



**OTIMIZAÇÃO DO TESTE DE VAZAMENTO EM UNIDADES
EVAPORADORAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
CONDICIONADORES DE AR**

Daniel Amorim Corrêa

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: Kleber Bittencourt Oliveira

Belém

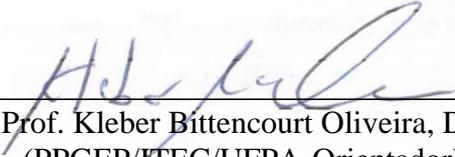
Setembro de 2020

**OTIMIZAÇÃO DO TESTE DE VAZAMENTO EM UNIDADES
EVAPORADORAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
CONDICIONADORES DE AR**

Daniel Amorim Corrêa

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.

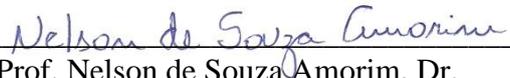
Examinada por:



Prof. Kleber Bittencourt Oliveira, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Rui Nelson Otoni Magno, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Coorientador)



Prof. Nelson de Souza Amorim, Dr.
(UFOPA-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL
SETEMBRO DE 2020

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

Corrêa, Daniel Amorim, 1976-
Otimização do teste de vazamento em unidades
evaporadoras no processo de produção de condicionadores de
ar / Daniel Amorim Corrêa - 2020.

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade
Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Processos, 2020.

1. Otimização. 2. Teste de vazamento. 3. Unidades
evaporadoras. 4. Condicionadores de ar I. Título

CDD 621.78

*Dedico este trabalho à minha família,
pelo apoio e incentivo e em especial à
minha esposa e filho, por todas as horas
que abdicaram de minha presença, para
que eu pudesse manter foco neste
projeto.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, Soberano, Criador do Universo, provedor de todas as coisas em minha vida.

À minha amada esposa Danielle Correa que me completa com seu amor e em minha vida, me ajuda a superar os desafios.

Ao meu filho Lucas Domingues, que enche minha vida de alegria e motivação.

Aos meus pais Rômulo Corrêa e Sandra Corrêa, que são apoio e orações constantes em todas as circunstâncias de minha vida.

Ao meu sogro Dr. Luiz Domingues e minha sogra Sra. Marineide, que são o alicerce, a base e presença constante de valor inestimável em nossa família.

Aos meus irmãos Sâmia Corrêa e Gustavo Corrêa.

Aos amigos do ITEGAM, que de alguma forma contribuíram positivamente para conclusão deste curso.

Ao meu orientador, prof. Dr. Kleber Bittencourt, que de maneira oportuna e pontual, me orientou na etapa de conclusão do curso.

Ao professor Jandecy Cabral e Tereza Felipe, pelo acompanhamento durante as pesquisas experimentais e pela assistência permanente na elaboração desta dissertação.

À banca examinadora.

Aos professores e colegas do PPGEP.

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar aonde a maioria não chega, faça o que a maioria não faz...”

(Bill Gates)

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.)

**OTIMIZAÇÃO DO TESTE DE VAZAMENTO EM UNIDADES
EVAPORADORAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
CONDICIONADORES DE AR**

Daniel Amorim Corrêa

Setembro/2020

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Área de Concentração: Engenharia de Processos

A fabricação de condicionadores de ar apresenta necessidade de uma inspeção detalhada de seus processos de manufatura devido ao risco que a mesma apresenta. Um dos riscos mais significativos e a qual a pesquisa se propõe a abordar, se refere às perdas de fluido refrigerante para o meio ambiente, bem como ações que possam solucionar o impacto deste vazamento no processo produtivo e no cliente final. Este tipo de problema, acarreta grandes prejuízos ao produto, devido às perdas de gás refrigerante e ao ambiente devido ao impacto significativo no aumento do efeito estufa. O objetivo pretende, de realizar efetivo combate através de ação de criação de um sistema de automação capaz de detectar vazamentos nas unidades evaporadoras e possibilitar uma intervenção imediata, visando reduzir os impactos decorrentes de um acidente, contribuindo de maneira significativa para a qualidade do produto acabado. O trabalho possui alguns pontos significativos como, primeiramente, secções de cunho introdutório e de organização onde se pretende apresentar o âmbito, objetivos e estrutura da dissertação. Posteriormente, aborda-se a história do ar condicionado, bem como, as definições e ferramentas adotadas. Em seguida, a situação real ou seja, abordagem do problema físico e os detalhes do estado atual. Em sequência, como resultado, os reflexos na redução de risco à saúde do operador e aumento da produtividade.

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

OPTIMIZATION OF LEAKAGE TESTING IN EVAPORATING UNITS IN THE PROCESS OF PRODUCTION OF AIR CONDITIONERS

Daniel Amorim Corrêa

September/2019

Advisor: Kleber Bittencourt Oliveira

Research Area: Process Engineering

The manufacture of air conditioners requires a detailed inspection of its manufacturing processes due to the risk it presents. One of the most significant risks and which the research proposes to address, refers to the loss of refrigerant fluid to the environment, as well as actions that can solve the impact of this leak on the production process and on the final customer. This type of problem causes great damage to the product, due to the loss of refrigerant gas and the environment due to the significant impact on the increase of the greenhouse effect. The objective is to carry out effective combat by creating an automation system capable of detecting leaks in condensing units and enabling immediate intervention, aiming to reduce the impacts resulting from an accident, contributing significantly to the quality of the finished product. . The work has some significant points such as, firstly, sections of an introductory and organizational nature where it is intended to present the scope, objectives and structure of the dissertation. Subsequently, the history of air conditioning is discussed, as well as the definitions and tools adopted. Then, the actual situation in approach to the physical problem and the details of the current state. As a result, as a result, the impact on reducing operator health risk and increasing productivity.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.2 - JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA.....	3
1.3 - OBJETIVO.....	5
1.3.1 - Objetivo geral.....	5
1.3.2 - Objetivos específicos.....	5
1.4 - CONTRIBUIÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	5
1.5 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	6
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1 - AS INDUSTRIAS MULTINACIONAIS DE ELETRÔNICOS NO BRASIL.....	7
2.1.1 - Zona Franca de Manaus e Polo Industrial de Manaus.....	9
2.2 - CUSTO INDUSTRIAL.....	11
2.2.1 - Gastos, despesas, custos, despesas e investimentos.....	11
2.3 - AR CONDICIONADO.....	13
2.3.1 - Breve histórico.....	13
2.3.2 - Conceito.....	16
2.3.3 - Parâmetros de desempenho do ar condicionado.....	16
2.3.4 - Tipos de ar condicionado.....	17
2.3.5 - Faturamento dos condicionadores de ar no PIM (Polo Industrial de Manaus).....	21
2.3.6 - Principais componentes dos condicionadores de ar.....	22
2.3.7 - Ciclo de refrigeração aplicado aos condicionadores de ar.....	24
2.3.8 - Ciclo de refrigeração de Carnot.....	26
2.3.9 - Funcionamento dos condicionadores de ar split.....	27
2.4 - ESTANQUEIDADE.....	29
2.5 - AUTOMAÇÃO.....	31
2.5.1 - Definição.....	31
2.5.2 - Níveis de automação.....	33
2.5.3 - Automação nos sistemas de manufatura e relações de trabalho.....	35
2.5.3.1 - As indústrias de manufatura e seus produtos.....	36

2.5.3.2 - Automação industrial.....	37
2.5.4 - Controlador Lógico Programável (CLP).....	38
2.5.4.1 - Princípio de funcionamento.....	39
2.5.5 - Válvulas pneumáticas.....	40
2.5.6 - Sensores de pressão.....	41
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
3.1 - FLUXO GERAL DO PROCESSO PRODUTIVO.....	43
3.2 - FÁBRICA DE CONFECÇÃO DOS TROCADORES DE CALOR.....	44
3.3 - ABORDAGEM DO PROBLEMA FÍSICO.....	46
3.4 - SISTEMA DE INJEÇÃO.....	47
3.4.1 - Estrutura física.....	47
3.4.2 - Identificação das falhas.....	48
3.5 - AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE INJEÇÃO.....	49
3.5.1 - Cálculo do volume do evaporador.....	49
3.5.2 - Estrutura do sistema de automação.....	50
3.5.3 - Dispositivos utilizados para automação.....	51
3.5.4 - Programação em Ladder.....	56
CAPÍTULO 4 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROCESSO PRODUTIVO.....	58
4.1 - CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA.....	58
4.2 - PPB APLICADOS AOS CONDICIONADORES DE AR SPLIT.....	58
4.3 - CONDICIONADOR DE AR SPLIT.....	60
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5.1 - ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	62
5.1.1 - Controle do gás.....	62
5.1.2 - Redução de custo.....	62
5.1.3 - Ergonomia.....	63
5.1.4 - Tempo de processo.....	64
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES.....	65
6.1 - CONCLUSÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Ilustração de fábrica automotiva.....	2
Figura 2.1	Ilustração de uma máquina de costura do século XIX.....	7
Figura 2.2	Total de produção e faturamento no PIM (Jan´19 a Set´19).....	10
Figura 2.3	Exemplo de tabela de controle de gastos, custos e despesas.....	13
Figura 2.4	Exemplo de torres de circulação de ar no Oriente Médio.....	14
Figura 2.5	Willis Carrier ao lado de sua invenção: O primeiro aparelho de ar condicionado da história.....	15
Figura 2.6	Exemplo de ar condicionado portátil.....	18
Figura 2.7	Exemplo de ar condicionado central.....	18
Figura 2.8	Exemplo de ar condicionado sem dutos.....	19
Figura 2.9	Exemplo de ar condicionado de parede.....	20
Figura 2.10	Exemplo de ar condicionado janela.....	20
Figura 2.11	Exemplo de bomba de calor de fontes de ar.....	21
Figura 2.12	Total de produção entre janeiro e outubro 2019.....	22
Figura 2.13	Compressor hermético rotativo.....	22
Figura 2.14	Trocador de calor da unidade condensadora.....	23
Figura 2.15	Trocador de calor da unidade evaporadora.....	23
Figura 2.16	Tubo capilar de refrigeração.....	24
Figura 2.17	Ilustração básica do ciclo de refrigeração.....	25
Figura 2.18	Ciclo de refrigeração de Carnot.....	27
Figura 2.19	Ilustração do ar condicionado split.....	28
Figura 2.20	Ilustração do funcionamento do condicionador de ar.....	29
Figura 2.21	Técnico realizando ensaio de estanqueidade.....	30
Figura 2.22	Automação e tecnologias de controle nos sistemas de produção.	32
Figura 2.23	Elementos de um sistema automatizado.....	33
Figura 2.24	Os cinco níveis de automação e controle de manufatura.....	35
Figura 2.25	Robôs industriais numa linha de produção.....	38
Figura 2.26	Estrutura básica de um CLP.....	39
Figura 2.27	Ciclo de processamento do CLP.....	40
Figura 2.28	Exemplo de válvulas pneumáticas.....	41
Figura 2.29	Transdutor de pressão.....	42

Figura 3.1	Fluxo geral do processo produtivo do ar condicionado.....	43
Figura 3.2	Fluxo do processo produtivo dos trocadores de calor.....	46
Figura 3.3	Trocador de calor da unidade evaporadora (Evaporador).....	47
Figura 3.4	Alimentação direta na linha de abastecimento.....	48
Figura 3.5	Acoplador ligado diretamente na mangueira de alta pressão.....	48
Figura 3.6	Exemplo de uma bengala.....	50
Figura 3.7	Esboço da estrutura do sistema de automação.....	51
Figura 3.8	Caixa com botões liga e desliga.....	51
Figura 3.9	Válvulas 3/2 vias com retorno por mola.....	52
Figura 3.10	Transdutor de pressão.....	52
Figura 3.11	Filtro de ar comprimido.....	53
Figura 3.12	Válvula reguladora de pressão.....	53
Figura 3.13	Válvulas 5/2 vias.....	54
Figura 3.14	Nova estrutura do sistema de injeção.....	54
Figura 3.15	Parte traseira da caixa contendo a nova estrutura do sistema de injeção.....	55
Figura 3.16	CLP's Mitsubishi usados para programação do novo sistema de injeção.....	55
Figura 3.17	Dispositivos de Entrada usados na programação de novo sistema de injeção.....	56
Figura 3.18	Dispositivos de Saída usados na programação de novo sistema de injeção.....	56
Figura 3.19	Nomenclatura dos dispositivos de entrada e saída para novo sistema de injeção.....	57
Figura 3.20	Programação do novo sistema de injeção de gás.....	57
Figura 4.1	Proporcionalidade entre os trocadores de calor.....	59
Figura 5.1	Figura referente ao consumo de N ₂	62
Figura 5.2	Figura referente ao custo com o consumo de N ₂	63
Figura 5.3	Figura referente à força de aplicação do operador para realizar o processo de teste.....	64
Figura 5.4	Figura referente ao tempo de operação no posto de montagem...	64

NOMENCLATURA

RAC	ROOM AIR CONDITIONER
CLP	CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - INTRODUÇÃO

Na indústria moderna, segundo PEÇANHA (2020), as empresas possuem o objetivo de produzir bens dentro dos padrões do projeto, ao mesmo tempo que estes produtos possam alcançar muitos consumidores o mais rápido possível. Este ambiente de negócios é caracterizado pela alta concorrência, enquanto os requisitos dos consumidores aumentam.

A indústria moderna é muito diferente da atividade industrial que surgiu no fim do século XVIII, na Inglaterra. Hoje as atividades industriais acontecem em grande escala. As multinacionais dominam o cenário econômico, expandindo seus negócios por diversas nações (CARACTERÍSTICAS, 2020)

Com a globalização, as indústrias evoluíram. A finalidade da indústria continua a mesma: transforma matéria-prima em produtos e bens de consumo. Para isso, são utilizadas a força de trabalho humana, as máquinas, os robôs, os computadores de última geração e a energia elétrica (GORENDER, 1997).

Cada tipo de indústria necessita de condições específicas para existir e atuar. A saúde financeira de qualquer indústria depende de um mercado consumidor, de preços competitivos, e do custo final de produção, que é responsável por estabelecer o preço final que o consumidor pagará: quanto mais barato o processo de produção, mais acessível ao consumidor será o produto. Além disso, as indústrias visam o lucro, por isso precisam de estratégias de marketing eficientes para disputarem o mercado (CARACTERÍSTICAS, 2020).

A indústria de hoje ainda precisa de uma boa rede de transportes e de telecomunicações, além de matérias-primas e desenvolvimento de alta tecnologia. Um desafio para as indústrias é encontrar mão-de-obra qualificada e boas empresas satélites que possam servir como fornecedoras (CARACTERÍSTICAS, 2020).

Um segundo desafio é saber lidar com altos impostos cobrados por algumas nações. O bom desempenho financeiro de uma indústria depende de bons gestores, contadores, engenheiros e recurso humano valorizado e estimulado (CARACTERÍSTICAS, 2020).



Figura 1.1 - Ilustração de fábrica automotiva.
Fonte: CERQUEIRA, 2014.

Hoje as empresas seguem uma tendência de atribuírem ao trabalhador, a condição de colaborador. A gestão moderna incentiva a participação e o protagonismo dos funcionários (CARACTERISTICAS, 2020).

As nações do mundo que possuem mais indústrias estão na Europa, nos Estados Unidos e no Japão. Na América Latina, o Brasil é considerado um dos países mais industrializados, tendo um parque industrial moderno e diversificado (PENA, 2019).

Segundo ESTEVES (2014), a competitividade empresarial, cada vez maior e dotada de mais recursos tecnológicos, técnicos e humanos, traz consigo grandes responsabilidades àqueles que pretendem manter-se competitivos em sua área de atuação.

A sobrevivência das organizações constitui-se um grande desafio nos dias atuais e requer produtividade, qualidade do ambiente de trabalho, da matéria-prima e ferramentas, da gestão e de cada envolvido no sistema de produção (ESTEVES, 2014).

Diante de um mercado altamente competitivo e globalizado, as empresas buscam manter-se na vanguarda em constante atualização de suas estratégias de suas estratégias de gestão. Para isso considera trazer maior eficiência em seus sistemas produtivos influenciando positivamente os fatores de desempenho como: custo, qualidade, flexibilidade, inovação, logística e desenvolvimento de novos produtos (BORGES *et al.*, 2019).

Segundo JUNIOR (2020) o Lean manufacturing cujo objetivo visa a eliminação das perdas do processo produtivo, torna-se um sistema de produção completo sendo referência em eficácia e eficiência, trazendo redução de custos, maior produtividade e qualidade no processo de produção, garantindo a sobrevivência das empresas.

1.2 - JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA

Grandes indústrias multinacionais que se instalaram no Brasil, não só abastecem o mercado interno, mas também exportam suas produções. Entretanto, a presença da indústria brasileira no valor adicionado mundial de manufaturados vem apresentando queda desde 1990. Porém esse cenário se intensificou em 2014 devido à crise interna que o país vem enfrentando até os dias atuais (OREIRO e FEIJÓ, 2010).

Os estudos sobre a análise e melhoria de processo visam uma análise do processo atual para detecção de atividades que possam ser melhoradas, como ineficiências e gargalos, com o objetivo de definir suas metas e objetivos, o fluxo de trabalho, controles e integração com outros processos para que ele contribua de forma significativa na entrega de valor ao cliente final. Frisa-se que antes de começar com uma melhoria de processo, é importante entender os processos atuais e como eles funcionam, sem nenhuma maquiagem ou tentativa de engano. Diante disso, torna-se imprescindível que sejam elaborados projetos de melhorias eficientes no processo, a fim de reduzir gastos com desperdícios de tempo, pessoal e matérias-primas (VENKI, 2015).

O combate ao desperdício é um dos grandes enfoques relacionados ao processo produtivo, sendo este também um dos principais motivos pelo qual utiliza-se com frequência a filosofia *Just in time*, eliminando processos que não agregam valor ao produto final ou aumentam os custos de produção (FREITAS, *et al.*, 2018).

Segundo FREITAS *et al.*, os desperdícios podem estar invisíveis aos integrantes do sistema produtivo devido a dois motivos: a falta de conhecimento ou a dificuldade de mudanças de perspectiva. Quando se diminui ou se elimina a existência de tais desperdícios no sistema produtivo, institui-se de certo modo um fluxo mais contínuo da produção, produzindo-se mais no mesmo intervalo de tempo com a redução do volume de materiais.

Quanto aos defeitos, resultam em refazer todo o trabalho e em perda de material, sucateamento. “Produtos defeituosos implicam em desperdícios de materiais, mão-de-obra, uso de equipamentos, além da movimentação e armazenagem de materiais defeituosos (FREITAS, *et al.*, 2018).

O ar condicionado é definido como o processo de tratamento do ar, de modo a controlar simultaneamente sua temperatura, umidade, limpeza e distribuição para atender aos requisitos do espaço condicionado (MINISTÉRIO, 2016).

Em virtude do aumento das temperaturas climáticas em todo o mundo, há uma crescente demanda de aplicação dos condicionadores de ar nas residências, hospitais, indústrias, transportes públicos, etc. (MOTTA *et al.*, 2011).

