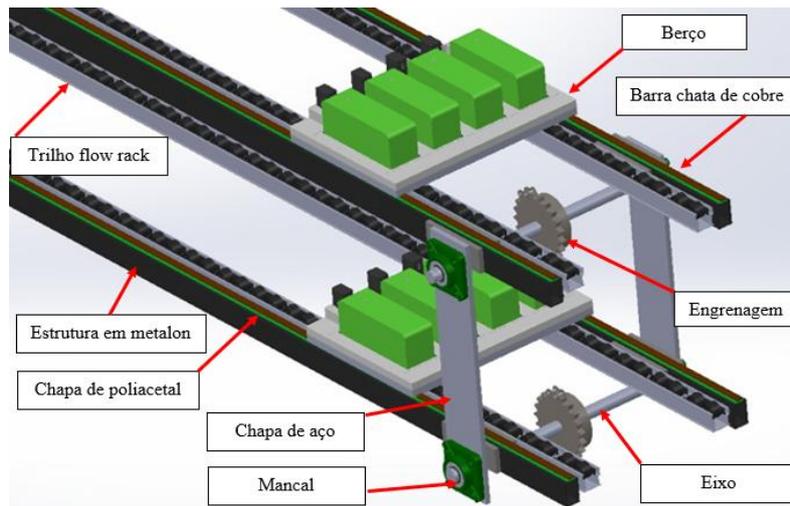


Figura 4.4 - Esteira com berços e produtos.

Para completar o conjunto das esteiras, foi especificado o modelo de motor considerando o torque, controle e precisão de parada e velocidade de movimento das esteiras.



Figura 4.5 - Motor com redutor planetário.

#### 4.4 - ISOLAMENTO TÉRMICO

O isolamento térmico será também o enclausuramento das esteiras, ele será responsável por manter a temperatura controlada durante todo o teste. Projetado para ser fabricado em chapa de galvalume natural e isolante PUR D42, foi planejado para ser instalado de forma modular, para esta solução, têm-se a cada 1,22 metros um módulo do isolamento térmico. Foi idealizado para ser encaixado um módulo ao outro e com

possibilidade de abertura por uma lateral para manutenção, a Figura 4.6 mostra a proposta de isolamento térmico.

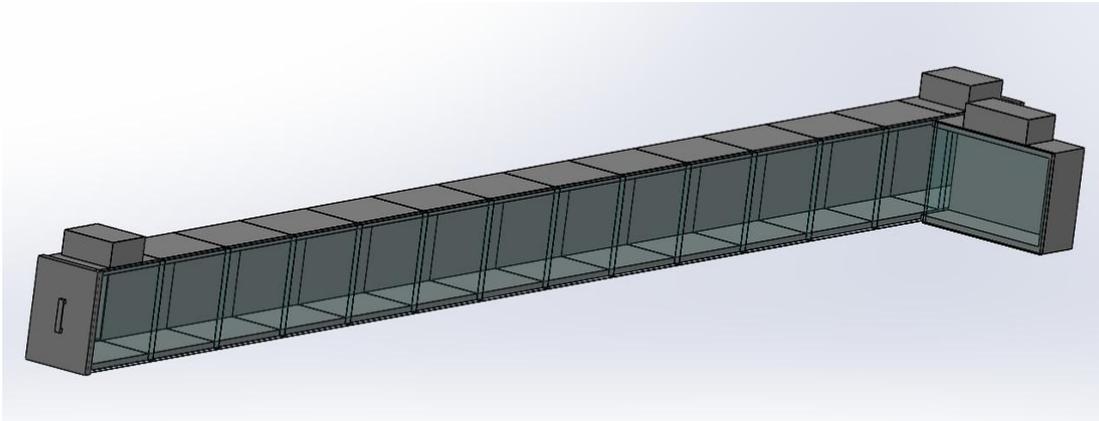


Figura 4.6 - Isolamento térmico.

Pretende-se montar as esteiras e os sistemas de transfer dentro do isolamento e deixar acessível uma lateral do protótipo, conforme a Figura 4.6. Para acessar o interior do isolamento será necessário retirar as tampas laterais, que serão fixadas por meio de parafusos atarrachante.

Com a instalação em linha, ficará um duto de aproximadamente 18 metros de comprimento isolado termicamente. Foi efetuado testes de medição de temperatura com as resistências ligadas e não foi constatado aquecimento no ambiente externo, garantindo a climatização da fábrica sem comprometimento de aquecimento.

Foi projetado o uso de quatro resistências elétricas do tipo aletada, cada uma com potência de 2000W, tensão de alimentação de 220V, testes preliminares resultaram que seria o suficiente para aquecer o ambiente do isolamento térmico.

#### 4.5 - ELEVADOR CONTÍNUO

O sistema de transporte vertical é um dispositivo projetado para a entrega automática de produtos em diferentes níveis de altura. A principal vantagem desses tipos de produtos é a simplicidade de aplicação. Um conjunto mínimo de software é suficiente para o seu gerenciamento. Em comparação com dispositivos pertencentes ao tipo de vertical, ocupa bastante espaço. Portanto, não é recomendado para uso em salas pequenas. O transporte vertical leva muito tempo porque envolve muitos ciclos executados pela correia transportadora.

Usados como forma de transportar produtos de um local a outro sem esforço e com mais agilidade, o transportador contínuo é item essencial em quase todos os tipos de indústria, frequentemente encontrado na farmacêutica, alimentícia, de bebidas, na mineração, entre outras. Como o funcionamento do transportador costuma ser longo e sem interrupções, as cadeias produtivas são beneficiadas com a capacidade de movimentar cargas e objetos ou acelerar processos em geral. O transportador contínuo é formado por um sistema de engrenagens interligadas por uma corrente, que é impulsionada por um servo motor, provocando um movimento constante para transportar os materiais e produtos, dos mais variados tamanhos e pesos, de acordo com as aplicações nos setores industriais. A velocidade, dimensões e outros atributos podem ser customizados conforme a necessidade da indústria, sendo mais um ponto positivo para o investimento neste tipo de equipamento.

Além do ganho na eficiência, o transportador contínuo é um recurso que requer simples manuseio, fácil instalação e baixa demanda por manutenção. Com esses fatores, o transportador contínuo já se mostra uma excelente opção para automatização. Mas as vantagens vão além, pois a esteira transportadora, como também é conhecido o transportador contínuo, apresenta-se em vários formatos como, por exemplo, transportador de correia (usado para longas distâncias), transportador contínuo de taliscas ou correntes (com vários pontos de descarga), helicoidais (para retirar objetos de silos) ou com rolos motorizados (propício para carga de objetos mais pesados e com grande volume).

Dessa forma, o equipamento consegue cumprir suas funções de uma maneira ainda mais otimizada atendendo as particularidades de cada segmento da indústria e proporcionando maior produtividade, aproveitamento do tempo e com segurança para quem tem contato direto com os materiais.

O transportador contínuo foi projetado seguindo as necessidades da produção, com materiais de primeira qualidade, que visam a durabilidade e resistência do equipamento.

O software CAD SolidWorks 2018, Aspire 9.1 foi usado para fazer o projeto detalhado para que o processo de fabricação pudesse ser realizado, Figura 4.7. O SolidWorks foi o software responsável pelo desenvolvimento mecânico e o Aspire foi usado para gerar o código G do caminho percorrido pelo garfo. Com base nesse desenho mecânico inicial pode-se fabricar as peças, para início do projeto foi levado em conta o

tamanho do berço que o elevador irá transportar, o tamanho é de 420x300mm, com essa dimensão foi calculado todo o restante do sistema.

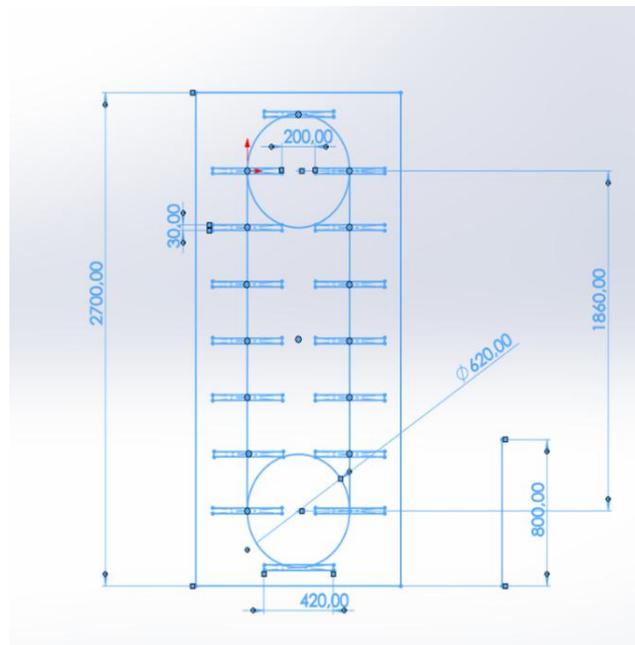


Figura 4.7 - Estudo para implantação do elevador utilizando o SolidWorks 2018.

No estudo no SolidWorks também foi considerado a altura do espaço fabril (forro), a posição que será instalado o isolamento térmico e área demarcada disponível de uma linha piloto, além do dimensional mecânico dos berços. Após o estudo foi realizado o desenvolvimento de peças que compõem o elevador, conforme Figura 4.8.

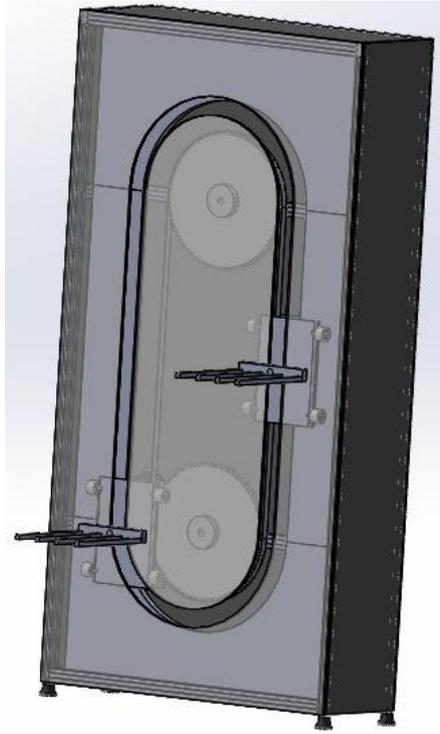


Figura 4.8 - Modelagem completa do elevador.

Elevador conforme Figura 4.8, terá apenas os garfos para acomodação dos berços, o restante da solução será enclausurado. A fim de otimizar os custos e obter os *spare parts* além da robustez do elevador, será utilizado a mesma solução de motores das esteiras.

