

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

THIAGO NARCISO EDWARDS MESQUITA

**ANÁLISE DE NÃO CONFORMIDADES EM UM PROCESSO PRODUTIVO DE
CONDICIONADORES DE AR: um estudo de caso**

**MANAUS
2025**

THIAGO NARCISO EDWARDS MESQUITA

**ANÁLISE DE NÃO CONFORMIDADES EM UM PROCESSO PRODUTIVO DE
CONDICIONADORES DE AR: um estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Francisco Assis Barros de Oliveira.

MANAUS
2025

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

M578 Mesquita, Thiago Narciso Edwards
ANÁLISE DE NÃO CONFORMIDADES EM UM PROCESSO
PRODUTIVO DE CONDICIONADORES DE AR : um estudo de
caso / Thiago Narciso Edwards Mesquita . Manaus : [s.n], 2025.
79 f. : ; 21,0 cm.

TCC - Graduação em Engenharia de Produção- Universidade
do Estado do Amazonas, Manaus, 2025.
Orientador: Orientador: Prof. Francisco Assis Barros de
Oliveira..

1. Condicionadores de ar. 2. Não conformidades. 3.
ferramentas da qualidade. 4. Análise de dados. 5. processo
produtivo. I. Orientador: Prof. Francisco Assis Barros de

CDU(1997)658.

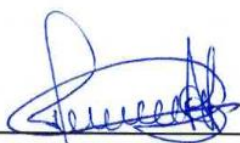
THIAGO NARCISO EDWARDS MESQUITA

**ANÁLISE DE NÃO CONFORMIDADES EM UM PROCESSO PRODUTIVO DE
CONDICIONADORES DE AR: um estudo de caso**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Data de aprovação: Manaus (AM), 11 de junho de 2025.

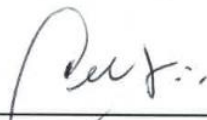
Banca examinadora:



Prof. Dr. Francisco Assis Barros de Oliveira
Universidade do Estado do Amazonas



Profa. Dra. Nadja Polyana Felizola Cabete
Universidade do Estado do Amazonas



Prof. Me. Carly Pinheiro Trindade
Universidade do Estado do Amazonas

DEDICATÓRIA

Á minha mãe Alcilene Mendes Edwards e ao meu pai Tércio Narciso Benarrós de Mesquita, cujo amor incondicional, a fé no meu potencial e sacrifícios diários me ensinaram que o amor e a educação são as nossas maiores heranças. Esta conquista é nossa.

Dedico também este trabalho a minha família, que sempre acreditou em mim e me incentivou a seguir em frente, mesmo nos momentos mais delicados e desafiadores. À memória de Teófilo Narciso de Mesquita Neto, que, mesmo ausente fisicamente, permanece presente em meu coração e foi uma inspiração constante durante esta trajetória.

Dedico aos professores que compartilharam seus conhecimentos e experiências, contribuindo significativamente para minha formação acadêmica e pessoal. A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, oferecendo apoio, conhecimento e encorajamento. Minha sincera gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelas bençãos e por me guiar em todas as minhas vitórias e conquistas que tem sido alcançada em minha vida.

A minha mãe Alcilene Edwards pela criação, orientação, amor, carinho, cuidado, motivação e se tornado meu maior exemplo de superação para que eu pudesse continuar a alcançar minhas conquistas.

Ao meu pai Tércio Mesquita, pelos ensinamentos, motivação, amor, carinho e companhia desde o início da minha vida como para que eu pudesse ter o melhor desempenho como um estudante e engenheiro.

Aos meus irmãos Luis Henrique e Luis Filipe por me fazerem acreditar em mim, me incentivar e mostrar o quão influente são as conquistas pessoais voltadas para os sucessos dos irmãos.

Ao meu avó Teófilo Mesquita, que mesmo não estando presente fisicamente, sempre me apoiou e me ensinou sobre as fases da vida e nunca desistir dos meus sonhos e metas.

As minhas avós Ledice Benarrós e Aloia Mendes e ao meu avô Alberto Olímpio, por todo amor, carinho e zelo que tiveram comigo durante a minha caminhada na universidade.

A minha namorada Yasmin Rocha, pelo amor, carinho, motivação, orientações, apoio e companhia desde o início da minha graduação.

Aos meus amigos Marcos Dutra, Rodrigo Moraes, Hadassa Feitosa e Katarina Moura pelo incentivo, companhia e lealdade durante todos os momentos importantes da graduação.

Ao professor Francisco Assis Barros de Oliveira e a professora Rejane Gomes Ferreira pela orientação, incentivo e ensinamentos.

A Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas por disponibilizar a estrutura física e profissionais qualificados para a construção do meu conhecimento.

RESUMO

Observa-se um significativo avanço no uso das ferramentas da qualidade destinadas a melhoria contínua nos processos, impulsionado pela crescente relevância da gestão da qualidade, foco no cliente e competitividade no mercado voltadas para minimizar as não conformidades no processo produtivo. Com base nesse contexto, este trabalho realiza uma análise de dados através das ferramentas da qualidade e do mapeamento de processos. Dessa forma, o objetivo é estudar essas informações juntamente com tais ferramentas citadas anteriormente a fim de investigar quais são as não conformidades no processo mais frequentes e o impacto delas nos indicadores de desempenho. Para isso, a metodologia desse estudo se dá a partir da pesquisa quantitativa e qualitativa da temática exposta, através de um estudo de caso realizado com os dados de um processo produtivo em uma empresa multifuncional no ramo de condicionadores de ar. Os resultados revelam informações significativas a respeito do processo de montagem, e com a ajuda das demais ferramentas, destacam-se as situações na qual é indispensável as ferramentas da qualidade para ter *insights* com o intuito de minimizar as não conformidade, como por exemplo implantar *check-lists*, desenvolvimento de programas de treinamento operacional e estabelecimento de indicadores de desempenho voltados para a estratégia da qualidade. Essas ações visam reduzir retrabalhos e custos, fortalecer a cultura da qualidade e transformar a excelência operacional em diferencial competitivo sustentável. Além disso, evidenciam-se uma relação efetiva de complementariedade entre as ferramentas usadas, cuja características se combinam para tornar os processos mais detalhados e visualmente claros. Este tudo também se apresenta como uma base para pesquisas futuras, permitindo o aprofundamento do tema e das ferramentas exploradas.

Palavras-chave: condicionadores de ar, não conformidades, ferramentas da qualidade, análise de dados, melhoria contínua, processo produtivo.

ABSTRACT

There has been significant progress in the use of quality tools for continuous process improvement, driven by the growing relevance of quality management, customer focus, and market competitiveness aimed at minimizing nonconformities in the production process. Based on this context, this study performs a data analysis using quality tools and process mapping. Thus, the objective is to study this information together with the tools mentioned above in order to investigate which are the most frequent nonconformities in the process and their impact on performance indicators. To this end, the methodology of this study is based on quantitative and qualitative research on the subject presented, through a case study carried out with data from a production process in a multifunctional company in the air conditioning industry. The results reveal significant information about the assembly process, and with the help of other tools, situations in which quality tools are essential to gain insights in order to minimize nonconformities stand out, such as implementing checklists, developing operational training programs, and establishing performance indicators focused on the quality strategy. These actions aim to reduce rework and costs, strengthen the culture of quality and transform operational excellence into a sustainable competitive advantage. In addition, an effective relationship of complementarity between the tools used is evident, whose characteristics combine to make the processes more detailed and visually clear. This also serves as a basis for future research, allowing for a more in-depth study of the topic and the tools explored.

Keywords: air conditioners, non-conformities, quality tools, data analysis, continuous improvement, production process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Princípios do método 5W2H.....	22
Figura 2 - Aplicação dos 5 porquês.....	23
Figura 3 - Ilustração de um Diagrama de Pareto.....	24
Figura 4 - Representação esquemática do Diagrama de Ishikawa.....	25
Figura 5 - Fluxograma da troca de lâmpada.....	27
Figura 6 - Modelo de transformação de processos.....	28
Figura 7 - Fluxograma do processo de montagem da máquina condensadora.....	31
Figura 8 - Procedimento no posto de desembalagem.....	32
Figura 9 - Operação de desmontagem do mock-up da condensadora.....	32
Figura 10 - Atividades realizadas no posto de preparação do motor.....	33
Figura 11 - Atividades realizadas no posto do compressor.....	34
Figura 12 - Atividades realizadas no posto do compressor.....	35
Figura 13 - Atividades realizadas no posto de preparação da tubulação.....	36
Figura 14 - Atividades realizadas no posto de montagem da tubulação.....	36
Figura 15 - Atividade realizada no posto de soldagem.....	37
Figura 16 - Atividade realizada no posto de engate rápido.....	37
Figura 17 - Atividade realizada no posto de vácuo e gás.....	38
Figura 18 - Atividade realizada no posto da caixa elétrica.....	39
Figura 19 - Atividade realizada no posto da conexão.....	40
Figura 20 - Atividade realizada no posto de teste de vazamento 1.....	41
Figura 21 - Atividade realizada no posto de fechamento.....	43
Figura 22 - Atividade realizada no posto de Hipot.....	43
Figura 23 - Atividade realizada no posto de runtest.....	44
Figura 24 - Atividade realizada no posto de retirada das válvulas.....	46
Figura 25 - Atividade realizada no posto de Diagrama da tampa.....	46
Figura 26 - Atividade realizada no posto de teste de vazamento 2.....	47
Figura 27 - Atividade realizada no posto de fixação das tampas.....	47
Figura 28 - Atividade realizada no posto de embalagem.....	48
Figura 29 - Fluxograma do processo de montagem da máquina evaporadora.....	49
Figura 30 - Atividade realizada no posto de desembalagem.....	50
Figura 31 - Atividade realizada no posto de desmontagem.....	51
Figura 32 - Atividade realizada no posto da hélice turbina.....	52
Figura 33 - Atividade realizada no posto do trocador de calor.....	53
Figura 34 - Atividade realizada no posto de etiquetas.....	53
Figura 35 - Atividade realizada no posto de sensor de temperatura e aterramento...	54
Figura 36 - Atividade realizada no posto do motor da aleta.....	54
Figura 37 - Atividade realizada no posto da caixa elétrica.....	55
Figura 38 - Atividade realizada no posto da caixa elétrica.....	56
Figura 39 - Atividade realizada no posto de fechamento do gabinete.....	57
Figura 40 - Atividade realizada no posto de Hipot e desempenho.....	58
Figura 41 - Atividade realizada no posto de fechamento do gabinete.....	59
Figura 42 - Planilha de Não conformidades.....	61
Figura 43 - Diagrama de Ishikawa.....	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade de Não Conformidade por tipo de máquina.....	62
Gráfico 2 – Gráfico de Barras de Não conformidades da condensadora.....	62
Gráfico 3 - Diagrama de Pareto de modelos com mais não conformidades.....	63
Gráfico 4 - Diagrama da quantidade de não conformidades dos modelos mais defeituosos da condensadora.....	63
Gráfico 5 – Gráfico de barras de não conformidades na evaporadora.....	65
Gráfico 6 - Diagrama de Pareto com os Não conformidades da evaporadora.....	65
Gráfico 7 - Diagrama de Pareto dos modelos mais defeituosos da evaporadora.....	66
Gráfico 8 - Diagrama da quantidade de não conformidades dos modelos mais defeituosos da evaporadora.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – 5 Porquês do posto de conexão da Condensadora	68
Quadro 2 – 5 Porquês do posto de fechamento da Condensadora	69
Quadro 3 - 5 Porquês da Evaporadora	70
Quadro 4 - 5W2H para a evaporadora.....	71
Quadro 5 - 5W2H para a condensadora	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.2	TEMA	16
1.3	PROBLEMA DA PESQUISA	16
1.4	OBJETIVOS	16
1.4.1	Objetivo geral	16
1.4.2	Objetivos específicos	16
1.5	METODOLOGIA	16
1.6	LIMITAÇÃO DO ESTUDO	18
1.7	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	18
2.	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	GESTÃO DA QUALIDADE	19
2.1.1.	KPI (<i>Key Performance Indicator</i>)	20
2.1.1.1	Reprocesso	21
2.1.1.2	Produção total	21
2.2	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	21
2.2.1	5W2H	22
2.2.2	5 Porquês	23
2.2.3	Diagrama de Pareto	24
2.2.4	Diagrama de Ishikawa	25
2.2.5	Fluxograma	26
2.3	PROCESSO PRODUTIVO	28
2.3.1	Processo de montagem de condicionadores de ar	29
2.4	MAPEAMENTO DE PROCESSOS	30
3	ESTUDO DE CASO	31
3.1.1	Desembalagem da condensadora	31

3.1.2	Desmontagem da condensadora.....	32
3.1.3	Preparação do motor	33
3.1.4	Compressor.....	34
3.1.5	Preparação da válvula	35
3.1.6	Preparação da tubulação	35
3.1.7	Montagem da tubulação	36
3.1.8	Soldagem.....	37
3.1.9	Engate rápido	37
3.1.10	Vácuo e gás.....	38
3.1.11	Caixa elétrica	39
3.1.12	Conexão.....	40
3.1.13	Teste de vazamento 1	41
3.1.14	Fechamento.....	41
3.1.15	Teste de <i>hipot</i>	43
3.1.16	<i>Runttest</i> (teste de desempenho).....	44
3.1.17	Retirada do engate rápido.....	46
3.1.18	Diagrama da tampa.....	46
3.1.19	Teste de vazamento 2	46
3.1.20	Fixação das tampas.....	47
3.1.21	Preparação da caixa embalagem.....	48
3.1.22	Embalagem.....	48
3.2	DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA MÁQUINA EVAPORADORA	49
3.2.1	Desembalagem da evaporadora	50
3.2.2	Desmontagem da evaporadora.....	51
3.2.3	Motor hélice turbina	52
3.2.4	Trocador de calor.....	52

3.2.5	Posto de etiquetas.....	53
3.2.6	Sensor de temperatura e aterramento.....	53
3.2.7	Motor da aleta.....	54
3.2.8	Caixa elétrica	54
3.2.9	Conexão da caixa elétrica.....	56
3.2.10	Fechamento do gabinete.....	57
3.2.11	<i>Hipot</i> e performance.....	57
3.2.12	Caixa embalagem.....	58
3.2.13	Embalagem.....	58
3.3	NÃO CONFORMIDADES NO PROCESSO PRODUTIVO	59
3.3.1	Possíveis não conformidades no processo.....	60
3.3.2	Não conformidades registradas.....	61
4	RESULTADOS E PROPOSTAS DE MELHORIA	62
4.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS	62
4.2	AVALIAÇÃO DA CONDENSADORA	62
4.3	AVALIAÇÃO DA EVAPORADORA	65
4.4	PROPOSTAS DE MELHORIAS	68
5	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico, junto à globalização, tornou acirrada a competição entre as organizações e, oriundo disso, a gestão da qualidade tem sido essencial para o sucesso e crescimento das empresas (Lima; Santiago, 2011). As organizações modernas priorizam a excelência dos produtos e serviços, adotando um monitoramento rigoroso da cadeia produtiva, desde a recepção da matéria-prima até a conversão em produto acabado, almejando aumentar sua competitividade e crescimento (Pistore *et al.*, 2015). As empresas implementam modelos de gestão avançados que promovem melhorias contínuas, otimizam processos e asseguram a sustentabilidade operacional, conforme Nascimento *et al.* (2016).

Em uma indústria de condicionadores de ar, o processo de montagem compreende a integração e instalação de componentes mecânicos, elétricos e de refrigeração, assegurando a conformidade com as especificações técnicas e de qualidade. A montagem do circuito de refrigeração é uma das fases mais críticas, envolvendo a soldagem e interligação de tubos de cobre, a instalação de válvulas de controle e a preparação do compressor e do condensador. O sistema é carregado com o gás refrigerante adequado e submetido a procedimentos de vácuo e pressurização para garantir a estanqueidade e evitar vazamentos.

Em seguida, são instalados os circuitos elétricos, as placas de controle e os sensores de temperatura. O painel de controle eletrônico é integrado para gerenciar a operação do equipamento, ajustando a temperatura, o modo de operação e outras funções essenciais. A conexão eficiente entre o sistema elétrico e o ciclo de refrigeração é fundamental para o desempenho adequado do condicionador de ar.

No entanto, o processo de fabricação pode apresentar variações nos tipos e nas quantidades de não conformidades, decorrentes de anomalias e do não seguimento do fluxo correto de montagem, o que gera retrabalhos nas máquinas e, assim, afeta os índices diários de não conformidades. O problema levantado retrata um grande desafio para o setor de produção, cujo principal fator é a não conformidade.

Este trabalho tem como proposta realizar um estudo, buscando identificar os desvios no processo de montagem e apresentar possíveis melhorias para o setor de produção, com o objetivo de minimizar as não conformidades no fluxo produtivo, por meio de algumas das ferramentas da qualidade.

1.2 TEMA

Análise de não conformidades em uma empresa do ramo de condicionadores de ar por meio de ferramentas da qualidade.

1.3 PROBLEMA DA PESQUISA

No processo de montagem de uma máquina condicionadora de ar, exige-se mão de obra qualificada para a realização das atividades, visto que, no fluxo produtivo, há vários postos de montagem com procedimentos e tarefas diferentes, sendo necessário ter conhecimento sobre a montagem específica de cada modelo.

Para essas montagens, deve-se seguir um padrão descrito nas instruções de montagem, a fim de evitar anomalias durante o fluxo operacional. Entretanto, o processo produtivo apresenta variabilidade, decorrente de não conformidades ocasionadas pelos mais variados motivos. Diante disso, questiona-se: quais são as não conformidades que mais impactam os indicadores de desempenho da fábrica?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Analisar de dados de não conformidades de processo e propor possíveis melhorias.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os postos de trabalhos com o maior índice de não conformidades;
- b) Avaliar os defeitos encontrados nos postos de trabalho;
- c) Propor correções para as principais não conformidades.

1.5 METODOLOGIA

A metodologia científica, conforme Gil (2017), estrutura-se a partir da relação entre objetivos da pesquisa, natureza do problema e abordagem metodológica. Destacam-se três categorias principais quanto aos objetivos: (1) pesquisa exploratória, que visa mapear fenômenos pouco conhecidos; (2) pesquisa descritiva, que detalha características de uma população ou processo; e (3) pesquisa explicativa, que identifica relações de causalidade entre variáveis.

Quanto aos procedimentos técnicos, as abordagens incluem: pesquisa bibliográfica (análise crítica de literatura existente), pesquisa documental (estudo de registros institucionais), experimental (manipulação de variáveis em ambiente controlado) e *ex-post facto* (análise de eventos já ocorridos) (Gil, 2017).