Os clientes cada vez mais exigem características de qualidade dos produtos que consomem, sejam atributos tangíveis, como por exemplo, aparência, design e segurança, como atributos intangíveis, por exemplo, técnicas de manufatura de impacto apropriado ao meio ambiente e em conformidade com normas sociais e econômicas. Portanto há uma exigência no mercado cada vez mais crescente, para que as empresas de condicionadores de ar, apresentem produtos com maior eficiência energética, sem defeitos e de baixo valor aquisitivo (DIAS e CRUZ, 2015).

Com base em produção em escala industrial, os condicionadores de ar tem apresentado processos de fabricação bastante similares. Sendo assim, o ganho ou perda, se dá devido à dois fatores: condições logísticas diferenciadas e gestão de seus processos como redução de defeitos, tempo de processo, condições de montagem, desperdícios, etc. Dessa forma, expandido a produtividade, ou seja, aumentando o lucro e reduzindo seus custos, as empresas, conseguem se manter no mercado competitivo (NETO, 2006).

Ao se falar em redução de custos, surge instintivamente a ideia de demitir colaboradores, contudo organizações com uma visão empreendedora, optam no aproveitamento dos recursos existentes, de maneira a reduzir desperdícios e criar uma oportunidade de crescimento e valorização dos mesmos. Tudo isso envolve a procura na execução de suas operações, desde a fase de desenvolvimento de novos produtos, início de produção e colocação do produto no mercado à capacidade de redução no tempo resposta a prazos e solicitações externas (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

Diante de todo o contexto acima, o principal objetivo deste trabalho é atuar no processo de estanqueidade a fim de reduzir o consumo de nitrogênio aplicado ao teste de vazamento, bem como também reduzir o custo proveniente deste consumo, melhorar as condições ergonômicas do operador.

1.3 - OBJETIVOS

1.3.1 - Objetivo geral

Esse trabalho tem como objetivo geral, a aplicação de um teste de vazamento em evaporadores nas linhas de ar condicionado. Deseja-se, portanto, obter um teste de vazamento que reúna os seguintes requisitos: Redução de Custos, Ergonomia, Otimização do Processo e garantia da qualidade do produto através da melhoria do posto de teste de vazamento.

1.3.2 - Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Levantamento das necessidades de melhoria do teste de vazamento;
- Otimizar o processo através da automação;
- Obter o melhor controle do uso do gás usado no teste;
- Melhorar a ergonomia para o operador;
- Garantir que mesmo depois da automação todos os padrões de teste sejam atendidos.

1.4 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Percebendo a importância de se analisar o desperdício, seja devido aos defeitos, seja devido às perdas de material ou de tempo no processo produtivo, e como a sua detecção e posterior eliminação podem ajudar no potencial competitivo de uma organização, decidiu-se fazer este trabalho.

Procura-se, através deste, beneficiar a empresa em estudo através de um aumento do processo produtivo e redução os custos do processo produtivo, melhorando a qualidade e eficiência na linha de produção, por meio da otimização dos testes de vazamento dos trocadores de calor da unidade evaporadora, gerando maior confiabilidade e excelência dos seus produtos.

1.5 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A dissertação foi estruturada em cinco capítulos.

No presente capítulo encontram-se as secções de cunho introdutório e de organização onde se pretende apresentar o âmbito, objetivos e estrutura da dissertação. Portanto, é feito um enquadramento da dissertação, assim como os objetivos estabelecidos e a metodologia adotada.

No segundo capítulo é apresentado a revisão da literatura história do ar condicionado. Sua origem e conceitos. Definições e ferramentas e todo o enquadramento teórico que serviu de base ao estudo de caso.

No terceiro capítulo é descrito sobre os materiais e métodos, a abordagem do problema físico e os detalhes do estado atual, bem como os detalhes da solução encontrada para o estudo de caso em questão.

No quarto capítulo pretende-se abordarmos as características gerais da empresa, bem como do processo produtivo.

No quinto capítulo, os resultados e discussões acerca do estudo de caso mencionado no capítulo anterior, bem como os impactos positivos.

Por fim, no sexto capítulo, são mencionadas as conclusões do estudo.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - AS INDUSTRIAS MULTINACIONAIS DE ELETRÔNICOS NO BRASIL

O desenvolvimento industrial brasileiro se deu lentamente e somente aconteceu após o rompimento de obstáculos e de medidas políticas, como nos governos de Getúlio Vargas e Juscelino Kubistchek, que foram imprescindíveis para que as indústrias se proliferassem no Brasil. Pois, os longos anos em que o território brasileiro foi colônia portuguesa, a economia se restringiu à prática da agricultura conhecida também como monocultura, isto é, o plantio de um único tipo de produto, como o açúcar (SANTOS, 2019).

A coroa portuguesa proibia a instalação do comércio manufatureiro no Brasil para justamente impedir o crescimento de sua colônia, para que ela continuasse somente fornecendo produtos agrícolas para o mercado externo. Porém, foi a partir do processo de independência do Brasil que iniciaram pequenas mudanças econômicas, principalmente, na metade do século XIX, com o desenvolvimento da economia cafeeira em que os altos lucros propiciaram investimentos em outras atividades econômicas como a indústria (SANTOS, 2019).

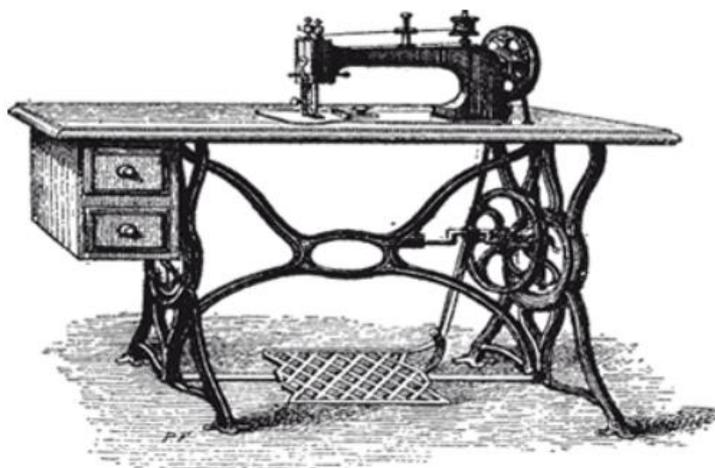


Figura 2.1 - Ilustração de uma máquina de costura do século XIX.
Fonte: SANTOS, 2019.

Por volta de 1955, no período do então presidente Juscelino Kubistchek, é que as indústrias tiveram crescimento significativo. Juscelino promoveu a abertura da

economia e das fronteiras produtivas, permitindo a entrada de recursos em forma de empréstimos e também em investimentos com a instalação de empresas multinacionais. Com o ingresso dos militares no governo do país, no ano de 1964, as medidas produtivas tiveram novos rumos, com a intensificação da entrada de empresas e capitais de origem estrangeira comprometendo o crescimento autônomo do país, que resultou no incremento da dependência econômica, industrial e tecnológica em relação aos países de economias consolidadas. No fim do século XX, houve um razoável crescimento econômico no país, promovendo uma melhoria na qualidade de vida da população brasileira, além de maior acesso ao consumo. Houve também a estabilidade da moeda, além de outros fatores que foram determinantes para o progresso gradativo do país (CARVALHO, 2019).

Atualmente todas as atividades industriais somadas representam 21% do PIB nacional, sendo que a indústria é responsável por um total de 51% das exportações. Em termos proporcionais, para cada R\$ 1,00 produzido pela indústria, são gerados R\$ 2,32 injetados na economia nacional. A indústria contribui com 1,2 trilhão para a economia brasileira, 32% da arrecadação de tributos federais, 25% arrecadação previdenciária e 68% dos investimentos em P&D no setor privado. A indústria emprega 9,6 milhões de trabalhadores brasileiros, gerando 21% dos empregos formais no Brasil (MATIAS, 2019).

A indústria eletrônica no Brasil iniciou suas atividades na década 50, influenciados pela abertura da economia e das fronteiras produtivas no país, o que acabou gerando alta demanda do crescente mercado interno. Com isso, o setor de eletroeletrônicos iniciou seu processo produtivo a partir da fabricação de componentes eletrônicos, como transistores e diodos. Apesar do governo brasileiro ter percebido a importância desse setor através da promoção de políticas públicas que passaram a influenciar as atividades industriais e o setor de P&D, não houve continuidade necessária para desenvolver o setor a longo prazo, comprometendo o surgimento de determinados segmentos do complexo eletrônico (bens eletrônicos de consumo, bens de informática, equipamentos de telecomunicações e componentes eletrônicos) (CAPUTO e MELO, 2009).

No Brasil, a indústria eletrônica de bens de consumo é o mais antigo segmento do complexo eletrônico. Dentre os itens, temos a produção de televisores que ocupa a maior parcela do mercado. Enquadram-se neste segmento, produtos como aparelhos de vídeo, aparelhos de som, áudios portáteis, auto rádios e forno micro-ondas. A maior

parte das empresas deste setor, são filiais de grandes multinacionais coreanas e norte-americanas, que seguem a filosofia e estratégia das matrizes. Isso demonstra a dependência e limitação do setor em relação a outros países, principalmente em áreas estratégicas que envolvem o P&D. As indústrias do segmento eletrônico estão predominantemente localizadas em Manaus, devido à criação da Zona Franca de Manaus (ZFM), a qual traz benefícios fiscais (ALVES, 2012)

Segundo ANDRADE (2020), os resultados da economia em 2020 serão tanto melhores quanto mais decisivo for o compromisso dos agentes públicos e da sociedade brasileira com as medidas e reformas que retiram obstáculos ao desenvolvimento econômico e social do país. Com a determinação que se percebe no governo federal e no Congresso, as condições políticas são propícias para adoção de uma agenda ousada, que estimule de fato, a competitividade dos produtos brasileiros.

2.1.1 - Zona Franca de Manaus e Polo Industrial de Manaus

A Zona Franca é um enclave dentro do território nacional, como se fosse um terceiro país onde se pratica o “livre” comércio importador direcionado para alguns bens de consumo duráveis sem similar nacional, destinado exclusivamente para o mercado interno, servindo de motor do desenvolvimento de uma região isolada e com grandes dificuldades de integração e logística (ALMEIDA, 2011).

A Zona Franca é criada geralmente em face de fatores locais especiais em virtude de grandes distâncias em que se encontram de centros consumidores de seus produtos. Quando da criação da zona franca, é admissível a transferência, para outros pontos do território nacional, de mercadorias importadas através da mesma, desde que atendidas todas as obrigações tributárias que excedam determinada quota (ALMEIDA, 2011).

Geralmente a entrada de mercadorias estrangeiras é isenta de Imposto de Importação (I.I) e do Imposto sobre os Produtos Industrializados (IPI) quando destinadas: a seu consumo interno; à industrialização em qualquer grau, inclusive beneficiamento; à pesca e à agropecuária; à instalação e operação de indústrias e serviços de qualquer natureza; à estocagem para reexportação. Excluem-se destes benefícios as seguintes mercadorias: armas e munições, fumo, bebidas alcoólicas, automóveis de passageiros, produtos de perfumaria ou de toucador, preparados ou preparações cosméticas, salvo, quanto a estes, se destinados, exclusivamente, a

consumo interno na região beneficiada, ou quando produzidos com utilização de matérias-primas da fauna e flora regionais, em conformidade com o processo produtivo básico (PPB) (ALMEIDA, 2011).

Dentre todos os setores do projeto ZFM no Amazonas, o que mais se desenvolveu consideravelmente, foi o setor industrial. Possui aproximadamente 500 indústrias de alta tecnologia gerando mais de meio milhão de empregos, diretos e indiretos, principalmente nos segmentos de eletroeletrônicos, duas rodas e químico. Entre os produtos fabricados, destacam-se: aparelhos celulares, áudio e vídeo, televisores, motocicletas, entre outros (SUFRAMA, 2014).

O Polo Industrial de Manaus (PIM) obteve faturamento de R\$ 73,92 bilhões entre os meses de janeiro a setembro de 2019, com crescimento de 8,10% na comparação com o mesmo período do ano anterior. Em dólar, o faturamento de janeiro a setembro totalizou US\$ 18,93 bilhões. Os dados são dos Indicadores de Desempenho do PIM, disponível no site da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA, 2019).

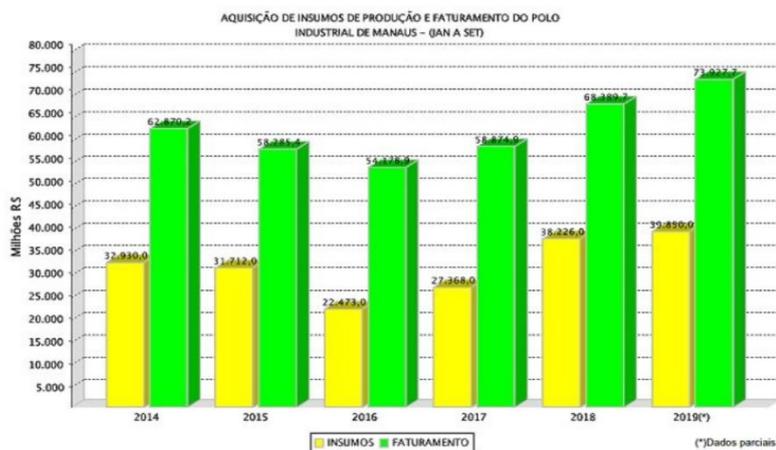


Figura 2.2 - Total de produção e faturamento no PIM (Jan´19 a Set´19).

Fonte: SUFRAMA, 2019.

Os segmentos com maior percentual de crescimento, quando comparados ao mesmo período de 2018, são: têxtil, com crescimento de 77,17% e faturamento de R\$ 126,54 milhões; metalúrgico, com crescimento de 39,58% e faturamento de R\$ 5,88 bilhões; e ótico, com crescimento de 28% e faturamento de R\$ 333,33 milhões. Os dois maiores segmentos do PIM – eletroeletrônicos e bens de informática – faturaram, respectivamente, R\$ 19,86 bilhões e R\$ 16,20 bilhões nos nove meses do ano passado (CIEAM, 2019).

Entre os principais produtos com incremento na produção no período de janeiro a setembro, destaque para aparelhos condicionadores de ar do tipo Split, com 2,8 milhões de unidades produzidas e crescimento de 41,84%; aparelhos de barbear com 1,5 milhão de unidades produzidas e crescimento de 50,74%; câmera fotográfica digital, com 72,9 mil unidades produzidas e crescimento de 31,73%; bicicletas, com 691,9 mil unidades produzidas e crescimento de 19,97%; forno micro-ondas, com 2,7 milhões de unidades produzidas e crescimento de 12,17%; televisores com tela de cristal líquido, com 9,7 milhões de unidades produzidas e crescimento de 5,53%; motocicletas, motonetas e ciclomotores, com 829,1 mil unidades produzidas e crescimento de 5,53%; e telefones celulares, com 11,1 milhões de unidades produzidas e crescimento de 2,62% (AMNoticias, 2020).

2.2 - CUSTO INDUSTRIAL

2.2.1 - Gastos, despesas, custos, despesas e investimentos

Gastos são todos os desembolsos da empresa, ou seja, tudo que sai da caixa. Isso significa que investimento é um gasto, assim como uma despesa também é um gasto. Então quando falamos em gastos estamos falando de: custos, despesas e investimentos (CAMARGO, 2018).

Os gastos destinados à obtenção de bens de uso da empresa ou aplicações de caráter permanente, são considerados investimentos. São também considerados investimentos, os gastos para obter bens destinados a troca de mercadorias, transformação de matéria-prima ou consumo de materiais diversos, enquanto esses bens não forem trocados, transformados ou consumidos (CAMARGO, 2018).

Os gastos empregados na compra de bens e serviços aplicados diretamente na produção de outros bens, são classificados como custos. As despesas são classificadas como gastos aplicados para obtenção de bens e serviços para áreas administrativas, financeira ou comercial. Ambos os gastos classificados como custos ou despesas quando adquiridos e estocados, são classificados como investimentos. Estes gastos deixam de ser investimentos quando retirados do estoque e inseridos no processo de fabricação (custos) ou consumidos nas áreas administrativas, comercial ou financeira (despesas) (Camargo, 2018).

Despesas são todos os gastos que a empresa precisa para manter sua estrutura funcionando, mas diretamente não contribuem para a geração de novos itens que são comercializados, ou novos serviços que serão oferecidos. Em outras palavras, são gastos que não estão diretamente ligados ao objetivo final do negócio (CAMARGO, 2018).

As despesas podem ser fixas ou variáveis (CAMARGO, 2018):

- **Fixas:** não variam com o volume (produzido ou vendido), como material de escritório.
- **Variáveis:** variam em função do volume (produzido ou vendido) como comissão de vendedores.

As despesas se destinam aos resultados enquanto que os custos destinam-se ao produto. As despesas não serão recuperadas, pois quando incorridas e pagas à vista, provocam diminuição no Ativo da empresa por causa da saída de dinheiro. Ainda quando pagas a prazo, geram um aumento no Passivo, devido ao compromisso assumido. Em ambos os casos, as despesas geram impacto negativo ao Patrimônio. Já os custos, em contrapartida. Ao integrarem o valor do produto fabricado serão recuperados pela empresa quando o produto for vendido (ERPFLEX, 2020).

Custos são os desembolsos que podem ser atribuídos ao produto final. Isso significa que são todos e quaisquer gastos relativos à aquisição ou produção de mercadorias, como por exemplo, matéria-prima, mão-de-obra e gastos gerais de fabricação (GGF), como depreciação de máquinas e equipamentos, energia elétrica, manutenção, materiais de conservação e limpeza para fábrica, viagens de pessoas ligadas à fábrica, etc. (ERPFLEX, 2020).

Os custos dividem-se em diretos e indiretos (ERPFLEX, 2020).

- **Diretos:** Todo tipo de investimento que é diretamente ligado à construção do produto ou serviço oferecido pela empresa, como mão-de-obra, matéria- prima, insumos, entre outros.
- **Indiretos:** Tipos de investimentos ligados à produção dos bens ou serviços oferecidos, porém de forma indireta. São itens como manutenção, limpeza, almoxarifado, logística, energia elétrica, alimentação e todos os demais gastos de fabricação que não incidem diretamente sobre o produto em si.

Investimentos é todo o dinheiro que sai com a expectativa de aumentar os lucros. Além de aumentar a receita, investimentos podem ser feitos também para melhorar a

imagem do negócio. Portanto, são gastos em bens ou serviços com expectativa de geração de benefícios futuros (ERPFLEX, 2020).

É comum caracterizarmos investimentos como “despesa boa”, mas ressaltamos que um investimento não pode ser classificado como despesa, e sim como gasto (ERPFLEX, 2020).