#### 4.6 - SISTEMA DE TRANSFER

O sistema transfer é a solução que será aplicada para mudar berços de posição entre as esteiras do Burn In e retirar/posicionar no elevador. Trata-se de uma solução pneumática controlada por motores e ventosas, movimentado por meio de fusos e guias lineares, nos eixos x e z. São três transfer a serem implementados no protótipo, o modelo proposto segue conforme Figura 4.9.

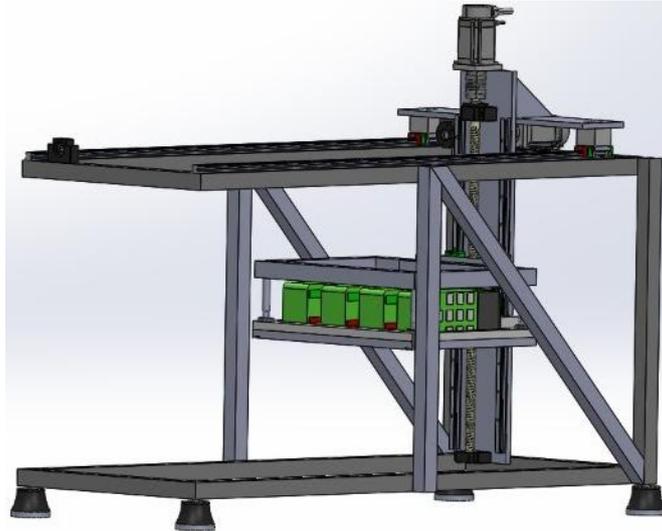


Figura 4.9 - Modelagem do sistema de transfer.

Os sistemas serão fixados dentro do isolamento térmico, a instalação prevista é um em cada extremidade das esteiras e outro próximo ao elevador. Na Figura 4.10 é mostrado como o sistema poderá ser instalado.

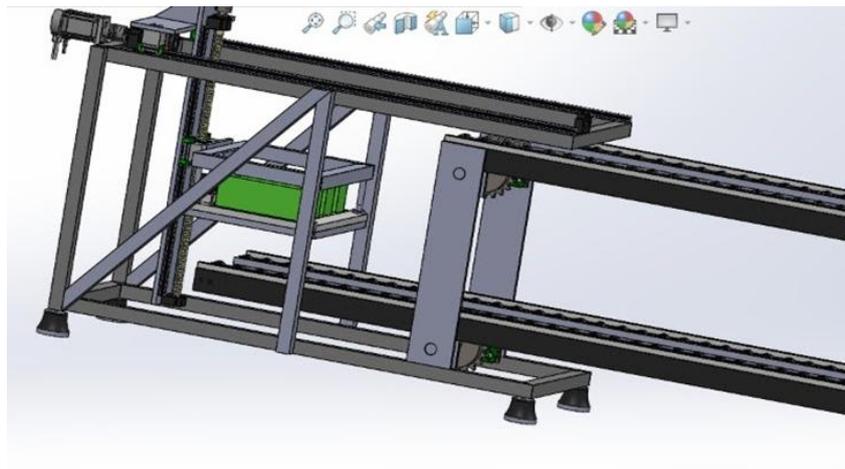


Figura 4.10 - Posicionamento do sistema de transfer na esteira.

Pretende-se instalar os sistemas nas extremidades das esteiras, visto que as esteiras giram em sentido oposto, faz-se necessário a utilização da solução para mudar os berços de esteiras.

#### 4.7 - BERÇOS

Utilizando o software SolidWorks, foi feito a modelagem mecânica do berço, foi levado em consideração as dimensões dos produtos, neste estudo os produtos D150 e

A930, com o estudo de capacidade produtiva foi projetado o berço com possibilidade de acomodar até 8 produtos D150 e 4 do A930. Fez-se necessário incluir tomadas para a conexão das fontes dos produtos e um espaço para acomodar os cabos. Para manter a energização dos produtos, foi projetado a instalação de duas barras chata de cobre, que estarão em contato com as tomadas, levando corrente contínua até os produtos. A Figura 4.11 mostra a modelagem do berço.

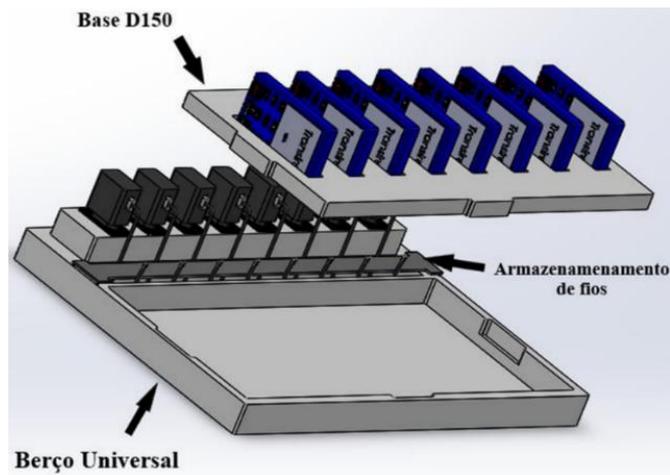


Figura 4.11 - Modelagem 3D do berço.

Na ilustração da Figura 4.11, é possível identificar a vista explodida do berço em três partes. A parte inferior (Berço universal) e do meio serão fixas por meio de parafusos do tipo allen, a parte superior (Base) será possível trocar a fim de otimizar o tempo de setup para outros produtos. Quando existir a necessidade de troca de produto, será possível retirar apenas a base do produto, mantendo o restante do conjunto. Com base no estudo de capacidade produtiva, o berço com tamanho de 420mm x 300mm é o suficiente para acomodar os produtos e atender a produtividade da linha. Nas figuras a seguir é mostrado a disposição dos produtos D150 e A930 nos berços.

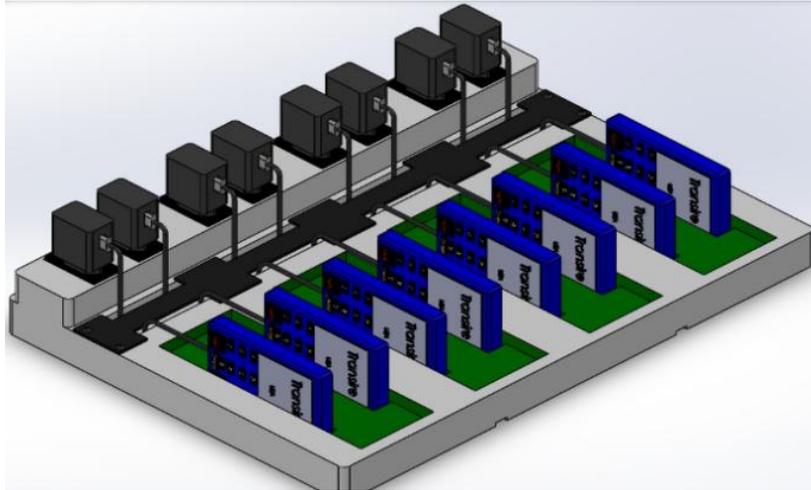


Figura 4.12 - Modelagem 3D do berço com produto D150.

Durante o desenvolvimento do projeto do berço, foi feito estudo para otimizar o tempo de setup entre produção de produtos diferentes. Obteve-se o resultado conforme mostrado nas Figuras 4.12 e 4.13, estima-se utilizar a mesma base para testar no Burn In os produtos D150 e A930. Na Figura 4.13, representado pela cor azul os produtos D150 tem capacidade de acomodar até 8 máquinas.

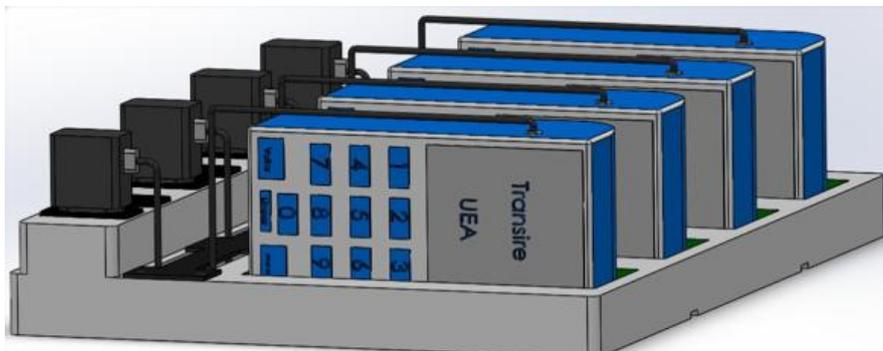


Figura 4.13 - Modelagem 3D do berço com produto A930.

Para o modelo A930, a base do berço pode acomodar até 4 produtos, utilizando a mesma solução do produto D150, necessário trocar apenas o cabo de alimentação, que ambos têm entradas de alimentação diferente.

#### 4.8 - FLUXO DE TESTE DO BURN IN INLINE

Na proposta, é retirado ação do operador de colocar os produtos nos marfinites e o transporte para área de Pré e Burn In. Com isso a solução é seguida conforme descrito a seguir e representado pelo Figura 4.14.

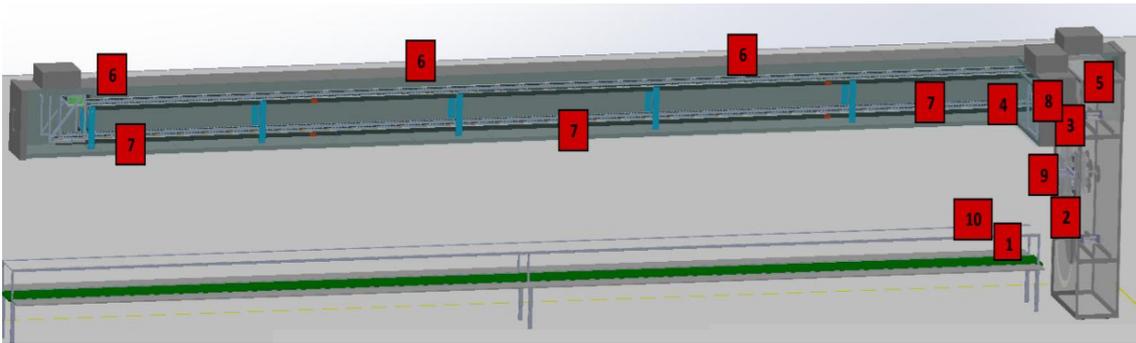


Figura 4.14 - Fluxo de teste do Burn In Inline.

Conforme proposta, o operador alimenta os berços com os produtos, conecta os cabos de alimentação e disponibiliza para o elevador, na figura acima o elevador está representado pelo item 2 e a ação do operador será feita no último posto da esteira, marcado pelo item 1. Apoiado pelo garfo do elevador, o berço sobe até a posição do *transfer* (item 3), no qual retira o berço e o posiciona na esteira inferior, item 4. A esteira inferior gira sentido horário e transportando o berço até o segundo *transfer*, item 5, ao realizar a mudança de esteira o berço percorre 16 metros na esteira superior, item 6, sentido anti-horário até chegar no terceiro *transfer*, que coloca o berço na esteira inferior, item 7 e o devolve para o *transfer* inicial, agora marcado no item 8. O garfo desce com o berço pelo elevador, item 9 e o coloca na esteira da linha, item 10.