Para fenômenos complexos e contextuais, Miguel e Mello (2012) destacam que o estudo de caso é um método robusto para investigar problemas específicos em ambientes industriais, integrando dados quantitativos e qualitativos. Essa abordagem é ideal para analisar interações entre variáveis técnicas e organizacionais, como em processos produtivos de climatização.

Outras estratégias complementares incluem pesquisas de campo (coleta de dados em ambiente natural) e levantamentos (análise estatística de padrões), cada qual com aplicabilidade conforme a escala e profundidade requeridas (Miguel; Mello, 2012).

Na Engenharia de Produção, a escolha metodológica deve alinhar-se às demandas do objeto de estudo. Por exemplo, pesquisas sobre qualidade em processos produtivos frequentemente combinam métodos quantitativos (ex.: medição de indicadores de eficiência) e qualitativos (ex.: entrevistas com operadores), garantindo uma triangulação que amplia a confiabilidade dos resultados (Gil, 2017).

Este trabalho adota um estudo de caso único explicativo (Miguel; Mello, 2012), focado em uma empresa de condicionadores de ar, com o objetivo de identificar fatores críticos que impactam a qualidade no processo produtivo.

A escolha justifica-se pela necessidade de analisar detalhadamente interações entre variáveis técnicas (ex.: controle estatístico de processo) e organizacionais (ex.: gestão de equipes), em um contexto real e não controlado. Os procedimentos metodológicos dividem-se em três etapas:

- a) Coleta de dados primários: Realização de observações in loco do fluxo produtivo, análise de documentos técnicos (ex.: relatórios de não conformidades).
- b) Coleta de dados secundários: Revisão de indicadores de desempenho (ex.: taxa de retrabalho, tempo médio entre falhas) e normas de qualidade aplicáveis (ex.: ISO 9001).

- c) Triangulação de dados: Integração de evidências quantitativas (ex.: Gráficos de controle) e qualitativas (ex.: percepções dos colaboradores) para validar padrões identificados.

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa documental com abordagem mista, integrando análises qualitativas e quantitativas dos dados coletados no ambiente de produção, com base nos documentos estabelecidos em conformidade com as normas e padrões vigentes.

1.6 LIMITAÇÃO DO ESTUDO

Os resultados apresentados neste trabalho são exclusivos para este estudo de caso, podendo ser aplicado ou não em outras fábricas com as mesmas características de processo produtivo, observando suas peculiaridades nos processos, pode-se ter conclusões semelhantes.

Este trabalho foi realizado em uma indústria no ramo de fabricação de condicionadores de ar, localizada em Manaus, na qual tem um processo de montagem com várias etapas e atividades. O período de coleta dos dados foi entre os meses de janeiro de 2024 até maio de 2024 em uma linha de produção desta empresa.

1.7 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis seções. O primeiro capítulo apresenta a introdução, na qual são expostos o tema, os objetivos e a metodologia empregada na pesquisa.

A segunda seção consta uma revisão da literatura das principais discussões a respeito do tema dissertado no estudo de caso.

A terceira seção apresenta uma explicação sobre o processo produtivo da montagem de uma máquina condicionadora de ar, apresenta-se os materiais e métodos utilizados neste trabalho.

Na quarta seção constam os resultados e avaliações dos problemas ocorridos e as possíveis soluções para os problemas. Por fim, na quinta seção apresenta a conclusão do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Com o propósito de aprofundar o conhecimento e apresentar ideias já existentes sobre o tema, serão abordados os seguintes tópicos: Gestão da qualidade, ferramenta da qualidade, processo e mapeamento de processos.

2.1 GESTÃO DA QUALIDADE

De acordo com Paladini (2019), a gestão da qualidade possui relevância significativa, sendo imperativa a adoção de práticas que visem à prevenção de não conformidades e anomalias nos processos produtivos. Essa abordagem é fundamental, uma vez que os custos e impactos decorrentes de falhas podem ser incalculáveis, abrangendo desde a insatisfação dos clientes e a perda de mercado até a geração de retrabalhos, desperdícios, atrasos e, em alguns casos, riscos à segurança.

Corroborando essa perspectiva, Manganiello (2016) defende que o “fator qualidade” representa uma métrica essencial na definição de estratégias voltadas ao desenvolvimento de sistemas produtivos que fortalecem a competitividade das organizações.

A temática relacionada à qualidade permanece em constante evolução, uma vez que os gestores, de forma contínua, buscam novas metodologias e práticas para aperfeiçoar os processos organizacionais. Esse aprimoramento tem como objetivo alcançar elevados padrões de desempenho, tanto na redução de custos quanto na melhoria contínua. Segundo Batista e Santos (2015), a adoção de um sistema de produção efetivo, pautado nos princípios da qualidade, contribui diretamente para a minimização dos custos operacionais e para o aumento da eficiência empresarial.

Independentemente dos motivos que levem uma organização a investir na gestão da qualidade, é inegável que esse fator se apresenta como indispensável para a manutenção da competitividade no mercado. Empresas que oferecem produtos e serviços alinhados a elevados padrões de qualidade possuem maior capacidade de atrair e fidelizar clientes, além de se diferenciar em ambientes altamente competitivos. Por outro lado, a ausência de qualidade pode acarretar a exclusão da organização do mercado, seja em razão da superioridade das ofertas concorrentes, seja pela

insatisfação dos clientes, que passam a buscar alternativas mais eficientes (Gallegos, 2023).

Nesse mesmo contexto, Adamy *et al.* (2017) destacam a importância da mitigação dos custos associados à não qualidade, que, via de regra, são provenientes de falhas nos processos produtivos, as quais podem ser atribuídas à ineficiência operacional ou à aplicação inadequada das ferramentas de gestão da qualidade. A implementação eficaz dessas ferramentas mostra-se crucial para a prevenção de não conformidades, a redução de retrabalhos e a eliminação de desperdícios, contribuindo, assim, para a minimização de perdas financeiras e a promoção da excelência operacional, além de assegurar a satisfação dos clientes.

No âmbito da gestão da qualidade, destaca-se ainda a importância da adoção de indicadores de desempenho, os quais são fundamentais para o monitoramento, análise e controle efetivo dos processos organizacionais. Esses indicadores permitem a avaliação contínua das atividades e de seus respectivos resultados, proporcionando uma abordagem proativa capaz de prevenir falhas e disfunções nos processos.

Adicionalmente, os indicadores de desempenho possibilitam a identificação de oportunidades de melhoria, viabilizando a implementação de ações corretivas e o aprimoramento progressivo dos processos produtivos. Dessa forma, garantem o alinhamento das operações aos padrões de excelência e às metas estratégicas da organização, reforçando sua sustentabilidade e competitividade no mercado.

2.1.1. KPI (*Key Performance Indicator*)

Segundo Francischini e Francischini (2017), um KPI (*Key Performance Indicator*) é um indicador de desempenho utilizado para quantificar ou qualificar uma operação, sistema ou processo (indicadores) de forma parcial ou global, atuando na mensuração e análise deles. De acordo com David Parmenter (2015), um *Key Performance Indicator* (KPI) pode ser representado por um único indicador ou por uma combinação de múltiplos indicadores.

Esses conjuntos de medidas são projetados para focar nos aspectos mais críticos que impulsionam o desempenho organizacional e facilitam o alcance dos objetivos estratégicos. Segundo Ferreira (2019), os indicadores de desempenho são divididos em duas categorias:

- a) Retroativos: Avaliam a eficácia das estratégias implementadas com base em eventos passados.
- b) Preditivos: Fornecem insights para orientar medidas preventivas que otimizem o desempenho futuro, viabilizando o alcance dos objetivos estratégicos.

2.1.1.1 Reprocesso

O reprocesso configura-se como um dos principais indicadores de desempenho na gestão da produção, por refletir diretamente a eficiência e a qualidade dos processos. Conforme Corrêa e Gianesi (2019), o retrabalho, ou reprocesso, constitui uma forma de desperdício que deve ser rigorosamente controlada, uma vez que impacta nos custos operacionais e na capacidade de atendimento. A análise sistemática desse indicador permite a identificação de falhas no sistema produtivo, contribuindo para a implementação de melhorias contínuas.

2.1.1.2 Produção total

A produção total, por sua vez, é fundamental para a avaliação do desempenho global da linha de produção, servindo de base para o planejamento e o controle da capacidade instalada. De acordo com Slack *et al.* (2019), esse indicador expressa a quantidade de produtos concluídos em determinado período, estando diretamente relacionado à eficiência operacional e à gestão dos recursos. A correta mensuração da produção total possibilita a identificação de gargalos, o planejamento de expansões e o ajuste das estratégias produtivas frente às variações de demanda.

2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Na gestão da qualidade, são empregadas diversas ferramentas que auxiliam na identificação de problemas e na mitigação de riscos, apresentando níveis variados de complexidade, que devem ser aplicados de acordo com as necessidades específicas de cada organização. Embora cada ferramenta possua uma função particular, todas convergem para um objetivo comum: monitorar e aprimorar continuamente a qualidade das operações e dos processos empresariais (Lélis, 2018).

Conforme Rossato *et al.* (2016), as ferramentas da qualidade consistem em recursos gráficos utilizados para mapear e identificar as possíveis causas que

originam determinado efeito, evidenciando a relação direta entre os resultados de um processo e os fatores que podem impactá-los no âmbito organizacional.

De acordo com Benevides *et al.* (2016), ferramentas da qualidade, associadas a técnicas de resolução de problemas, como 5W2H, diagramas, gráficos, entre outros instrumentos, têm se mostrado eficazes na redução de não conformidades e na diminuição da variabilidade dos processos. Esse conjunto de práticas contribui diretamente para a redução de custos, por meio da padronização das atividades e do aumento da eficiência operacional.

Segundo Paladini (2019), conceitualmente, as ferramentas da qualidade são mecanismos de aplicação simples, direcionados à solução de problemas, bem como à implementação e avaliação de melhorias nos processos produtivos. Tais ferramentas operam com base em análises objetivas dos componentes específicos dos processos, tendo como finalidade principal a promoção da melhoria contínua e o fortalecimento da gestão da qualidade dentro das organizações.

2.2.1 5W2H

Figura 1- Princípios do método 5W2H

	Termo Original	Tradução	Tipo de ação
5 W	WHAT	O QUÊ	O que será feito?
	WHY	POR QUÊ	Por que será feito?
	WHERE	ONDE	Onde será feito?
	WHEN	QUANDO	Quando será feito?
	WHO	QUEM	Quem será o responsável?
2 H	HOW	COMO	Como será feito?
	HOW MUCH	QUANTO	Quanto custará tal feito?

Fonte: adaptado de Montes (2018).

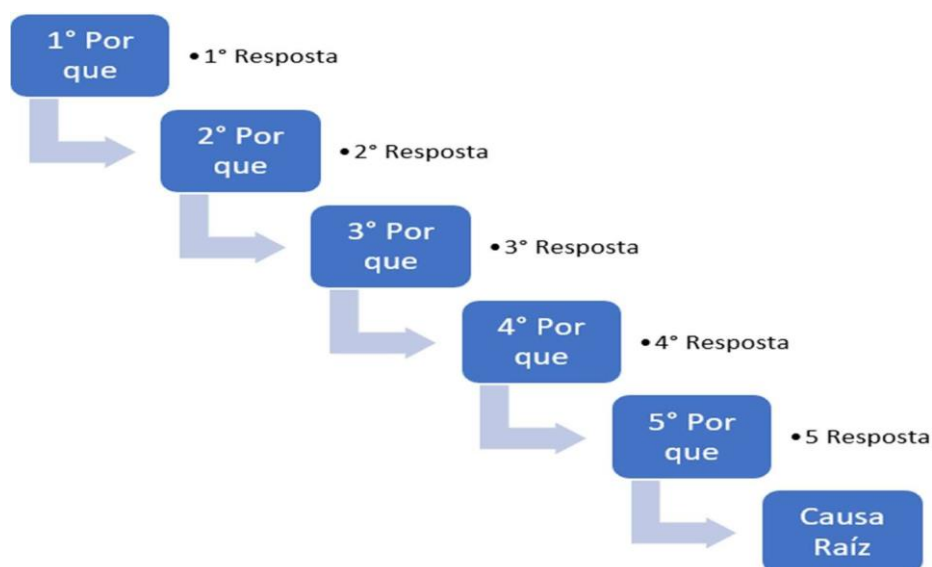
O termo “5W2H” refere-se às iniciais das sete perguntas essenciais—Who (Quem?), What (O que?), Why (Por quê?), Where (Onde?), When (Quando?), How (Como?) e How much (Quanto?) — que visam esclarecer o que deve ser feito. Araújo (2017) complementa afirmando que o 5W2H é crucial para estruturar, de maneira clara e precisa, as ações necessárias para a implementação de melhorias.

Essa abordagem facilita a definição clara de tarefas, atribuição de responsabilidades, estabelecimento de prazos e estimativas de custos, promovendo uma execução eficiente e alinhada aos objetivos organizacionais. Esse método permite definir ações, atribuir responsabilidades e estabelecer prazos e custos, funcionando como um checklist que organiza o planejamento e a distribuição das tarefas de um projeto conforme Lucinda (2016). A Figura 1 representa como deve ser realizado essa ferramenta.

2.2.2 5 Porquês

A técnica dos “5 porquês” consiste na formulação sequencial de cinco indagações com o propósito de desvendar a causa raiz de um problema. Desenvolvida por Taiichi Ohno, um dos precursores do Sistema Toyota de Produção, essa metodologia baseia-se na repetição iterativa da pergunta “por que?”, permitindo, assim, identificar de forma sistemática o fator subjacente que origina a falha (Slack *et al.*, 2019).

Figura 2 - Aplicação dos 5 porquês



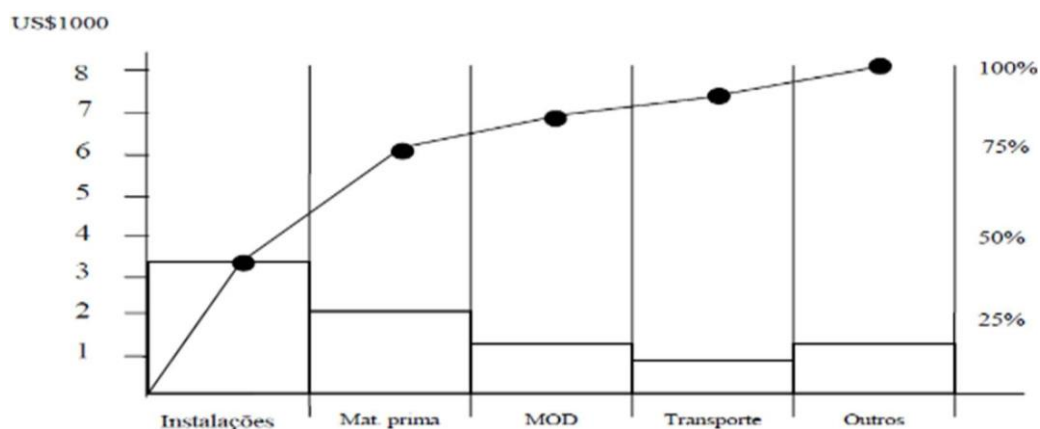
Fonte: elaborado pelo autor.

Segundo Slack *et al.* (2019), as perguntas visam identificar de maneira sistemática o motivo subjacente da ocorrência de um problema. Essa abordagem possibilita a identificação de padrões recorrentes e a descoberta de informações ocultas, o que fundamenta o desenvolvimento de medidas corretivas e a

implementação de melhorias significativas. A Figura 2 ilustra a clareza e eficácia da ferramenta na identificação das causas subjacentes a um problema específico.

2.2.3 Diagrama de Pareto

Figura 3 - Ilustração de um Diagrama de Pareto



Fonte: Paladini (2019)

A Figura 3 exemplifica melhor a aparência de um Diagrama. Segundo Paladini (2019), após a correção dos elementos críticos, é fundamental manter a aplicação do Diagrama de Pareto, incluindo os demais componentes relevantes, consolidando-o como ferramenta estratégica para melhorias contínuas. A estrutura do Diagrama categoriza os elementos em classes (eixo horizontal) e quantifica seus impactos (eixo vertical) por meio de métricas como frequências, valores monetários ou percentuais. A curva acumulada, derivada da soma progressiva desses valores, destaca os fatores prioritários para intervenção.

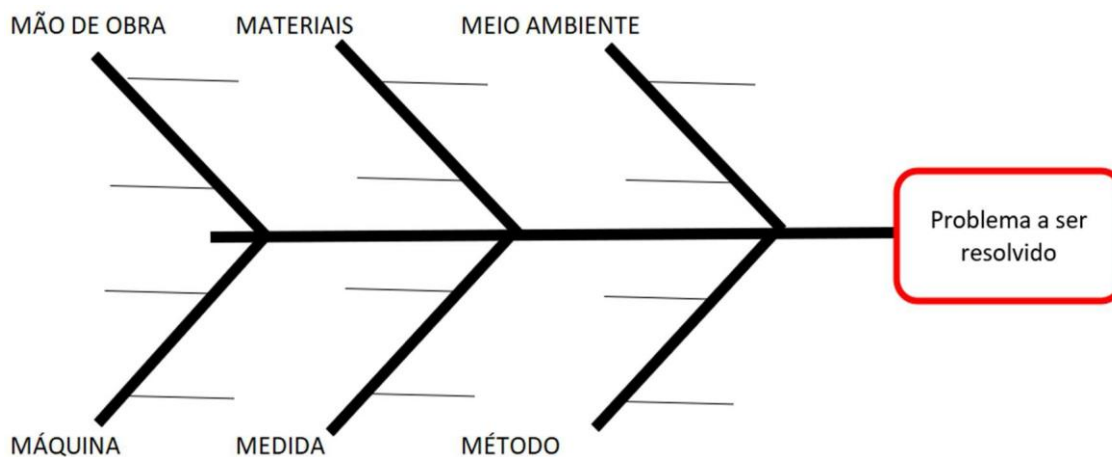
Em 1897, Vilfredo Pareto desenvolveu em umas das suas análises sobre a distribuição de renda no país, na qual demonstraram uma concentração significativa de riqueza, evidenciando que aproximadamente 80% dos recursos nacionais estavam nas mãos de 20% da população. Essa constatação foi cristalizada graficamente por meio do Diagrama de Pareto, que se consolidou como uma ferramenta crucial na gestão da qualidade, conforme Paladini (2019).

Originalmente criado por Pareto em 1896 e posteriormente aprimorado e difundido por Juran, o Diagrama de Pareto categoriza dados de forma a otimizar a alocação de recursos e facilitar a identificação das causas mais impactantes. Essa

abordagem técnica evidencia de maneira clara a aplicação da regra 80/20 na análise de problemas e na definição de prioridades (Paladini, 2019).

2.2.4 Diagrama de Ishikawa

Figura 4 - Representação esquemática do Diagrama de Ishikawa



Fonte: adaptado de Escobar (2019).