Descrição	Janeiro			Fevereiro			Março		
	Planejado	Realizado	Varição	Planejado	Realizado	Varição	Planejado	Realizado	Varição
CUSTOS DE PRODUÇÃO	45.000,00	59.095,08	76%	42.876,46	59.095,08	73%	45.000,00	59.095,08	76%
Matéria-Prima	30.000,00	34.923,89	86%	30.000,00	34.923,89	86%	30.000,00	34.923,89	86%
Insumos	0,00	500,00	0%	0,00	500,00	0%	0,00	500,00	0%
Embalagens	0,00	2.083,69	0%	0,00	2.083,69	0%	0,00	2.083,69	0%
Mão-de-obra Direta	15.000,00	21.587,50	69%	12.876,46	21.587,50	60%	15.000,00	21.587,50	69%
LOCAÇÕES	47.076,46	59.095,08	80%	47.076,46	59.095,08	80%	47.076,46	59.095,08	80%
Imóveis - Predial	34.200,00	34.923,89	96%	34.200,00	34.923,89	96%	34.200,00	34.923,89	96%
Imóveis - Terrenos	0,00	500,00	0%	0,00	500,00	0%	0,00	500,00	0%
Máquinas e Equipamentos	0,00	2.083,69	0%	0,00	2.083,69	0%	0,00	2.083,69	0%
Veículos	12.876,46	21.587,50	60%	12.876,46	21.587,50	60%	12.876,46	21.587,50	60%
PESSOAL	#####	#####	91%	#####	#####	91%	#####	#####	91%
FOLHA	#####	#####	85%	#####	#####	85%	#####	#####	85%
Salários	134.545,58	162.669,01	83%	134.545,58	162.669,01	83%	134.545,58	162.669,01	83%
Férias	20.300,00	20.301,96	100%	20.300,00	20.301,96	100%	20.300,00	20.301,96	100%
Gratificações	4.441,28	5.600,00	79%	4.441,28	5.600,00	79%	4.441,28	5.600,00	79%
Décimo Terceiro	13.745,09	15.264,64	90%	13.745,09	15.264,64	90%	13.745,09	15.264,64	90%
ADICIONAIS	15.308,66	14.979,87	102%	15.308,66	14.979,87	102%	15.308,66	14.979,87	102%
Horas Extras	7.014,35	5.556,33	126%	7.014,35	5.556,33	126%	7.014,35	5.556,33	126%
Periculosidade	4.706,31	5.654,12	83%	4.706,31	5.654,12	83%	4.706,31	5.654,12	83%
Sobreaviso	3.588,00	3.769,42	95%	3.588,00	3.769,42	95%	3.588,00	3.769,42	95%
BENEFÍCIOS	#####	44.001,00	96%	#####	44.001,00	96%	#####	44.001,00	96%
Assistência Médica	23.789,15	17.597,00	135%	23.789,15	17.597,00	135%	23.789,15	17.597,00	135%
Vale Alimentação / Refeição	16.819,00	22.264,00	76%	16.819,00	22.264,00	76%	16.819,00	22.264,00	76%
Vale Transporte	1.072,43	3.870,00	28%	1.072,43	3.870,00	28%	1.072,43	3.870,00	28%
Auxílio Creche	549,00	270,00	203%	549,00	270,00	203%	549,00	270,00	203%
ENCARGOS	#####	#####	104%	#####	#####	104%	#####	#####	104%

Figura 2.3 - Exemplo de tabela de controle de gastos, custos e despesas.
Fonte: CAMARGO, 2018.

2.3 - AR CONDICIONADO

2.3.1 - Breve histórico

Ao longo da história da humanidade, criamos tecnologias de vários grupos de sofisticação para nos ajudar a manter a calma nos verões. Muitos anos atrás, as pessoas tendiam a migrar para climas mais frios, em um esforço para evitar as temperaturas quentes e sufocantes. Essas pessoas dormiam do lado de fora, usavam menos roupas e nadavam com frequência para se refrescar. À medida que a civilização e a ciência começaram a avançar, foram desenvolvidos dispositivos que funcionariam como condicionadores de ar primitivos. Embora o moderno aparelho de ar condicionado seja conhecido como dispositivo que reduz as temperaturas em uma sala usando métodos evaporativos, seu início é muito mais simples (CARRIER DO BRASIL, 2020).

No Egito antigo, muito antes da eletricidade, a unidade de ar condicionado era composta de juncos úmidos. Esses juncos molhados estavam pendurados em janelas e portas; assim, sempre que uma brisa fluía pelo ar, a sala era resfriada. Como o ar no Egito é seco, esse processo de resfriamento foi muito benéfico e ajudou a manter a umidade necessária no ar. Outro método frequentemente usado no Egito antigo era o vento. Sabe-se que as civilizações do Oriente Médio, criaram torres que pegavam vento e o afunilavam em suas cidades, mantendo a calma dos cidadãos. Já os romanos, eram um pouco mais avançados em sua técnica de ar condicionado. Eles se mantinham refrescados, correndo água fria através de canos e sistemas de água dentro de suas paredes. A água mantinha as casas frescas, reduzindo a temperatura das paredes, que esfriavam os quartos quando o ar quente entrava em contato com as paredes (ALVES,2014).



Figura 2.4 - Exemplo de torres de circulação de ar no Oriente Médio.
Fonte: ALVES (2014).

No início do século XX, em Nova York, a empresa Sackett-Wilhelms Lithography and Publishing viu que seu trabalho ficava prejudicado no verão, pois o

calor fazia com que os papéis absorvessem a umidade do ar, tornando as escritas borradas e escuras. Assim, a companhia contratou Willis Carrier, um engenheiro formado na Universidade de Cornell, para desenvolver uma forma de solucionar o problema (CARRIER DO BRASIL, 2020).

Em 1902, Carrier desenvolveu um processo capaz de resfriar o ar, fazendo-o circular por dutos resfriados artificialmente. Além de resolver o problema do calor, o mecanismo do engenheiro também reduzia a indesejável umidade, uma antiga reinvenção de muitas fábricas nova-iorquinas, que tinham a qualidade de seus produtos alterada com a ação do vapor de água no ar. Este foi o primeiro ar-condicionado contínuo por processo mecânico da história (CARRIER DO BRASIL, 2020).



Figura 2.5 - Willis Carrier ao lado de sua invenção: O primeiro aparelho de ar condicionado da história.
Fonte: COSTA (2015).

A invenção do “Pai do Ar Condicionado”, Willis Carrier, promoveu o crescimento das diversas indústrias que fortalecem a nossa economia atual. A produção de qualquer produto, desde a alimentação até suprimentos de guerra, se tornou viável através do condicionamento do ar. A popularidade do ar condicionado estourou quando os cinemas passaram a usar a tecnologia para controlar a temperatura interna, e as pessoas começaram a frequentá-las para fugir do calor do verão. O controle preciso da temperatura e umidade se tornou possível pela sua invenção, habitando, inclusive, shoppings centers, voos transatlânticos, computadores e serviços que sustentam a internet (CARRIER DO BRASIL, 2020).

2.3.2 - Conceito

Segundo ALVES (2014) os condicionadores de ar (ou simplesmente ares-condicionados) são sistemas que “atuam na manutenção dos níveis de temperatura e umidade de um ambiente, gerando conforto para os ocupantes e, por vezes, atendendo a condições necessárias em processos produtivos.”

Nos dias atuais, há condicionadores de características diversas, sendo sua aplicação moldável às especificações das condições de forma que a seleção do aparelho ideal, é vinculada a verificação de determinadas variáveis como a demanda térmica e o seu controle, os parâmetros da qualidade do ar, os limites da edificação e o custo disponível, dentre outros fatores (ARAÚJO, 2018).

Os sistemas de condicionadores de ar e de ventilação apresentam objetivos diversos, tais quais ventilação especial, qualidade do ar no ambiente interno e conforto térmico, de modo que a predominância dos equipamentos comuns é empregada para conforto térmico, usando-se largamente os sistemas self-contained, split e chiller. Tais sistemas evoluíram fortemente nas últimas décadas através da aplicação de novos compressores, acionamentos aperfeiçoados, otimização da eficiência e recuperação de calor, destacando-se que, nas circunstâncias críticas de carga térmica, o consumo energético intensifica-se, de forma que as mínimas alterações no consumo implicam em notável economia (ARAÚJO, 2018).

2.3.3 - Parâmetros de desempenho do ar condicionado

São 4 importantes fatores para o condicionamento do conforto devem se observadas e mantidas (CARVALHO e MICHALOSKI, 2018):

a) Temperatura

O Controle de temperatura é necessário no ar condicionado. Mesmo que a temperatura externa esteja variando, a temperatura interna é mantida constante, que é a condição desejada. O calor pode ser removido ou adicionado ao espaço condicionado, dependendo das condições do ambiente. A pessoa pode se sentir confortável quando a temperatura é de 20°C e a umidade é de 60%.

b) Umidade

Controle de umidade significa um aumento ou uma diminuição no teor de umidade dentro do espaço a ser climatizado. É necessário não apenas para o conforto humano, mas também para aumentar a capacidade de trabalho. No verão, a umidade relativa deve ser de 60% e no inverno de 40%.

c) Pureza e limpeza

É um dos fatores mais importantes que afetam o ar condicionado. Além do controle de temperatura e umidade para o conforto humano, é necessário limpar o ar, isto é, para tornar o ar interno livre de poeira, sujeira e odor. É necessário que seja feita uma filtragem de purificação adequadas do ar e que o suprimento de ar livre de poeira e sujeira seja feita no espaço com ar condicionado.

d) Movimento do ar

O movimento do ar ou a circulação adequada do ar também é um dos fatores que afetam o conforto humano. Para manter a temperatura constante em todo o espaço condicionado, é necessário que haja uma distribuição igual de ar condicionado no espaço. O movimento do ar deve ser mantido na velocidade desejável de cerca de 8m/min, usando o sistema de distribuição, grades, etc.

2.3.4 - Tipos de ar condicionado

Existem seis tipos de ar condicionados (ALVES, 2014):

a) Ar condicionado portátil

Os condicionadores de ar portáteis são mais frequentemente usados em salas menores quando a construção de regras ou regulamentos impede a instalação de uma unidade de janela. Eles resfriam o ar com uma bobina de condensador contida dentro da unidade e expõem o ar quente através de uma mangueira de exaustão. As vantagens dos aparelhos portáteis são que eles são relativamente leves e geralmente tem rodas, facilitando a movimentação entre salas e sua instalação é simples.



Figura 2.6 - Exemplo de ar condicionado portátil.
Fonte: FRIOPEÇAS, 2018.

b) Ar condicionado central

Os condicionadores de ar centrais, também conhecidos mais simplesmente como “ar central”, são usados para casas ou edifícios maiores como condicionadores de ar residenciais. Eles têm um compressor de refrigeração localizado fora de casa. Esta é a parte do sistema que esfria o ar. No compressor de refrigeração, uma bobina cheia de refrigerante resfria o ar, que é soprado por um ventilador em toda a casa através dos dutos. A vantagem desse sistema é que a única parte barulhenta fica fora de casa, mas elas também são mais caras que as unidades portáteis ou de janelas, e a instalação pode ser cara ou complicada, especialmente para um edifício antigo.



Figura 2.7 - Exemplo de ar condicionado central.
Fonte: DUTOS PARA AR CONDICIONADO, 2018.

c) Ar condicionado sem dutos

Esses condicionadores são usados em residências que não possuem um sistema de dutos. Às vezes, eles são chamados de sistemas dividido, porque possuem duas ou mais peças, a unidade condensadora, instalada ao ar livre, e as unidades compactas de sopro ou unidades evaporativas, que geralmente são montadas em paredes dentro de casa. Os conduítes conectam essas peças e transportam as linhas de energia e refrigerante. A vantagem é que eles podem resfriar salas diferentes a diferentes temperaturas, porque cada unidade de ventilador compacta é equipada por um termostato separado. Por esse motivo, esses sistemas tendem a ficar mais caros do que ter um ar condicionado central instalado.



Figura 2.8 - Exemplo de ar condicionado sem dutos.
Fonte: HEATANDCOOL, 2019.

d) Ar Condicionado de parede

Esses condicionadores de ar, absorvem o ar quente e o esgotam pela parte traseira da unidade, enquanto envia o ar frio de volta pra sala. Exigem mais planejamento e instalação do que as unidades de janela, porque são montados permanentemente e não podem ser removidos. Para montar um, um furo é cortado em uma parede externa e uma luva é instalada para suportar o peso do ar condicionado. As vantagens em relação ao Janela, é que são mais eficientes em termos energéticos.



Figura 2.9 - Exemplo de ar condicionado de parede.
Fonte: FRIOPEÇAS, 2019.

e) Ar condicionado janela

Esses aparelhos são muito comuns, principalmente em edifícios mais antigos. Eles são montados em janelas, com a maior parte da unidade do lado de fora e possuem um sistema de exaustão que expelle o ar quente pelas costas e pelos lados, enquanto o sistema de refrigeração de refrigerante aponta para o interior. As suas vantagens são que eles são mais baratos e podem ser movidos entre os quartos conforme necessário e removidos por completo nos meses mais frios.



Figura 2.10 - Exemplo de ar condicionado janela.
Fonte: PONTOFRIO, 2019.

f) Bombas de calor de fontes de ar

As bombas de calor de Fonte de Ar usam eletricidade para mover o ar quente e frio ao redor de um edifício, em vez de queimar combustível. Durante o verão, os sistemas de bomba de calor, concentram o ar quente no interior e o enviam para fora. No tempo frio, uma bomba de calor traz o ar quente concentrado do lado de fora e o entrega para dentro usando dutos. A vantagem mais significativa é que eles são mais

eficientes em termos de energia do que outros sistemas de ar condicionado. No entanto, eles são mais eficazes em climas amenos e requerem outra suplementação de HVAC em climas mais severos. Sua instalação também é cara, mas os custos de operação e manutenção são baixos.



Figura 2.11 - Exemplo de bomba de calor de fontes de ar.
Fonte: HAYRTON, 2019.

2.3.5 - Faturamento dos condicionadores de ar no PIM (Polo Industrial de Manaus)

O Polo Industrial de Manaus (PIM), obteve faturamento de R\$ 86,78 bilhões entre os meses de janeiro e outubro de 2019, com crescimento de 11,57% na comparação com o mesmo período do ano anterior. Em moeda nacional, este é o melhor registro já apurado no parque industrial manauara. Em dólar, o faturamento de janeiro a outubro totalizou US\$ 22.14 bilhões (crescimento de 3,17%). Os dados são dos Indicadores de Desempenho do PIM (SUFRAMA, 2020).

Entre os principais produtos com incremento na produção, destaque para aparelhos condicionadores de ar do tipo Split, com 3,7 milhões de unidades produzidas, e crescimento de 42,69%; câmera fotográfica digital, com 82 mil unidades produzidas e crescimento de 28,41%, bicicletas, com 821,9 mil unidades produzidas e crescimento de 22,38%; auto-rádio e aparelhos reprodutores de áudio, com 1,9 milhão de unidades produzidas e crescimento de 17,95%; e forno micro-ondas, com 3,1 milhões de unidades produzidas e crescimento de 15,16% (SUFRAMA, 2020).

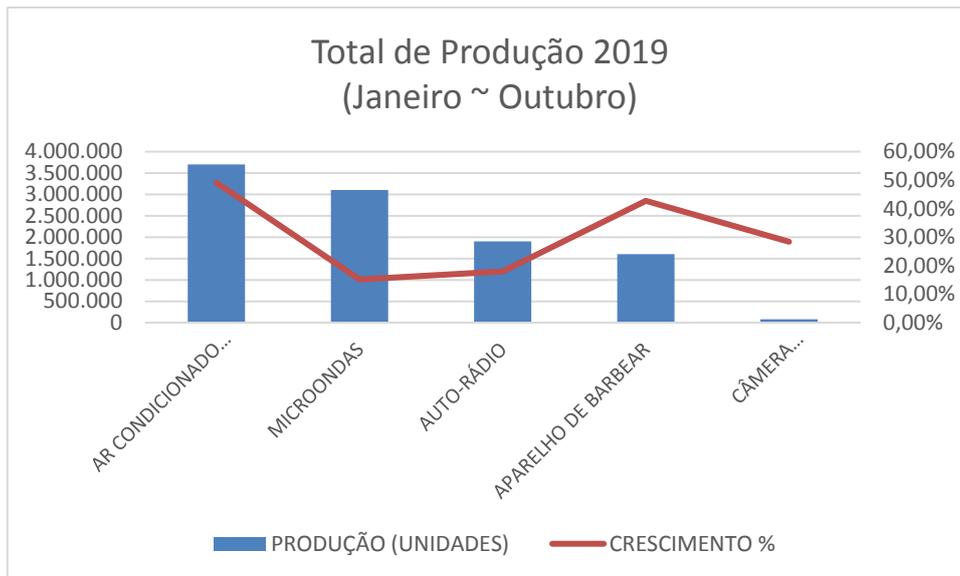


Figura 2.12 - Total de produção entre janeiro e outubro 2019.
Fonte: Adaptado de SUFRAMA, 2020.

2.3.6 - Principais componentes dos condicionadores de ar

Os sistemas de condicionamento de ar possuem quatro componentes básicos (ARAÚJO, 2011):

- a. Compressor: É a bomba do gás refrigerante do sistema de ar condicionado. É um equipamento industrial concebido para aumentar a pressão de um fluido em estado gasoso. Normalmente, conforme a Equação de Clapeyron, a compressão de um gás também provoca o aumento de sua temperatura.



Figura 2.13 - Compressor hermético rotativo.

- b. Condensador: Esta é a área em que ocorre a dissipação de calor. São empregados em circuito de refrigeração e condicionadores de ar e tem por finalidade de condensar o fluido refrigerante proveniente da descarga do compressor, rejeitando o calor adquirido no sistema.



Figura 2.14 - Trocador de calor da unidade condensadora.

- c. Evaporador: É um trocador de calor que resfria o ar que circula na câmara, movimentado pela ação do ventilador. No evaporador ocorre a evaporação do fluido refrigerante, idealmente um processo isobárico, onde a pressão permanece constante e o volume ocupado pelo gás, varia proporcionalmente à sua temperatura absoluta. Na prática, as perdas e variação de pressão ocorrem regularmente.



Figura 2.15 - Trocador de calor da unidade evaporadora.

- d. Tubo Capilar: Dispositivo usado nos sistemas domésticos de refrigeração e climatização e instalações comerciais de pequeno porte. Sua função basicamente é reduzir a pressão do fluido refrigerante no estado líquido, separando os lados

de baixa e alta pressão. Devido ao fato de serem de cobre e terem pequenos diâmetros, através deles o fluido trafega em alta velocidade e perde parte de sua pressão, permitindo a equalização desse parâmetro até mesmo durante o ciclo desligado do compressor.



Figura 2.16 - Tubo capilar de refrigeração.

O princípio de funcionamento dos condicionadores de ar, nada mais é do que a troca de temperatura do ambiente, através da passagem do ar pela serpentina do evaporador que, por contato, sofre queda ou aumento de temperatura, dependendo do ciclo utilizado, baixando a umidade relativa do ar. Quando atingida a temperatura desejada, se faz uma leitura através de um sensor localizado no evaporador que este, por sua vez, desliga o compressor, fazendo com que o equipamento mantenha a temperatura. Qualquer variação na temperatura estipulada, aciona-se novamente o compressor que é responsável pela circulação do gás refrigerante dentro do sistema (COLDAR, 2018).