O tempo que os produtos permanecem na zona de aquecimento é programado pelo responsável da área e podem variar entre duas e quatro horas, dependendo do produto testado. A velocidade da esteira também irá ocorrer conforme tempo de teste.

O elevador, juntamente com a área de *transfer*, são responsáveis por transportar os berços da linha de produção até o espaço confinado do Burn In, e vice-versa. Será utilizado motores para movimentar as correntes e a solução pneumática para retirar os produtos dos elevadores e posicioná-los na esteira de Burn In, que será enclausurado e não oferecerá riscos ao operador. O sistema de garfo tem o sincronismo de ação conforme a velocidade das esteiras, para realizar a mudança de forma mais adequada à situação.

O desenvolvimento do sistema supervisório será feito para que o operador selecione o modelo do produto, via software o sistema fará o controle de velocidade e sincronismos dos sistemas.

## 4.9 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.9.1 - Aplicando resultados

O estudo procurou propor um projeto para o processo de Burn In, com objetivo de desenvolver um novo produto implementado dentro da empresa. Após a apresentação dos dados o projeto mostrou-se oportuno para empresa, por assegurar a realização dos testes eliminando o transporte de produtos para outra área, otimizando tempo, aspectos ergonômicos e modernização da fábrica.

Para a análise do modelo de toda solução do projeto, foi realizado diversos desenvolvimentos, com o propósito de fornecer a máxima visão de seu financiamento.

O protótipo ainda não instalado no ambiente fabril, foram realizados testes no laboratório de desenvolvimento que mostraram ser compatíveis com o que foi planejado. Nesta seção são apresentados alguns registros da execução da solução no laboratório e os testes parciais.

### 4.9.2 - Desenvolvimento de esteiras inferior e superior do Burn In

Na montagem das esteiras para o Burn In foi utilizado metalon do tipo 30x50mm, possui aproximadamente 2,65m de comprimento e largura de 0,40m, foi instalado 4 engrenagens de dentes retos e corrente com aba. Para apoiar os berços, foi utilizado cantoneira de alumínio com espaçamento de 300mm. Tem-se uma vista geral da esteira na Figura 4.15.

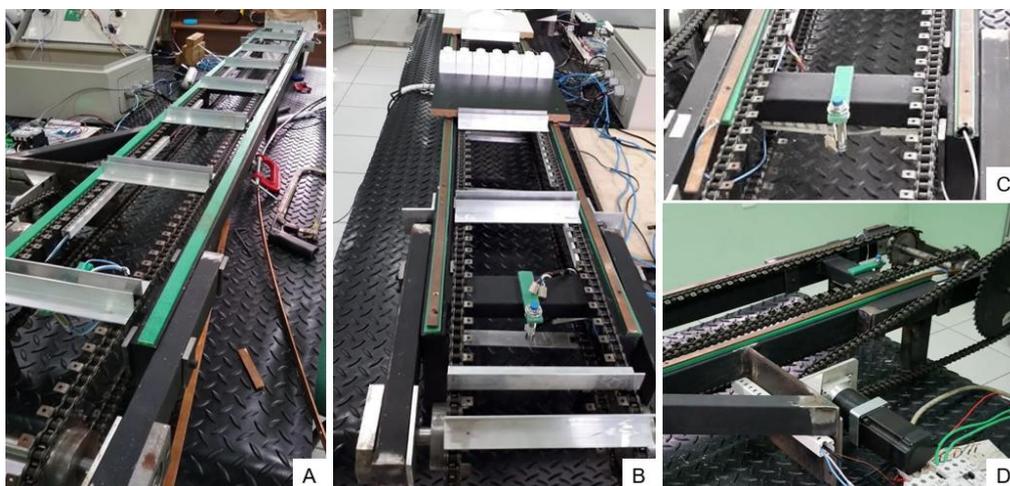


Figura 4.15 - Esteiras.

A Figura 4.15A, mostra uma visão geral da esteira, o modelo foi fabricado para armazenamento de até 10 berços, nota-se que somente na 4.15B está instalado a barra chata de cobre, responsável pela energização dos produtos em teste. Para o monitoramento do tempo de teste de cada berço, foi instalado sensor do tipo indutivo, Figura 4.15C, por meio de software, o sensor informa ao programa o horário da passagem e inicia a cronometragem até o tempo de teste. A Figura 4.15D, mostra detalhe do motor com sistema de engrenagens e corrente.

Para atuar no Burn In, o programa para o motor tem de acelerar suavemente até atingir determinada velocidade, e parar totalmente logo em seguida, para que dessa forma o berço fique um tempo parado enquanto o operador coloca as maquinetas, em seguida acelera suavemente para não derrubar ou ferir elas, e por fim parar quando o próximo berço estiver na frente do operador, portanto existem três funções principais:

- Acelerar através da Curva-S;
- Manter velocidade constante;
- Parar com precisão.

Um esboço desse sistema isolado foi feito através da alteração da frequência de um Timer do microcontrolador, desta forma, a cada período o Timer interrompe o processo e chama a função responsável por mandar um pulso para o motor, e dessa forma alterar a velocidade do mesmo. Portanto diminuindo esse intervalo pausadamente através de um cálculo específico para aplicação da Curva-S obteve-se uma curva de aceleração experimentalmente, a qual foi representada através do MATLAB.

O MATLAB é um software que tem por objetivo realizar cálculos com matrizes, é capaz de integrar análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e a construção de gráficos. Neste projeto, o MATLAB foi utilizado para otimizar o tempo para analisar o comportamento do movimento da esteira, aplicando conceitos de aceleração por meio da curva S. Para isto, foi escrito um código de aceleração do motor, simulado o desempenho e obtido o gráfico do curso, conforme pode ser observado na Figura 4.16.

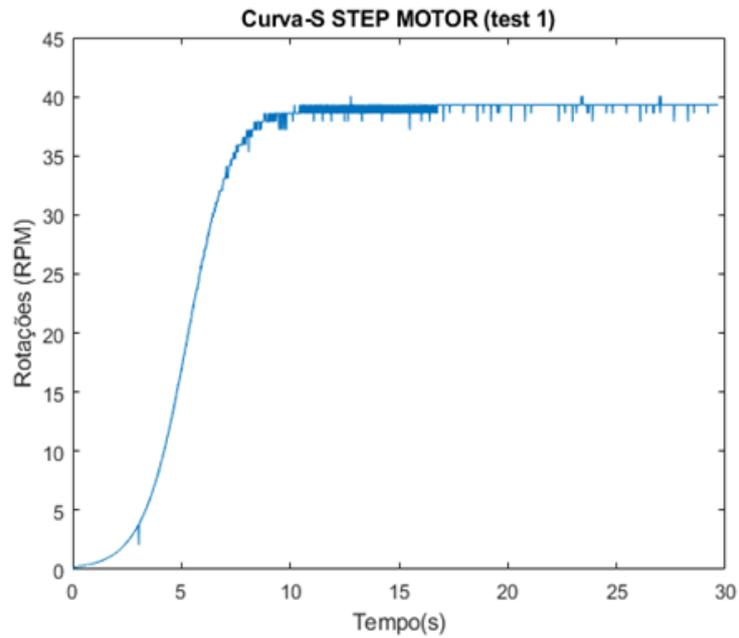


Figura 4.16 - Gráfico da curva-S.

Ao iniciar o acionamento do motor, a programação controla esta ação acelerando gradativamente até a velocidade especificada.

Para validação da energização por meio da barra chata de cobre, foi montado um berço com a instalação de uma lâmpada, este berço percorreu toda esteira. As Figuras a seguir mostram esta validação.

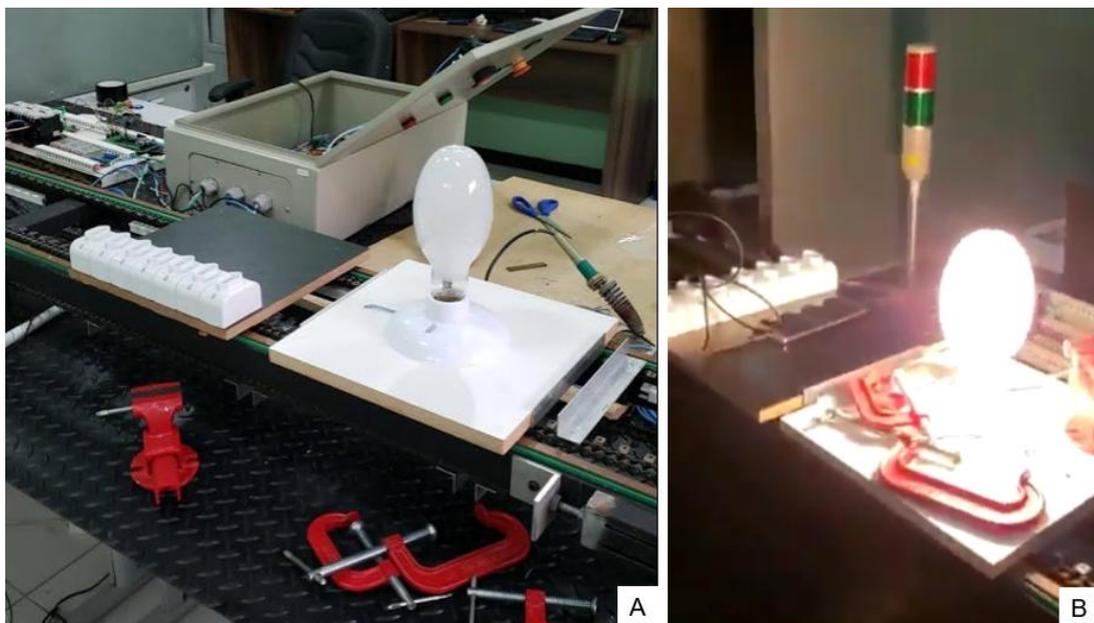


Figura 4.17 - Validação da energização dos berços.

Para prover energia na barra chata foi realizado um furo em cada barra e soldado dois cabos de 6mm, a extremidade dos cabos foi ligado ao plug macho e conectado em uma rede elétrica de 220V. Na Figura 4.17A, mostra uma base em MDF branco e a lâmpada instalada com os cabos ligado à barra chata de cobre do berço. Ao acionar o motor a esteira gira e faz o berço movimentar-se ao longo do percurso com a lâmpada ligada, validando a proposta de manter os produtos ligados durante o teste de Burn In.