A Figura 4, ilustra de forma representativa o Diagrama de Ishikawa, com a disposição dos grupos básicos organizados ao longo de cada “espinha” da estrutura gráfica.

Desenvolvido por Kaoru Ishikawa em 1943, o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito, constitui uma ferramenta analítica estruturada, amplamente utilizada para a identificação sistemática das causas raízes de um problema. Esta metodologia permite o mapeamento e a análise detalhada dos fatores que contribuem para a ocorrência de um determinado efeito, subsidiando, assim, a tomada de decisões técnicas voltadas à mitigação e à correção efetiva das não conformidades identificadas (Escobar, 2019).

De acordo com Bernardo (2022), a definição dos grupos básicos deve ser realizada em consonância com a natureza do problema analisado. No contexto de questões operacionais, recomenda-se a segmentação das causas em categorias que abrangem: máquinas, materiais, mão de obra, métodos, meio ambiente e medidas. Esses elementos compõem os chamados 6Ms, amplamente reconhecidos na aplicação do diagrama, sendo eles:

- a) Mão de obra (pessoas): Engloba os indivíduos envolvidos no processo, incluindo suas competências, treinamento, experiência e níveis de motivação;
- b) Métodos: Compreende os procedimentos, políticas, normas e instruções que regem a execução do processo;
- c) Materiais: Refere-se aos insumos e recursos utilizados, considerando aspectos como qualidade, disponibilidade e propriedades físicas e químicas dos materiais;
- d) Máquinas (equipamentos): Abrange os equipamentos, ferramentas e máquinas empregados no processo, com atenção especial ao desempenho operacional, manutenção e confiabilidade deles;
- e) Medições: Diz respeito aos sistemas e instrumentos de medição utilizados para monitorar e controlar o processo, enfatizando sua precisão, confiabilidade e adequação;
- f) Meio ambiente (ambiente do negócio): Inclui as condições ambientais internas e externas, como temperatura, umidade, iluminação e características do ambiente de trabalho, que podem influenciar o processo.

Recomenda-se realizar sessões de brainstorming com a equipe envolvida para priorizar causas relevantes, garantindo foco na problemática principal (Bernardo, 2022). A utilização do Diagrama de Ishikawa, portanto, permite às organizações realizar uma análise abrangente e estruturada das possíveis causas que impactam negativamente seus processos, contribuindo significativamente para a definição de ações corretivas e preventivas, além de promover melhorias contínuas na qualidade dos produtos e serviços oferecidos.

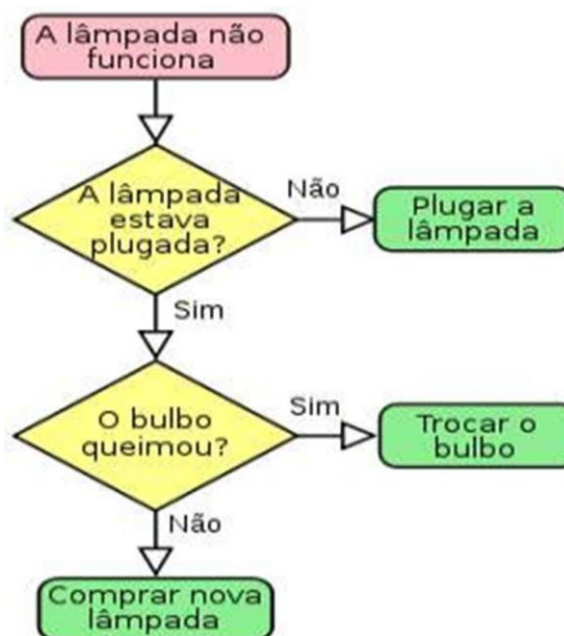
2.2.5 Fluxograma

Segundo Romão (2020), o Fluxograma é uma representação gráfica que descreve a sequência lógica de um processo, mapeando suas etapas e fluxos de atividades. O autor ressalta que esse Diagrama pode ser aplicado tanto em tarefas simples quanto complexas, abrangendo múltiplas áreas e suportando tomadas de decisão.

A eficácia dos Fluxogramas como ferramenta de gestão está diretamente vinculada à sua elaboração precisa e à clareza dos elementos representados. Para que cumpram seu papel de facilitadores do entendimento e da melhoria de processos,

os Fluxogramas devem ser construídos com base em informações alinhadas às necessidades específicas da organização. A Figura 5 ilustra melhor um exemplo disso.

Figura 5 - Fluxograma da troca de lâmpada



Fonte: Domínio público. Busca Google Imagens.

Dessa forma, os fluxogramas consolidam-se como ferramentas indispensáveis na busca pela eficiência operacional, no suporte ao planejamento estratégico e na promoção da excelência organizacional. Segundo Paladini (2019), o Fluxograma é um instrumento fundamental para o mapeamento e a compreensão dos processos organizacionais, permitindo uma visualização clara e detalhada das etapas, bem como de suas inter-relações. Essa representação gráfica favorece a identificação de gargalos, ineficiências e oportunidades de melhoria, contribuindo para o aprimoramento contínuo do desempenho operacional.

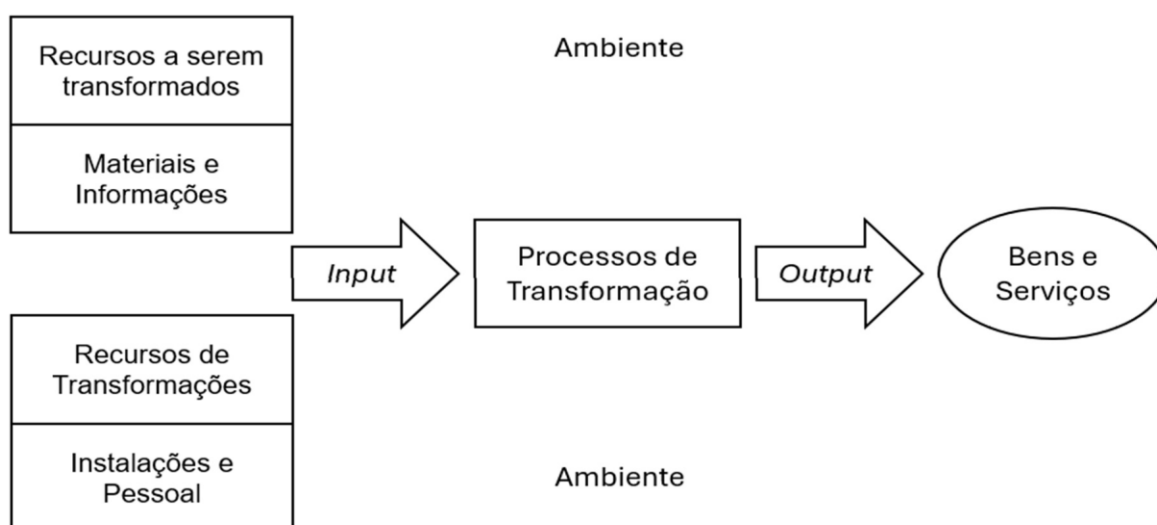
De acordo com Biazzini, Tenório e Castilho (2020), os fluxogramas exercem um papel estratégico na gestão do conhecimento, uma vez que facilitam a disseminação de informações entre os diferentes níveis hierárquicos. Essa visualização estruturada dos processos promove uma compreensão compartilhada das atividades, incentivando a colaboração intersetorial e fortalecendo a cultura organizacional orientada para a melhoria contínua.

Adicionalmente, a padronização dos símbolos e das convenções gráficas empregadas nos fluxogramas contribui para uma comunicação mais clara, objetiva e eficiente entre os diversos setores da organização. Esse fator reforça a integração dos processos, melhora a fluidez das informações e otimiza a tomada de decisões, tornando o fluxograma uma ferramenta essencial na gestão da qualidade e na análise de processos.

2.3 PROCESSO PRODUTIVO

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2019), o processo produtivo pode ser definido como um conjunto de operações sistematicamente organizadas, cujo objetivo é transformar insumos — como matérias-primas, recursos humanos e tecnologias — em produtos ou serviços, de forma a satisfazer as demandas e necessidades dos consumidores. A Figura 6, apresentada a seguir, ilustra de maneira representativa essa dinâmica.

Figura 6 - Modelo de transformação de processos



Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2019).

De acordo com Campos (2022), o processo produtivo constitui-se como o elemento central de uma organização industrial, sendo sua eficiência diretamente correlacionada à capacidade da empresa de atender às exigências do mercado, mantendo-se competitiva em termos de custos e qualidade.

Conforme Chiavenato (2021), a organização configura-se como um sistema composto por atividades inter-relacionadas e intencionalmente coordenadas,

envolvendo dois ou mais indivíduos, nos quais a cooperação mútua torna-se indispensável para sua existência e funcionamento eficaz. Uma organização só se efetiva quando há comunicação eficiente entre seus membros, disposição para a participação ativa, contribuição colaborativa e alinhamento dos esforços na busca de um objetivo comum.

Prakash *et al.* (2017) destacam a interdependência entre produtividade, qualidade e desempenho organizacional, enfatizando que a integração eficaz desses elementos é essencial para o sucesso empresarial no ambiente competitivo atual. Além disso, segundo Davenport (2013), a abordagem por processos pode ser compreendida pelo conceito de ciclo de vida do processo, que engloba todas as etapas, desde o planejamento e desenvolvimento até a implementação, monitoramento e a busca por melhorias contínuas.

No contexto produtivo, o processo assume papel central, pois envolve a transformação de matérias-primas em produtos acabados, mediante a utilização eficiente de recursos como mão de obra, tecnologia, infraestrutura e gestão. Dessa forma, a gestão eficaz dos processos é fundamental para assegurar padrões elevados de qualidade, elevados níveis de produtividade e, conseqüentemente, a competitividade das organizações no mercado. O termo processo é amplamente utilizado nas áreas de gestão e engenharia de produção, sendo definido como um conjunto organizado de atividades interdependentes que convertem insumos em produtos ou serviços com valor agregado para o cliente e para o mercado.

2.3.1 Processo de montagem de condicionadores de ar

O processo de montagem de condicionadores de ar envolve uma série de operações interdependentes, que integram componentes mecânicos, elétricos e de refrigeração para garantir o desempenho e a funcionalidade do equipamento. Antes da montagem, todos os componentes – compressor, evaporador, condensador, ventiladores, tubulação de cobre, placas eletrônicas, sensores e gás refrigerante – são rigorosamente inspecionados para confirmar que atendem às especificações de qualidade.

A montagem do circuito de refrigeração é uma fase crítica, envolvendo a soldagem e a interligação dos tubos de cobre, a instalação de válvulas de controle e a preparação do compressor e do condensador. Após o carregamento com o refrigerante adequado, o sistema é submetido a vácuo e pressurização para garantir

a estanqueidade e evitar vazamentos. Em seguida, os circuitos elétricos, o painel de controle e os sensores de temperatura são instalados para assegurar o funcionamento eficiente do condicionador.

Por fim, os componentes mecânicos, como ventiladores, motor elétrico e carcaça externa, são montados, e o equipamento passa por testes funcionais que avaliam pressão, temperatura e eficiência energética. Após a aprovação na inspeção final de qualidade, o condicionador de ar é embalado adequadamente para transporte e distribuição.

2.4 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

O mapeamento do processo produtivo consiste na coleta detalhada de informações, especialmente por meio dos operadores, para a construção de um fluxograma que permite a identificação e análise dos processos, com foco no aprimoramento da eficiência, da produtividade e da satisfação do cliente (Oliveri *et al.*, 2024). Segundo Barbrow (2015), mapear os processos em uma organização significa descrever de forma detalhada cada atividade executada pelos colaboradores, possibilitando a identificação de gargalos, ineficiências e problemas operacionais, o que, por sua vez, favorece uma tomada de decisão mais assertiva e eficiente.

A elaboração de mapas de processos é uma prática essencial para o gerenciamento organizacional, pois contribui para a redução de custos operacionais, a mitigação de falhas nos processos e o aprimoramento do desempenho empresarial. Essa prática oferece uma visão sistêmica e integrada da organização, facilitando a identificação, a simplificação e a reestruturação de processos que demandam melhorias (Gomes *et al.*, 2015). Além disso, o mapeamento de processos promove a padronização das atividades e assegura a manutenção da qualidade, tornando os processos rastreáveis e transparentes.

Isso facilita a identificação de oportunidades de melhoria e fortalece a competitividade organizacional, sendo, portanto, um fator que justifica a adoção de mudanças estratégicas (Villela *et al.*, 2000). Diante disso, o mapeamento de processos torna-se uma ferramenta indispensável para o rastreio de não conformidades dentro de um processo produtivo, independentemente do tipo de fabricação. Essa abordagem permite uma análise detalhada dos pontos críticos, servindo como base para o desenvolvimento de ações corretivas e para a minimização das não conformidades identificadas no fluxo produtivo.

Segundo Barreto e Saraiva (2017), os processos de uma empresa, embora organizados em classes (primários, apoio, gerenciais), interagem entre si influenciando as operações coletivamente. Alguns são transversais e envolvem múltiplas áreas, articulando atividades em sequência com responsabilidades distribuídas; outros são restritos a setores ou cargos específicos. A execução pode ocorrer em fluxo horizontal (mesmo nível hierárquico) ou vertical (diferentes níveis de autoridade).

Quadro 1 - Organização de processos

TIPO	NATUREZA	CARACTERÍSTICAS E FINALIDADES	SENTIDO DO FLUXO
PROCESSOS PRIMÁRIOS	SERVIÇOS E INFORMAÇÕES	PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DIRETOS AO CONSUMIDOR	SENTIDO HORIZONTAL
	COMERCIAIS OU DE NEGOCIAÇÃO	DIVULGAÇÃO DE PRODUTOS	SENTIDO VERTICAL E HORIZONTAL
		FORMATAÇÃO DE PREÇOS	
MARKETING INSTITUCIONAL			
PROCESSOS DE APOIO ADMINISTRATIVO	FINANCEIRO	FATURAMENTO E RECEBÍVEIS	SENTIDO HORIZONTAL
		COMPRAS	
		DISPONIBILIDADE - ORIGEM E DESTINO	
		REGISTRO E CONTROLES	
	RECURSOS HUMANOS	RECRUTAMENTO E SELEÇÃO	SENTIDO VERTICAL E HORIZONTAL
		TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO	
CONTROLES E AVALIAÇÕES			
		RETENÇÃO E MANUNTEÇÃO	
PROCESSOS GERENCIAIS	PLANEJAMENTO E CONTROLE	FORMULAÇÃO DOS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS	SENTIDO HORIZONTAL
		ESTABELECIMENTO DE METAS	
		ORÇAMENTO EMPRESARIAL	
	MONITORAMENTO	CONTROLES E AVALIAÇÕES	SENTIDO VERTICAL E HORIZONTAL
		CONTROLES ORÇAMENTÁRIOS	
		REDIRECIONAMENTO ESTRATÉGICO	
		MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO	

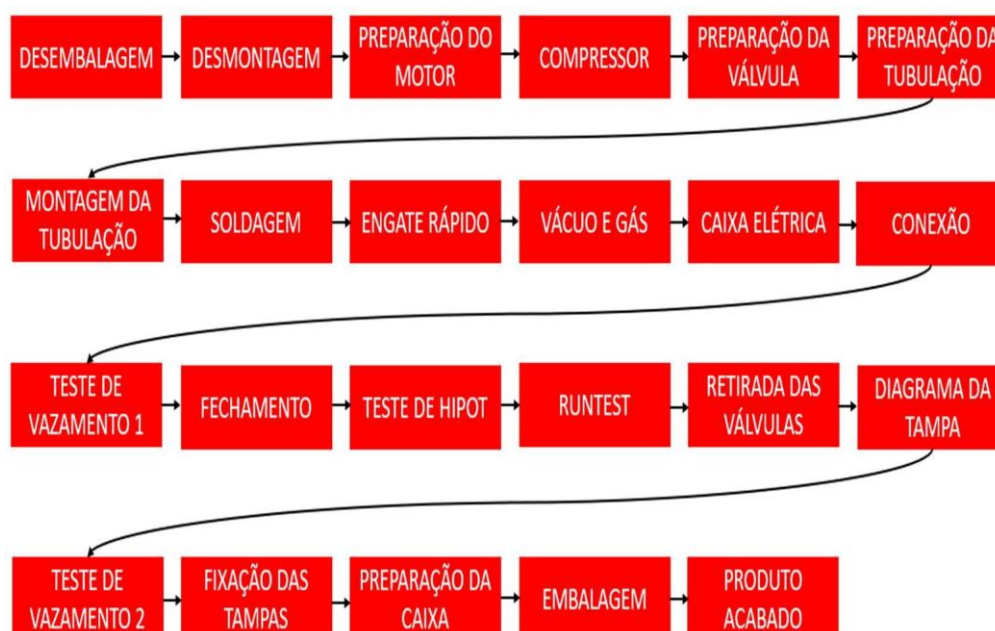
Fonte: Adaptado de Barreto e Saraiva (2017).

3 ESTUDO DE CASO

3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA MÁQUINA CONDENSADORA

Uma máquina condensadora é um dispositivo utilizado em sistemas de refrigeração e ar-condicionado para dissipar o calor absorvido no processo de resfriamento. Ela é uma das duas principais unidades em um sistema de refrigeração, também chamada de “*outdoor unit*”. A Figura 7 mostra o Fluxograma do processo produtivo da montagem de uma máquina condensadora.

Figura 7 - Fluxograma do processo de montagem da máquina condensadora



Fonte: elaborado pelo autor.

3.1.1 Desembalagem da condensadora

A montagem de uma unidade condensadora inicia-se no posto de desembalagem. Nessa etapa, o operador deve posicionar as ventosas do braço mecânico na parte superior da caixa e, em seguida, acionar a alça para elevar o equipamento. Após essa operação, a caixa é posicionada sobre a esteira, realiza-se o corte da fita de arqueação, e então procede-se com a retirada da embalagem.

Contudo, para determinados modelos, não há a utilização dos caixotes com as peças agrupadas. Nesses casos específicos, as peças são disponibilizadas por meio

de carrinhos padronizados, que realizam o abastecimento dos componentes diretamente na linha de produção. Dessa forma, quando essa configuração está presente, não se faz necessário o posto de desembalagem no fluxo produtivo. A Figura 8 a ilustra um dos procedimentos mencionados anteriormente.

Figura 8 - Procedimento no posto de desembalagem



Fonte: elaborado pelo autor.

3.1.2 Desmontagem da condensadora

Figura 9 - Operação de desmontagem do *mock-up* da condensadora



Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 9 apresenta uma das atividades descritas no posto de desmontagem do *mock-up*. No posto de trabalho de desmontagem, também denominado desmanche, são realizadas as atividades de remoção dos parafusos e dos compartimentos externos da máquina, tais como tampas e painéis.