2.3.7 - Ciclo de refrigeração aplicado aos condicionadores de ar

Ciclo de refrigeração é um sistema térmico que continuamente transfere calor de uma região de baixa temperatura para outra em alta temperatura. O ciclo refrigerante tem uma entrada de calor, uma saída de calor e uma entrada de trabalho. Ampliando o equipamento tem-se conforme Figura 2.17 (ASHRAE, 2001).

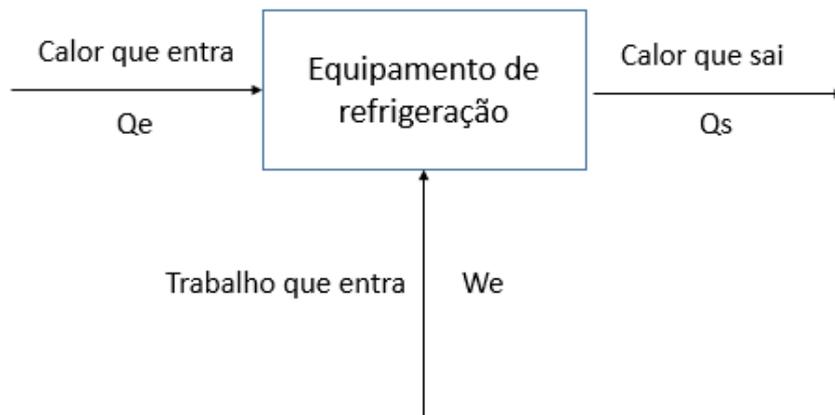


Figura 2.17 - Ilustração básica do ciclo de refrigeração.
Fonte: ASHRAE, 2001.

Aplicando as duas leis da termodinâmica, obtém-se:

1ª Lei da Termodinâmica: (Lei da Conservação da Energia ou Lei do Balanço Energético): Em um sistema térmico em regime estacionário, o somatório de energias que entram é igual ao somatório de energias que saem, conforme equação abaixo (ASHRAE, 2001):

$$\begin{aligned}\sum E_e &= \sum E_s \\ Q_e + W_e &= Q_s \\ W_e &= Q_s - Q_e\end{aligned}\tag{2.1}$$

Onde:

Q_e : é o calor que entra em watts;
 W_e : o trabalho que entra em W;
 Q_s : o calor que sai em W.

Nestas equações pode ser visto que o calor que sai do sistema é maior que o calor que entra, pois leva consigo o trabalho do sistema, ou o trabalho sai na forma de calor. Isto concorda com o proposto por Robert Mayer em 1842, que o trabalho e o calor são elementos equivalentes, que foi o início da 1ª lei da termodinâmica (ASHRAE, 2001).

Uma outra aplicação da 1ª lei é a eficiência, que em ciclos de refrigeração, pode passar de 100% e por isso é chamado de COP (coeficiente de performance, obtendo-se a equação abaixo (ASHRAE, 2001):

$$\text{Coef. Perf. COP} = \frac{\text{Efeito Util}}{\text{Energia Gasta}} \quad (2.2)$$

2ª Lei da Termodinâmica: A segunda lei da termodinâmica diz que a energia flui naturalmente do maior potencial para o menor potencial, vencendo as resistências térmicas existentes no caminho. O contrário, só as custas de trabalho externo. Em termos de entropia, necessário para ciclos, a 2ª lei diz que em um sistema térmico em regime estacionário, a variação total de entropia do sistema é igual à soma das variações reversíveis mais as irreversíveis, obtendo-se (ASHRAE, 2001):

$$\begin{aligned} dS &= dS_r + dS_i \\ dS &\geq \frac{dQ}{T} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Onde:

dS: é a variação total de entropia;

dS_r: as variações reversíveis;

dS_i: as irreversíveis.

dQ: representa os fluxos de calor;

T: a temperatura absoluta.

A segunda equação de dS é chamada de desigualdade de Clausius, formulada em 1854 e que deu origem à 2ª lei da termodinâmica. O sinal igual vale para processo reversíveis e o maior para processos irreversíveis. Quanto mais irreversível, maior a desigualdade. Portanto, pela equação acima, constata-se que o melhor sistema será aquele que tiver as menores variações irreversíveis de entropia, por exemplo, causadas por atrito, e chega-se à conclusão que o melhor ciclo é aquele que tiver irreversibilidade zero, no caso o ciclo de Carnot, cuja base foi formulada por Sadi Carnot em 1824 como ciclo ideal.

2.3.8 - Ciclo de refrigeração de Carnot

Em 1824, um engenheiro francês, chamado Sadi Carnot, publicou um tratado denominado “Reflections of the Motive Power of Heat”. Neste trabalho, Carnot concluiu que calor só pode gerar trabalho quando passa uma fonte de alta para uma fonte de baixa temperatura. Além disso, ele concluiu que a quantidade de trabalho

produzida é função direta da diferença de temperatura das fontes de calor envolvidas (STROBEL, 2015).

O trabalho de Carnot foi notável, especialmente porque sua teoria foi desenvolvida no mínimo 20 anos antes da clássica experiência de James Joule, que demonstrou ser o calor uma forma de energia (STROBEL, 2015).

Embora Carnot tenha postulado que a quantidade de trabalho que pode ser obtida de uma dada quantidade de calor, é uma função da diferença de temperatura das fontes de calor envolvidas, ele não especificou a quantidade de trabalho que poderia ser obtida e nem especificou o ciclo de operação que pudesse obter a quantidade máxima de trabalho (STROBEL, 2015).

Os processos do ciclo de refrigeração de Carnot são:

- Compressão adiabática, 1-2;
- Liberação isotérmica de calor, 2-3;
- Expansão adiabática, 3-4;
- Admissão isotérmica de calor, 4-1.

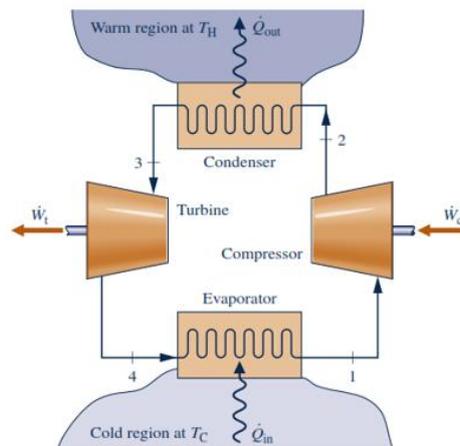


Figura 2.18 - Ciclo de refrigeração de Carnot.
Fonte: STROBEL, 2015.

Todos os processos do ciclo de Carnot são reversíveis. Consequentemente os processos 1-2 e 3-4 são isentrópicos (STROBEL, 2015).

2.3.9 - Funcionamento dos condicionadores de ar split

O condicionador de ar é um sistema ou mecanismo importante projetado para alterar a temperatura e a umidade do ar (usado para resfriar e às vezes aquecer

dependendo das propriedades do ar em um determinado momento). O resfriamento geralmente é feito usando um ciclo de refrigeração simples, conforme Figura 2.19.

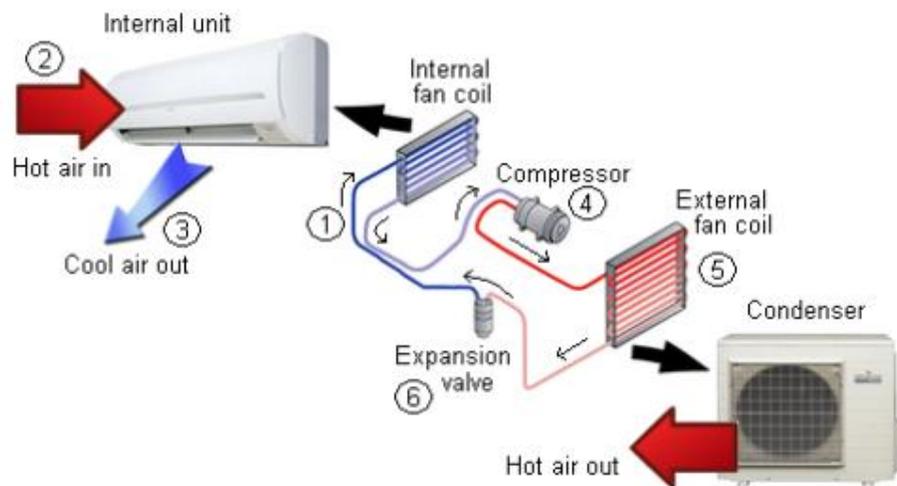


Figura 2.19 - Ilustração do ar condicionado split.
Fonte: MECHANIZZER, 2013.

O condicionador de ar possui 3 partes principais: compressor, condensador e evaporador. O compressor e o condensador geralmente estão localizados na parte externa do ar condicionado. O evaporador está localizado no interior da casa.

O funcionamento do condicionador de ar, ilustrado na figura 2.20 se dá da seguinte forma: o fluido refrigerante entra no compressor, sob a forma de vapor, em baixa temperatura e pressão. Posteriormente, o vapor é comprimido e sai do compressor a alta pressão e temperatura. Ao passar pelo condensador, ocorre o arrefecimento e posteriormente a condensação do fluido passando do estado gasoso para o estado líquido. Isso se dá porque o condensador possui aletas de alumínio que funcionam como radiador do carro, o que contribui para eliminação do superaquecimento. Ao sair do condensador, o fluido já em temperatura e pressão menores do que o estágio inicial de compressão, passam por uma válvula de expansão, onde sua pressão reduz drasticamente (Efeito de Bernouli), causando sua evaporação parcial, ou seja, parcialmente o fluido se encontrando no estado gasoso devido à brusca perda de pressão e temperatura (USP, 2017). A mistura líquido-vapor fria, desloca-se então através da serpentina do evaporador e evapora-se completamente, arrefecendo o ar que a atravessa, o qual é impulsionado passando pela serpentina, através da turbina (ventilador) da unidade evaporadora. Após isso, o fluido refrigerante (em forma de vapor) retorna ao

compressor para completar o ciclo termodinâmico e reiniciar o processo. Esse processo continua repetidas vezes até que o ambiente atinja a temperatura selecionada manualmente no controle remoto (SUPERINTERESSANTE, 2011). O termostato detecta que a temperatura atingiu a configuração correta e desliga (no caso do ON-OFF. Em se tratando de inverter, reduz o trabalho do compressor) o ar condicionador. Assim que o ambiente volta a aquecer novamente, o termostato identifica e emite um sinal ao compressor, para reinício do ciclo termodinâmico (KOMEKO, 2016).

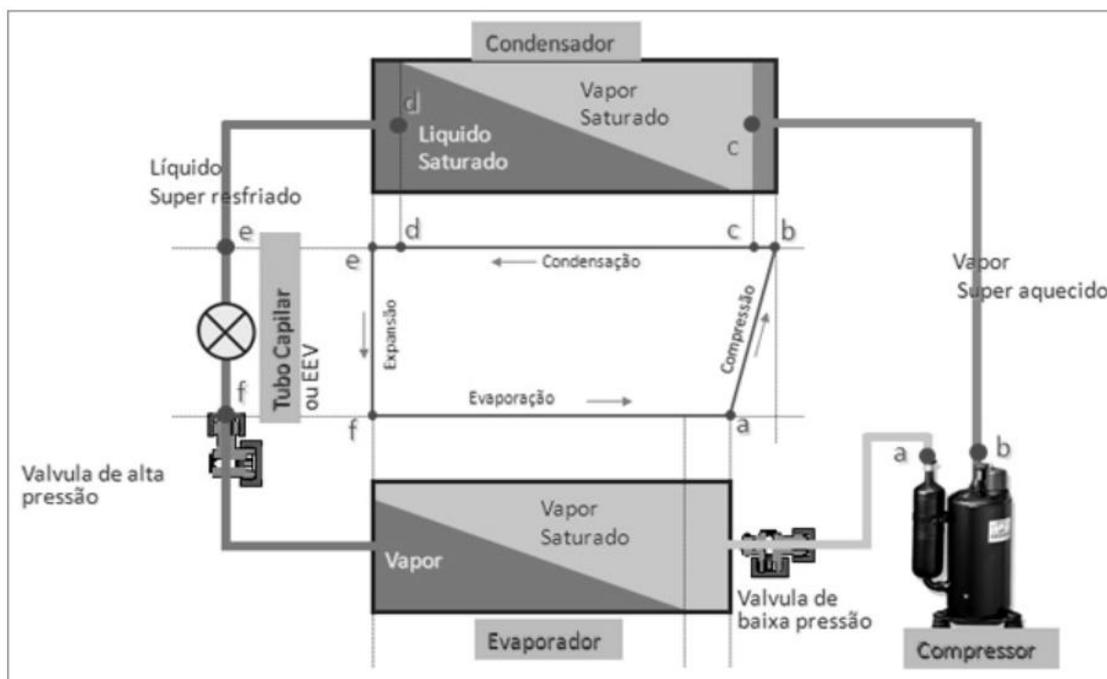


Figura 2.20 - Ilustração do funcionamento do condicionador de ar.
Fonte: DIAS, 2018.

2.4 - ESTANQUEIDADE

A palavra quer representar um estado situacional que se apresenta seco, sem vazamentos ou conceitos afins. É uma metodologia que significa estanque hermético “sem vazamento”. Portanto é a definição dada a um produto que está isento de furos, trincas ou porosidades que possam sair ou entrar parte de seu conteúdo (TANKTEST, 2018).

O ensaio de estanqueidade é uma prática de inspeção que permite, primeira instância, localizar o vazamento de um fluido, líquido ou gasoso. Além disso, o teste visa medir a quantidade de material vazando, tanto em sistemas que operam sob pressão positiva ou que atuam a vácuo (TANKTEST, 2018).

Os vazamentos podem ocorrer em diversas instâncias como juntas soldadas, brasadas, coladas, válvulas, selos de vedação, conexões, entre outros (TANKTEST, 2018).

O ensaio de estanqueidade pode ser capaz de verificar a vedação pneumática de um componente. Esse controle, na maioria das vezes, requer um equipamento que possa auxiliar na comprovação. A seleção do teste adequado depende de alguns pontos, dentre eles: valor da taxa de vazamento admissível, parâmetro de segurança e ambiental, especificações do recipiente e condições de utilização. Os pontos destacados podem auxiliar na verificação completa do ensaio de estanqueidade. No entanto, métodos diferentes são aplicados para cada tipo de elemento que pode ter algum vazamento. O teste por gás hélio, por exemplo, é diferente daquele por queda de pressão ou vazão volumétrica (TANKTEST, 2018).

O ensaio de estanqueidade tem por objetivo de avaliar se todas as tubulações se encontram em acesso desobstruído e sinalizado, se as válvulas estão em funcionamento e se e se os tubos e conexões, não apresentam vazamento.



Figura 2.21 - Técnico realizando ensaio de estanqueidade.
Fonte: TANKTEST, 2018.

A indústrias fabricantes de produtos manufaturados, como autopeças, eletrodomésticos, metais sanitários, componentes eletrônicos, entre outras, efetuam o teste de estanqueidade em seus produtos com o fim de assegurar a qualidade aos seus clientes, Para isso, utiliza-se de recursos como o teste de imersão (famoso teste do borracheiro), onde se injeta o ar dentro da peça, imersa em algum líquido (geralmente água) e verifica-se o surgimento ou não de bolhas de ar que venham a vazar da peça (TANKTEST, 2018).

Embora não exatamente na origem, outra forma menos generativa e sim quantitativa, é medir a queda de pressão dentro da peça, injetando ar e medindo através de transdutores de pressão eletrônicos ou mecânicos, a variação (queda) da pressão após confinar o ar dentro da peça. Quando se utiliza sensores eletrônicos, pode-se utilizar o método de “Queda de Pressão” (Pressure Decay) e o método “Diferencial”, sendo o primeiro, mais barato porém menos preciso (STDENGENHARIA, 2018).

Métodos mais avançados consistem em medir a vazão direta do ar (ou gás) de forma a dimensionar precisamente o furo, trinca ou porosidade que a peça possui. Estes métodos, utilizam medidores de vazão mássica ou volumétrica (STDENGENHARIA, 2017).

Com exceção do teste de imersão na água ou espuma de sabão, os métodos eletrônicos conhecidos apenas detectam se está ocorrendo ou não, algum vazamento, não identificando a origem, porém eventualmente e dependendo do aparelho, o tipo de gás misturado no ambiente (ROTGER,2017).

Alguns exemplos destes dispositivos são os detectores de Hélio, GLP, Gás Refrigerante (R-410A, R-2, R-12, R-22, R-134A), entre outros (ROTGER,2017).

Referente as normativas aplicadas ao processo de estanqueidade, consideramos o que a ABNT NBR 16655, nos apresenta. Esta normativa, aborda os requisitos mínimos para procedimento de ensaios de vazamento, desidratação e carga de refrigerante para as linhas de refrigerante para conexão da unidade interna à unidade externa do equipamento de condicionamento de ar em qualquer aplicação com capacidade de até 18kW (60.000 BTU/h) e os procedimentos para garantir que a instalação, desempenho, operação e confiabilidade satisfaçam o usuário final (ABNTCATALOGO, 2018).

2.5 - AUTOMAÇÃO

2.5.1 - Definição

Automação, do latim Automatus que significa mover-se por si, é um sistema automático de controle pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem. Em seu uso moderno, a automação pode ser definida como uma tecnologia que utiliza comandos programados para operar um dado processo, combinados com retroação de informação para determinar que os comandos sejam executados

corretamente, frequentemente utilizados em processos antes operados por seres humanos (DORF & BISHOP, 2001).

É a aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas, para diminuir o uso de mão-de-obra em qualquer processo, especialmente o uso de robôs nas linhas de produção. A automação diminui os custos e aumenta a velocidade da produção (LACOMBE, 2004).

Para GROOVER (2001), “para automatizar um processo, energia é requerida tanto para acionar o processo em si como para operar o programa e o sistema de controles. A automação é aplicada em uma ampla variedade de áreas, mas é associada mais fortemente com a indústria de manufatura”.

Esta definição estabelece limitações nas questões que envolvem a automação dos sistemas de manufatura. Esses sistemas, por serem intensos de mão de obra e operarem com alto grau de dependência da capacitação e habilidades dos operadores no “chão de fábrica”, necessitam simultaneamente da aplicação de níveis de automação cada vez maiores e a participação dos operadores do processo (BESSA, 2004).