#### 4.9.3 - Desenvolvimento do isolamento térmico

O isolamento térmico teve como principal objetivo manter a temperatura controlada dentro de padrões especificados e não alterar a condição climática do ambiente externo. Para validação da funcionalidade deste conjunto, foi fabricado em chapa galvanizada de 0,90mm de espessura, entre essa chapa, foi prensado o material isolante, do tipo PUR-D42 de 50mm de espessura. A estrutura foi fabricada em formato tipo C, e fechada por meio de parafusos auto atarrachante e foi inserido portas frontal e traseira, Figura 4.18.



Figura 4.18 - Isolamento térmico.

Conforme Figura 4.18, têm-se um módulo de isolamento térmico com comprimento de 1,22m, largura de 0,6m e altura de 0,80m, seguindo os requisitos de fabricação a solução além de garantir o aquecimento térmico também possui características antichama.

Após a fabricação deste módulo, foi instalado 6 sensores de temperatura (Localizados sobre a peça em MDF branco do lado esquerdo), uma resistência de 2.000W de potência (Centralizado) e um cooler (Peça preta localizada no lado direito) para circulação do ar dentro do duto, Figura 4.19. Com a fixação destes itens, foi possível realizar as ligações elétricas.



Figura 4.19 - Instalação de elementos no isolamento térmico.

Com o controle da alimentação da esteira através do acionamento de contactoras adequadas para a passagem de altas correntes, foi desenvolvido o módulo de comandos elétricos, composto por controle da resistência aquecedora e controle do cooler.

Por fim, foram adicionados os sensores de temperatura. Para isso, foi necessário um circuito isolado, que, para efeito de teste, foi montado em um protoboard.

#### **4.9.4 - Desenvolvimento do berço**

Para fabricação do berço foi utilizado MDF de 15mm de espessura, foi usinado na máquina CNC com medidas de 300mm x 300mm. Para efeito de validação da etapa de energização, nos berços foi instalado uma lâmpada e no outro instalado tomadas e

colocado uma fonte e celular. Este teste teve a finalidade de verificar a condução elétrica entre a lâmpada e celular com a barra de cobre instalada sobre a esteira.



Figura 4.20 - Protótipo do berço.

Na Figura 4.20, está ilustrado a CNC fazendo a prototipagem dos berços, os projetos em CAD são convertidos em extensão de linguagem de máquina e inseridos na CNC para uso.

#### **4.9.5 - Desenvolvimento do elevador**

Os requisitos mencionados durante o projeto do elevador foram atendidos usando um sistema transportador vertical avançado que usa uma corrente unidade para uma operação contínua eficaz. Duas engrenagens separados pela distância necessária (espaço entre linha de produção e esteiras inferior e superior do Burn In) foram ligados pela corrente com elos de corrente de balde colocados meticulosamente para montar os carrinhos que têm o garfo transportador como parte integrante dele a fim de transportar o material. O mecanismo traseiro do garfo é design especificamente para se certificar de que a orientação do garfo que carrega o material permaneça o mesmo, independentemente da posição do carrinho.



Figura 4.21 - Estrutura de apoio dos berços.

Como resultado desta fase de desenvolvimento, foi obtido uma estrutura conforme medidas disponíveis na fábrica, a estrutura do elevador vertical foi feita em metalon 30x50, teve as junções soldadas, a Figura a seguir mostra sua estrutura.



Figura 4.22 - Estrutura do elevador vertical.

A montagem seguiu conforme a modelagem 3D, foi instalado duas engrenagens do modelo 2-60-95 e aproximadamente 12,0 metros de corrente do tipo 60/2 wk-2 19x19. Esta solução teve a finalidade de girar o garfo e transportar os berços da Linha de Produção/Burn In/Linha de Produção.

Para o giro das engrenagens foi utilizado o motor com redutor planetário, auxiliados pelo hardware eletrônico e software. Foi feito uma base para suporte do

motor, no eixo do redutor foi instalado uma engrenagem e posicionado uma corrente, esta ligada a outra engrenagem do eixo das engrenagens do elevador. Foi necessário a utilização de mancais para guiar os eixos.



Figura 4.23 - Elevador vertical.

O microcontrolador utilizado no projeto é o Arduino MEGA de 32 bits com 16Mhz de cristal oscilador. Esse microcontrolador é baseado no ATmega2560. Possui 54 portas de Entrada/Saída digital, e 16 portas analógicas e 4 UARTs (hardware Serial). O Hardware implementado para controlar o motor de elevador é mostrado na Figura 4.24. Uma interface com o LCD de 128x64 se fez necessária para informar ao usuário o estado do elevador durante o tempo de execução.

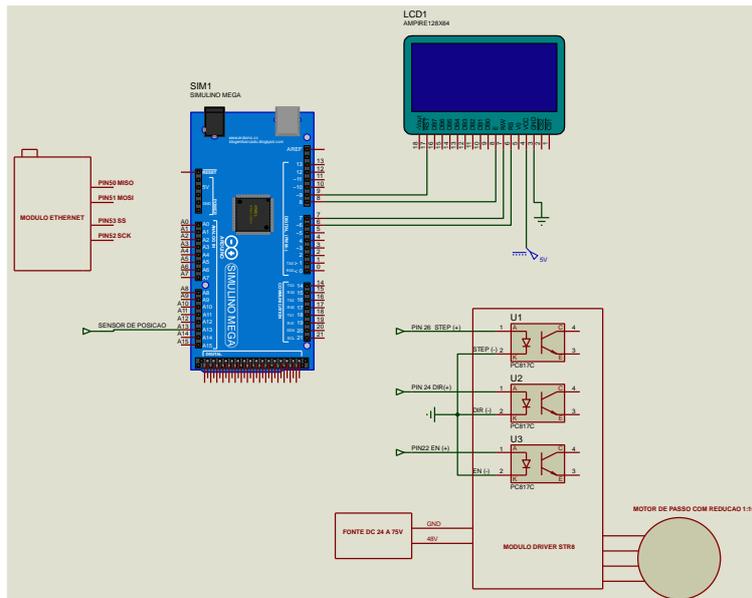


Figura 4.24 - Diagrama eletrônico do elevador.

A IDE (Integrated Development Environment), na tradução livre: Ambiente de desenvolvimento Integrado facilita o desenvolvimento da aplicação. Esse software combina ferramentas comuns de desenvolvimento em uma única interface gráfica de usuário (GUI), melhorando o desenvolvimento da aplicação. A IDE utilizada foi a VsCode PlatformIO.

- VScode Plataform IO

O Visual Studio Code é baseado no Electron, uma framework que é usada para desenvolver aplicativos Node.js para o desktop rodando no motor de layout Blink. Apesar de usar o Electron como framework, o software não usa o Atom e em seu lugar emprega o mesmo componente editor (codenomeado "Monaco") usado no Visual Studio Team Services (anteriormente chamado de Visual Studio Online).

- Arduino Mega

A alimentação foi realizada através do conector USB ou do conector de energia (tensão recomendada para a entrada de 7 a 12V). O conector USB é protegido por um fusível de 500 mA. A placa tem um botão de RESET e um conector ICSP para gravação de firmware (opcional). O consumo de corrente através da porta USB (alimentação 5V) é de aproximadamente 75 mA. Cada porta digital do Arduino Mega pode suportar até 20 mA e ser usada como entrada ou como saída. Todos os pinos Digitais e Analógicos funcionam com tensões de 0 a 5V.

A placa tem também um conector ICSP conectado à interface SPI do ATmega2560. Esse conector foi utilizado para ser usado para gravar o firmware (programas) diretamente no Microcontrolador.

– Módulo Ethernet W5100

A placa Ethernet Shield W5100, foi utilizada para interface de rede padrão Ethernet. Sua conexão física foi realizada através de um cabo RJ45. Essa placa possui adaptador para interface direta com o Arduino. Através desse shield de rede a comunicação com o banco de dados MySQL foi realizada.

Foi montando o circuito eletrônico conforme a Figura a seguir. Nesse circuito eletrônico foi utilizado como driver o STR8 que possui diferentes tipos de configurações, permitindo aumentar ou diminuir a velocidade do motor apenas configurando suas chaves.

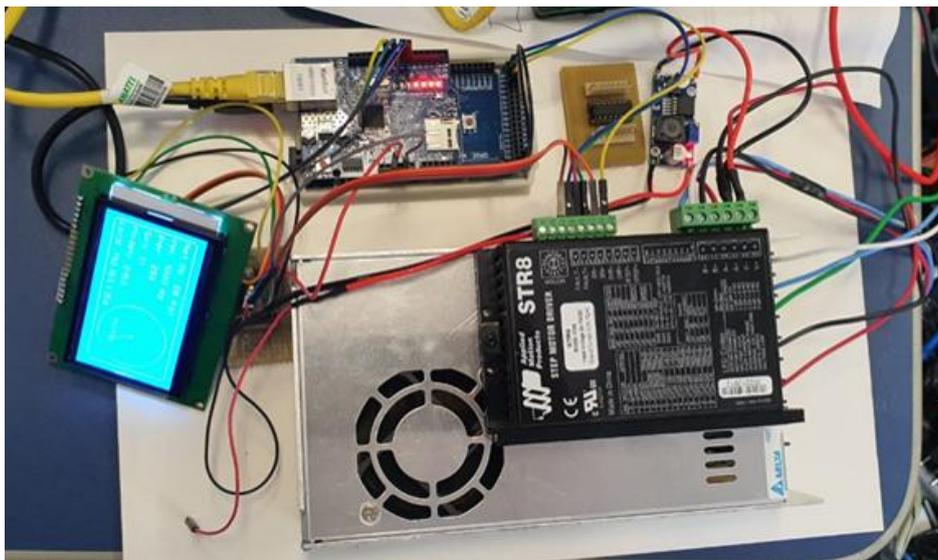


Figura 4.25 - Montagem para teste do circuito elétrico.

No display gráfico localizado no painel do elevador é visualizada as informações pertinentes à operação do elevador. Informações tais como: Verificar se a rede está conectada ou se existe um meio físico ativo de rede para comunicação com o banco de dados, verificar se o banco de dados está ativo. Muitas vezes a comunicação de rede está ativa, mas não há comunicação com o banco de dados devido à alguma manutenção dele. Também é informada no visor informações do modelo que foi testado no processo de Burn In. Um GIF do motor estava girando na tela informando que motor do Burn In se encontra em perfeito funcionamento, conforme Figura 4.26.

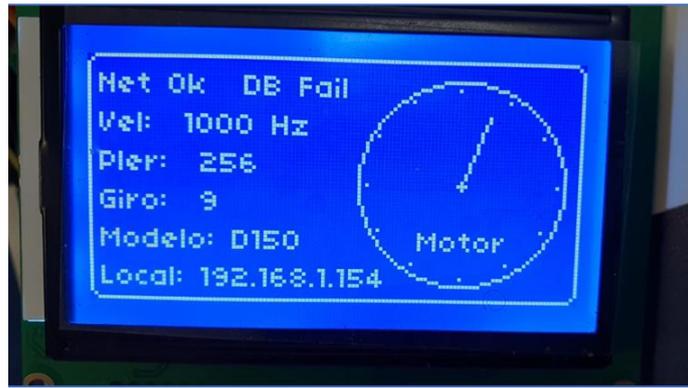


Figura 4.26 - Display.