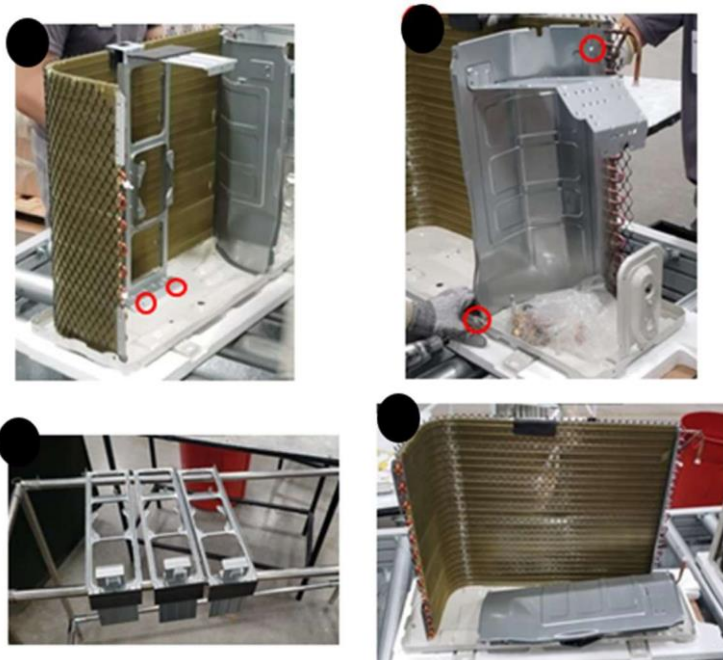
Esse posto inclui ainda a tarefa de separar as tampas e os painéis, que são acondicionados em carrinhos de transporte específicos, uma vez que serão posteriormente fixados novamente em outro ponto da linha de produção.

3.1.3 Preparação do motor

No posto de preparação do motor, são removidos os parafusos do motor e do suporte metálico, sendo em seguida montado o suporte do motor. O operador posiciona a tampa, a válvula e o suporte da válvula dentro do aparelho, preparando-os para a montagem nos postos subsequentes.

Antes de o equipamento seguir para o próximo posto, são retirados os parafusos do trocador de calor e do painel lateral esquerdo, possibilitando a remoção deste último. Essa etapa é necessária para a fixação do suporte metálico localizado na lateral do aparelho. Posteriormente, realiza-se a fixação do trocador de calor e a inserção do prendedor de plástico. A Figura 10 mostra parte dos procedimentos realizados.

Figura 10 - Atividades realizadas no posto de preparação do motor



Fonte: próprio autor.

Após a fixação do trocador de calor, é instalado o suporte metálico do motor com o motor acoplado, posicionando-se à frente do trocador de calor. Em seguida,

são fixadas, por meio de parafusos, a válvula de sucção e a válvula de descarga no suporte lateral do aparelho. Após a instalação dessas válvulas, a hélice localizada no interior da máquina é removida e acondicionada em um carrinho de transporte específico.

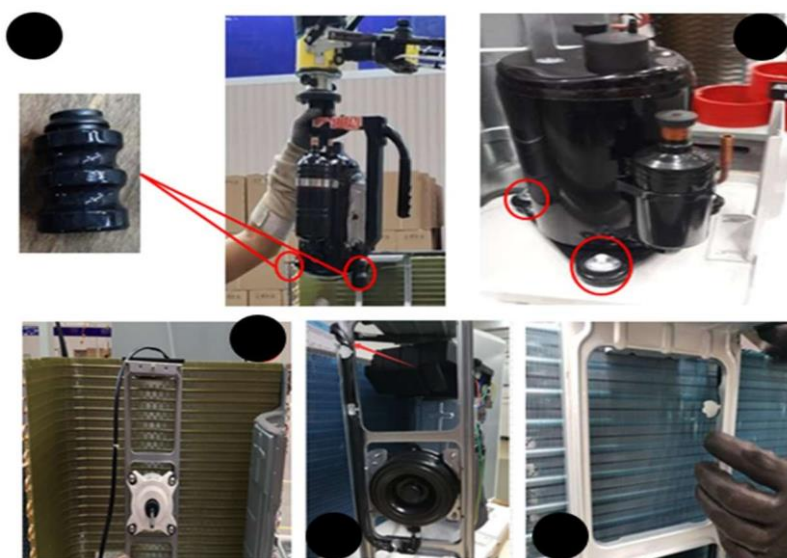
Em alguns modelos, é retirado também o tecido isolante, que já se encontra previamente instalado dentro da máquina para proteger o compressor. Por fim, são removidas as tampas do quadro elétrico, bem como as válvulas de três e duas vias, que serão posteriormente montadas no posto de preparação das válvulas.

3.1.4 Compressor

O posto de fixação do compressor é uma etapa que exige extremo cuidado, pois envolve a instalação tanto do compressor quanto do motor ventilador. Após a desmontagem da máquina, torna-se necessário preparar a base, o motor ventilador, o compressor e os coxins de borracha que irão absorver as vibrações durante a operação. Para facilitar o encaixe dos coxins na base da máquina, estes devem ser previamente umedecidos.

Em seguida, o compressor é posicionado no produto e o código de barras do equipamento é lido no scanner para controle de rastreabilidade. Após essa etapa, realiza-se a conexão da fiação elétrica do motor ventilador, seguida da fixação do cabo do motor ventilador. A Figura 11 ilustra um dos procedimentos mencionados.

Figura 11 - Atividades realizadas no posto do compressor



Fonte: próprio autor.

Por fim, deve-se fixar o tubo capilar na saída da condensadora. Em seguida, posiciona-se a esponja preta tanto na parte superior do trocador de calor da condensadora quanto no suporte do motor ventilador, garantindo o isolamento e a proteção adequados desses componentes.

3.1.5 Preparação da válvula

Na etapa de preparação das válvulas, posicionam-se diferentes tipos de válvulas ao lado da máquina, sobre a esteira, como por exemplo: tubos capilares, válvulas de descarga, de sucção, além das válvulas de três e duas vias. Vale ressaltar que, dependendo do modelo a ser montado, algumas das peças mencionadas podem variar. A Figura 12 ilustra detalhadamente esse procedimento.

Figura 12 - Atividades realizadas no posto do compressor



Fonte: próprio autor.

3.1.6 Preparação da tubulação

No posto de preparação da tubulação, é posicionado o anel e a tira de borracha, fixado o plástico nylon e a bobina solenoide. Além disso, é retirado as tampas das válvulas e colocado o capilar dentro da unidade da condensadora. Dependendo do modelo a ser montado, o posicionamento dos itens citados pode variar. A Figura 13 mostra uma das etapas citadas anteriormente.

Figura 13 - Atividades realizadas no posto de preparação da tubulação

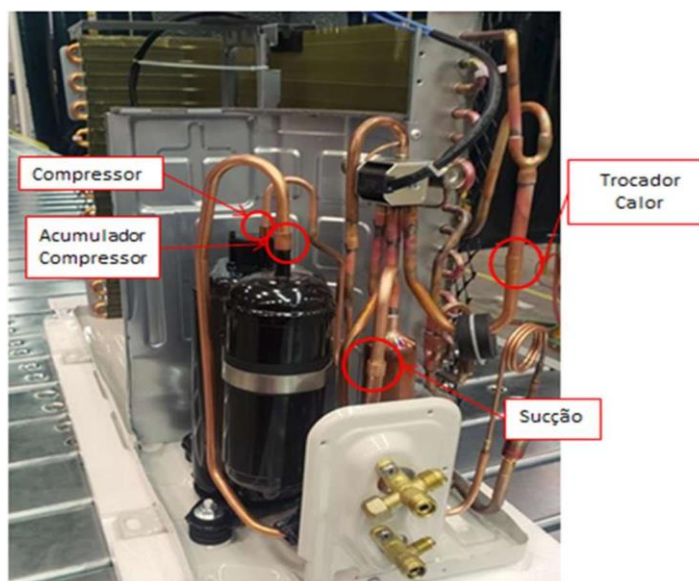


Fonte: próprio autor.

3.1.7 Montagem da tubulação

No posto de montagem da tubulação, realizam-se a fixação dos tubos e das válvulas previamente montadas no compressor, no trocador de calor, na válvula de sucção e no acumulador do compressor. Além disso, é realizada uma inspeção visual detalhada no aparelho para assegurar que não haja ocorrências de não conformidades. Figura 14 ilustra o posicionamento das peças mencionadas.

Figura 14 - Atividades realizadas no posto de montagem da tubulação

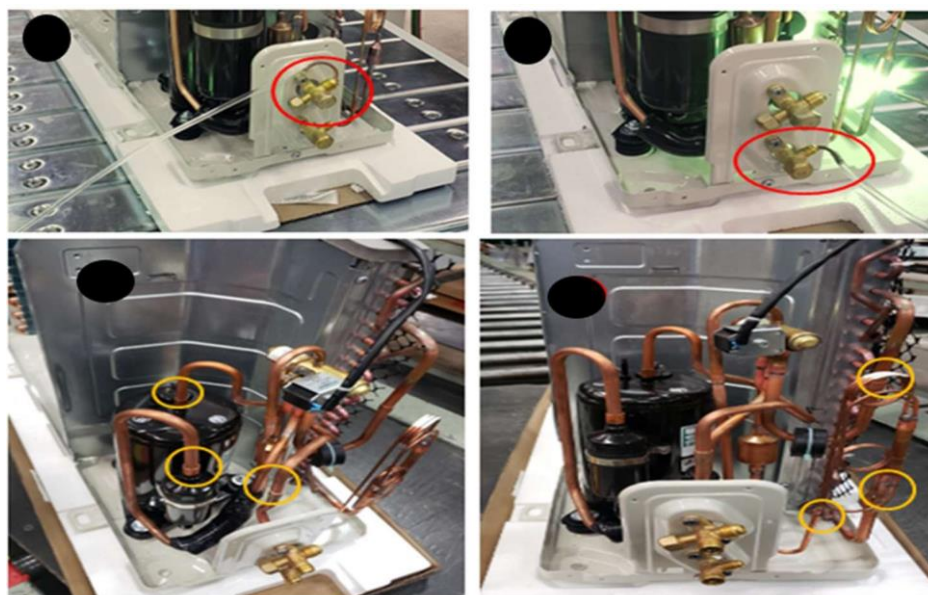


Fonte: próprio autor.

3.1.8 Soldagem

A operação de soldagem é uma das mais importantes no processo produtivo. Nela, deve-se tomar cuidado para não soldar em excesso e não ter ausência suficiente da solda. Neste posto, é realizada a soldagem a brasagem nos pontos de solda, para os tubos de sucção e descarga. A Figura 15 mostra como é realizado o procedimento.

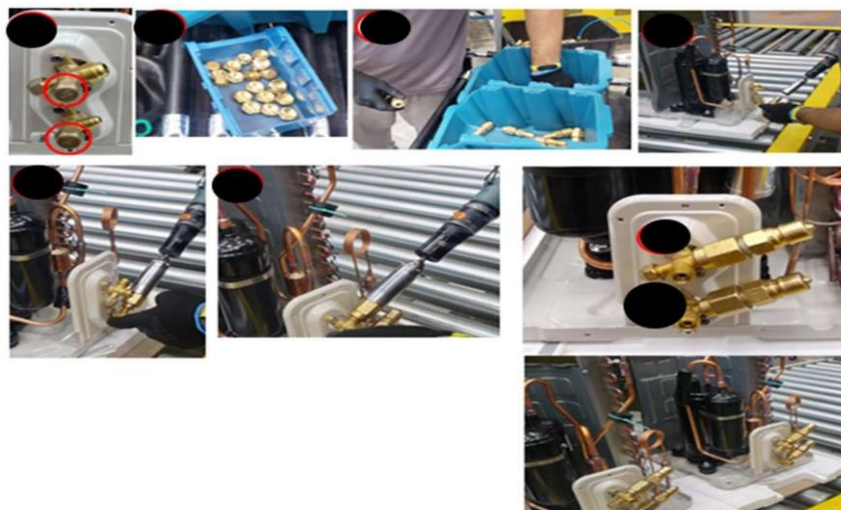
Figura 15 - Atividade realizada no posto de soldagem



Fonte: próprio autor.

3.1.9 Engate rápido

Figura 16 - Atividade realizada no posto de engate rápido



Fonte: próprio autor.

A Figura 16 ilustra de forma representativa o procedimento executado no posto de engate rápido. Após a etapa de soldagem, o equipamento é direcionado ao posto de engate rápido. Nesse momento, são retirados os tampões das válvulas de sucção e de descarga, que são posteriormente armazenados no recipiente de marfinitite. Em seguida, realiza-se o manuseio do engate rápido, acoplado na ponta da parafusadeira, para sua fixação nas duas válvulas mencionadas. Esse procedimento é fundamental, pois viabiliza a realização das atividades do posto subsequente.

3.1.10 Vácuo e gás

A operação de vácuo e gás é uma das mais importantes no processo de montagem. Inicialmente, deve-se posicionar as mangueiras da bomba de vácuo nas válvulas de sucção e descarga, fixadas anteriormente. Para iniciar o procedimento, é conectada a mangueira na válvula de vácuo. Figura 17 mostra um dos procedimentos executados no posto de vácuo e gás.

Figura 17 - Atividade realizada no posto de vácuo e gás



Fonte: próprio autor.

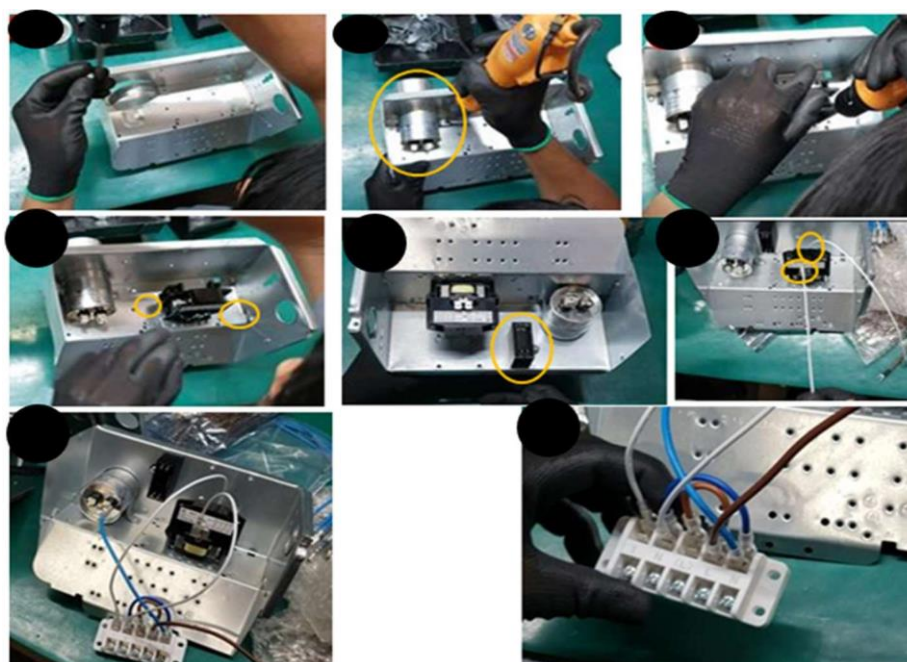
O operador deve ter uma atenção redobrada na hora de acoplar as mangueiras. Depois de acoplado, é lido o código de barras do produto. Enquanto a máquina está com uma luz amarela, deve-se aguardar o fim do teste. Assim que aprovado, a luz verde acende. Caso acenda a luz vermelha, isso significa que o

produto está reprovado e é necessário fazer o teste novamente. Se persistir a luz vermelha, a máquina é segregada para a área do técnico de reparo. Depois, repete as mesmas atividades para o procedimento na válvula de descarga. A

3.1.11 Caixa elétrica

Após as etapas de vácuo e aplicação de gás, procede-se à instalação da caixa elétrica. Assim como os postos anteriores e a soldagem, este estágio é de suma importância no processo de montagem da máquina evaporadora. Inicialmente, conectam-se os cabos de duas vias aos polos do capacitor do compressor. Em seguida, o capacitor do compressor é fixado ao painel elétrico por meio de uma presilha de aço e parafuso. Posteriormente, realiza-se a fixação do capacitor do motor ventilador no painel elétrico (Figura 18).

Figura 18 - Atividade realizada no posto da caixa elétrica



Fonte: próprio autor.

Posteriormente, o cabo do compressor de 3 vias é conectado ao lado dos plugs no capacitor. Dependendo de como for a placa elétrica do modelo a ser montado, pode variar a quantidade de fios e as cores. Para cada modelo, há uma ordem dos fios a serem inseridos na borneira de contato assim como o posicionamento do fio terra no módulo inverter e outras conexões dos cabos. Para finalizar, é encaixado a

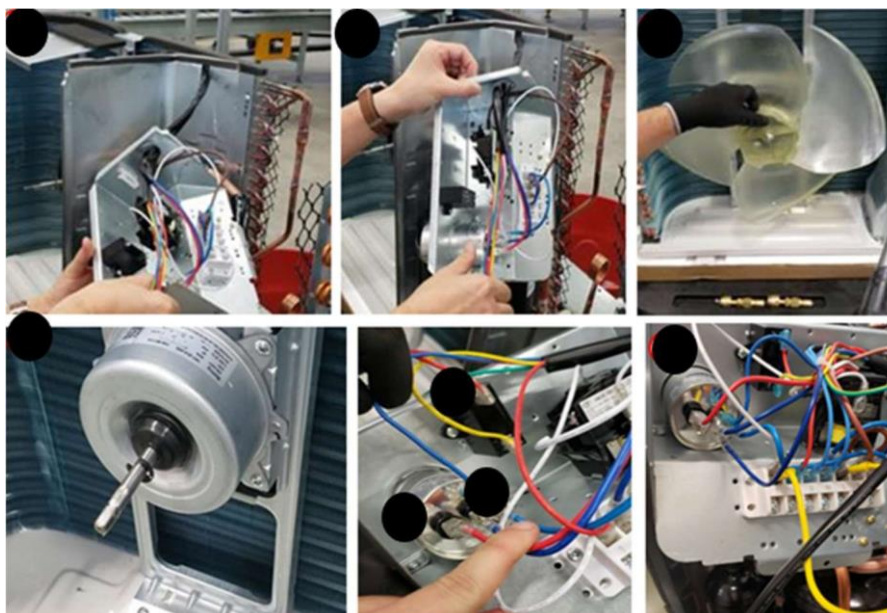
placa metálica no modulo elétrico inverter e fixado a placa metálica no modulo elétrico inverter.

3.1.12 Conexão

O posto de conexão é um posto muito importante, pois contém muitas atividades manuais e que exigem muita atenção para assim evitar as Não conformidades no processo produtivo. A primeira atividade do posto de conexão é o posicionamento do isolante da tampa da borneira, seguido da conexão dos fios branco, azul e vermelho no terminal do compressor. Depois disso, é retirado a tampa da borneira para posicionar na guia e fixado novamente utilizado uma porca.