Para ilustrar a posição da automação e tecnologia de controle, na maioria dos sistemas de produção é apresentada, como na Figura 2.22, a integração entre as várias áreas do sistema produtivo (BESSA, 2004):

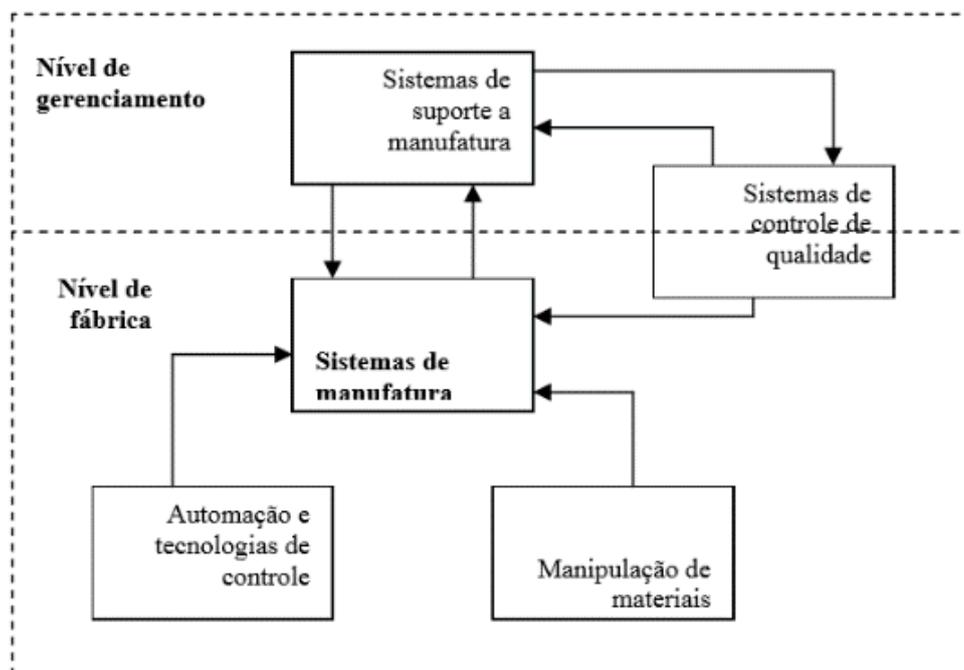


Figura 2.22 - Automação e tecnologias de controle nos sistemas de produção.
Fonte: GROOVER, 2001.

Um sistema automatizado consiste em 3 elementos básicos (BESSA, 2004):

- Energia para alimentar o processo e operar o sistema;
- Programa de Instruções para dirigir o processo;
- Sistema de Controle para acompanhar as instruções.

A totalidade de sistemas que se qualificam como automatizados incluem esses três elementos de uma forma ou de outra (GROOVER, 2001).

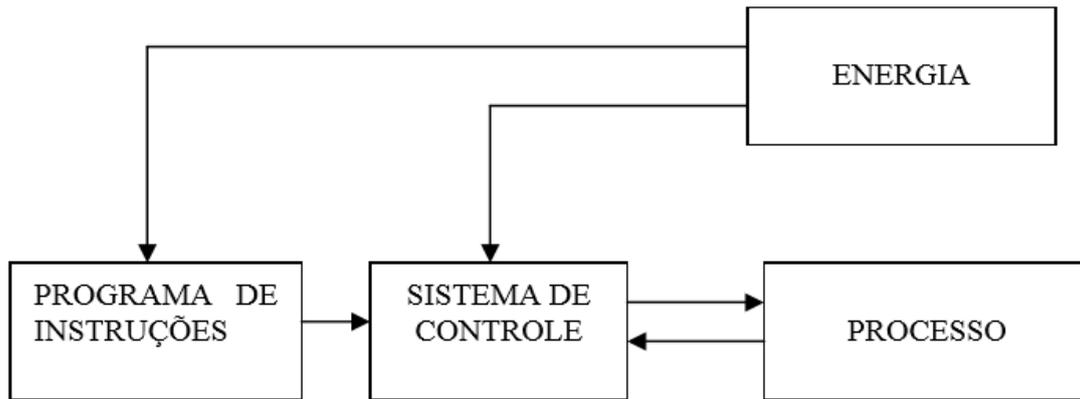


Figura 2.23 - Elementos de um sistema automatizado.
Fonte: GROOVER, 2001.

2.5.2 - Níveis de automação

O conceito de sistemas automatizados pode ser aplicado a vários níveis de operação de uma indústria (OTA, 1984).

Há cinco tipos possíveis de automação que podem ser identificados em uma empresa (GROOVER, 2001):

- Nível de Dispositivo – o nível mais baixo na hierarquia da automação, que compreende os sensores, atuadores e outros componentes de *hardware* das máquinas; por exemplo o *loop* do controle de retroalimentação de um dos eixos de uma máquina CNC ou a junta de robô industrial;
- Nível da Máquina – os *hardwares* no nível dos dispositivos são montados para formar um único equipamento, por exemplo, máquinas de usinagem CNC, robôs industriais, correias transportadoras e AGV;
- Nível de Célula – a operação das células de manufatura se dá mediante instruções do nível da planta. As células de manufatura são compostas por grupos de máquinas ou estações de trabalho, conectadas a um sistema de

manuseio de materiais, computadores e outros equipamentos de processo. Exemplos dessas funções incluem linhas de produção, despachos de peças, máquinas de carga e descarga de equipamentos e sistemas de avaliação e coleta de dados;

- Nível da planta – este é o nível de fábrica ou sistema de produção. As informações são recebidas do sistema corporativo e traduzidas para planos de produção. As funções incluídas neste nível são: processamento de ordens, planejamento do processo, controle de inventário, planejamento de materiais, controle do chão de fábrica e controle de qualidade;
- Nível de empresa – este é o nível mais elevado, que consiste no sistema de informação corporativo. Agrupa todas as funções necessárias para o gerenciamento de *marketing* e vendas, finanças, pesquisa e programação-mestra de produção.

A Figura 2.24, apresenta os diversos níveis de automação (GROOVER, 2001):

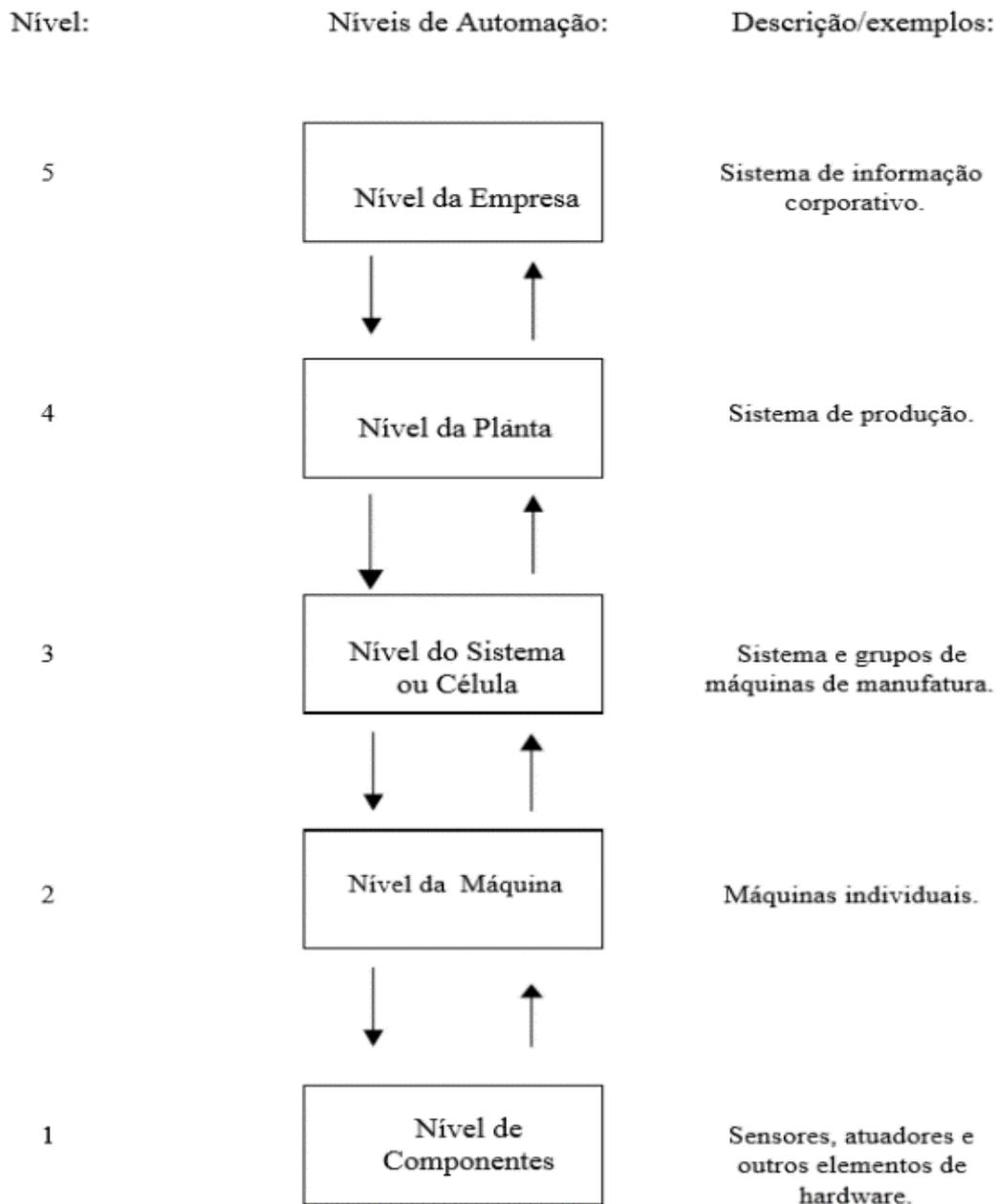


Figura 2.24 - Os cinco níveis de automação e controle de manufatura.

Fonte: GROOVER, 2001.

2.5.3 - Automação nos sistemas de manufatura e relações de trabalho

A manufatura pode ser definida como a aplicação de processos físicos e químicos, para se alterar a geometria, propriedades e/ou aparência de um material *in natura*, para se fabricar peças ou produtos: manufatura também inclui a junção de múltiplas peças para a fabricação de produtos montados. A manufatura é quase sempre conduzida em uma sequência de operações, em que cada operação sucessiva aproxima o material do seu estado final desejado (GROOVER, 2001).

2.5.3.1 - As indústrias de manufatura e seus produtos

A manufatura é uma importante atividade comercial conduzida por empresas que vendem produtos a clientes. O tipo de manufatura desempenhada por uma companhia depende do tipo de produto fabricado (OTA, 1984).

O escopo das indústrias de manufatura é diversificado na natureza das operações produtivas e no âmbito da complexidade dos produtos (COPELIOVITCH, 1993).

As indústrias podem ser classificadas em três categorias (COPELIOVITCH, 1993):

- Primárias: são as indústrias de cultivo e da exploração de recursos naturais, como agricultura e mineração.
- Secundárias: São as indústrias que convertem os *outputs* das indústrias primárias em produtos. A manufatura é a principal atividade desta categoria, mas as indústrias secundárias também incluem a construção civil e a geração de energia.
- Terciárias: Nesta categoria estão incluídas as indústrias do setor de serviços da economia.

A indústria automobilística se inclui na segunda categoria, enquadrando-se também na manufatura de produtos discretos. Produtos discretos incluem automóveis, aviões, máquinas, computadores e componentes para montagem de produtos. As indústrias de processo, que se distinguem das que produzem produtos discretos, incluem produtos químicos, farmacêuticos, petróleo, metais, alimentação, bebidas e geração de energia elétrica (BESSA, 2004).

Em ambos os casos, indústria de processos e indústria de produtos discretos, podem ocorrer dois tipos de operação (BESSA, 2004):

- Produção Contínua: ocorre quando o equipamento de produção é utilizada exclusivamente para um determinado produto e sua cadência é ininterrupta;
- Produção em Bateladas (batch): ocorre quando os materiais são processados em quantidades definidas. A quantidade de material é chamado de batelada, tanto na indústria de processos como na indústria de produtos discretos. A produção por bateladas é descontínua, pois ocorre interrupção entre as bateladas de produção.

As operações de manufatura em uma planta de produtos discretos são compostas por determinadas atividades básicas na fábrica (BESSA, 2004):

- Operações de montagem e processamento de materiais;

- Manuseio de material;
- Inspeção e teste;
- Controle e coordenação.

Algumas limitações às plantas de manufaturas devem ser avaliadas segundo GROOVER (2001):

- Capacidade do Processo: grupo de processos para o qual a planta foi projetada (tecnologia envolvida);
- Limitações Físicas do Produto: limitações do tamanho e peso do produto;
- Capacidade de Produção: a máxima taxa de produção a ser atendida em um determinado período de tempo.

Na adoção de sistemas automatizados, as operações são definidas segundo a rotina de fabricação do produto. A participação dos operadores executando tarefas em sequência definida, para atender a cadeia de fabricação e trabalhando segundo o ritmo do equipamento, estabelece o ponto de partida para análise das relações de trabalho no ambiente de manufatura automatizada.

2.5.3.2 - Automação industrial

Automação industrial é a aplicação de técnicas, softwares e/ou equipamentos específicos em uma determinada máquina ou processo industrial, com o objetivo de aumentar a sua eficiência, maximizar a produção com o menor consumo de energia e/ou matérias primas, menor emissão de resíduos de qualquer espécie, melhores condições de segurança, seja material, humana ou informações referentes a esse processo, ou ainda, de reduzir esforço ou interferência humana sobre o meio. É um passo além da mecanização, onde operadores humanos são providos de maquinaria para auxiliá-los em seus trabalhos (SILVA, 2017).

Entre os dispositivos eletroeletrônicos que podem ser aplicados estão os computadores ou outros dispositivos capazes de efetuar operações lógicas, como controladores lógicos programáveis, micro controladores, SDCDs ou CNCs. Estes equipamentos, em alguns casos, substituem tarefas humanas ou realizam outras que o ser humano não consegue realizar. É largamente aplicada nas mais variadas áreas do segmento industrial (VISTAAUTOMAÇÃO, 2017).



Figura 2.25 - Robôs industriais numa linha de produção.
Fonte: EXAME, 2018.

2.5.4 - Controlador Lógico Programável (CLP)

Controlador lógico programável é definido pelo *International Electrotechnical Commission* (IEC) como um “*sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O controlador programável e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas as suas funções previstas*” (RIBEIRO, 1999).

Segundo a norma ABNT (2018) cita que o Controlador Programável é um equipamento eletrônico-digital, com hardware e software compatíveis com as aplicações industriais.

Um CLP é o controlador indicado para lidar com sistemas caracterizados por eventos discretos (SEDs), ou seja, com processos em que as variáveis assumem valores zero ou um (ou variáveis ditas digitais, ou seja, que só assumem valores dentro de um conjunto finito). Podem ainda lidar com variáveis analógicas definidas por intervalos de valores de corrente ou tensão elétrica. As entradas e/ou saídas analógicas são elementos variáveis entre os valores conhecidos de tensão ou corrente (FURTADO, 2007).

Os CLPs estão muito difundidos nas áreas de controle de processos ou de automação industrial. No primeiro caso, a aplicação se dá nas indústrias do tipo contínuo, produtoras de líquidos, materiais gasosos e outros produtos. No outro caso a

aplicação se dá nas áreas relacionadas com a produção em linhas de montagem, por exemplo na indústria de automóveis. Permitem desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas. Desta forma, podemos associar diversos sinais de entrada para controlar diversos atuadores ligados nos pontos de saída (FURTADO, 2007).

Os CLPs têm a capacidade de comunicação de dados via canais seriais. Com isto podem ser supervisionados por computadores formando sistemas de controle integrados. Um modelo de CLP pode ser visualizado como na figura abaixo (FURTADO, 2007):

O Controlador Lógico Programável é o coração da automação industrial. Trata-se de um equipamento eletrônico, digital, microprocessado, que pode controlar um processo ou uma máquina a ser programado ou reprogramado rapidamente. O programa é inserido no controlador através de microcomputador, teclado numérico portátil ou programador dedicado (VITELA e VIDAL, 2003).

A operação do CLP envolve (VITELA e VIDAL, 2003):

- O exame dos sinais de entrada do processo;
- A execução das instruções lógicas destes sinais de entrada conforme programa armazenado em sua memória;
- A produção de sinais de saída para acionar equipamentos de processo ou máquinas.

2.5.4.1 - Princípio de funcionamento

Podemos considerar a estrutura de um CLP dividida em 3 partes: entrada, processamento e saída, conforme Figura 2.26 (FURTADO, 2007):



Figura 2.26 - Estrutura básica de um CLP.

Fonte: SIEMENS, 2018.

Os sinais de entrada e saída dos CLPs podem ser digitais ou analógicos. Existem diversos tipos de módulos de entrada e saída que se adequam as necessidades do sistema a ser controlado. Os módulos de entrada e saídas são compostos de grupos de bits, associados em conjunto de 8 bits (1 byte) ou conjunto de 16 bits, de acordo com o tipo da CPU. As entradas analógicas são módulos conversores A/D, que convertem um sinal de entrada em um valor digital, normalmente de 12 bits (4096 combinações). As saídas analógicas são módulos conversores D/A, ou seja, um valor binário é transformado em um sinal analógico. Os sinais dos sensores são aplicados às entradas do controlador e a cada ciclo (varredura), todos esses sinais são lidos e transferidos para a unidade de memória interna. Estes sinais são associados entre si e aos sinais internos. Ao término do ciclo de varredura, os resultados são transferidos à memória imagem de saída e então aplicados aos terminais de saída, conforme ciclo apresentado abaixo (FURTADO, 2007):



Figura 2.27 - Ciclo de processamento do CLP.
Fonte: SIEMENS, 2018.

2.5.5 - Válvulas pneumáticas

As válvulas pneumáticas são componentes de circuito pneumático designadas para controlar e manipular o fluxo de ar comprimido (direção, pressão e/ou vazão do ar. Podendo ser de Controle Direcional, Reguladora de Fluxo, Reguladora de Pressão e Bloqueio (SILVEIRA, 2018):

- Válvula Direcional: Orientam a direção que o fluxo de ar deve seguir, com o objetivo de realizar determinada tarefa. São representadas por quadrados com setas em seu interior. Os quadrados indicam a quantidade de posições que a válvula possui, já que as setas indicam as ligações internas da válvula nas determinadas posições.
- Válvula Reguladora de Fluxo: Reduzem a seção de passagem para aumentar ou diminuir a vazão do ar comprimido controlando assim a velocidade dos cilindros pneumáticos.
- Válvula reguladora de Pressão: Em aplicações pneumáticas muitas vezes tem a necessidade de diminuição da quantidade de ar que passa pela tubulação, o que é muito utilizado quando se necessita regular a velocidade de um cilindro ou formar condições de temporização pneumática. Essas válvulas reduzem a seção de passagem para aumentar ou diminuir a vazão do ar comprimido controlando assim a velocidade dos cilindros pneumáticos.
- Válvulas Reguladoras de Pressão: Limita a pressão de uma linha de distribuição pneumática, evitando a sua elevação, além de manter ao ponto ideal admissível.
- Válvulas de Bloqueio: Permitem o fluxo livre em um dos sentidos e bloqueia completamente no sentido oposto.



Figura 2.28 - Exemplo de válvulas pneumáticas.
Fonte: CHP, 2019.