- Software de monitoramento

Para a realização do controle do protótipo de maneira remota, modelou-se um aplicativo de monitoramento o qual é responsável por realizar a conexão entre o operador do sistema, e os comandos do “Burn In”, logo o mesmo acessa diretamente a base de dados idealizada, e então escolhe o modelo de produto que será testado. Com isso o aplicativo busca dentro da base de dados todos os parâmetros necessários para atender àquele teste como:

- Tempo de “Burn In”;
- Velocidade do motor;
- Temperatura de teste.

Conforme mostra a Figura 4.27, além dos parâmetros enviados ao selecionar um modelo, o aplicativo também tem a função de permitir que sejam alterados esses valores em tempo real para possíveis ajustes, por fim tem como objetivo mostrar no monitor um gráfico indicando as temperaturas ao decorrer do tempo em cada um dos sensores de temperatura instalados dentro da estufa, isto através de uma busca constante na base de dados, onde o Burn In envia as temperaturas registradas.

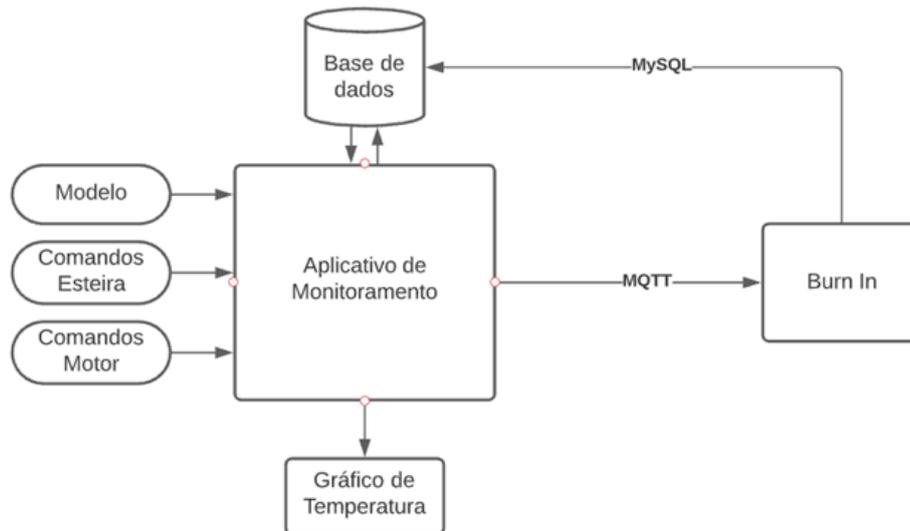


Figura 4.27 - Fluxograma do aplicativo de monitoramento.

– Aplicação

Para aplicar este conceito, utilizou-se a linguagem de programação chamada Lazarus 2.0 o qual é um programa responsável por montar interfaces gráficas, para isto utiliza a linguagem pascal, mas a gama de recursos que podem ser conectados é bem grande, por exemplo, a própria ferramenta tem acesso direto à bancos de dados criados em MySQL, simplificando a consulta de suas tabelas. Outro fator importante é a facilidade em executar linhas do terminal de comando do Raspberry Pi, o que permite fácil utilização dos comandos do protocolo MQTT.

– Protocolo MQTT

O protocolo MQTT tem por função ligar através da internet dois ou mais equipamentos, como no caso deste projeto, comunicar informações do Arduino para o Raspberry, e dessa forma enviar as informações de temperatura do Burn In para o monitor, ou enviar os comandos do monitor para o microcontrolador, porém antes disso foi necessário estabelecer e testar a comunicação através do protocolo que possibilita o IoT.

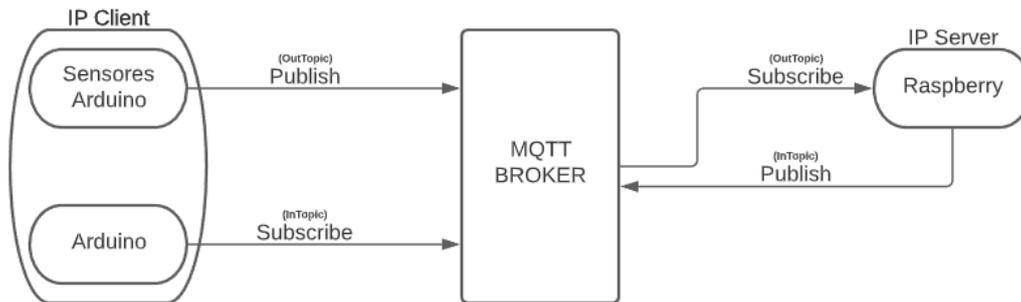


Figura 4.28 - Mapa da comunicação MQTT.

Conforme mostrado na Figura anterior, o MQTT recebe todos os dados dos microcontroladores, por meio dele o Arduino e Raspberry se comunicam e tomam decisões conforme as leituras recebidas de cada um.

– Shield Ethernet 5100

Para comunicar as informações com o Arduino, seja envio ou recepção, usou-se o Shield Ethernet W5100, como há apenas uma forma de conexão com o Arduino, dispensa-se o esquema elétrico dele, substituindo-se por um diagrama esquemático, conforme a Figura 4.29.

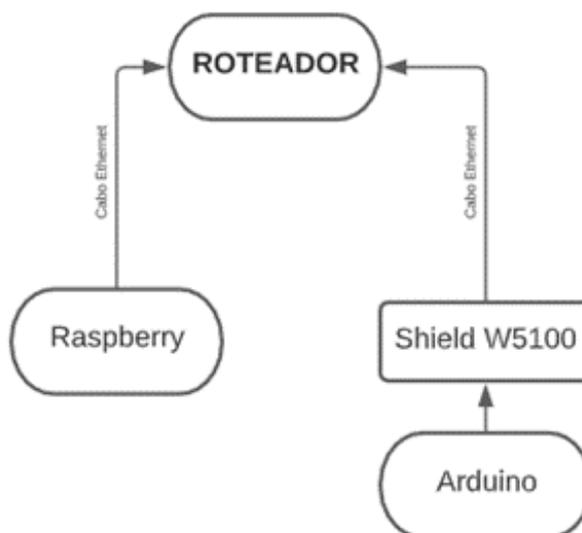


Figura 4.29 - Conexão MQTT.

Conforme o diagrama mostrado na Figura 4.29, o Raspberry e Arduino se comunicam com o roteador, mas foi utilizado o shield W5100 para posicionar o Arduino neste hardware.

- Banco de Dados MySQL no Raspberry

Para armazenar os valores de temperatura e velocidade, além de configurações de SETUP do sistema automatizado, utilizou-se um banco de dados através do MySQL para armazenar em um servidor no Raspberry, e para tal instalou-se uma biblioteca para envio de informações do Arduino para o banco, através do Shield Ethernet W5100. Não há fotos desta etapa pois apenas foram enviadas informações para o Banco.

#### 4.9.6 - Banco de dados

##### 4.9.6.1 - Tabela dos modelos

A tabela “tbl\_modelos” é responsável por comandar e sincronizar todos os microcontroladores do projeto, pois o mesmo contará com diferentes modelos de máquinas, as quais passaram pelo Burn In, e cada uma possui um tratamento diferente, sendo necessário o envio destas informações para os microcontroladores.

Tabela 4.1 - Tabela de modelos.

ID	MODELO	T BURN IN	DATA	VELOCIDADE	STATUS
----	--------	-----------	------	------------	--------

- ID: atribui uma numeração única a cada modelo;
- MODELO: especifica o nome do produto;
- T BURN IN: especifica o tempo que este modelo deve demorar no processo;
- DATA: atribui o momento em que iniciou o processo daquele modelo.
- VELOCIDADE: especifica a velocidade que o motor deve ter para atender ao tempo;
- STATUS: esta coluna especifica qual o modelo está em processo, quando se torna 1, todos os microcontroladores recebem essa informação e já leem todas as informações referentes a este modelo.

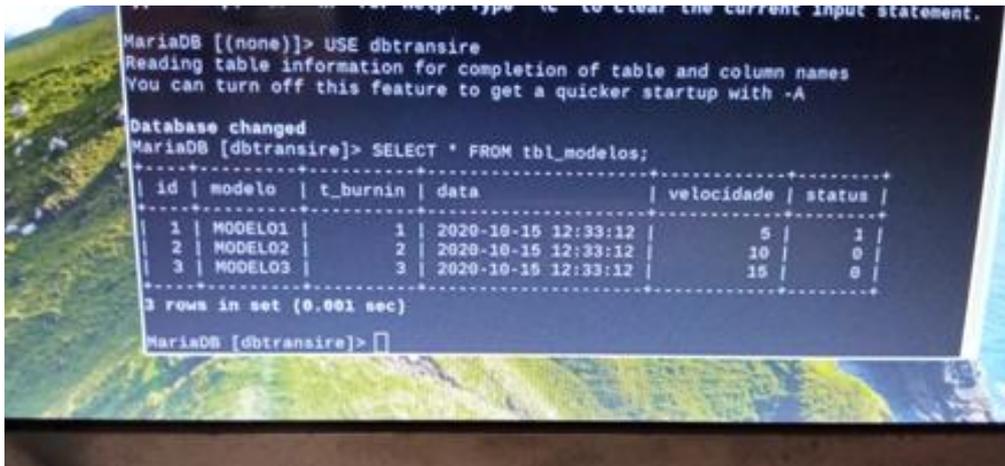


Figura 4.30 - Tabela com os modelos.

#### 4.9.6.2 - Tabela das temperaturas

A tabela “tbl\_temperatura” armazena a temperatura atual medida por cada sensor, e é atualizada a cada segundo, e então é lido pelo monitor, o qual mostra para o operador a temperatura ao decorrer da linha, ou seja, cada coluna referenciada como t1, t2, t3, t4, t5 e t6.

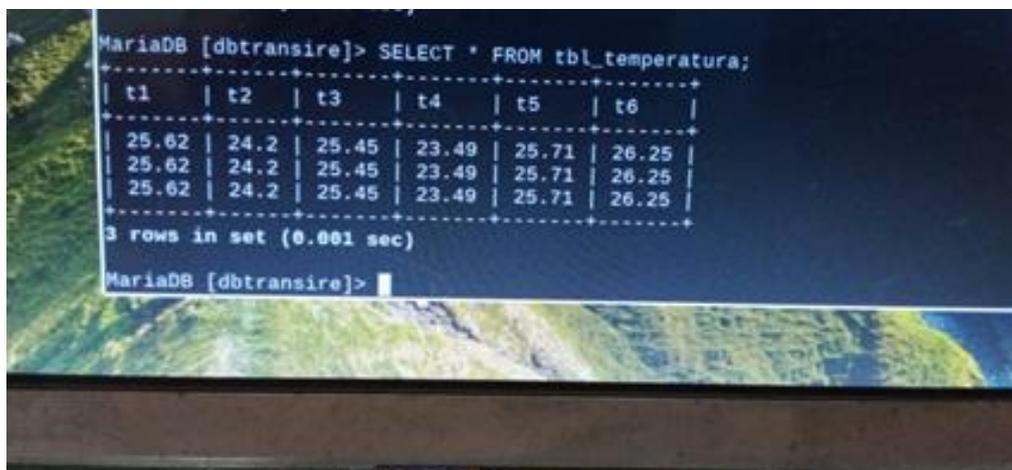


Figura 4.31 - Tabela de temperatura.