Seguindo o procedimento, é fixada uma esponja no cabo do motor, passado o cabo do motor ventilador pela placa divisória, fixado a esponja na parte superior e na lateral da divisória. Por fim, é fixado com uma presilha o cabo do compressor, o cabo do sensor e a esponja na tubulação de 4 vias. Em alguns modelos, não é necessário realizar esse procedimento. A Figura 19 mostra um dos procedimentos citados na segunda atividade.

Figura 19 - Atividade realizada no posto da conexão



Fonte: próprio autor.

. A segunda atividade é encaixar a hélice no eixo do motor ventilador da condensadora e fixar o mesmo com um parafuso no mesmo, seguindo da fixação do

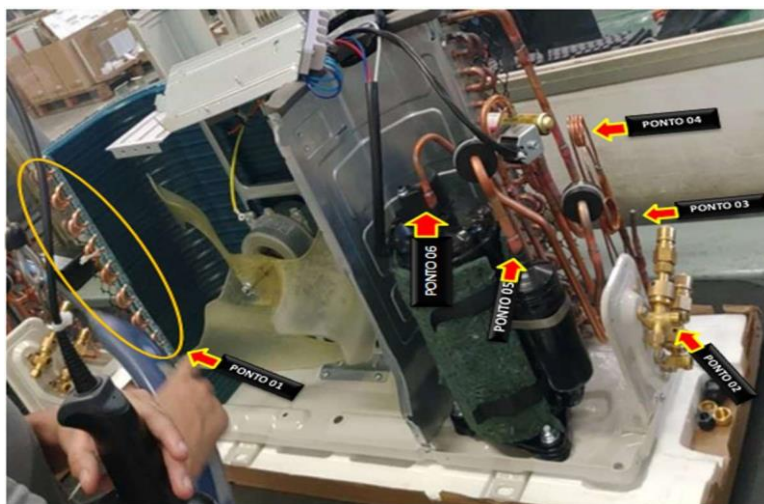
sensor de temperatura com a presilha metálica no trocador de calor, fixado o cabo com 2 prendedores de plástico, posicionado o sensor de temperatura com o prendedor plástico no tubo de cobre do compressor e fixá-lo com uma presilha.

E para finalizar, é feito a conexão dos cabos de 3 vias do motor ventilador no cabo azul e laranja do capacitor, assim como o cabo preto de 3 vias do motor ventilador no pino no terminal de contato 4 vias que está situado na montagem do modulo eletrônico. Depois disso, é arrumado todos os cabos para que não fique fora da máquina ao ponto de causar retrabalho para os postos posteriores.

3.1.13 Teste de vazamento 1

No posto de teste de vazamento 1, é realizado o teste de vazamento nas pontas de solda e válvulas. Com um dispositivo que capta o gás refrigerante na sua ponta, é posicionado a ponteira de prova nas curvas do condensadoras e nos pontos de soldagem. Assim que finalizado o procedimento, ler o código de barra com o scanner para o sistema ERP. A Figura 20 represente melhor os pontos a serem verificados pela ponteira de prova.

Figura 20 - Atividade realizada no posto de teste de vazamento 1



Fonte: próprio autor.

3.1.14 Fechamento

O posto de fechamento é considerado o mais extenso e complexo da linha de montagem da unidade condensadora. Inicialmente, realiza-se a colocação da tira de borracha em volta do tubo capilar, seguida do posicionamento da tampa lateral direita

e da aplicação do tecido de isolamento acústico ao redor do compressor e dos tubos de descarga e sucção.

Posteriormente, fixa-se o fio terra na chapa de aço da caixa elétrica e no motor ventilador, utilizando parafusos específicos. A tampa lateral direita é fixada com quatro parafusos, embora, dependendo do modelo, esse número possa variar, incluindo a possibilidade de fixação adicional na parte traseira da tampa lateral.

Na sequência, posiciona-se a chapa de aço da caixa elétrica na lateral direita, sobre o compressor, realizando sua fixação com dois parafusos em cada lado. Este procedimento é replicado na segunda chapa que compõe a caixa elétrica, garantindo sua adequada fixação estrutural.

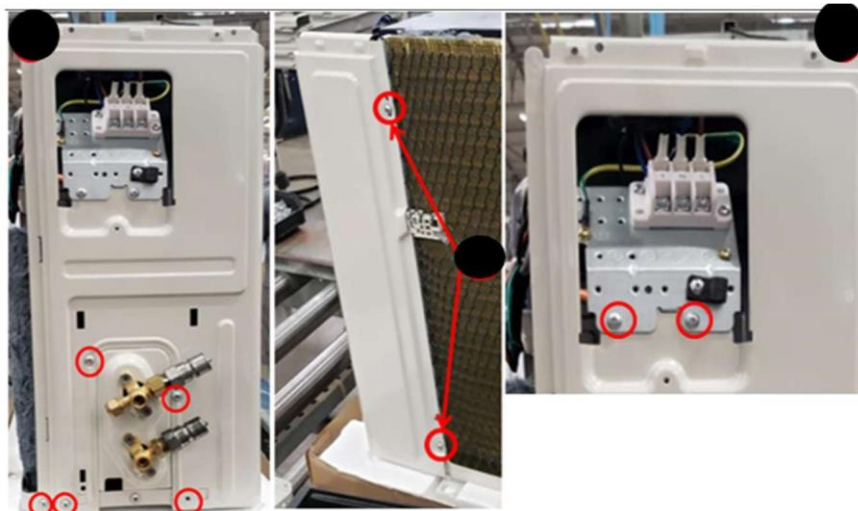
No estágio intermediário do posto, retira-se do carrinho de transporte — utilizado no posto de desmontagem — a tampa frontal, que é então equipada com a grade plástica e fixada na estrutura frontal da máquina. Esse procedimento é semelhante à fixação das tampas laterais, garantindo que, até este ponto, estejam devidamente montadas as tampas laterais e a tampa frontal.

É importante destacar que a unidade não possui tampa traseira, uma vez que esta área acomoda o trocador de calor, que deve permanecer exposto para o adequado funcionamento do equipamento. Próximo ao final do posto, posiciona-se a tampa frontal definitiva, fixando-a com dois parafusos nas laterais esquerda e direita do trocador de calor.

Na sequência, é colocada a tampa superior, que é fixada utilizando os parafusos correspondentes. Na tampa frontal, os parafusos também são aplicados na parte inferior, abaixo da grade da hélice, e na parte superior, alinhando os furos da tampa com os da chapa do suporte do motor — montado no posto de preparação do motor metálico — e com os da chapa do módulo eletrônico, que foi previamente instalado no posto da caixa elétrica. Por fim, um operador é responsável por realizar a inspeção visual de toda a unidade, assegurando que todos os parafusos estejam devidamente fixados nas tampas laterais, superior e frontal.

Concluída essa verificação, procede-se com a aplicação dos adesivos da marca, da etiqueta de garantia do compressor (10 anos) e da etiqueta de identificação da máquina. Em modelos específicos, também é aplicada a etiqueta de advertência referente ao uso do gás refrigerante R32, quando aplicável. A Figura 21 ilustra uma das atividades realizadas no posto de fechamento.

Figura 21 - Atividade realizada no posto de fechamento



Fonte: próprio autor.

3.1.15 Teste de *hipot*

O posto de teste de *Hipot* é o primeiro de dois postos onde são realizados testes energizados no aparelho. O teste de *Hipot* (alta potência) em condensadoras é um ensaio dielétrico que verifica a integridade do isolamento elétrico dos componentes, aplicando uma tensão elevada entre condutores e carcaça (Figura 22).

Figura 22 - Atividade realizada no posto de *Hipot*

Fonte: próprio autor.

Assegura-se então a conformidade com normas de segurança (ex.: IEC 60335) e são prevenidos riscos como curtos-circuitos, choques elétricos ou danos ao sistema,

garantindo a segurança operacional da unidade condensadora. A Figura 22 consta uma das atividades realizadas nesse posto de trabalho. O procedimento é iniciado ao ligar a máquina do *Hipot*, logado no software de teste, posicionado o *jig* de teste na borneira na chapa da caixa elétrica.

Enquanto é feito o teste, é lido o código de barra da máquina, após o resultado, e se caso for positivo, é retirado o *jig* e realizado o teste de inspeção visual e apertado o botão de liberação da esteira. Em caso de reprovação, deve-se testar mais uma vez e se for reprovado na segunda vez, a máquina é segregada para o posto técnico

3.1.16 *Runtest* (teste de desempenho)

Após o teste de *Hipot*, a máquina segue para o posto de *runtest*, o segundo posto com teste energizado. Denominado também como teste de desempenho, esse teste na unidade condensadora do ar-condicionado é essencial para verificar a eficiência energética, a capacidade térmica e o correto funcionamento dos componentes, como compressor e ventiladores. Permite identificar anomalias operacionais, variações de pressão, temperatura e consumo elétrico fora dos padrões especificados.

Figura 23 - Atividade realizada no posto de runtest



Fonte: próprio autor.

A Figura 23 ilustra uma das atividades realizadas no posto de runtest. Este procedimento é essencial, pois assegura que o equipamento esteja em conformidade

com as normas técnicas, otimizando o desempenho do sistema, prevenindo falhas prematuras e contribuindo para o aumento da vida útil do equipamento. Além disso, permite a redução do consumo energético e garante a estabilidade das condições térmicas para o ambiente em que o equipamento será instalado.

Inicialmente, realiza-se a checagem das válvulas de teste, dos *jigs* de teste e das tomadas de alimentação — seja de frequência variada ou fixa —, de acordo com o modelo da condensadora que será avaliado. Após essa verificação preliminar, procede-se com a conexão das mangueiras nos engates rápidos das válvulas de sucção e descarga, utilizando um alicate apropriado para garantir a vedação correta. Em seguida, conecta-se o *jig* de teste à caixa elétrica da máquina. Na sequência, faz-se a leitura do código de barras do produto, que permite o rastreamento e registro dos dados no sistema de controle de qualidade.

Durante o teste, é realizada a inspeção operacional para verificar se o motor do compressor e o motor ventilador estão funcionando corretamente. O sistema de sinalização luminosa orienta o status do teste:

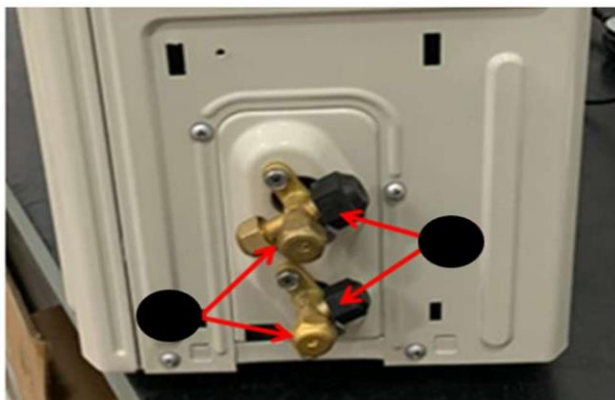
- a) A luz amarela indica que o equipamento está em processo de análise, ou seja, em fase ativa de teste.
- b) A luz verde sinaliza que o produto foi aprovado no *runtest*. Nesse momento, deve-se fechar primeiramente a válvula de descarga e aguardar o acendimento da luz laranja, que autoriza o fechamento da válvula de sucção.
- c) A luz vermelha, por sua vez, indica reprovação. Quando isso ocorre, deve-se preencher uma etiqueta de Não Conformidade (NC) e fixá-la na parte inferior do equipamento.

Após a aprovação, procede-se com a retirada do *jig* de teste, a desconexão das mangueiras das válvulas de sucção e descarga e, por fim, aciona-se o botão verde, que libera o equipamento para o próximo estágio do processo produtivo. Nos casos em que o produto apresenta falha, é permitido um segundo teste. Caso persista a reprovação após a repetição, a unidade é segregada e encaminhada para o setor de reparo, onde será submetida à análise detalhada por um técnico especializado.

3.1.17 Retirada do engate rápido

Após feito o teste de desempenho, são retirados os engates rápidos e rosqueado as tampas douradas de latão e tampas pretas nas válvulas de descarga e sucção. A Figura 24 demonstra o procedimento completo.

Figura 24 - Atividade realizada no posto de retirada das válvulas

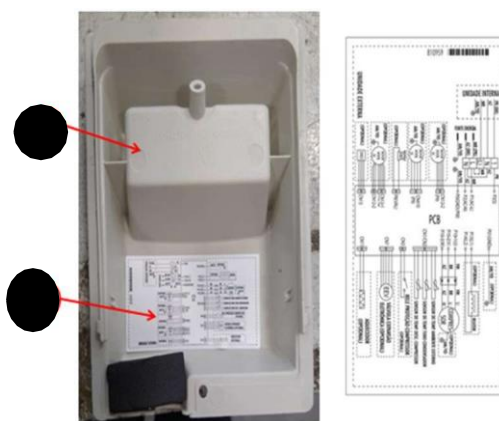


Fonte: próprio autor.

3.1.18 Diagrama da tampa

No posto de Diagrama da tampa, é adesivado o Diagrama do quadro elétrico na parte de tempo da tampa assim como a tira de borracha. A Figura 25 mostra o procedimento completo.

Figura 25 - Atividade realizada no posto de Diagrama da tampa



Fonte: próprio autor.

3.1.19 Teste de vazamento 2

O teste de vazamento 2 tem a mesma funcionalidade do primeiro teste, realizado entre o posto de conexão e fechamento. Nele é realizado o teste próximo

das válvulas, no furo das válvulas, ao lado da caixa elétrica, feito a inspeção visual na máquina e feito a limpeza nas tampas caso seja necessário. Em caso de vazamento, segregar o aparelho para o posto técnico onde o técnico de reparo analisara a máquina. A Figura 26 representa o procedimento realizado no posto de teste de vazamento 2.

Figura 26 - Atividade realizada no posto de teste de vazamento 2



Fonte: próprio autor.

3.1.20 Fixação das tampas

Figura 27- Atividade realizada no posto de fixação das tampas



Fonte: próprio autor.

No posto de fixação das tampas, como propriamente dito, é fixado tanto a tampa do quadro elétrico quanto a tampa das válvulas. A Figura 27 ilustra completamente esse procedimento.

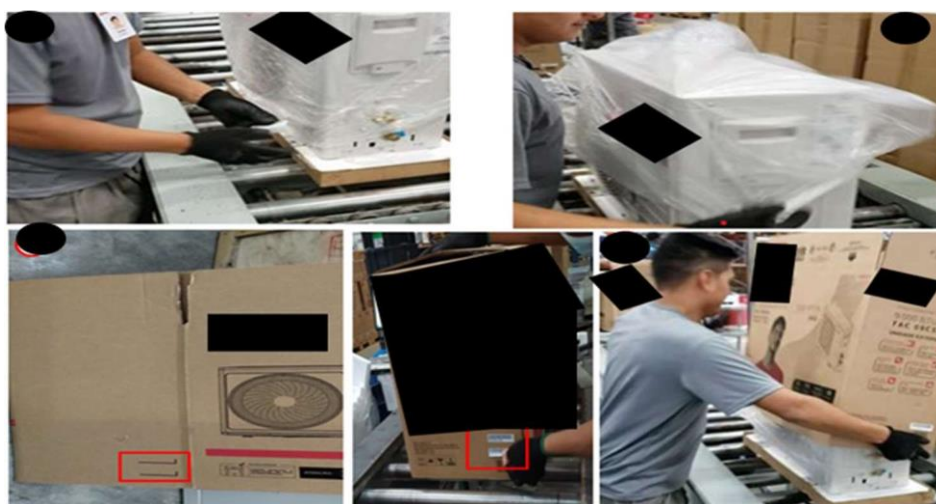
3.1.21 Preparação da caixa embalagem

O posto de preparação da caixa de embalagem não está integrado à esteira principal de montagem. Localizado em um mezanino, esse posto é responsável pelas dobras das caixas de papelão e pela inserção dos calços de proteção da máquina. Além disso, é realizada a aplicação da etiqueta de identificação na caixa. O transporte das caixas até a linha de montagem é efetuado por meio de uma esteira transportadora, que conecta a borda do mezanino ao posto de embalagem.

3.1.22 Embalagem

Ao final da linha de montagem, tem o posto de embalagem. Inicialmente é realizado a inspeção visual no produto, retirado o saco plástico da mesa e posicionado no produto para deixa completamente coberto. Depois disso é lido o código de barras da etiqueta de controle, o da caixa embalagem e a etiqueta do número de série. É posicionado o isopor de proteção na tampa superior do produto, realizado o fechamento das abas da embalagem da caixa de papelão e passar na máquina de fechamento para realizar a selagem do produto.

Figura 28 - Atividade realizada no posto de embalagem



Fonte: próprio autor.

Por fim, é organizado nos paletes de madeira conforme o produto a ser fabricado, onde varia a quantidade e a posição quando é colocado nos paletes. Para realizar o movimento nesse palete, é utilizado um braço mecânico, onde é posicionado as ventosas na lateral da caixa, apertado a trava de segurança e o produto acabado

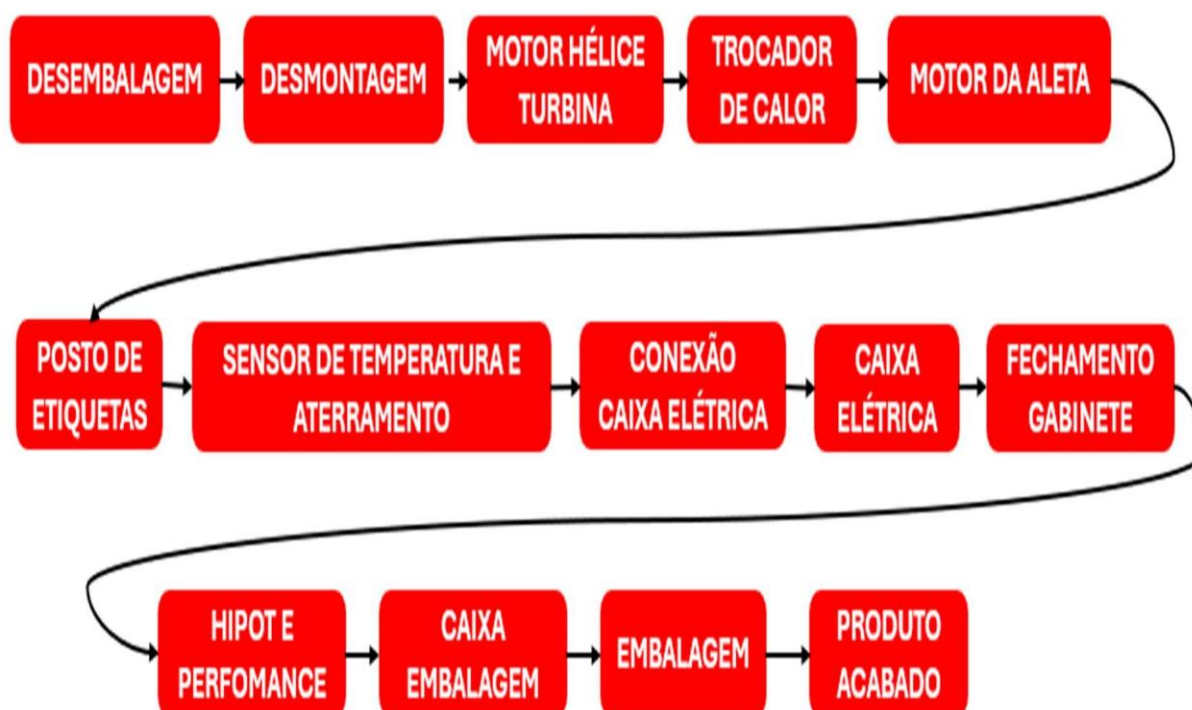
é retirado da esteira e colocado em cima do palete. A Figura 28 mostra um dos procedimentos realizados no posto de embalagem.