2.5.6 - Sensores de pressão

Sensores de pressão são utilizados para detectar vazamentos usando os métodos de ondas de pressão e gradiente de pressão. Quando ocorre um vazamento, ocorre uma queda de pressão local, gerando uma onda, que viaja com a velocidade do som, apresentando apenas uma diminuição gradual ao se propagar, devido ao atrito. Os sensores transformam as medidas de pressão em tensão elétrica. Geralmente são usados

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - FLUXO GERAL DO PROCESSO PRODUTIVO

A Figura 3.1, mostra o fluxo geral de produção dos condicionadores de ar na empresa.

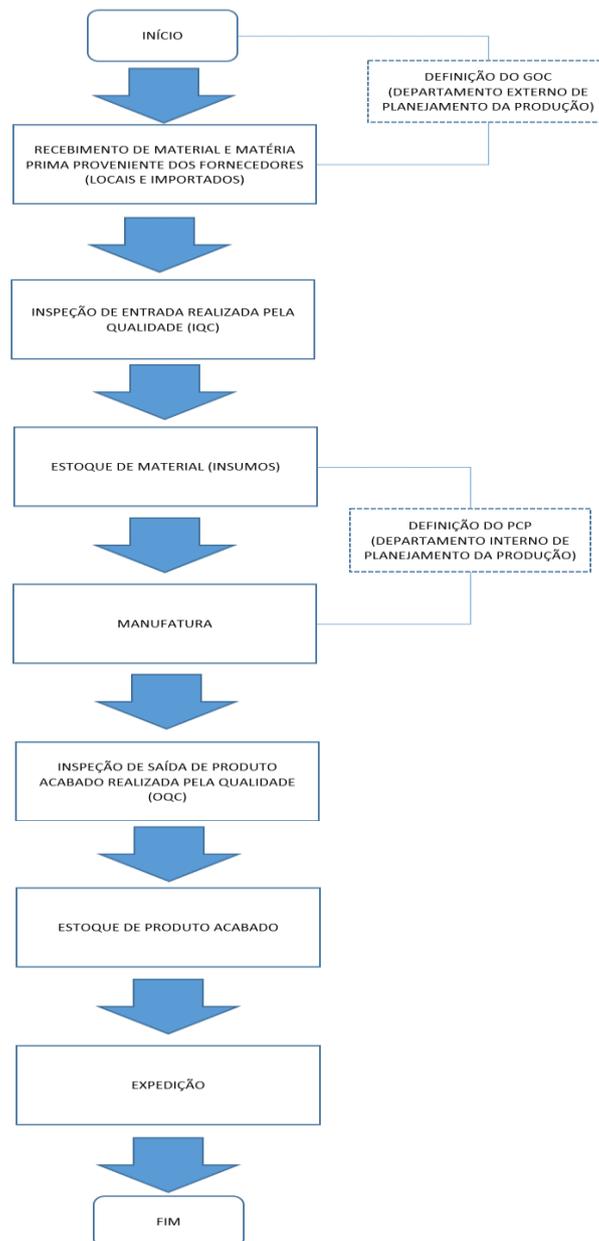


Figura 3.1 - Fluxo geral do processo produtivo do ar condicionado.

O início do Processo se dá com a definição do GOC, departamento externo de planejamento, que tem por finalidade, estabelecer os modelos a serem produzidos na planta de Manaus. Em seguida, se faz o pedido de insumos e matérias-primas via sistema integrado (SAP). Por conseguinte, após o recebimento do material, há o processo de inspeção, por amostragem baseado nos índices de qualidade, a ser realizada pelo controle de qualidade (IQC). Em seguida há transferência dos materiais para o estoque. Com isso, o PCP, departamento interno de planejamento, define o período e as datas para que os modelos sejam produzidos. Após isso tem-se o processo de manufatura na linha de produção, supervisionada pela equipe técnica (engenheiros, qa, líderes de linha) acompanhando os índices de defeitos e os resultados de produção. Posteriormente, temos a inspeção de saída, destinada aos produtos acabados, realizada pelo departamento de qualidade OQC. Em seguida temos o estoque de produto acabado que por fim, é conduzido à expedição, encerrando o processo.

3.2 - FÁBRICA DE CONFECÇÃO DOS TROCADORES DE CALOR

A fábrica de trocadores de calor se chama Heat Exchange e se encontra nas instalações da própria empresa.

Seu processo se baseia na fabricação dos trocadores de calor do tipo aletas (alumínio) + tubos (cobre). Portanto não possui fabricação de outros tipos de trocadores de calor como por exemplo de micro canais ou popularmente conhecidos como PFC. Esse tipo de trocador, não foi muito bem aceito no mercado brasileiro, devido a não haver facilidade no reparo quando há algum problema de qualidade. São dois tipos de trocadores que são produzidos no Heat Exchange: o trocador de calor da unidade evaporadora (ou evaporador) e o trocador de calor da unidade condensadora (condensador). Portanto temos duas linhas de produção voltados à confecção dos trocadores de calor. Conforme abaixo, temos a linha de produção 3, voltada a produção da evaporadora e a linha de produção 4, voltado a produção da unidade condensadora.

A seguir, os detalhes do processo produtivo:

1. Fin Press (condensador e evaporadora): Dispõe-se de duas máquinas de prensas ligadas a cada linha de produção. Ao receber a matéria-prima (bobinas de alumínio), ocorre a fabricação das aletas para os trocadores de calor. Nessa etapa, ocorre a formação dos “colarinhos” e ranhuras, importante ponto das aletas para dissipação do calor.

2. Hair Pin Bender (tubos do tipo “bengala”). São tubos de cobre de comprimento significativo, que são responsáveis pela condução do fluido refrigerante no trocador de calor. Ao receber a matéria-prima (tubos de cobre ranhurados), ocorre a dobra e corte dos tubos no comprimento de acordo com o especificado para cada modelo.
3. Linha de Evaporadora/Condensadora: Processo de confecção do trocador que se realiza em sub etapas conforme abaixo:
 - Posto de Montagem das “Bengalas” nas aletas: É o posto onde recebe as bengalas e as aletas após a fabricação. Realiza montagem (inserção) manual;
 - Posto de Expansão dos Tubos: Nesse posto ocorre a expansão dos tubos bengalas inseridos nas aletas, provenientes do posto anterior. Importante a expansão para que possam posteriormente receberem os tubos em forma de curvinhas e os tubos de entrada e saída dos trocadores de calor;
 - Posto de Secagem (Dryer): Nesse posto temos a máquina de secagem. Importante equipamento que serve para retirar toda a umidade e óleo evaporativo provenientes da prensa. Sua temperatura interna chega na faixa de 250°C a 350°C;
 - Inserção das “Curvinhas”: Processo manual de inserção das curvinhas, com os anéis de solda, nos trocadores de calor.
 - Posto de Brasagem: Posto que serve para, por meio de brasagem, realizar a união entre as curvinhas e os tubos bengalas nos trocadores de calor.
 - Posto de Verificação de Vazamento: Posto de verificação de Vazamento. Para isso, injeta-se o N₂ a alta pressão no sistema, e uma máquina com detector de vazamento em sua extremidade, verifica se a estrutura apresenta alguma falha.

Finalizando no posto de verificação de vazamento, local onde será realizado a aplicação de melhoria, todo esse processo ocorre duas semanas antes da produção dos condicionadores de ar na linha final de montagem. Isso porque o takt time do posto de prensa, é maior do que a linha final. Portanto precisa haver um processo de produção, e, posteriormente de estocagem dos trocadores de calor semi acabados.

4. Posto Sub Line: Posto responsável por realizar a soldagem dos tubos de entrada e saída. Além disso, é o local para inserção dos acessórios (mantas, suportes, etc) nos trocadores de calor. Esse posto está ligado diretamente à produção.

Portanto não há estocagem após a realização do processo de produção nesse posto, e sim, a condução, por meio de carrinhos de transporte, diretamente à linha principal (Main Line).

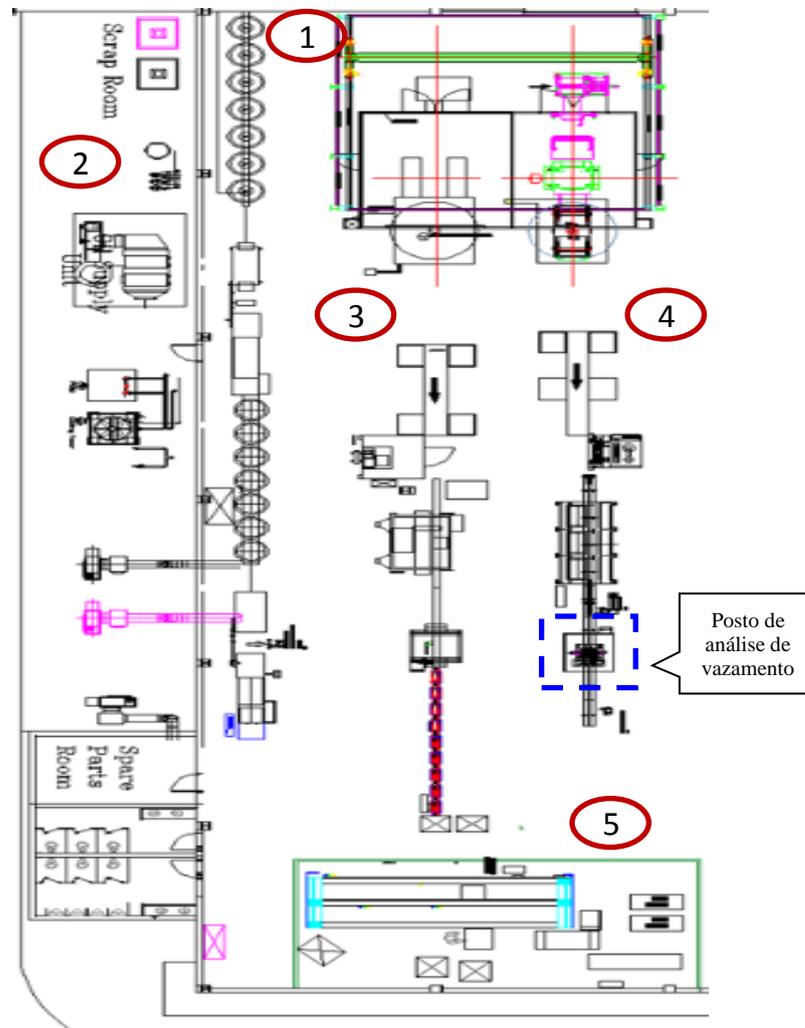


Figura 3.2 - Fluxo do processo produtivo dos trocadores de calor.

O Posto de estudo e melhoria encontra-se destacado na Figura 3.2 acima.

3.3 - ABORDAGEM DO PROBLEMA FÍSICO

Durante a fabricação dos trocadores de calor da unidade evaporadora, constatou-se problemas no método para realização do teste de vazamento. O mesmo apresenta falhas de detecção de vazamento, bem como impactos negativos ao processo produtivo.

Sendo assim, o problema físico trata da injeção do gás nitrogênio em alta pressão, em torno de 1,5 Mpa, no volume do evaporador. É fundamental iniciar a

abordagem do problema conhecendo detalhadamente o sistema de injeção e os problemas levantados, pois a mesma receberá o processo de automação como melhoria proposta.

O evaporador adotado para estudo de caso, foi o de capacidade de 9.000 btu's composto de 10 tubos de cobre (bengalas) de diâmetro interno de 6,35 mm e comprimento de 1.300 mm.

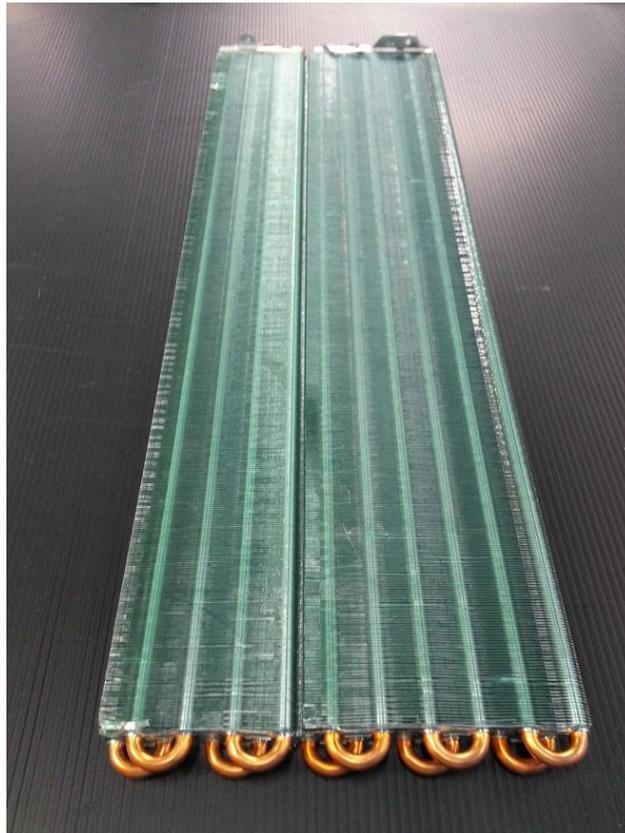


Figura 3.3 - Trocador de calor da unidade evaporadora.
(Evaporador)

3.4 - SISTEMA DE INJEÇÃO

3.4.1 - Estrutura física

O sistema de injeção do gás é realizado através de mangueiras de alta pressão e é alimentado diretamente da linha de abastecimento do gás (Figura 3.4) tendo sua outra extremidade, ligado diretamente no acoplador de injeção (Figura 3.5).



Figura 3.4 - Alimentação direta na linha de abastecimento.



Figura 3.5 - Acoplador ligado diretamente na mangueira de alta pressão.

3.4.2 - Identificação de falhas

Durante análise do sistema, foram encontrados alguns problemas que resultaram na realização deste trabalho. Tais problemas serão apresentados a seguir:

- Controle do Gás N₂ – O tanque estacionário do gás se encontra na parte externa da planta e seu fornecimento se dá, através das linhas de abastecimento. O sistema de injeção está ligado diretamente nas linhas de abastecimento tendo a outra extremidade, ligada diretamente no acoplador de injeção. Assim, não

existe controle da quantidade de gás injetado no sistema, ficando a critério do operador, o tempo do acoplamento.

- Ergonomia – Em atendimento à norma regulamentadora nº 17 que tem como objetivo estabelecer os parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente (guiatrabalhista,2020), no posto de trabalho que realiza o teste de vazamento, devido ao sistema estar sempre pressurizado, a força realizada pelo operador, necessária para fixar o acoplador e desacoplar, é considerada, ergonomicamente, acima do padrão.
- Tempo de Processo – Devido à falta de controle durante a injeção do gás, o tempo de processo não apresentou uma padronização, gerando ciclos intermitentes. Com isso, o balanceamento da linha, ficou definido pelo tempo médio dos ciclos, tendo neste método, o uso não adequado da produtividade da linha. O posto é o de maior tempo de operação, portanto, o que possui menor capacidade de produção ao longo do fluxo do processo.

3.5 - AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE INJEÇÃO

3.5.1 - Cálculo do volume do evaporador

O primeiro levantamento que foi realizado para o processo de automação do sistema de injeção, foi o cálculo do volume do evaporador.

Foi considerado o volume do evaporador como sendo o volume dos tubos de cobre (bengalas), obtendo-se o volume através da multiplicação entre a área da seção transversal e o comprimento do tubo.

Calculando a área da seção transversal do tubo de cobre (bengala):

$$A_t = \pi \times r^2 = 3,14 \times 10,080625 = 31,67 \text{ mm}^2 \quad (3.1)$$

Calculando o volume de uma bengala:

$$V_b = A_t \times C_t = 31,67 \times 1300 = 41.171 \text{ mm}^3 \text{ ou } 4,1171 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \quad (3.2)$$

Calculando o volume de um evaporador composto por 10 bengalas:

$$V_T = 10 \times V_t = 10 \times 4,1171 \times 10^{-5} = 4,1171 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \quad (3.3)$$



Figura 3.6 - Exemplo de uma bengala.

Há também a necessidade do cálculo do tempo determinado para que uma determinada pressão (Pressão especificado pelo teste – Dados Confidenciais), o volume seja completamente preenchido.

Calculando o tempo de preenchimento do volume:

$$\begin{aligned} \text{Vazão do sistema} &= 2,94 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \\ t = V_T / \text{Vazão} &= (4,1171 \times 10^{-4}) / (2,94 \times 10^{-5}) = 14 \text{ s} \end{aligned} \quad (3.4)$$

3.5.2 - Estrutura do sistema de automação

Após análise dos problemas levantados, foi proposto como melhoria uma nova estrutura automatizada para o sistema de injeção.

A ideia é, um acionamento por botão B_0 que ativa uma válvula V_0 liberando a injeção de gás no volume, acompanhado por um sensor de pressão para verificação para verificação se pressurização do sistema está adequada e de acordo com a especificação do teste. Após tempo determinado, previamente calculado, para preenchimento do volume, a válvula V_0 fecha e uma válvula V_1 é aberta para executar a ejeção do acoplador. Após a ejeção, a válvula V_2 é aberta para executar a purga do gás que fica na mangueira em um tempo de aproximadamente 6 segundos. Após esse tempo, a válvula

V_2 é fechada. Um botão B_1 também foi inserido na estrutura para que o operador possa, mediante qualquer anomalia, parar a injeção (V_0), ejetar o acoplador (V_1) e executar a purga (V_2), respectivamente.

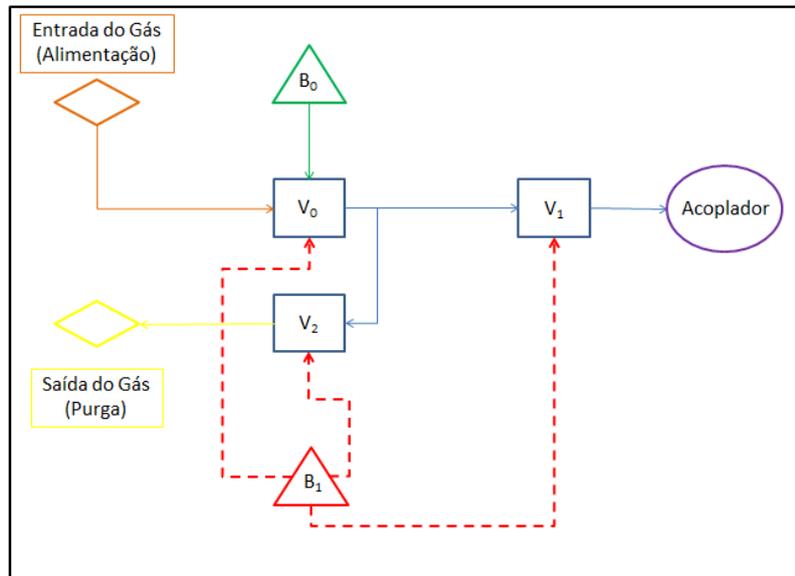


Figura 3.7 - Esboço da estrutura do sistema de automação.

3.5.3 - Dispositivos utilizados para automação

Para o sistema de automação, foram utilizados os seguintes dispositivos:

- Caixa de botão liga e desliga.



Figura 3.8 - Caixa com botões liga e desliga.