#### 4.9.6.3 - Tabela dos berços

Uma solução para o gargalo de processamento encontrado nas funções de envio para o banco de dados, e garantir que uma falha na leitura dos berços atrapalhe o processo completo, isolou-se cada sensor RFID, o qual lê os cartões únicos de cada berço, a um Arduino UNO o qual é um modelo mais barato e menor do Arduino, e estes

são ligados diretamente à base de dados. Em outras palavras, cada vez que o sensor ler a passagem de um cartão associado à um berço, ele enviará para o banco de dados o horário em que determinado berço passou como mostra a Figura 4.32.

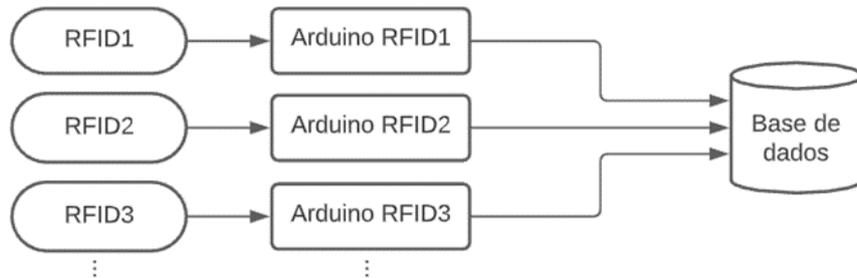


Figura 4.32 - Fluxograma dos berços.

A tabela “tbl\_berços” é responsável por registrar os tempos de entrada e saída de cada um dos berços, e para isso lê qual o id do cartão lido e imediatamente envia para o banco o horário atual através do servidor.

Tabela 4.2 - Tabela berços.

ID	N_BERÇO	DATA_IN	DATA_OUT	TEMPERATURA	CARD_ID
----	---------	---------	----------	-------------	---------

- ID: atribui uma numeração única a cada berço;
- N\_BERÇO: especifica o nome do berço;
- DATA\_IN: especifica o tempo que este berço passou pelo início da esteira;
- DATA\_OUT: especifica o tempo que este berço passou pelo fim da esteira;
- TEMPERATURA: registra qual a temperatura média que este berço foi submetido;
- CARD\_ID: tem registrado o id em hexadecimal de cada um dos cartões, sendo um valor específico para cada um dos cartões que ficam dentro de cada berço.

```

3 rows in set (0.001 sec)
MariaDB [dbtransire]> SELECT * FROM tbl_bercos;
+----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id | n_berco | data_in | data_out | temperatura | card_id |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | B001 | 2020-12-09 04:49:39 | NULL | NULL | 22 30 9A 34 |
| 2 | B002 | 2020-12-09 04:49:23 | NULL | NULL | AD 55 5A C4 |
| 3 | B003 | NULL | NULL | NULL | AD 38 85 C4 |
| 4 | B004 | 2020-12-09 04:49:51 | NULL | NULL | 4D F8 8F C4 |
| 5 | B005 | 2020-12-09 04:50:07 | NULL | NULL | 1D 89 91 C4 |
| 6 | B006 | NULL | NULL | NULL | 17 86 7B 62 |
| 7 | B007 | NULL | NULL | NULL | 89 23 17 B1 |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+
7 rows in set (0.001 sec)
MariaDB [dbtransire]>

```

Figura 4.33 - Tabela berços.

#### 4.9.7 - Análise de estudo de capacidade produtiva

Para a análise de capacidade produtiva, foi avaliado os dados conforme estudo *MOST*, os objetos de estudo foram os produtos A930 e D150. O estudo foi dividido em duas etapas, cálculo da capacidade produtiva e cálculo da capacidade operacional de berços dentro do Burn In.

A metodologia proposta de memória de cálculo relacionou todas as variáveis de processo, garantindo o balanceamento das linhas, diminuindo tempos improdutivos e perdas por estoque de produtos em processo.

Nesta linha de pensamento, permite que a empresa possa lidar no dia a dia com problemas de tomada de decisão no âmbito estratégico, tático e operacional. No nível estratégico, estão as decisões relacionadas à missão da empresa e os seus objetivos de longo prazo tais como a localização de plantas industriais, aquisição de novos recursos e introdução de novas tecnologias e produtos. As decisões de nível tático situam-se em um horizonte de planejamento mais estreito que varia de semanas a meses e servem geralmente de input para as decisões de longo prazo. Elas dizem respeito ao tipo de sistema de fabricação (produção em massa ou em lotes), ao modelo de produto a ser fabricado e ao volume a ser produzido.

Finalmente, as decisões de nível operacional tomadas no ambiente do chão de fábrica são aquelas de curto prazo podendo variar de horas até dias e geralmente estão relacionadas à alocação dos recursos recuperáveis (máquinas) para a transformação dos recursos irrecuperáveis (matérias-primas e componentes) em produtos acabados. Os problemas de alocação de recursos envolvem as atividades de sequenciamento de lotes

de produção, que competem por recursos escassos também comumente chamados de recursos com capacidade finita.

- Análise da capacidade de berços operacionais

O cálculo da capacidade do Burn In em receber os berços fez-se necessário para identificar a quantidade de produtos pudessem ser testados simultaneamente. Durante o desenvolvimento, obteve-se a dimensão de 430x300mm, esta foi considerada ideal para o posicionamento dos produtos.

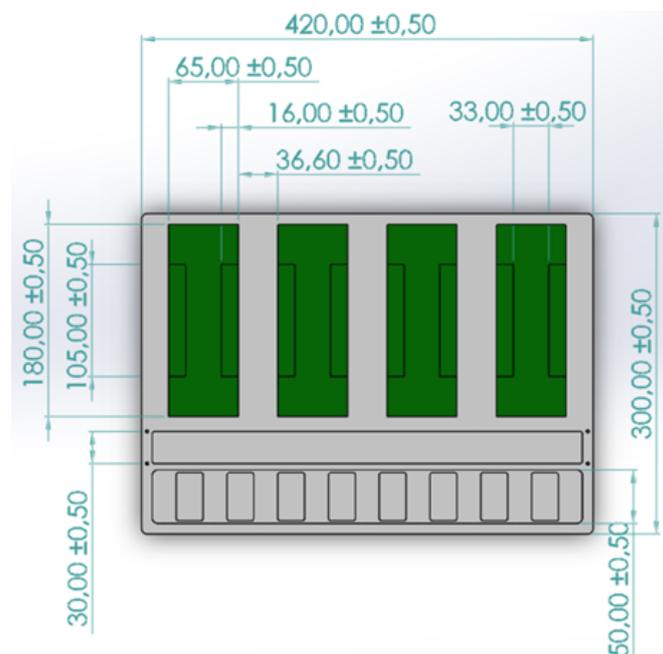


Figura 4.34 - Dimensional do berço.

Foi considerado o tamanho das esteiras de 30.000mm, o espaçamento entre os empurradores da corrente é de 342,9mm. Feito a divisão do comprimento total da corrente pelo espaçamento dos empurradores, foi obtido o resultado de 87,49, com este dado foi considerado a capacidade de 85 berços.

- Análise de capacidade produtiva

Foi reunido os modelos de produtos e a respectiva capacidade de produção, a empresa considera Unidades Por Hora – UPH para mensurar os dados de produção. Na Figura 4.35 são mostrados esses dados.

PRODUTO	IMAGEM	COD DO PRODUTO	MODELO/CLIENTE	PRODUÇÃO POR BERÇO	D190	A910
D150			10000	310	263	80
D150 AIR			10000	310	220	72
D175			10000	238	200	90
D180C+			10000	290	139	120
D175			10000	238	193	115
					181	

Figura 4.35 - Capacidade produtiva.

Dentre os 15 produtos, destaca-se o modelo D150 com produção de até 310 produtos por hora e o modelo A930, com produção de até 90 peças. Estudos do desenvolvimento dos berços, levou ao resultado de que a mesma base teria capacidade para receber 8 produtos D150 e 4 do produto A930.

Para obter a capacidade de cada produto no Burn In, foi realizado a multiplicação da quantidade de berços pela capacidade de produtos em cada berço. A Tabela 4.3 mostra o resultado.

Tabela 4.3 - Capacidade produtiva por modelo.

Produto	Qtde de berços	Qtde de produtos por berço	Qtde de produtos no Burn In
A910	85	4	340
A920		4	340
A930		4	340
D200		8	680
D210		4	340
Q92		4	340
S920		4	340
A50		8	680
D150		8	680
D155		8	680
D175		8	680
D180C+		8	680
D190		8	680

Para avaliar a capacidade real de produtos no Burn In, é necessário multiplicar a capacidade produtiva, Figura 4.35, pela quantidade de horas de Burn In, como segue na Tabela 4.4:

Tabela 4.4 - Capacidade necessário X Capacidade projetada.

<b>Produto</b>	<b>UPH</b>	<b>Tempo de Burn In (Horas)</b>	<b>Capacidade necessário para Burn In</b>	<b>Capacidade projetada para Burn In</b>
A930	90	3	210	340
D150	310	2	620	680

Conforme Tabela 4.4, nota-se que o Burn In possui capacidade física de receber os produtos para teste sem a necessidade de criar o buffer, otimizando o fluxo da linha de produção.

#### 4.9.8 - Análise de tempo

O método MOST® classifica qualquer tipo de movimento em geral, controlado, ou então em movimento combinado de ambos. O uso de ferramentas manuais é analisado através de uma sequência de eventos da ferramenta na execução da tarefa e que pode ser descrita como uma combinação dos dois movimentos geral e controlado. Os modelos descritos no MOST® são representados por uma sequência de atividades durante o movimento do objeto utilizando parâmetros específicos. A cada parâmetro é associado um índice igual ou múltiplo de 10 que representa uma resistência a ser vencida ou grau de dificuldade para executar determinada ação.