3.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA MÁQUINA EVAPORADORA.

A máquina evaporadora, também chamada de “indoor unit” é a unidade interna do sistema de ar-condicionado responsável pela troca de calor com o ambiente climatizado. Ela contém o evaporador (serpentina), ventilador e sensores, e sua principal função é absorver o calor do ar interno, resfriando-o ao fazê-lo passar pela serpentina onde circula o fluido refrigerante em baixa temperatura e pressão.

Durante o processo, o ar quente do ambiente é sugado pelo ventilador, passa pela serpentina resfriada e retorna ao espaço já climatizado. Esse ciclo é contínuo enquanto o sistema estiver em operação, garantindo conforto térmico. Além disso, a evaporadora também ajuda na remoção da umidade do ar, contribuindo para o controle da umidade relativa (Figura 29).

Figura 29 - Fluxograma do processo de montagem da máquina evaporadora



Fonte: próprio autor.

Seu desempenho está diretamente ligado à correta instalação, manutenção e compatibilidade com a unidade condensadora. Uma evaporadora com problemas

pode comprometer todo o sistema, reduzindo a eficiência energética e a capacidade de refrigeração.

3.2.1 Desembalagem da evaporadora

O processo de desembalagem da unidade evaporadora segue os mesmos procedimentos aplicados à unidade condensadora. Inicialmente, verifica-se a descrição do produto na embalagem. Em seguida, a caixa é retirada do palete e posicionada na bancada de trabalho. As cintas ou fitas da embalagem são cortadas, permitindo a remoção do produto, e a embalagem é segregada para descarte adequado.

Após a separação da embalagem, removem-se os calços de proteção e descarta-se o saco plástico envoltório. O suporte metálico de fixação na parede é então retirado e posicionado sobre o marfinito no carrinho de transporte da peça. Posteriormente, o tubo de dreno é removido, colocado no marfinito e verifica-se a pressão interna da unidade evaporadora, pressionando o plugue do tubo no produto. Para finalizar, a aleta vertical é retirada e posicionada à frente do aparelho, sobre a esteira. A Figura 30 ilustra uma das atividades realizadas neste posto de trabalho.

Figura 30 - Atividade realizada no posto de desembalagem



Fonte: próprio autor.

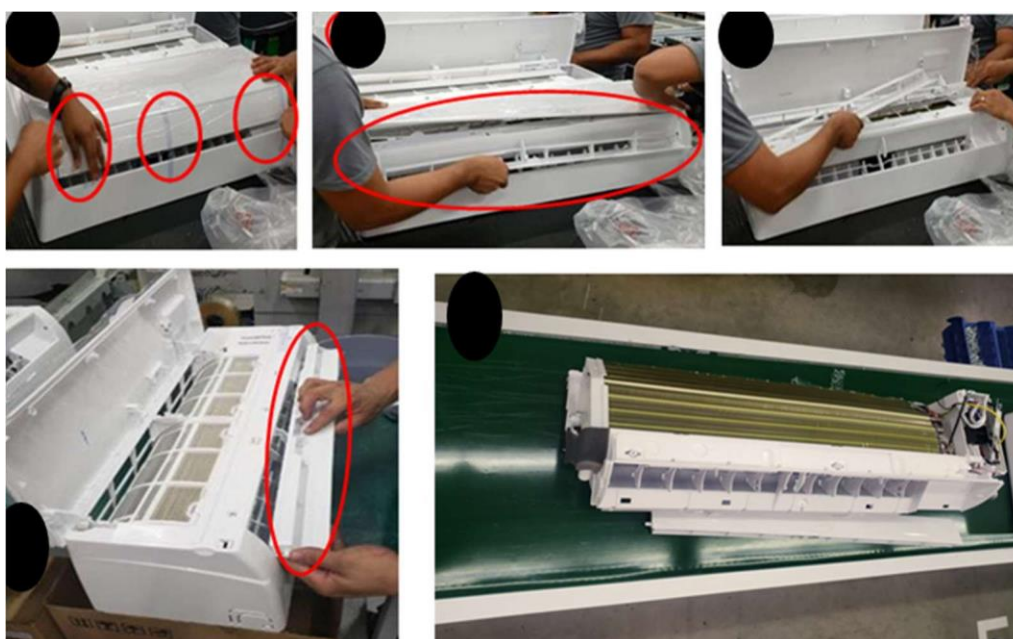
3.2.2 Desmontagem da evaporadora

O procedimento de desmontagem da unidade interna inicia-se com o destravamento da trava localizada na lateral esquerda do defletor de ar. Na sequência, realiza-se a remoção do defletor juntamente com seus respectivos parafusos. Posteriormente, efetua-se o destravamento do gabinete na parte traseira, seguido da retirada completa do gabinete de plástico, que é devidamente alocado na esteira auxiliar destinada ao suporte temporário dos componentes.

Dando continuidade ao processo, procede-se com a remoção das grades horizontais, destrava-se a moldura e, em seguida, remove-se os parafusos de fixação. O gabinete desmontado é então posicionado no carrinho de transporte, estrategicamente localizado ao lado da esteira principal, de forma a organizar e otimizar o fluxo dos componentes desmontados.

Na etapa subsequente, realiza-se a retirada do protetor do motor ventilador, juntamente com os parafusos localizados na parte traseira do equipamento. Após essa operação, procede-se com a remoção da unidade evaporadora do chassi de plástico. Como etapa final do procedimento, aplica-se um jato de ar comprimido entre as palhetas da turbina, com o objetivo de eliminar partículas e resíduos que possam comprometer a qualidade do processo subsequente. A Figura 31 ilustra uma das etapas mencionadas no procedimento de desmontagem da unidade interna.

Figura 31 - Atividade realizada no posto de desmontagem



Fonte: próprio autor

3.2.3 Motor hélice turbina

No posto destinado à montagem da hélice, inicialmente procede-se com a remoção dos parafusos localizados tanto na lateral do motor quanto no seu lado oposto. Na sequência, realiza-se a retirada do trocador de calor, que é reposicionado na parte frontal do equipamento, sobre a esteira principal, a fim de otimizar a disposição dos componentes para as etapas subsequentes.

Posteriormente, é utilizado um gabarito — ferramenta de apoio que garante precisão e padronização no processo —, o qual é posicionado no lado esquerdo do gabinete. Com o auxílio deste dispositivo, realiza-se a fixação do motor ventilador no conjunto. Por fim, procede-se com a instalação da tampa de proteção do motor da hélice turbina, também denominado motor ventilador, assegurando a proteção e o correto funcionamento do componente. A Figura 32 apresenta uma das etapas operacionais realizadas neste posto.

Figura 32 - Atividade realizada no posto da hélice turbina

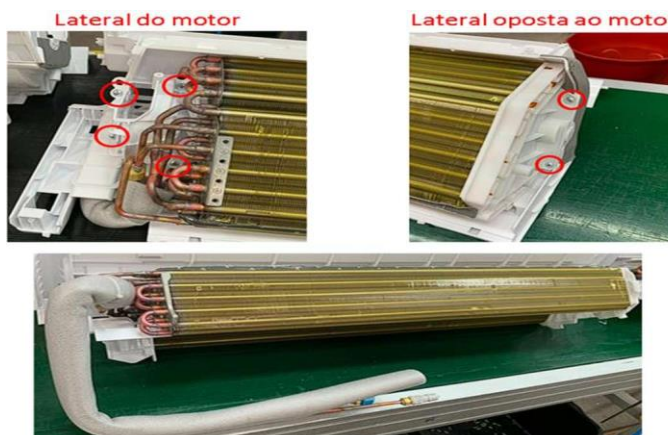


Fonte: próprio autor.

3.2.4 Trocador de calor

No posto anterior, foi retirado o trocador de calor e agora, será inserido. É fixado o suporte do motor e o trocador de calor com os parafusos. A Figura 33 mostra o procedimento do trocador de calor.

Figura 33 - Atividade realizada no posto do trocador de calor

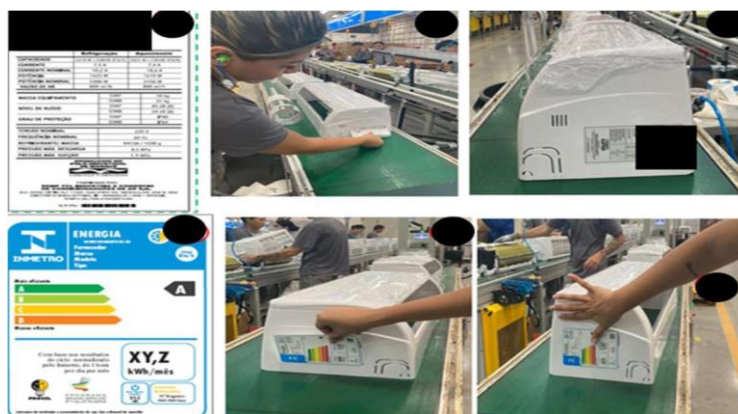


Fonte: próprio autor

3.2.5 Posto de etiquetas

O posto de etiquetas é o primeiro posto na esteira auxiliar. É adesivado a etiqueta de identificação da máquina na lateral do gabinete e etiqueta ENCE na lateral oposta da etiqueta de identificação. A Figura 34 ilustra um dos procedimentos de adesivagem.

Figura 34 - Atividade realizada no posto de etiquetas



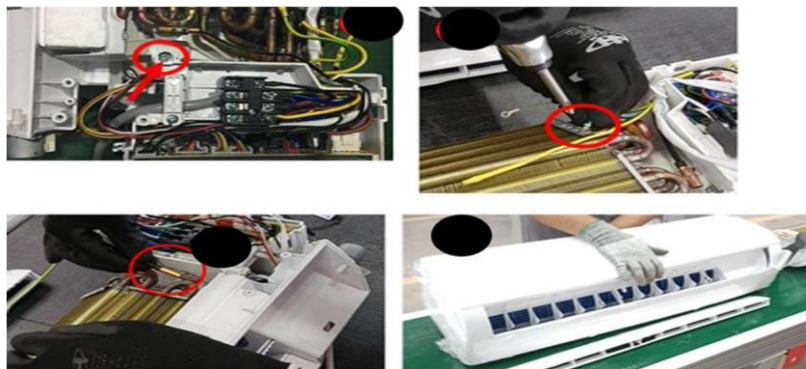
Fonte: próprio autor.

3.2.6 Sensor de temperatura e aterramento

O posto do sensor de temperatura e aterramento é o segundo e último posto que fica na esteira auxiliar. Nele é fixado a caixa elétrica e o fio terra no trocador de calor, também chamado de aletado. Depois são arrumados e posicionados os

sensores de degelo e temperatura e colocado a presilha metálica no tubo do trocador de calor. Ao final da esteira, o gabinete de plástico é devolvido para a esteira principal. A Figura 35 mostra uma das atividades citadas.

Figura 35 - Atividade realizada no posto de sensor de temperatura e aterramento



Fonte: próprio autor.

3.2.7 Motor da aleta

No posto do motor da aleta, é inicialmente posicionado o motor *swing* ao lado da grade horizontal, fixados os parafusos no motor e no lado esquerdo do gabinete da evaporadora. A Figura 36 ilustra melhor o procedimento desse posto.

Figura 36 - Atividade realizada no posto do motor da aleta



Fonte: próprio autor.

3.2.8 Caixa elétrica

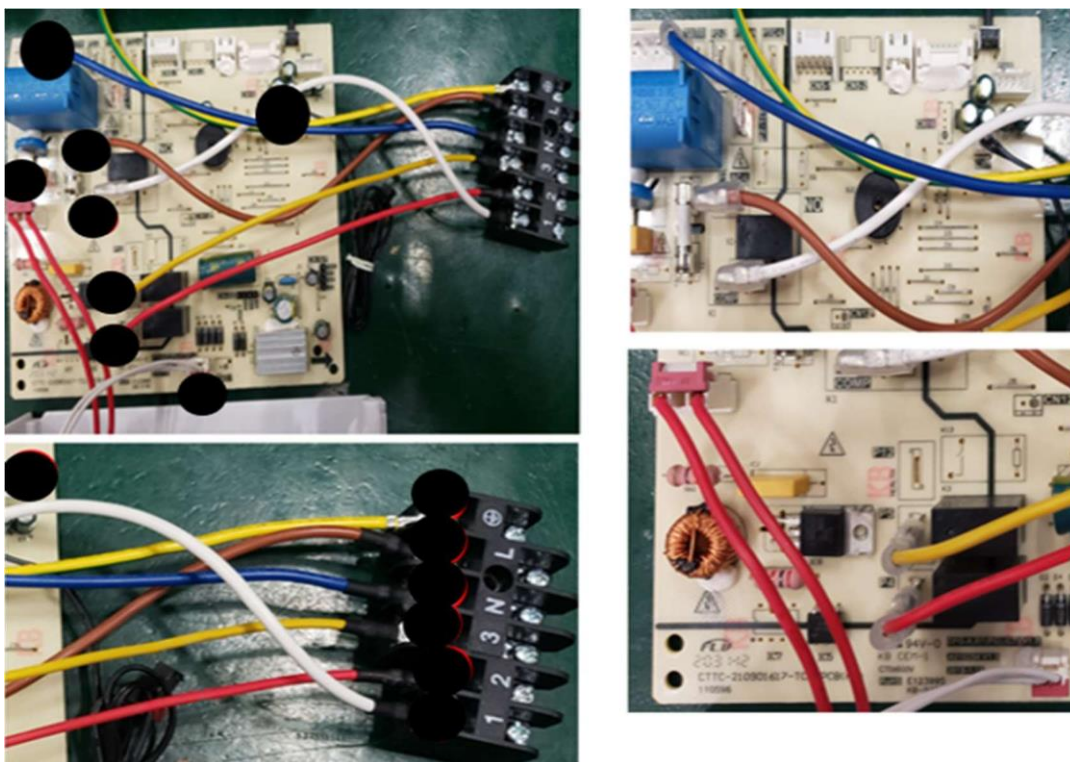
De maneira análoga ao processo executado na montagem da unidade condensadora, a linha de produção da evaporadora também contempla um posto específico para a montagem da caixa elétrica. Este procedimento tem início com a

fixação do transformador na lateral da placa eletrônica, seguida pela realização das conexões dos cabos na barra de terminais. Cada terminal, identificado por letras ou números, corresponde a um cabo com coloração específica, o que assegura a correta montagem elétrica e previne falhas operacionais.

Após a conexão adequada dos cabos, a placa eletrônica é devidamente organizada e acomodada no interior da caixa elétrica. Na sequência, procede-se com a fixação das barras de terminais e da presilha plástica, utilizando-se para tal um parafuso, a fim de garantir estabilidade e segurança na fixação dos componentes. Em seguida, remove-se a moldura do produto para possibilitar a conexão do cabo da placa do display com a placa eletrônica principal.

Cabe destacar que, conforme o modelo do equipamento a ser montado, tanto a quantidade quanto as cores dos fios podem apresentar variações, exigindo atenção rigorosa na correspondência correta entre cabos e os respectivos terminais da borneira. A borneira, por sua vez, é fixada no alojamento do módulo eletrônico, juntamente com o suporte de fixação da evaporadora, compondo a estrutura final do conjunto elétrico. A Figura 37 ilustra uma das etapas deste processo.

Figura 37 - Atividade realizada no posto da caixa elétrica



Fonte: próprio autor.

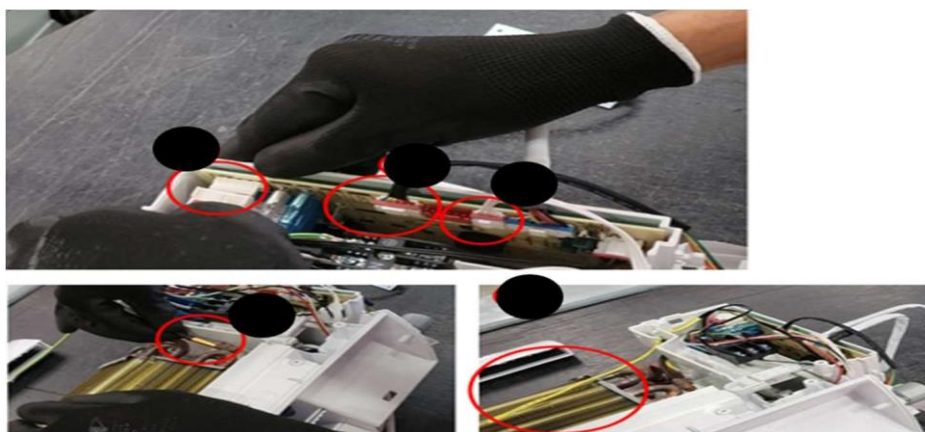
Concluídas as conexões, a placa eletrônica já montada é alocada no interior do módulo eletrônico. Na sequência, realiza-se o encaixe do cabo da luz de LED do display na tampa do equipamento, aplicando-se uma esponja de proteção sobre este cabo, com o intuito de garantir isolamento e prevenir danos mecânicos.

Finalizada a montagem física, procede-se com o teste funcional da caixa elétrica. Para isso, o conjunto é posicionado no *jig* de teste e conectado à fonte de alimentação elétrica. Ao acionar o botão de partida do teste, verifica-se, durante o processo, o correto funcionamento dos segmentos da luz de LED da placa do display, assegurando que o componente atende aos critérios de conformidade estabelecidos.