- Válvula de 3/2 vias com retorno por mola e acionamento por botão.



Figura 3.9 - Válvulas 3/2 vias com retorno por mola.

- Transdutor de pressão.



Figura 3.10 - Transdutor de pressão.

- Filtro de ar.



Figura 3.11 - Filtro de ar comprimido.

- Válvula reguladora de pressão.



Figura 3.12 - Válvula reguladora de pressão.

- Válvula 5/2 vias

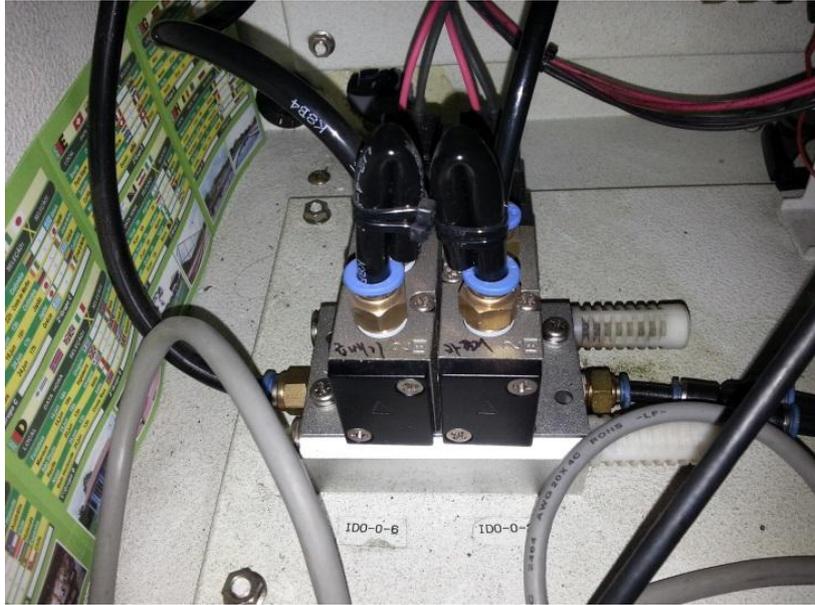


Figura 3.13 - Válvulas 5/2 vias.

Todos estes dispositivos foram montados dentro de uma caixa próximos ao local da injeção do gás para minimizar o tamanho da mangueira de alta pressão, visando o mínimo de perda possível com o alívio da pressão para o acoplamento por meio de uma purga, pois se a mangueira fosse demasiadamente grande, haveria considerável perda de gás por se encontrar dentro das tubulações.

Uma vez finalizado, podemos ver através das Figura 3.14 e Figura 3.15, o resultado da montagem da estrutura física do novo sistema de injeção.

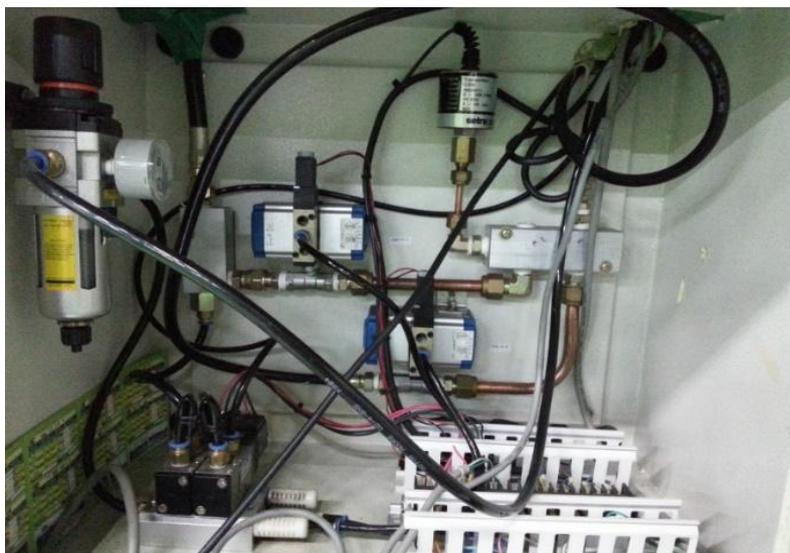


Figura 3.14 - Nova estrutura do sistema de injeção.

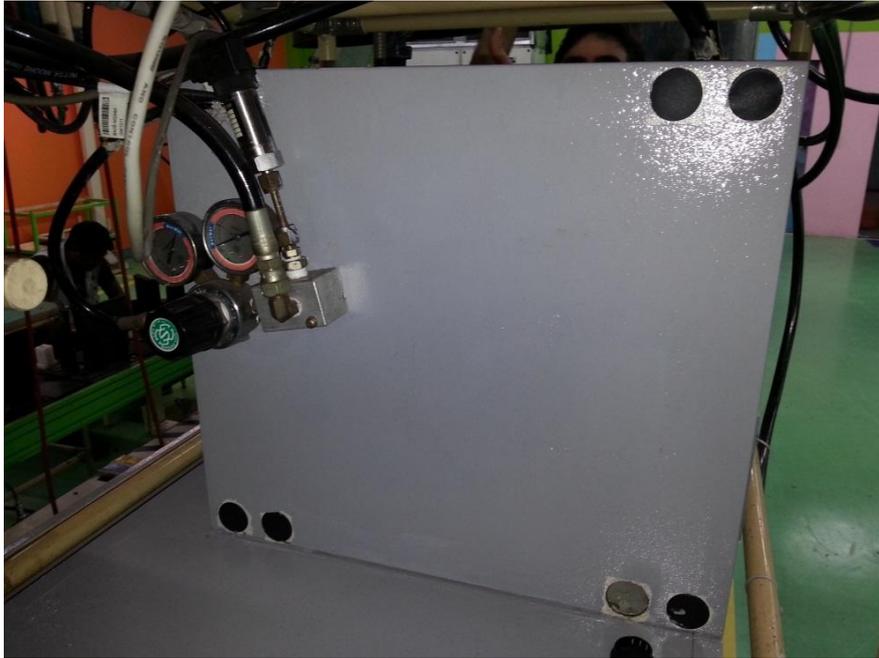


Figura 3.15 - Parte traseira da caixa contendo a nova estrutura do sistema de injeção.

- CLP's e Dispositivos de Entrada (X) e Saída (Y)



Figura 3.16 - CLP's Mitsubishi usados para programação do novo sistema de injeção.



Figura 3.17 - Dispositivos de entrada usados na programação de novo sistema de injeção.



Figura 3.18 - Dispositivos de Saída usados na programação de novo sistema de injeção.

Para os controladores, foram usados slots vazios dos CLP's que continham em uma caixa de controle das esteiras da linha, porém, a programação foi feita em separado da programação da esteira.

3.5.4 - Programação em Ladder

Toda programação do novo sistema de injeção, foi realizada através de programação em linguagem Ladder com auxílio do software GX Developer®. A Figura

3.19, mostra a nomenclatura dada a cada dispositivo durante a programação e a Figura 3.20, apresenta a programação desenvolvida para o novo sistema de injeção de gás.

Dispositivos de Entrada	Nomenclatura
X0	Botão de Start
X1	Botão de Stop

Dispositivos de Saída	Nomenclatura
T0	Válvula de Alimentação
T1	Válvula de Ejeção
T2	Válvula de Purga

Figura 3.19 - Nomenclatura dos dispositivos de entrada e saída para novo sistema de injeção.

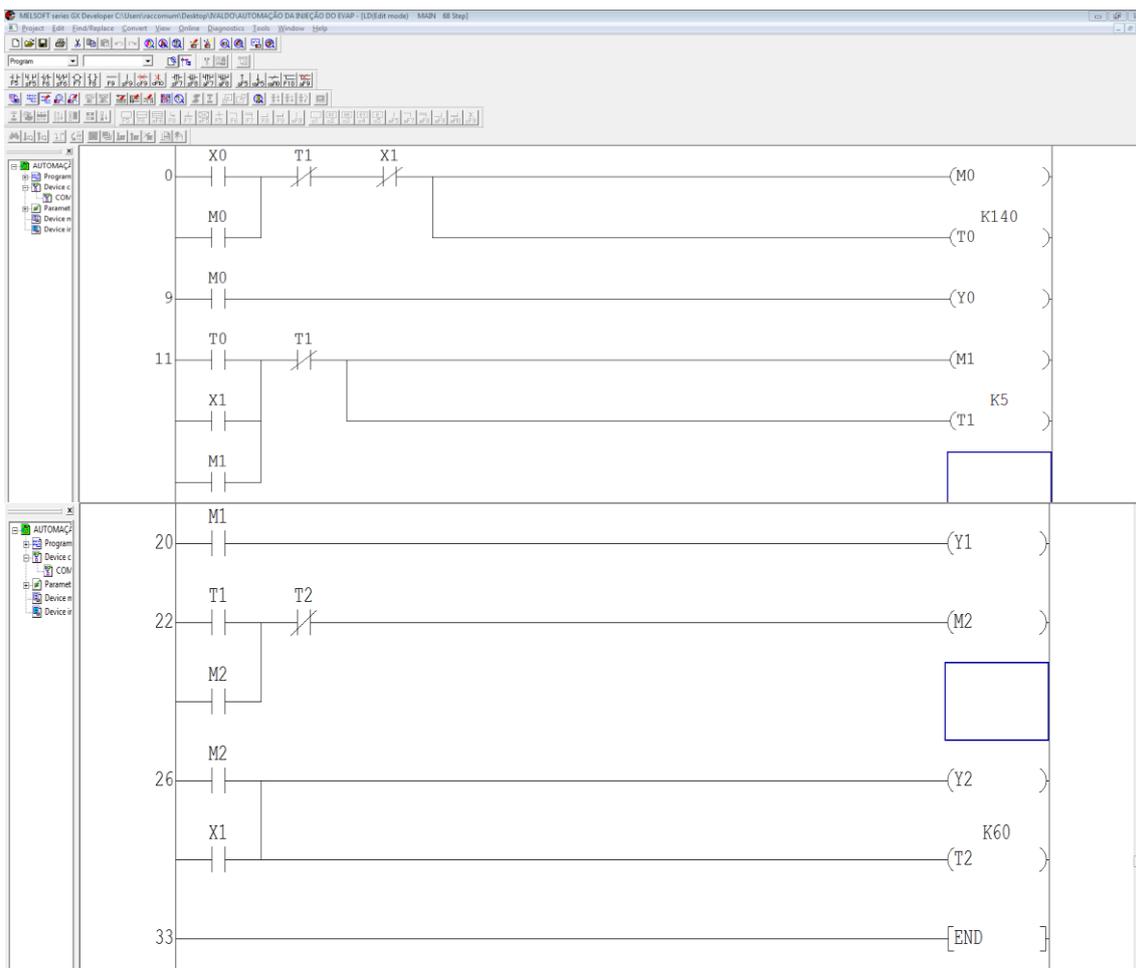


Figura 3.20 - Programação do novo sistema de injeção de gás.

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROCESSO PRODUTIVO

4.1 - CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA

O estudo de caso foi realizado em uma indústria multinacional do PIM. É uma empresa de origem chinesa, pertencente ao setor eletroeletrônicos, No Brasil, possui suas unidades no estado do Amazonas e São Paulo. Em Manaus, está em atividade aproximadamente há 15 anos sendo que atualmente seu quadro é composto de 5.000 funcionários entre diretos e indiretos. Seu portfólio em Manaus apresenta produtos de TV, Condicionadores de Ar do tipo Split e Microondas.

Se trata de uma indústria de manufatura. Desse modo, realiza o processo da seguinte forma: recebe os insumos, processa e torna-o produto. É uma empresa privada que tem uma política de qualidade enraizada em seus produtos e serviços. Além disso, tem o compromisso permanente com a inovação trazendo ao mercado aparelhos de com tecnologia de ponta. Além disso, há forte investimento no desenvolvimento de novo design aplicado a seus produtos, além de novas alternativas de matérias-primas. No aspecto produtivo, tem se destacado ao inserir em grande parte das linhas de produção, a robotização e automação do processo produtivo.

Seu escopo de vendas está voltado para atender unicamente o mercado nacional, não havendo portanto a exportação de seus produtos.

4.2 - PPB APLICADOS AOS CONDICIONADORES DE AR SPLIT

O PPB consiste de etapas fabris mínimas necessárias que as empresas deverão cumprir para fabricar determinado produto com uma das contrapartidas aos benefícios fiscais estabelecidos por lei. São estabelecidos por meio das Portarias Interministeriais, assinadas pelos ministros da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicação (MCTIC) (MDIC, 2018).

Em se tratando do Ar Condicionado, o processo produtivo básico, é um dos que apresentam maior quantidade de obrigações, um extenso conjunto de itens que, cumpridos, proporcionam concessão de incentivos fiscais.

A seguir as etapas de obrigações do PPB aplicada aos condicionadores de ar tipo Split (MDIC, 2017):

- I. Injeção plástica do gabinete da unidade evaporadora ou da unidade condensadora (base, painéis, grades frontais, laterais e tampas externas, quando aplicáveis), num percentual mínimo de 70% (setenta por cento);
- II. Injeção plástica da hélice do ventilador da unidade evaporadora ou injeção ou injeção plástica da hélice do ventilador da unidade condensadora, num percentual mínimo de 70% (setenta por cento);
- III. Estampagem do corpo ou gabinete da unidade condensadora (base, painéis e grades frontais, laterais, superiores e traseiros), ou, estampagem, corte, montagem e soldagem das aletas e dos tubos dos trocadores de calor da unidade condensadora ou **da unidade evaporadora** permitida a proporcionalidade entre os 3 itens:

Unidade	A partir de 1º de julho de 2014	A partir de 1º de julho de 2015	A partir de 1º de julho de 2016 em diante
Condensadora	20%	30%	40%
Evaporadora	Não se aplica	Não se aplica	80%

Figura 4.1 - Proporcionalidade entre os trocadores de calor.

- I. Fabricação dos motores elétricos e suas partes e peças da unidade condensadora, num percentual mínimo de 40% (quarenta por cento);
- II. Fabricação dos compressores herméticos, tipo rotativo ou alternativo, num percentual mínimo de 30% (trinta por cento);
- III. Fabricação, a partir das etapas de corte, expansão quando aplicável, e conformação, dos tubos de ligação do sistema de refrigeração da unidade condensadora, num percentual mínimo de 50% (cinquenta por cento);
- IV. Montagem e soldagem dos componentes na placa de circuito impresso principal da unidade evaporadora ou na placa de circuito impresso principal da unidade condensadora ou na placa de circuito impresso do controle remoto, num percentual mínimo de 60% (sessenta por cento).
- V. Fabricação da rede elétrica ou chicote (cabo de força), num percentual mínimo de 90% (noventa por cento);
- VI. Fabricação dos manuais e etiquetas, num percentual mínimo de 90% (noventa por cento);

- VII. Soldagem dos tubos e conexões do sistema de refrigeração no motocompressor e no trocador de calor da unidade condensadora;
- VIII. Montagem dos componentes de refrigeração no chassi da unidade condensadora;
- IX. Montagem das partes elétricas, totalmente desagregadas;
- X. Montagem final.

Nosso objeto de estudo é o trocador de calor da unidade evaporadora que compreende ao inciso 3. Portanto corresponde a obrigação de 80% do seu volume de produção, destinado à localização. No caso, a empresa optou por verticalizar o processo, internalizando em sua área fabril a fim de atender não uma condição de economicidade, mas sim o Processo Produtivo Básico.

4.3 - CONDICIONADOR DE AR SPLIT

O sistema Split é composto de duas partes distintas, a unidade condensadora e evaporadora. São conectadas por meio de tubos de cobre. A unidade condensador fica no exterior do ambiente. A unidade evaporadora fica na parte interna do estabelecimento (ZAUZA, 2018).

Segundo DUARTE (2018), o sistema Split de condicionamento de ar, se por um lado é bastante parecido com os condicionadores do tipo janela, por outro é bastante diferente. Ele é parecido porque o princípio de funcionamento do equipamento é praticamente o mesmo. Por outro lado, o condicionador de ar tipo Split apresenta diferenças determinantes em relação ao condicionador de ar tipo Janela, como unidades de condensação e de evaporação separadas, possibilidade de instalação em edifícios já prontas, sem a necessidade de fazer aberturas nas paredes ou janelas, além de as unidades evaporadoras possuírem design moderno que combinam com as decorações dos interiores onde serão instaladas.

Dentre os elementos que compõem os aparelhos de ar condicionado tipo Split, podemos destacar as seguintes partes abaixo (ZAUZA, 2018):

- Unidade Condensadora: É a parte externa do sistema, a qual condensa o gás refrigerante em líquido. A distância entre esta unidade e a evaporadora varia de acordo com as especificações do fabricante;
- Unidade Evaporadora: É a unidade interna do sistema, cujo local de instalação varia conforme o tipo do sistema Split adquirido;

- Rede Frigorífera: Através do qual o gás refrigerante é conduzido da unidade condensadora para a evaporadora. É formado por tubulações de cobre instalados dentro de paredes, pisos e lajes ou sobrepostos a estes;
- Rede Elétrica: É a alimentação elétrica do sistema feita por eletrodutos que seguem o mesmo caminho da Rede Frigorífera. Requer uma tomada especificada pelo fabricante para conectar o equipamento;
- Rede de Drenagem: Instalada na unidade evaporadora, dentro da parede, por meio de tubos de pvc para escoar a água resultante da evaporação.

As válvulas, filtros, ventiladores, termostato, controle remoto, compressor, motor e as placas eletrônicas, completam os elementos que compõem os aparelhos de ar condicionado tipo Split.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1.1 - Controle do gás

Após a aplicação do novo sistema de injeção de gás N₂, foi permitido um volume real de gás por aparelho, o que resultou em um controle bem mais preciso do consumo de gás, permitindo através da subtração entre o consumo mensal e o consumo total por quantidade de aparelhos, a obtenção da quantidade real de perda no sistema conforme pode ser visualizado no gráfico abaixo que mostra o consumo de N₂ ao longo dos meses.

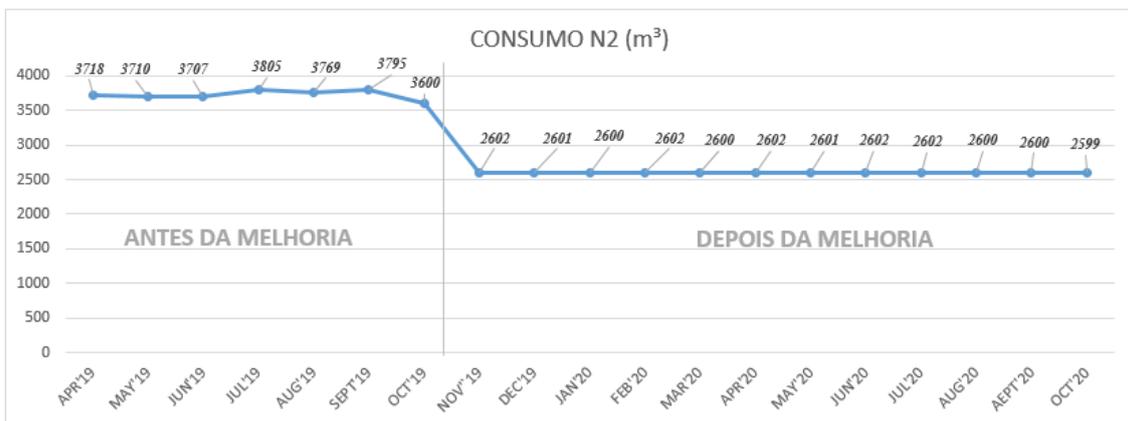


Figura 5.1 - Figura referente ao consumo de N₂.