No movimento geral, a sequência de atividades consiste respectivamente na obtenção do objeto, movimentação do objeto para colocá-lo no local de destino e retorno à origem. A sequência de parâmetros do MOST® que descreve esta atividade é: [ A B G A B P A ], em que o parâmetro A representa uma ação de distância horizontal a ser vencida para se ganhar controle do objeto, B diz respeito ao movimento vertical de membros do corpo que demonstram hesitação ou pausa ao se apanhar um objeto, G identifica variadas formas de se obter o controle do objeto (simultâneo ou não, coleta, pega, etc.) e o parâmetro P que está relacionado à disposição do objeto no local de destino (deixar de lado, colocar com cuidado, precisão, etc.). O parâmetro A final

descreve o retorno do objeto à posição de origem. O somatório dos índices da sequência define a unidade que o método MOST® utiliza para quantificar o tempo gasto na execução da atividade e que é chamado de TMU (Time Measurement Unit). Logo, 1 TMU = 0,00001 hora = 0,0006 minutos = 0,036 segundos, ou seja, 1 hora = 100.000 TMU, 1 minuto = 1.667 TMU, 1 segundo = 27,8 TMU.

A metodologia desenvolvida é exclusiva para o sistema produtivo da empresa, e tem como principal objetivo garantir o melhor desempenho do Burn In Aéreo. Seguem designs dos principais esboços desenvolvidos em relação a memória de cálculo.

SETUP	UNIDADE DE TEMPO TMU - TÉCNICA MOST					SOMA DE ÍNDICES	QTD DE PRODUTOS	ÍNDICE X PRODUTO	UNIDADE DE TEMPO (TMU)	TEMPO POR ÍNDICE (TMU)	TEMPO TOTAL (TMU)	TEMPO DE OPERAÇÃO (S)	TEMPO TOTAL POR BERÇO (S)
	A	B	G	M	P								
Alcançar e puxar berço vazio	1	0	1	1	0	3	1	3	10	30	300	0,87	8,70
Destruar pino	1	0	1	0	1	3	4	12		120		3,48	
Tirar base	1	0	1	0	0	2	1	2		20		0,58	
Colocar base	0	0	0	0	1	1	1	1		10		0,29	
Travar pino	1	0	1	1	0	3	4	12		120		3,48	

Figura 4.36 - Definição de variáveis de processo.

Conforme Figura 4.36, está representado o tempo total para execução de *setup* para troca da base do berço, a análise do tempo de *setup* foi relevante para estudos futuros da empresa.

A análise de operação do produto D150 envolveu cinco principais ações:

- Montagem do berço;
- Subida do elevador;
- Burn In;
- Descida do elevador;
- Entrega de produtos testados.

Em cada conjunto de ações foi considerado os micros movimentos e calculado o tempo de operação. A Figura a seguir mostra a simulação deste tempo.

PRODUTO D150	UNIDADE DE TEMPO TMU - TÉCNICA MOST					SOMA DE ÍNDICES	QTDE PRODUTOS	ÍNDICE X PRODUTO	UNIDADE DE TEMPO (TMU)	TEMPO POR ÍNDICE (TMU)	TEMPO TOTAL (TMU)	TEMPO DE OPERAÇÃO (S)	TEMPO TOTAL POR BERÇO (S)
	A	B	G	M	P								
ATIVIDADE: MONTAGEM DO BERÇO													
Alcançar e puxar berço vazio	1	0	1	1	0	3	1	3	10	30	540	0,87	15,66
Alcançar e posicionar o produto	1	0	1	0	1	3	8	24		240		6,96	
Alcançar o cabo	1	0	1	0	0	2	8	16		160		4,64	
Conectar o cabo no produto	0	0	0	0	1	1	8	8		80		2,32	
Alcançar e empurrar berço cheio	1	0	1	1	0	3	1	3		30		0,87	

PRODUTO D150	UNIDADE DE TEMPO TMU - TÉCNICA MOST					SOMA DE ÍNDICES	QTDE PRODUTOS (BERÇO)	ÍNDICE X PRODUTO	UNIDADE DE TEMPO (TMU)	TEMPO POR ÍNDICE (TMU)	TEMPO TOTAL (TMU)	TEMPO DE OPERAÇÃO (S)	TEMPO TOTAL POR BERÇO (S)
	X												
ATIVIDADE: SUBIDA DO ELEVADOR (BUFFER DE ENTRADA)	X												
Transporte do berço: Berço sai do Posto S0, entra no elevador e sobe até esteira do Bum In. Considerado: Altura 1,50m. Velocidade de subida de 1,5m / 1,74seg = 0,86m/seg		6				6	1	6	10	60	60	1,74	1,74

PRODUTO D150	UNIDADE DE TEMPO TMU - TÉCNICA MOST					SOMA DE ÍNDICES	QTDE PRODUTOS (BERÇO)	ÍNDICE X PRODUTO	UNIDADE DE TEMPO (TMU)	TEMPO POR ÍNDICE (TMU)	TEMPO TOTAL (TMU)	TEMPO DE OPERAÇÃO (S)	TEMPO TOTAL POR BERÇO (S)
	X												
ATIVIDADE: BURN IN	X												
Transporte do berço: Tempo percorrido de 2 horas. Considerado: 8 produtos por berço						0	1	0	10	0	0	0	35,49

PRODUTO D150	UNIDADE DE TEMPO TMU - TÉCNICA MOST					SOMA DE ÍNDICES	QTDE PRODUTOS (BERÇO)	ÍNDICE X PRODUTO	UNIDADE DE TEMPO (TMU)	TEMPO POR ÍNDICE (TMU)	TEMPO TOTAL (TMU)	TEMPO DE OPERAÇÃO (S)	TEMPO TOTAL POR BERÇO (S)
	X												
ATIVIDADE: DESCIDA DO ELEVADOR (BUFFER DE SAÍDA)	X												
Transporte do berço: Berço sai da esteira de Bum In e chega ao Posto S2. Altura 1,50m. Velocidade de subida de 1,5m / 1,74seg = 0,86m/seg		6				6	1	6	10	60	60	1,74	1,74

PRODUTO D150	UNIDADE DE TEMPO TMU - TÉCNICA MOST					SOMA DE ÍNDICES	QTDE PRODUTOS	ÍNDICE X PRODUTO	UNIDADE DE TEMPO (TMU)	TEMPO POR ÍNDICE (TMU)	TEMPO TOTAL (TMU)	TEMPO DE OPERAÇÃO (S)	TEMPO TOTAL POR BERÇO (S)
	A	B	G	M	P								
ATIVIDADE: ENTREGA DAS MÁQUINAS TESTADA													
Alcançar e puxar berço cheio	1	0	1	1	0	3	1	3	10	30	540	0,87	15,66
Alcançar o cabo	1	0	1	0	0	2	8	16		160		4,64	
Desconectar o cabo no produto	0	0	0	0	1	1	8	8		80		2,32	
Alcançar e retirar o produto	1	0	1	0	1	3	8	24		240		6,96	
Alcançar e empurrar berço vazio	1	0	1	1	0	3	1	3		30		0,87	

Figura 4.37 - Tempo de operação.

Para o cenário previsto, estima-se alimentar o berço com oito produtos D150, esta ação leva 15,66 segundos. Para o Subir no elevador foi calculado 1,74 segundos, descida do elevador com o mesmo tempo de subida e a entrega do berço com a retirada dos produtos leva-se o tempo de 15,66 segundos. O tempo de ciclo total é a soma dessas operações com o tempo de duas horas para o produto D150, obtendo o tempo de 7.234,8 segundos.

Este tempo será considerado para Empresa para futuros estudos de replicação do projeto, visto que essas operações serão agregadas as existentes no atual processo.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES E SUGESTÕES

#### 5.1 - CONCLUSÕES

As empresas têm investido em estratégias que melhorem a qualidade dos produtos, otimizando tempo e recursos. Entre as áreas que têm recebido especial atenção está a área de teste. Um dos tipos de testes comumente utilizados em dispositivos eletrônicos é o teste de estresse, também denominado teste de Burn In.

Testes Burn In são testes de exaustão que buscam simular o ambiente real em que o equipamento será submetido, ainda em fase de produção. Entretanto, os testes, normalmente, são realizados fisicamente separados da linha de produção, fazendo com que seja necessário que os equipamentos a serem testados sejam conduzidos até a área de teste e depois levados de volta à área de produção.

Diante disso, esta dissertação apresenta uma proposta de teste Burn In integrado à linha de produção, ganhando, com isso, diminuição de tempo de deslocamento, espaço físico, modernização da fábrica, melhoria de aspectos ergonômicos, uma vez que os testes utilizam a mesma área já utilizada pela linha de produção.

A proposta possui duas partes principais. A primeira é a área de transferência, que também possui um elevador responsável por conduzir os berços com as máquinas de pagamento até a área de teste e trazê-los de volta à esteira de produção, após os testes. A segunda parte é a área de teste. Na área de teste, que fica acima da linha de produção, existem dois andares de esteira, que estão preparados para realizar o teste de Burn In durante todo o percurso, permanecem dentro de um isolamento térmico com controle de temperatura.

A proposta está em fase de desenvolvimento na empresa produtora de máquinas de pagamento. Todas as partes que compõem a solução proposta foram testadas em laboratório através do desenvolvimento de protótipos. Em análise preliminar, observou-se uma redução de 17% no tempo de produção, possibilidade de deslocamento de funcionários para outras atividades e otimização de utilização de espaço físico.

## 5.2 - SUGESTÕES

Como trabalhos futuros, pretende-se implantar a solução no ambiente fabril, realizar testes no local e fazer análises estatísticas sobre os dados gerados. Além disso, com os dados de utilização que estão sendo armazenados em banco de dados, pretende-se utilizar algoritmos de aprendizagem de máquina para avaliar padrões nos dados e propor melhorias no processo de teste e produtivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMADA L. F. **The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES)**. (2015) *Journal of Innovation Management*, 4, 16-21.

ASARE, P.; BROMAN D. **CPS, Cyber Physical Systems**. 2012. Disponível em: <<http://cyberphysicalsystems.org/>>. Acesso em: 09 de abril de 2021, 22h45min.

ASSIS, R. **Testes de Burn-in**. (2016).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Confiabilidade e Manutenibilidade: Terminologia, NBR 5462**. Rio de Janeiro, Brasil, novembro de 1994.

AZUMA, R T. **A survey of augmented reality**. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 6.4 (1997): 355-385.

BAUMGARTEN, C. **Realidade aumentada na indústria: o que está sendo feito?** Disponível em: <<https://www.pollux.com.br/blog/realidade-aumentada-na-industria-o-que-esta-sendo-feito/>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2021.

BERMAN, B. **3-D printing: The new industrial revolution**. *Business Horizons*, v. 55, n. 2, p. 115-162, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003>. Acesso em: 26 março. 2021.

BIBEN, W. **Burn-in**. Campinas, Brasil: Ministério da Ciência e Tecnologia, Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA), Divisão de Qualificação e Análise de Produtos Eletrônicos (DAPE), 2003. 8 slides, color.

BITENCOURT, C. E. P; CATEN, C. T. Estudo de tempos e métodos na montagem de painéis elétricos. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. 26, 2006, Fortaleza. Anais. Fortaleza: Abepro, 2006. p. 1-4.