3.2.9 Conexão da caixa elétrica

No posto de conexão da caixa elétrica, realiza-se o alojamento do módulo eletrônico, o qual contém a caixa elétrica previamente montada, no interior da unidade evaporadora. Este procedimento demanda elevado grau de atenção, especialmente no que tange à organização dos fios dos sensores, que devem ser cuidadosamente posicionados e fixados nos suportes adequados, a fim de evitar possíveis danos físicos durante o funcionamento do equipamento ou nas etapas subsequentes da montagem. A correta disposição dos cabos e sensores é essencial para assegurar não apenas a integridade dos componentes, mas também o pleno funcionamento dos sistemas eletrônicos e de automação da evaporadora. Dessa forma, mitiga-se o risco de não conformidades relacionadas a falhas elétricas ou mau posicionamento de componentes sensíveis. A Figura 38 ilustra uma das etapas representativas do procedimento realizado no posto de conexão da caixa elétrica.

Figura 38 - Atividade realizada no posto da caixa elétrica



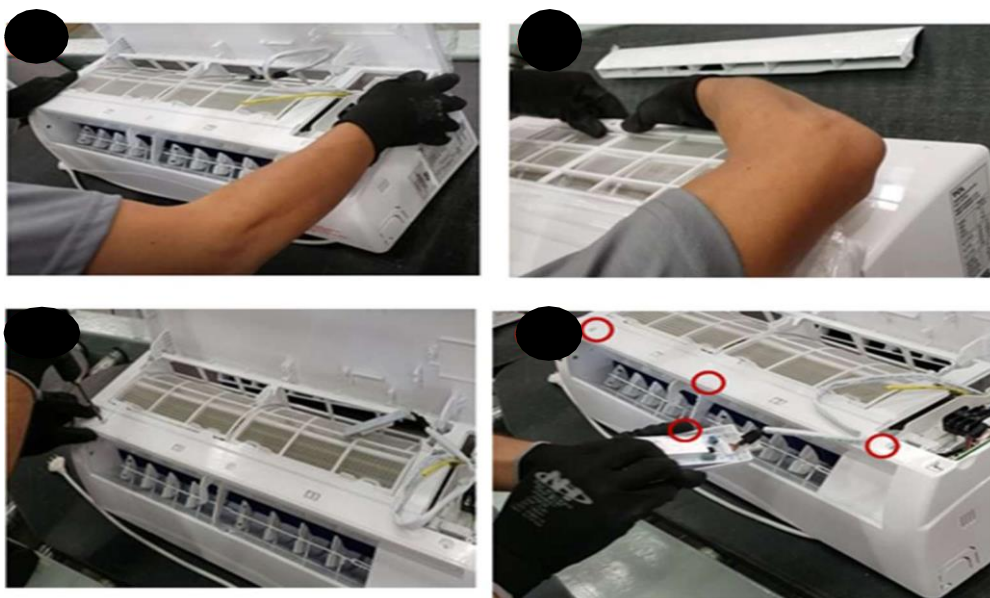
Fonte: próprio autor.

3.2.10 Fechamento do gabinete

O fechamento do gabinete da evaporadora é mais simples do que o da condensadora. No primeiro posto, realiza-se o encaixe do gabinete na bandeja, a fixação dos parafusos na moldura, o travamento das garras traseiras e a instalação das tampas dos parafusos. Finaliza-se com o encaixe da placa do display na bandeja de proteção.

No segundo posto, realizam-se o encaixe da aleta horizontal, a organização do sensor de degelo e do cabo do display, a fixação da placa na tampa do gabinete e, por fim, o encaixe do defletor, travado pelo clique central. A Figura 39 ilustra uma das atividades realizada

Figura 39 - Atividade realizada no posto de fechamento do gabinete



Fonte: próprio autor.

3.2.11 Hipot e performance

O posto de *Hipot* tem a mesma função e execução comparada a montagem da condensadora. No posto de *Hipot*, é iniciado o procedimento ligando o disjuntor da máquina de *Hipot*, abrindo o programa que faz o teste energético, é colocado o jig de teste na borneira da caixa elétrica e enquanto é feito o teste, o operador faz a leitura da etiqueta de serie do código de barra no scanner.

Se aparecer no monitor da máquina escrito “*pass*”, a máquina segue normalmente com o fluxo operacional, mas se caso aparecer “*fault*”, deve-se realizar novamente o procedimento de testagem e se aparecer uma segunda vez, a máquina

deve ser segregada e realocada para o posto técnico, onde o técnico de trabalho fará a análise da Não Conformidade daquela máquina.

Após o teste de *Hipot*, é feito o teste de performance, também chamado de teste de desempenho. Ambos são feitos por ele jig de teste. Enquanto é realizado o teste de desempenho, é feita a inspeção visual do aparelho com auxílio do espelho, e verificar se consta ausência de parafusos, encaixes incorretos, impurezas no aparelho, faltando etiquetas ou produto danificado. A Figura 40 mostra uma das etapas que são realizadas no posto de testagem.

Figura 40 - Atividade realizada no posto de *Hipot* e desempenho



Fonte: próprio autor.

3.2.12 Caixa embalagem

O procedimento da caixa embalagem da evaporadora é idêntico ao procedimento da embalagem da evaporadora. A única diferença é que consta o kit acessório, que é um pacote pequeno com algumas peças, controle e manual de instrução dentro de um saco plástico pequeno dentro da caixa embalagem.

3.2.13 Embalagem

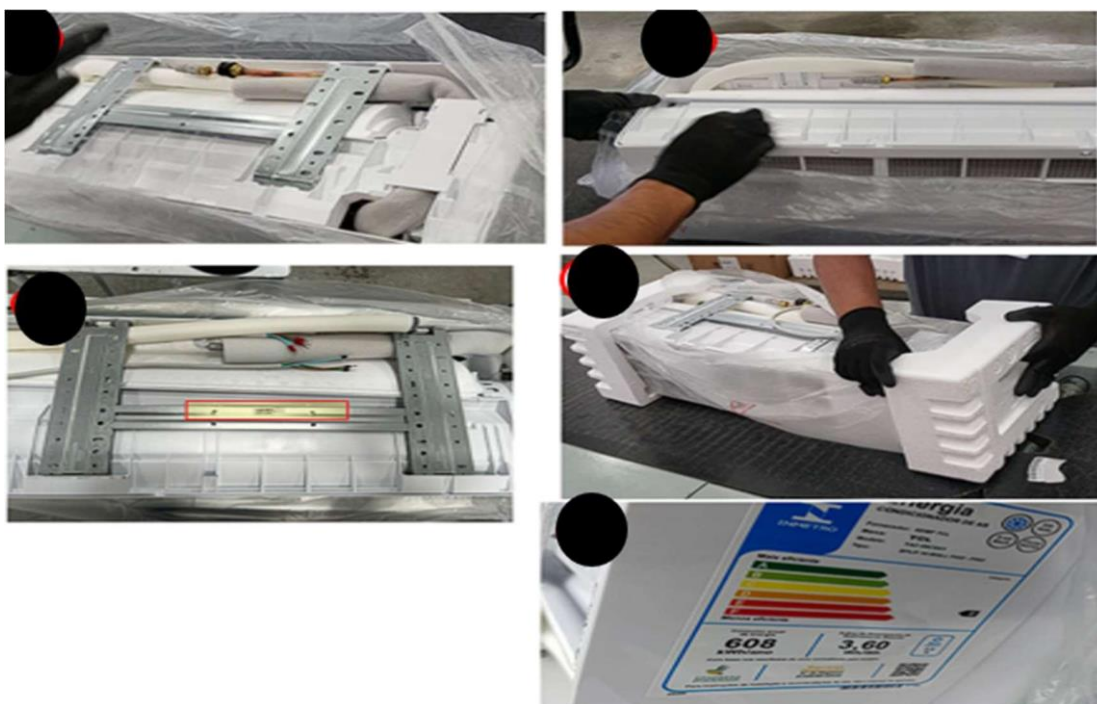
O posto de embalagem representa a etapa final do processo produtivo, assim como ocorre na montagem da unidade condensadora. O procedimento inicia-se

com a aplicação da fita adesiva, que envolve a aleta horizontal, a tampa e o gabinete do equipamento. Em seguida, realiza-se a embalagem do produto com o saco plástico, procede-se com o encaixe do suporte dos tubos e a inserção do cabo de força de três vias.

Na sequência, a caixa de embalagem é retirada da esteira, procede-se com a aplicação da etiqueta de número de série e o produto é posicionado dentro da caixa. Posteriormente, é colocada a placa de instalação, aplicada a etiqueta do suporte de parede, e posicionados os isopores de proteção nas duas laterais do equipamento. Além disso, realiza-se o encaixe do tubo de dreno na parte traseira do produto.

Concluídas essas etapas, efetua-se a leitura, por meio de um leitor scanner, da etiqueta ENCE, da etiqueta de identificação do produto e da etiqueta do suporte de parede. Por fim, realiza-se a leitura do kit de acessórios que acompanha o equipamento e posiciona-se o cabo de força no interior da caixa. A Figura 41 ilustra uma das atividades realizadas neste posto de trabalho.

Figura 41 - Atividade realizada no posto de fechamento do gabinete



Fonte: próprio autor.

3.3 NÃO CONFORMIDADES NO PROCESSO PRODUTIVO

Todo processo produtivo está suscetível a anomalias em seus fluxos, que podem resultar em Não Conformidades (NCs). As NCs representam desvios em

relação a requisitos previamente estabelecidos, sejam eles normativos, técnicos ou organizacionais. Sua ocorrência compromete a eficiência operacional, a qualidade do produto e a conformidade com padrões regulatórios.

Esta monografia aborda a natureza das NCs, suas causas, consequências e a importância do registro sistemático desses desvios para a promoção da melhoria contínua. As NCs podem originar-se de diversos fatores, como: falhas humanas, problemas em equipamentos, falhas de materiais ou deficiências nos procedimentos. Esses desvios impactam diretamente em retrabalhos, paradas não planejadas, aumento de custos e até danos à imagem da empresa no mercado.

O registro adequado das não conformidades é fundamental, pois possibilita a rastreabilidade dos problemas, a adoção de ações corretivas, a implementação de melhorias contínuas e a manutenção da conformidade legal. O gerenciamento sistemático das NCs é essencial para reduzir desperdícios, otimizar processos e garantir a conformidade, assegurando a competitividade da empresa e a satisfação dos clientes.

3.3.1 Possíveis não conformidades no processo

Durante a montagem de máquinas condensadoras e evaporadoras, erros humanos podem comprometer significativamente a qualidade e funcionalidade do produto. As principais não conformidades incluem:

- a) Instalação incorreta de componentes, como válvulas ou conexões elétricas com polaridade invertida, e aperto inadequado de parafusos, levando a vazamentos ou danos estruturais;
- b) Falhas de inspeção, como não detectar vazamentos após testes de pressão ou registrar incorretamente dados críticos (pressão, vazão);
- c) Manuseio inadequado, causando danos físicos a componentes (aletas amassadas, tubulações contaminadas) ou armazenamento impróprio, expondo peças à umidade;
- d) Descumprimento de procedimentos, como ignorar sequências de montagem ou usar ferramentas inadequadas, gerando riscos operacionais;
- e) A falta de atenção ou distração durante a realização do procedimento, podendo gerar a montagem de peças incompatíveis ou fora da especificação, omissão

de componentes e danos acidentais aos componentes por manuseio de descuidado.

3.3.2 Não conformidades registradas

Durante o período de janeiro a maio do ano de 2024, foram registrados todos os dados referentes às não conformidades operacionais das linhas de montagem da condensadora e da evaporadora. As informações foram organizadas em uma planilha eletrônica, contendo as colunas de data, modelo, máquina, posto de trabalho, não conformidades e tempo de reparo.

Os dados foram extraídos do sistema ERP utilizado pela empresa e, para garantir sua validade, todas as não conformidades foram analisadas conjuntamente pelo técnico de reparo da linha e pelo representante da área da qualidade. Dentro do software, existem alguns dados contaminantes, denominados como iscas de processo, que são não conformidades falsas, inseridas intencionalmente para verificar se os operadores estão atentos e conscientes durante o processo produtivo.

Para assegurar a exatidão dos dados de não conformidades, um representante da área da qualidade disponibiliza uma planilha contendo o controle das iscas de processo, permitindo a realização de um cruzamento de informações com a planilha extraída do ERP. Dessa forma, é possível filtrar e remover os dados contaminantes, garantindo a integridade da análise. A Figura 42 apresenta um recorte de tela da planilha de não conformidades operacionais.

Figura 42 - Planilha de Não conformidades

DATA	MODELO	MÁQUINA	POSTO	DEFEITO	TEMPO DE REPARO
02/01/2024	12CSA1	COND	CAIXA ELÉTRICA	BORNEIRA QUEBRADA	03:52:26
02/01/2024	18CHTG1	EVAP	CAIXA ELÉTRICA	FALTANDO PRESILHA NA CAIXA ELÉTRICA	00:57:16
02/01/2024	18CHTG1	EVAP	FECHAMENTO	FALTANDO PARAFUSO NO GABINETE	00:08:37
02/01/2024	18CHTG1	EVAP	MOTOR	CABO DO MOTOR DESCONECTADO	00:12:44
02/01/2024	12CSA1	COND	SOLDAGEM	VAZAMENTO TUBO DE DESCARGA ENTRADA DO TROCADOR DE CALOR	02:09:41
02/01/2024	18CHTG1	COND	MOTOR	FIAÇÃO DO MOTO VENTILADOR SOLTA	00:10:07
02/01/2024	12CHTG1	COND	CONEXÃO	CABO DO MOTOR VENTILADOR ENCOSTANDO NA HÉLICE	00:21:10
02/01/2024	12CHTG1	COND	CONEXÃO	CABO DO MOTOR VENTILADOR ENCOSTANDO NA HÉLICE	00:18:59
02/01/2024	12CHTG1	COND	CONEXÃO	FIAÇÃO DO COMPRESSOR INVERTIDA	00:29:26
02/01/2024	12CHTG1	EVAP	CAIXA ELÉTRICA	CABO DO LED MAL ENCAIXADO	00:10:59
02/01/2024	12CHTG1	EVAP	CAIXA ELÉTRICA	FALTANDO PARAFUSO DA CAIXA ELETRICA	00:15:35
02/01/2024	09CSA1	EVAP	FECHAMENTO	PARAFUSO DO DISPLAY MAL FIXADO	00:09:27
02/01/2024	09CSA1	COND	FECHAMENTO	FALTANDO ETIQUETA LOGO	06:18:14
02/01/2024	09CSA1	EVAP	MOTOR	PEDAÇO DE PLÁSTICO DENTRO DA HÉLICE	13:03:46
02/01/2024	09CSA1	EVAP	MOTOR	PEDAÇO DE PLÁSTICO DENTRO DA HÉLICE	12:45:48
02/01/2024	09CSA1	EVAP	MOTOR	PEDAÇO DE PLÁSTICO DENTRO DA HÉLICE	12:33:13
03/01/2024	09CSA2	EVAP	MOTOR	PEDAÇO DE PLÁSTICO DENTRO DA HÉLICE	00:52:56
03/01/2024	18CHSA1	COND	SOLDAGEM	VAZAMENTO TUBO DE DESCARGA ENTRADA DO TROCADOR DE CALOR	01:26:59
03/01/2024	18CHSA1	COND	CAIXA ELÉTRICA	FIAÇÃO SOLTA DO CAPACITOR DO MOTOR VENTILADOR	01:54:22

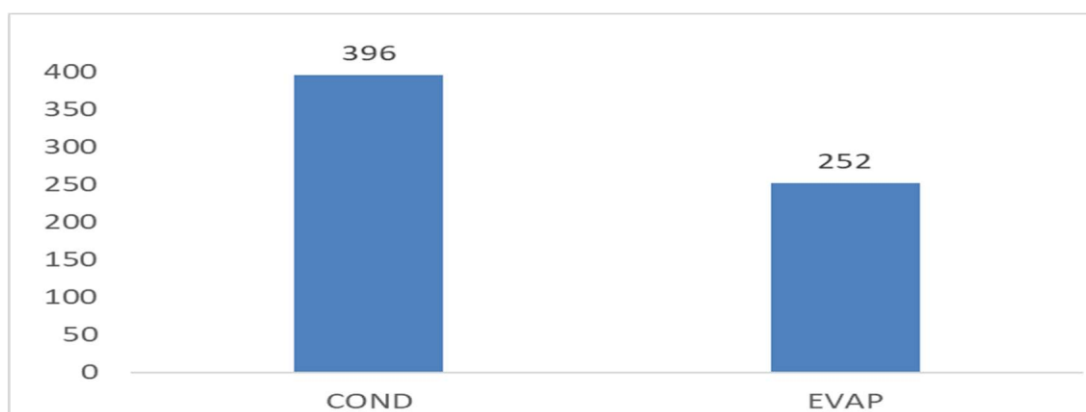
Fonte: Dados obtidos do sistema ERP da fábrica filtrado pelo próprio autor.

4 RESULTADOS E PROPOSTAS DE MELHORIA

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

No Gráfico 1 tem-se a quantidade de Não Conformidade por tipo de máquina, sendo 396 unidades para a condensadora, aproximadamente 61% e 252 para a evaporadora, aproximadamente 39%, assim totalizando 648 Não conformidades no processo produtivo.

Gráfico 1 - Quantidade de Não Conformidade por tipo de máquina

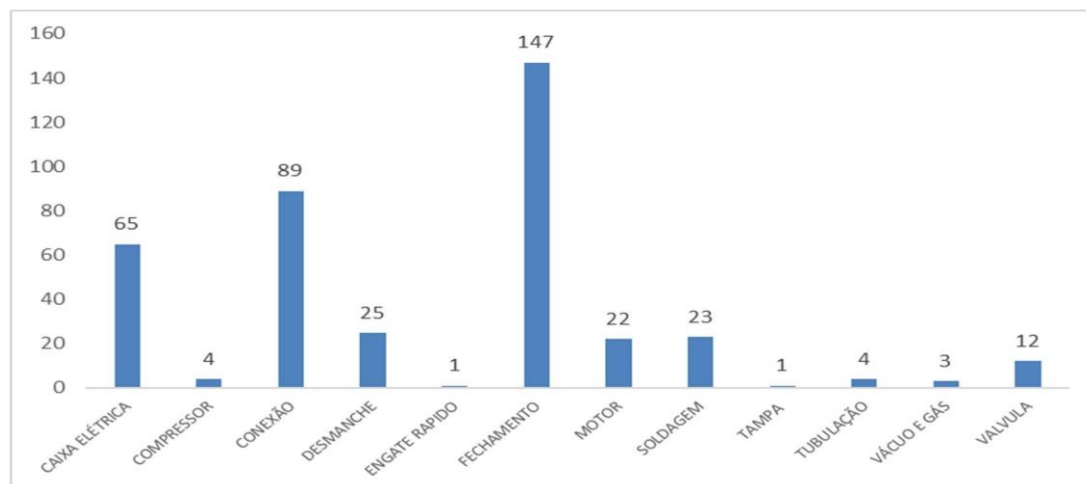


Fonte: próprio autor.