5.1.2 - Redução de custo

A diferença resultante da média do custo mensal com o consumo de N₂ para pressurizar o sistema, **antes da mudança (R\$ 29.883,14)** e **após a mudança (R\$20.807,33)** foi de 43,38%, ou seja, de **-R\$9.025,81**, o que proporcionou impacto positivo na redução de custo do consumo de N₂ utilizado no processo produtivo para detecção de vazamento nos trocadores de calor.



Figura 5.2 - Figura referente ao custo com o consumo de N2.

5.1.3 - Ergonomia

Com o sistema de purga aplicado no novo sistema de injeção de gás, todo o sistema permanece despressurizado antes da inserção do acoplador, facilitando o acoplamento. O resultado desta facilidade é a isenção do esforço para realizar a operação, levando o índice de risco ao operador, a zero e portanto, se estabelecendo fora da zona de risco ergonômico.

A aplicação do novo sistema foi apresentada como melhoria ergonômica do posto nos resultados trimestrais.

Infelizmente o dinamômetro não estava disponível para uso, tivemos de fazer um cálculo para encontrar a força aplicada que o operador exercia antes da melhoria.

Portanto considerando que a pressão interna de N2 na rede é de 23Kgf/cm² e que o raio da válvula de engate é de 0,95cm tem-se:

Cálculo da área:

$$\begin{aligned}
 A &= \pi r^2 \\
 A &= 3,14 * (0,95)^2 \\
 A &= 2,83 \text{ cm}^2
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

Cálculo da Força aplicada:

$$\begin{aligned}
 P &= F/A \\
 P &= 23*2,83 \\
 P &= 65,21 \text{ Kgf}
 \end{aligned}
 \tag{5.2}$$

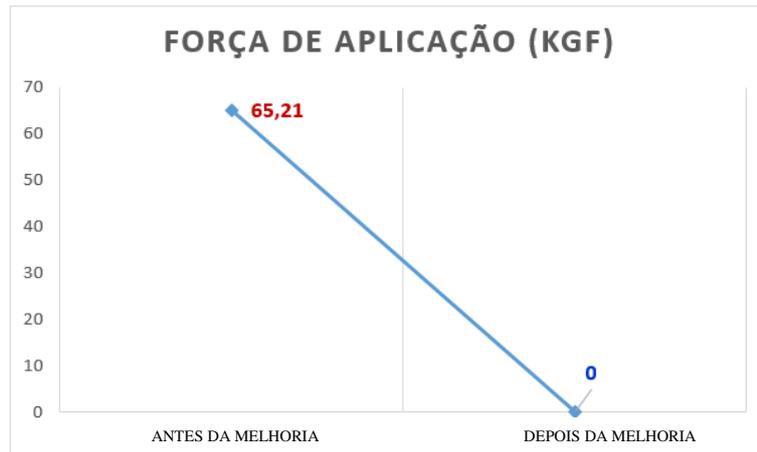


Figura 5.3 - Figura referente à força de aplicação do operador para realizar o processo de teste.

5.1.4 - Tempo de processo

O novo sistema de injeção de gás resultou na padronização do tempo de operação e no ciclo de operação do posto em questão. Um novo balanceamento de linha foi considerado e o resultado apresentado foi a redução do ciclo (Takt Time) do posto de 15 segundos para 10 segundos, portanto uma redução de 33% no tempo de operação no posto, considerado antes como um dos gargalos. Isso ocorreu mais precisamente devido à anulação do esforço do operador em acoplar o conector no trocador de calor da unidade evaporadora (evaporador).

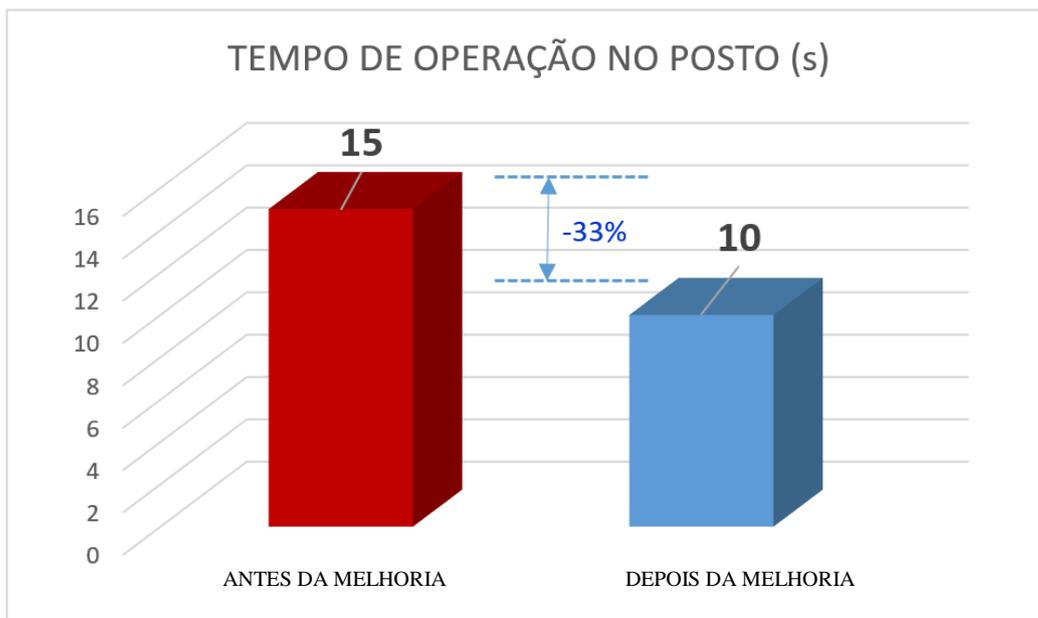


Figura 5.4 - Figura referente ao tempo de operação no posto de montagem.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

6.1 - CONCLUSÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS

O teste de vazamento é uma das tarefas mais difíceis enfrentadas pelos técnicos de manutenção e pelos demais profissionais de refrigeração.

A preocupação mais importante é a entrega ao cliente de um aparelho seguro e eficiente, que seja hermeticamente selado, contenha a menor quantidade de fluido refrigerante e seja instalado e configurado para operar conforme as especificações e recomendações do fabricante.

O objetivo do estudo foi possibilitar melhorias na execução da atividade de estanqueidade do trocador de calor na Unidade Evaporadora e, assim, contribuir para uma redução de vazamentos de gás e com isso reclamações no cliente final. Alguns benefícios do controle eficaz de vazamento de gás na unidade evaporadora:

- a. Propicia o bom funcionamento do aparelho;
- b. Evita que o gás seja liberado no ambiente impactando no efeito estufa.

O N₂ é um tipo de gás. Seu custo é caro e, por isso, um controle efetivo da quantidade de gás aplicada ao teste de estanqueidade foi necessário. Por isso se desenvolveu um processo de automação no intuito de reduzir as perdas. Sendo assim, houve redução de custo significativo (-43,38%).

Referente à condição ergonômica, por ser um processo manual, o operador exercia força considerável para fixar o acoplador no evaporador e assim, realizar o teste. Com o tempo houveram diversas reclamações junto ao setor de EHS (Segurança do Trabalho) com problemas de lesões nas mãos por esforço repetitivo. A automação também contribuiu significativamente para maior conforto da atividade exercida pelo operador no posto de trabalho.

Outro ponto que merece destaque foi o tempo de processo pra execução da atividade de estanqueidade do trocador de calor. Devido a dificuldades que o operador exercia durante o processo manual de acoplamento do sistema de injeção de N₂ à estrutura do trocador de calor da unidade evaporadora, devido ao sistema estar permanentemente pressurizado, o tempo era consideravelmente alto. A automação do

sistema de injeção de N₂, possibilitou um tempo reduzido de realização dos testes de estanqueidade.

Dos resultados obtidos conclui-se que:

- Os resultados do caso proporcionaram redução de custos significativas, uma vez que reduziu consideravelmente o consumo de gás nitrogênio, utilizado para pressurizar o sistema.
- Os resultados do caso proporcionou redução de risco à saúde do operador, uma vez que reduziu drasticamente o índice de lesões nas articulações devido a todo o manuseio de acopladores se dá com o sistema despressurizado.
- Os resultados do caso proporcionou um considerável aumento de produtividade, em virtude da padronização do tempo operacional e um balanceamento do processo produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. N. P. de. **A Zona Franca de Manaus no contexto da política industrial brasileira.** 2011. XXX Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro/RJ.

ALVES, L. G. L. **Refrigeração e Climatização: a importância da qualidade do ar nos ambientes condicionados.** 2014. Marinha do Brasil. Disponível em: <<http://www.redebim.dphdm.mar.mil.br/>>. Acesso em: 18 de agosto de 2020, 22h.

ALVES, S. M. do N. **Inovação e Capacitação nas Indústrias dos Complexos Eletro-Eletrônico e Metal-Mecânico de Pernambuco.** Recife/PE. 2012.

AMAZONAS, Notícias. **Indústrias do Polo Industrial de Manaus faturam mais de R\$ 73 bilhões até setembro de 2019. 2020.** Disponível em: <<https://amazonasnoticias.com.br/>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2020, 21h45min.

ANDRADE, R. B. de. **Brasil em 2020, diz presidente da CNI.** 2020. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/>>. Acesso em: 25 de julho de 2020, 20h50min.

ARAÚJO, E. de P. **Apostila de ar condicionado e exaustão.** 2011.

ARAÚJO, V. G. A. **Projeto de Climatização de uma residência em Natal/RN.** 2018.

ARCONDICIONADO. **Inverter, a novidade do ar condicionado Split. 2012.** Disponível em: <www.arcondicionado.refrigeracao.net>. Acesso em: 12 de agosto de 2020, 20h15min.

ASHRAE. **Fundamentals handbook.** 2001. Disponível em: <<https://sovathrothsama.files.wordpress.com/>>. Acesso em: 18 de agosto de 2020, 21h30min.

BESSA, M. S. do C. M. R. **Metodologia para avaliação do nível de automação em sistemas de produção enxuta.** 2004. Curitiba.

BORGES, C. H. F. *et al.* **Lean Manufacturing Aplicado à Gestão da Melhoria de um Setor: um estudo de caso.** Revista Multidisciplinar Humanidades & Tecnologia em Revistas (FINOM). ISSN 1809-1628. Ano XIII, vol.19. 2019.

CALLÍA, F. P. **Implantação de Sistemas de Retenção e Contenção de Produtos Perigosos em Rodovias Brasileiras – Levantamento e Análise**. 2011. São Paulo.

CAMARGO, R. F. de. **Você sabe quando um gasto é um investimento? Entenda sobre custos, despesas e investimentos**. 2018. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/>>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2020, 15h30min.

CAPUTO, A. C.; MELO, H. P. **A industrialização brasileira nos anos de 1950: uma análise da instrução 113 da SUMOC**. 2019. Estud. Econ. Vol. 39. No. 3. São Paulo.

CARRIER, **Carrier do Brasil**. Willis Carrier. 2020. Disponível em: <<https://www.carrier.com/>>. Acesso em: 19 de agosto de 2020, 20h55min.

CARVALHO, L. **Governo Juscelino Kubitschek (JK)**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/historiab/juscelino-kubitschek.htm>>. 2019. Acesso em: 22 de julho de 2020 21h35min.

CARVALHO, M. T. S. de; MICHALOSKI, A. O. **Fatores que influenciam no conforto térmico no ambiente de trabalho: uma revisão sistemática**. 2018.

CIEAM. **Centro da Indústria do Estado do Amazonas. Superintendência da Suframa aposta em crescimento econômico para 2020**. Disponível em: <<https://cieam.com.br/>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2020, 20h45min.

COLDAR. **Funcionamento do Ar**. 2018. Disponível em: <<https://www.coldar.com.br/>>. Acesso em: 12 de agosto de 2020, 19h20min.

COLOMBAROLI, P. L. S.; BORTONI, E. da C.; MARTINS, H. G. **Sistema de Detecção de Vazamento em dutos de petróleo**. 2009. 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás. Universidade Federal de Itajubá-UNIFEI. Minas Gerais.

DIAS, A. A. **Administração da Produção e Operações**. 2015. 1ª edição. SESES. Rio de Janeiro.

DIAS, K. C.; CRUZ, H. A. da. **Uma Análise da Percepção e Satisfação dos Clientes da Empresa FPJ Comunicações em Anitápolis/SC**. XII Seget. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2015.

DIGEL, Elétrica LTDA. **CLP, o Controlador Lógico Programável**. 2020. Disponível em: <<https://www.digel.com.br/>>. Acesso em: 18 de julho de 2020, 19h10min.

DIÓGENES, C.; RODRIGUES, J.; GUSTAVO, P. **Automação Industrial**. 2016. Universidade Federal de Sergipe. Sergipe.

ESTEVES, W. L. da S. **A Aplicação do Lean Manufacturing nas Indústrias**. X CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. INSS 1984-9354, 2014.

ERPFLEX. **Custos, gastos e despesas: Entenda a diferença**. 2020. Disponível em: <<https://www.erpflex.com.br/>>. Acesso em: 17 de setembro de 2020, 20h50min.

FREITAS, A. G. de; SANTOS, A. M. dos; CAMPOS, P. S. **Aplicação do Lean Manufacturing na Melhoria do Processo de Manipulação de Alimentos em uma rede de Fast Food**. 2018.

GORENDER, J. **Globalização, tecnologia e relações de trabalho, 1997**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 26 de junho de 2020, 21h50min.

GROOVER. M.P. **Automation, Production Systems and Computer – Integrated Manufacturing**. 2001 2nd ed. New Jersey.

GRUPO ESCOLAR. **Características da indústria moderna**. 2020. Disponível em: <<https://www.grupoescolar.com/pesquisa/caracteristicas-da-industria-moderna.htm/>>. Acesso em: 17 de junho de 2020, 21h15min.

GUIMARÃES, L. das S. *et al.* **Lean Manufacturing na indústria de componentes de refrigeração**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba. 2014.

JUNIOR, A. M. **Processos Produtivos**. 2013. CDD. Ed. 23 – 658.5. Curitiba-PR.

JUNIOR, C. **Lean Manufacturing: entenda o que é e como pode ser aplicado na sua indústria**. 2020. Disponível em: <<https://www.catalisajr.com.br/lean-manufacturing/>> 2020. Acesso em: 22 de julho de 2020, 20h35min.

JUNIOR, J. M.; MAFRA, M. A. **Curso de Controladores Lógicos Programáveis**. 2020. Programa Prodenge/Sub-Programa Reenge. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

JÚNIOR, L. C. M. **Refrigeração e Ar Condicionado**. 2019. Disponível em: <<https://wiki.sj.ifsc.edu.br/>>. Acesso em: 12 de agosto de 2020, 21h15min.

MATIAS, Á. **"Economia do Brasil"**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/economia-brasil.htm>>. Acesso em: 23 de julho de 2020, 23h25min.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Ar condicionado, guia prático sobre sistemas de água gelada**. Brasília. 2016.

MOTTA, R. S. da *et al.* **Mudança do Clima no Brasil, aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica aplicada. 2011.

NETO, M. V. J. **Perdas de Produtividade devido à produção de peças defeituosas: Um estudo de caso no setor de montagem em uma indústria de fabricante de máquina têxteis**. Revista Intersaberes. vol. 1. No. 1. Pg 137-167. 2006.

OREIRO, J. L.; FEIJÓ, C. A. **Desindustrialização: Conceituação, causas, efeitos e o caso brasileiro**. Brazilian Journal of Political Economy. São Paulo. ISSN 0101-3157. Vol.30. no. 2. 2010.

PEÇANHA, V. **O que é marketing: Tudo o que você precisa saber sobre a arte de conquistar e fidelizar clientes, 2020**. Disponível em: <<https://rockcontent.com/br/blog/o-que-e-marketing/>>. Acesso em: 20 de julho de 2020, 18h50min.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Industrialização em países subdesenvolvidos, 2019**. Disponível em: <https://mundoeducação.uol.com.br>. Acesso em 10 de Julho de 2020.

PULSE ELETRÔNICA. **Automação Industrial**. 2019. Disponível em: <<https://www.pulseeletronica.com.br/>>. Acesso em: 20 de agosto de 2020, 23h10min.

ROSA, G. da S.; FERRAZ, G. R. S.; VILELA, C. E. C. **Projeto de um sistema de automação via PLC Controlador Lógico Programável**. 2009. XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. VIII Encontro Latino de Pós-Graduação- Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos – SP.

ROURE, M. de. **Pirâmide de Automação Industrial- Entenda de uma vez por todas**. 2017. Disponível em: <<https://instrumentacaoecontrole.com.br/>>. Acesso em: 07 de agosto de 2020, 21h50min.

SANTOS, F. B. dos. **O início da industrialização brasileira**. Brasil Escola. 2019. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/historiab/juscelino-kubitschek.htm>>. Acesso em 22 de julho de 2020, 21h45min.

SENAI. **O que é Automação**. 202 Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br>>. Acesso em: 12 de agosto de 2020, 21h44min.

SHM, Engenharia. **Automação**. 2020. Disponível em: <<http://pt.linkfang.org>>. Acesso em: 14 de agosto de 2020.

SILVA, R. da. **Material 2 (FIC Programação Básica CLP Básico)**. 2013. Curitiba-PR.

SILVEIRA, C. B. **Saiba tudo sobre CLP. 2018**. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/>>. Acesso em: 22 de agosto de 2020, 20h25min.

STDENGENHARIA. **Teste de Estanqueidade em Rede Canalizada**. 2017. Disponível em: <<http://stdengenharia1.blogspot.com>>. Acesso em: 07 de agosto de 2020, 19h15min.

STROBEL, C. **Refrigeração e Ar Condicionado-Sistemas de Compressão a vapor de um único estágio**. 2015.

SUFRAMA. Superintendência da Zona Franca de Manaus. **O que é o Modelo ZFM?**. 2014. Disponível em: <<http://www.suframa.gov.br/>>. Acesso em 26 de junho de 2020, 22h.

TANKTEST. **Ensaio de Estanqueidade**. 2018. Disponível em: <<http://www.tanktest.com.br/ensaio-estanqueidade>>. Acesso em: 14 de agosto de 2020, 21h45min.

VENKI. **O que é a melhoria de processos**. Disponível em: <<https://www.venki.com.br/>>. 2015. Acesso em: 27 de julho de 2020, 21h45min.

ZANCAN, M. D. **Controladores Programáveis**. 2011. Escola Técnica Aberta do Brasil. Santa Maria-RS.