BITKOM; VDMA; ZVI. **Implementation strategy industrie 4.0: Report on the results of the industrie 4.0 Platform**. Frankfurt, Alemanha, 2016.

BLANCO, N. O.; CARAMÉS T. M. F.; LAMAS, P. F.; MONTESINOS, M. A. V. (2018). **A Practical Evaluation of Commercial Industrial Augmented Reality**

**Systems in an Industry 4.0 Shipyard.** IEEE. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8281493/authors#authors>>. Acesso em: 08 de junho de 2021.

BLAZ, R. **Industry 4.0 and the New Simulation Modelling Paradigm.** Organizacija, vol. 50, n. 3, p. 193-207, Aug 2017.

BSA. **Estudo da BSA ilustra o impacto mundial da revolução de dados.** 2015. Disponível em: <[http://www.bsa.org/news-and-events/news/2015/october/en10202015datareport?sc\\_lang=pt-BR](http://www.bsa.org/news-and-events/news/2015/october/en10202015datareport?sc_lang=pt-BR)>. Acesso em: 31 de maio de 2020.

COLOMBO, J. F.; LUCCA FILHO, J. **Internet das coisas (IOT) e indústria 4.0: revolucionando o mundo dos negócios.** São Paulo, 2018.

DE LUCA, L. **Recomendações para a Implementação de Ensaios de Estresse Térmico Voltados à Confiabilidade de Hardwares Eletrônicos.** Dissertação Mestre em Metrologia Científica e Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

DELOITTE. **Industry 4.0: challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies.** Zurique, Suíça, 2015a.

DEPARTMENT OF DEFENSE (U.S.A.). **Military Standard: Test Methods Standard Microcircuits.** MIL-STD-883E. Washington, United States of America, December of 1996.

DISSADO, L. A.; MAZZANTI, G.; MONTANARI, G. C. The role of trapped space charges in the electrical aging of insulating materials. **IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation**, v. 4, n. 5, p. 496-506, 1997.

FILHO, H. R. D. P. **A Gestão da qualidade em tempos de internalização da indústria e dos serviços.** Banas Qualidade, São Paulo, n. 305, p. 70, fevereiro 2018.

FINEP. **Entrevista exclusiva com o criador do termo Internet das coisas.** Inovação em Pauta, Rio de Janeiro, v. 6, n. 18, p. 3, 13 janeiro 2015. ISSN 18.

FONTES, A. (2019). **Robôs Autônomos.** Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/robos-autonomos>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2021.

GILCHRIST, A. **Industry 4.0: The Industrial Internet of Things**. Tailândia: Apress, 2016.

GIORDANO, C. M.; ZANCUL, E. S.; RODRIGUES, V. P. **Análise dos Custos da produção por Manufatura Aditiva em Comparação a Métodos Convencionais**. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v. 16, n. 2, p. 449-523, abr./jun. 2016.

HU, H. *et al.* **Toward Scalable Systems for Big Data Analytics: A Technology Tutorial**. Ieee Access, [s.l.], v. 2, p. 652-687, jun. 2014.

HUXTABLE, J.; SCHAEFER, D. **On Servitization of the Manufacturing Industry in the UK**. Procedia CIRP. v. 52, p. 46-52, 2016.

INTEL Corporation. **Saiba mais sobre Big Data: Medidas que Gerentes de TI Podem Tomar para Avançar com o Software Apache Hadoop**. 2013. Disponível em: <<https://www.intel.com.br/content/dam/www/public/lar/br/pt/documents/articles/90318386-1-por.pdf>>. Acesso em: 05 de junho de 2020.

IRESON, W. G.; COOMBS Jr., C. F.; MOSS, R. Y. **Handbook of Reliability Engineering and Management**. 2. ed. New York, United States of America: McGraw-Hill, 1996. ISBN 0-07-012750-6.

IRESON, W. G.; COOMBS Jr., C. F.; MOSS, R. Y. **Handbook of Reliability Engineering and Management**. 2. ed. New York, United States of America: McGraw-Hill, 1996. ISBN 0-07-012750-6.

JENSEN, F.; PETERSEN, N. E. **Burn-in: An Engineering Approach to the Design and Analysis of Burn-in Procedures**. 1. ed. New York, United States of America: John Wiley & Sons, 1982. 167p. ISBN 0-471-10215-6.

JIE XU *et al.*, **Simulation optimization in the era of Industrial 4.0 and the Industrial Internet**. Journal of Simulation, vol. 10, n. 4, p. 310-320, 2016.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group**. National Academy of Science and Engineering. 2013.

KAUFFMANN, E. *et al.* **A framework for big data analytics in commercial social networks: A case study on sentiment analysis and fake review detection for**

**marketing decision-making.** Industrial Marketing Management, [s.l.], v. 90, p. 523-537, abr. 2021.

KECECIOGLU, D. B.; SUN, F. **Burn-in Testing: Its Quantification and Optimization.** Pennsylvania, United States of America: DEStech Publications, 2003. 670 p. ISBN 1-932078-06-1.

KONO, C.; SILVA Jr, L. C. F. E.; RODRIGUES, L. C. **Competitive Intelligence, Cloud Computing and Innovation in Small Enterprises.** 11th International Conference on Information Systems and Technology Management – CONTECSI. São Paulo, p. 680-704, 2014.

LAW, A. M. and KELTON W. D. **Building valid, credible, and appropriately detailed simulation models.** Simul. Model. Anal. 3rd ed. Singapore McGraw-Hill, pp. 264–291, 2000.

LIU, Y. S. TANG, L. N.; MA, Y. Z. and YANG, T. **TFT-LCD module cell layout design using simulation and fuzzy multiple attribute group decision-making approach.** Appl. Soft Comput. J., vol. 68, pp. 873–888, 2018.

MACHADO, N. V. **Metodologia para Garantia da Confiabilidade no Desenvolvimento de Produtos Mecatrônicos.** Maio de 2002. 194 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MALATHI, M. (2011). **Cloud computing concepts.** IEEE, 236-239.

MARQUES, K. **Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação.** EESC-Escola de Engenharia de São Carlos, USP-Universidade de São Paulo, 2014.

MI, J. (1994). **Burn-in and Maintenance Policies.** Advances in Applied Probability, 26(1), 207-221.

MTM do Brasil. **Reichs-ausschuss für Arbeitszeitermittlung (Comitê amplo para determinação do tempo de trabalho).** Apostila do curso MTM básico. São Paulo: Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e. V. (Associação para o Estudo do Trabalho e a Organização Empresarial), 2005.

NELSON, W. B. **A bibliography of accelerated test plans.** IEEE Transactions On Reliability. 54:194-197, 2005.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção (Operações Industriais e de Serviços)**. Curitiba: [s.n.], 2004.

PIERI, E. R. de. **Curso de robótica móvel**. [S.l.], 2002. Disponível em: <[http://www.adororobotica.com/CURSO\\_DE\\_ROBOTICA\\_MOVEL.pdf](http://www.adororobotica.com/CURSO_DE_ROBOTICA_MOVEL.pdf)>. Acesso em: 15 de abril de 2021.

RELIASOFT CORPORATION. Understanding Accelerated Life-Testing Analysis. In: **Simpósio Internacional de Confiabilidade**, 2003, Rio de Janeiro, Brasil. 16 p.

ROMANO, M. **Integração na indústria 4.0**. Blog de Automação Industrial da Logique, 19 dezembro 2017. Disponível em: <http://www.logiquesistemas.com.br/blog/integracao-na-industria-40/>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

ROMERO, D.; STAHR, J.; WUEST, T.; NORAN, O.; BERNUS, P.; FASTBERGLUND, A.; GORECKY, D. Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth industrial revolution Technologies. In: **International conference on computers & industrial engineering (CIE46)**, 2016, Tianjin, China. Proceedings. Nova York, EUA: Curran Associates, Inc., 2017.p.1-11

RÜßMANN, M. *et al.* **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Boston Consulting Group. 2015.

SAGGI, M. K.; JAIN, S. **A survey towards an integration of big data analytics to big insights for value-creation**. Information Processing & Management, [s.l.], v. 54, n. 5, p. 758-790, set. 2018.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SIEGWART, R.; SCARAMUZZA, D.; NOURBAKHSI, I. R. **Introduction to autonomous mobile robots**. [S.l.: s.n.], 2011. ISBN 978-0-262-01535-6.

SILVA, R. M. da; SANTOS FILHO, D. J.; MIYAGI, P. E. Modelagem de Sistema de Controle da Indústria 4.0 Baseada em Holon, Agente, Rede de Petri e Arquitetura Orientada a Serviços. In: **XII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**. Natal, 2015.

SIVARAJAH, U.; KAMAL, M. M.; IRANI, Z.; WEERAKKODY, V. **Critical analysis of big data challenges and analytical methods**. Journal of Business Research, [s.l.], v. 70, n. 1, p. 263–286, janeiro 2021.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. 6th. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2001.

THERMOTRON INDUSTRIES. **Fundamentals of Accelerated Stress Testing**. Holland, Michigan, United States of America: Thermotron Industries, 1998. 31p.

TORGA, B. L. M. **Modelagem, simulação e otimização em sistemas puxados de manufatura**. Itajubá: UNIFEI, 2007.

TSAI, M. T.; TSAI, C. (2000). **Energy recycling for electrical AC power source burn-in test**. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 47(4), 974-976.

TUJÍ, A. J. *et al.* Realização de estudo de tempos e movimentos numa indústria de colchões. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 22., 2002, Curitiba, Anais. Porto Alegre: Abepro, 2002. p. 1-5.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; BHOSLE, S. **Industry 4.0 - A Glimpse**. Procedia Manufacturing, v. 20, p. 233–238, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918300672>>. Acesso em: 24 de setembro de 2020.

VASHI, S. *et al.* Internet of things (IoT): a vision, architectural elements, and security issues. In: **IEEE International Conference ON I-SMAC (IOT IN SOCIAL, MOBILE, ANALYTICS AND CLOUD)**, 2017, Coimbatore. Proceedings... Coimbatore: SCAD Institute of Technology, 2017.

VASSILOU, P.; MEETAS, A. **Understanding accelerated life-testing analysis**. Annual Reliability and Maintainability Symposium, pp. 1-14, 2003.

WIESNER, S.; HAUGE, J. B.; THOBEN, K-D. Challenges for requirements engineering of cyber-physical systems in distributed environments. In: **S. Umeda et al. (Eds.) APMS 2015**, Part II, IFIPAICT 460, pp. 49–58 (2015).

ZHANG, Z.; WANG, X.; CUI, F. *and* CHENG, H. **A simulation-based approach for plant layout design and production planning**. J. Ambient Intell. Humaniz. Comput., vol. 1, no. 0, p. 0, 123AD, 2014.

ZANDIN, K. B. **MOST work measurement systems**. CRC press, 2002.