4.2 AVALIAÇÃO DA CONDENSADORA

Os postos de trabalho que apresentaram maior número de Não Conformidades foram os de fechamento, conexão e caixa elétrica, com 147, 89 e 65 registros, respectivamente, conforme pode ser observado no Gráfico 2.

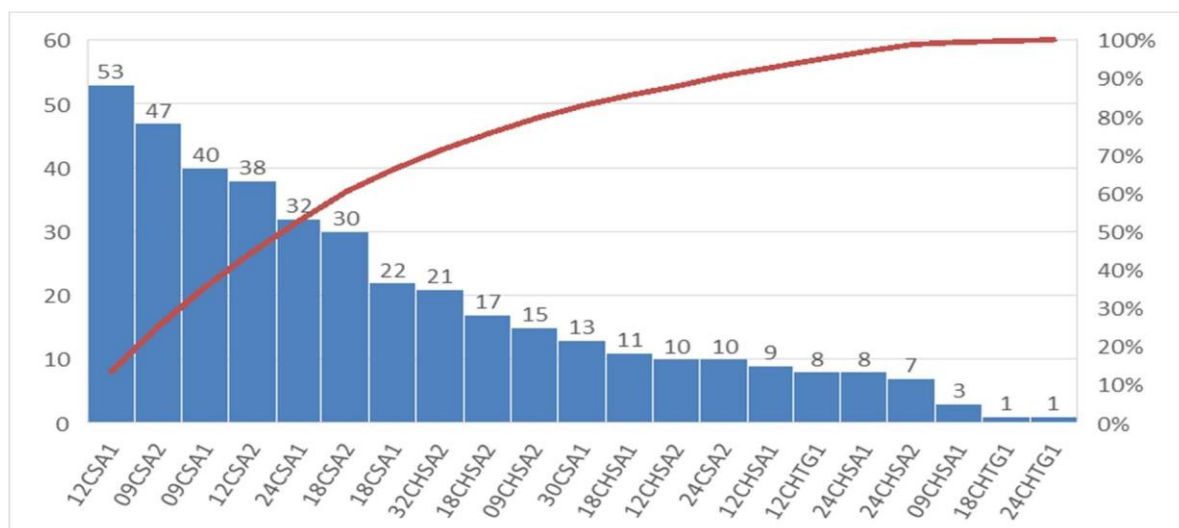
Gráfico 2 – Gráfico de Barras de Não conformidades da condensadora



Fonte: próprio autor.

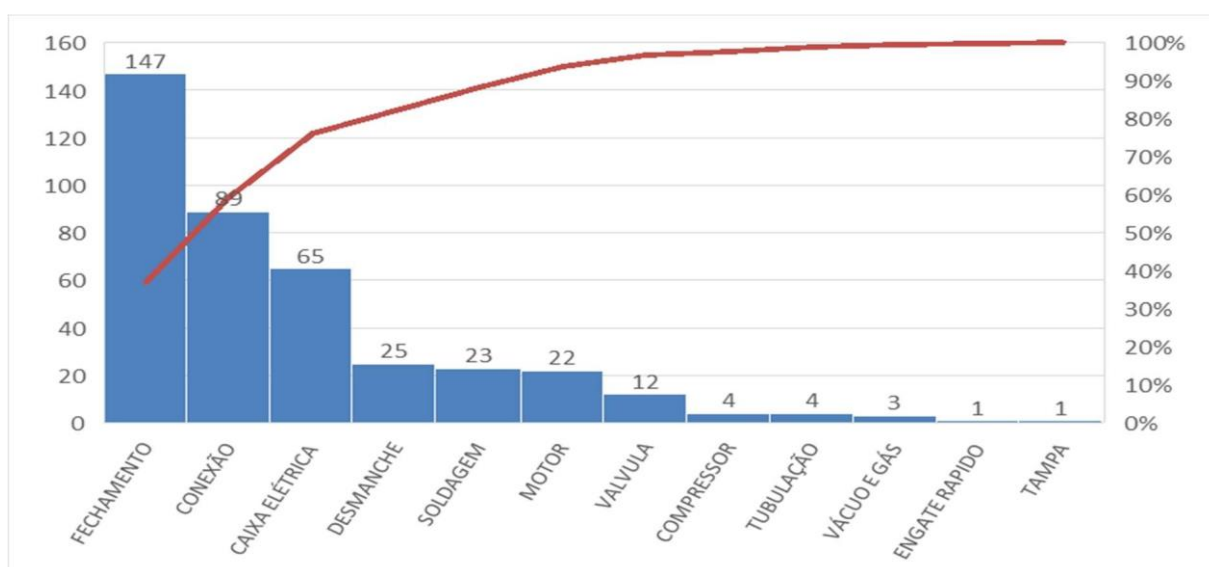
O posto de fechamento apresenta 37% das não conformidades, o de conexão representa 22% e, por fim, o da caixa elétrica corresponde a 16%. Para identificar quais modelos apresentaram maior número de não conformidades, foi elaborado um Diagrama de Pareto.

Gráfico 3 - Diagrama de Pareto de modelos com mais não conformidades



Fonte: próprio autor.

Gráfico 4 - Diagrama da quantidade de não conformidades dos modelos mais defeituosos da condensadora



Fonte: próprio autor.

A partir da análise do gráfico, verificou-se que os modelos com maior número de não conformidades foram: 12CSA1, com 53 registros; 09CSA2, com 47; 09CSA1,

com 40; 12CSA2, com 38; e 24CSA1, com 32. Somando-se as não conformidades desses modelos, obteve-se o Gráfico de Pareto, apresentado no Gráfico 3. Observa-se que os postos que mais concentraram não conformidades nos modelos citados foram: Fechamento, com 70 registros; Conexão, com 45; e Caixa Elétrica, com 43, conforme demonstrado no Gráfico 4. A análise dos registros de não conformidades distribuídas entre os postos de Conexão e Fechamento na linha de montagem da condensadora evidencia padrões recorrentes de falhas, permitindo a identificação de pontos críticos no processo

a) Posto Conexão:

- Fiação e fixação são os principais problemas: cabo ou fiação do compressor e do motor ventilador soltos, mal conectados ou invertidos ($\approx 40\%$ dos casos);
- Elementos de fixação ausentes ou danificados (parafusos e porcas) aparecem em cerca de 30% das ocorrências, gerando “tampa mal encaixada” ou “prensa-cabo solto”;
- Sensores e hélices também representam cerca de 15% dos Não conformidades, com sensores fora de posição ou danificados e hélices quebradas ou faltando.

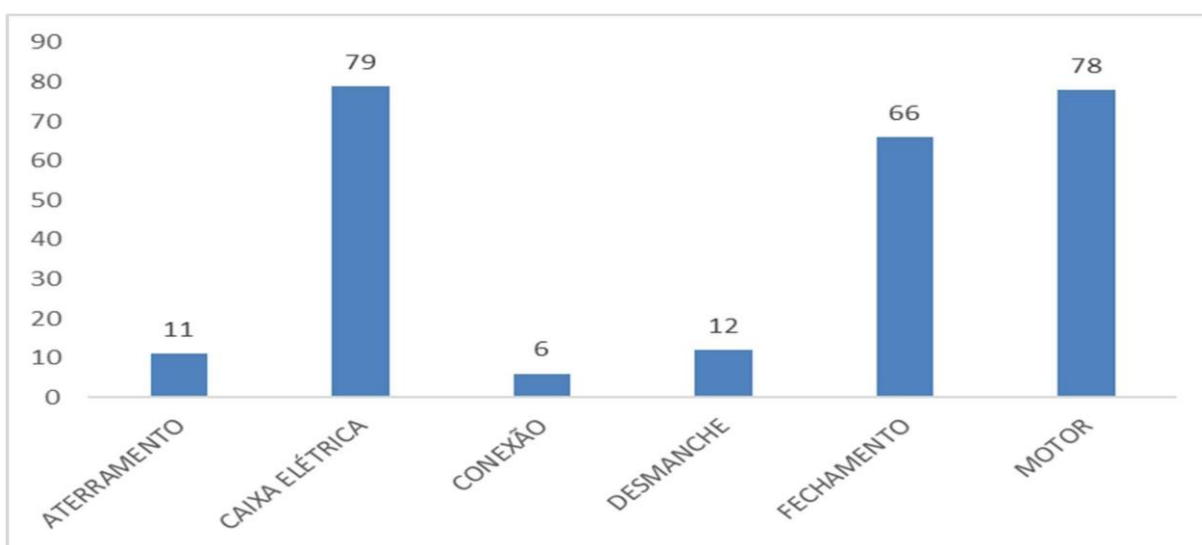
b) Posto Fechamento

- Parafusos faltantes dominam o cenário ($\approx 50\%$ dos registros), seja em painéis frontais, laterais ou tampas, frequentemente acompanhados de “garras” de fixação desalinhadas;
- Danos mecânicos nos painéis (amassados, riscados ou mal encaixados) somam cerca de 25% dos problemas, denotando manuseio inadequado ou falta de proteção;
- Etiquetas e suportes de sensores ausentes ou mal posicionados perfazem os restantes 25%, evidenciando falhas nos processos de identificação e montagem final.

4.3 AVALIAÇÃO DA EVAPORADORA

Assim como feito na condensadora, também foi realizado uma análise na evaporadora. No Gráfico 5 mostra um Gráfico de barras com a quantidade de não conformidades por posto de trabalho na montagem da evaporadora.

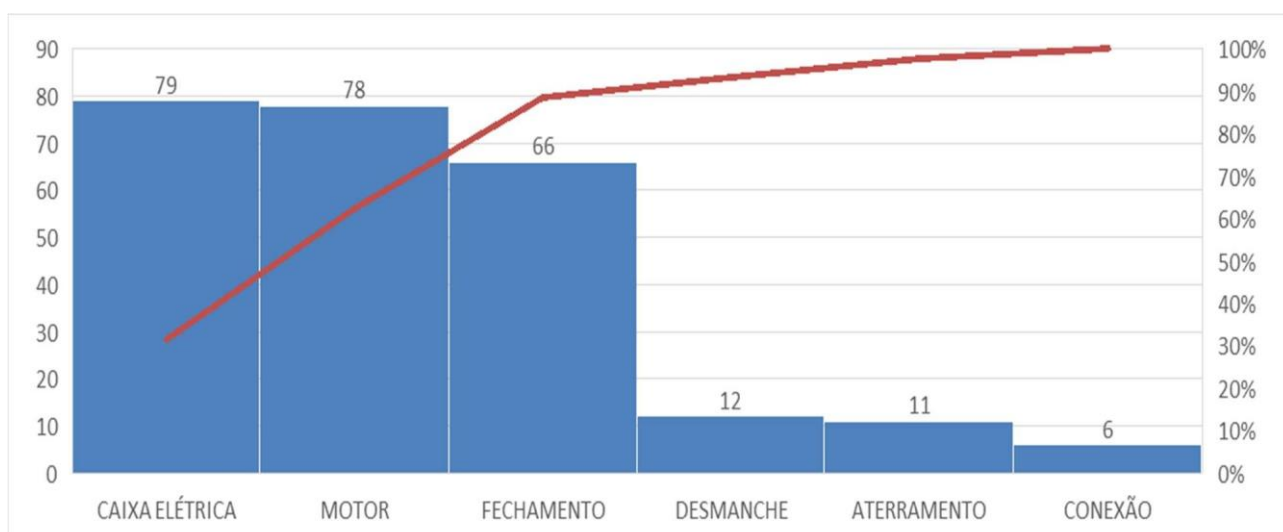
Gráfico 5 – Gráfico de barras de não conformidades na evaporadora



Fonte: próprio autor.

Depois de fazer a análise dos Não conformidades da evaporadora, foi realizado o Diagrama de Pareto dos modelos com mais não conformidades no Gráfico 6 .

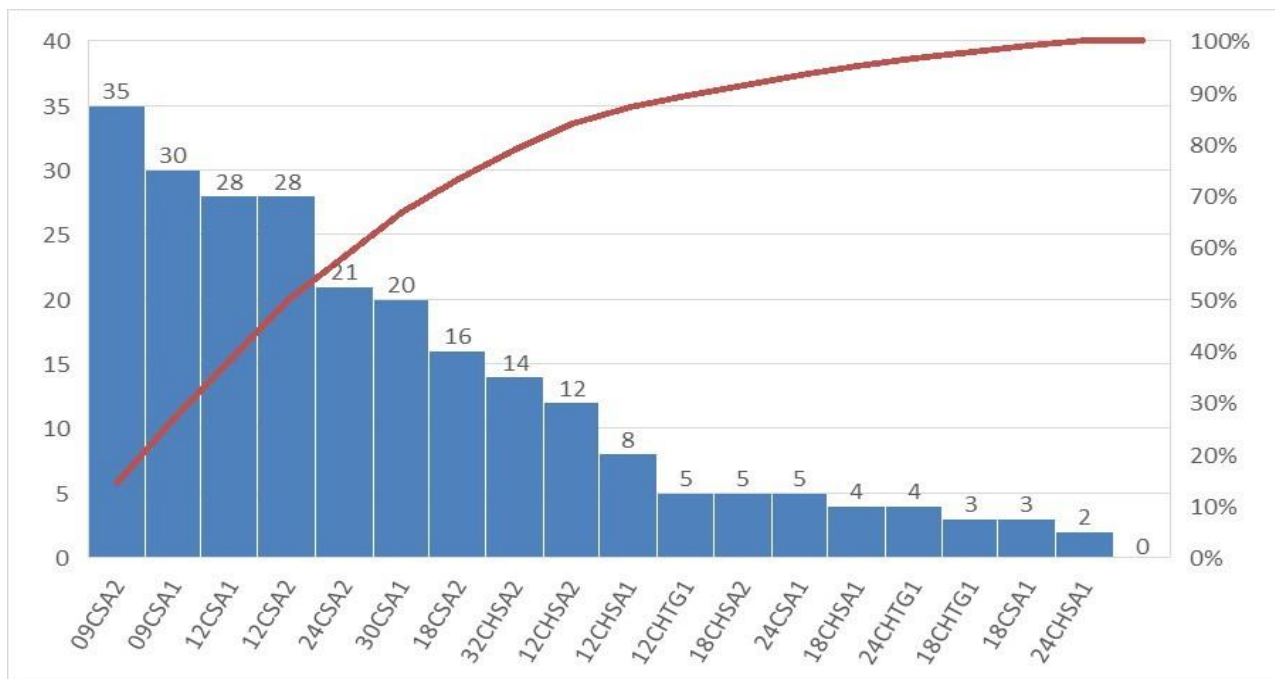
Gráfico 6 - Diagrama de Pareto com os Não conformidades da evaporadora



Fonte: próprio autor.

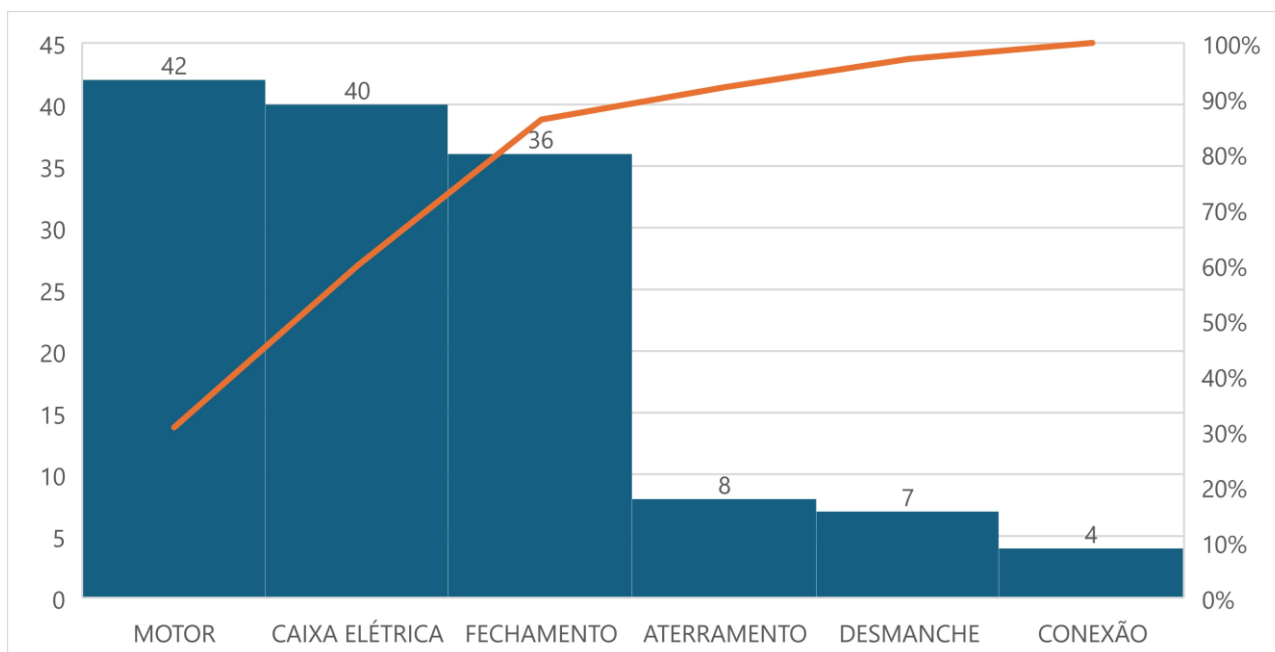
No Gráfico 7 a seguir, tem-se um Diagrama de Pareto com os modelos mais defeituosos na evaporadora.

Gráfico 7 - Diagrama de Pareto dos modelos mais defeituosos da evaporadora



Fonte: próprio autor.

Gráfico 8 - Diagrama da quantidade de não conformidades dos modelos mais defeituosos da evaporadora.



Fonte: próprio autor.

O modelo 09CSA2 apresentou 35 não conformidades (NCs), o 09CSA1 teve 30, os modelos 12CSA1 e 12CSA2 registraram 28 cada, e, por fim, o modelo 24CSA2 contou com 21 NCs. Com base nessa análise dos modelos mais defeituosos da evaporadora, o Gráfico 8 ilustra o diagrama da quantidade de não conformidades dos modelos em questão. A partir disso, a análise dos registros de não conformidades revela padrões claros de falhas em cada etapa do processo:

a) Caixa Elétrica: As ocorrências concentram-se em três grupos principais: fixação incorreta (parafusos faltantes, parafusos altos ou inadequados, presilhas ausentes), representando aproximadamente 40% das ocorrências; posicionamento e montagem (caixa mal encaixada, tampas e displays mal posicionados, bornes e conectores soltos), cerca de 20%; e fiação defeituosa (cabo de LED, transformador, sensor e display mal conectados ou invertidos), também em torno de 20%. Esses problemas indicam falta de controle no aperto dos elementos de fixação e na checagem final da montagem, além de inconsistências no fluxo de roteamento e travamento dos cabos;

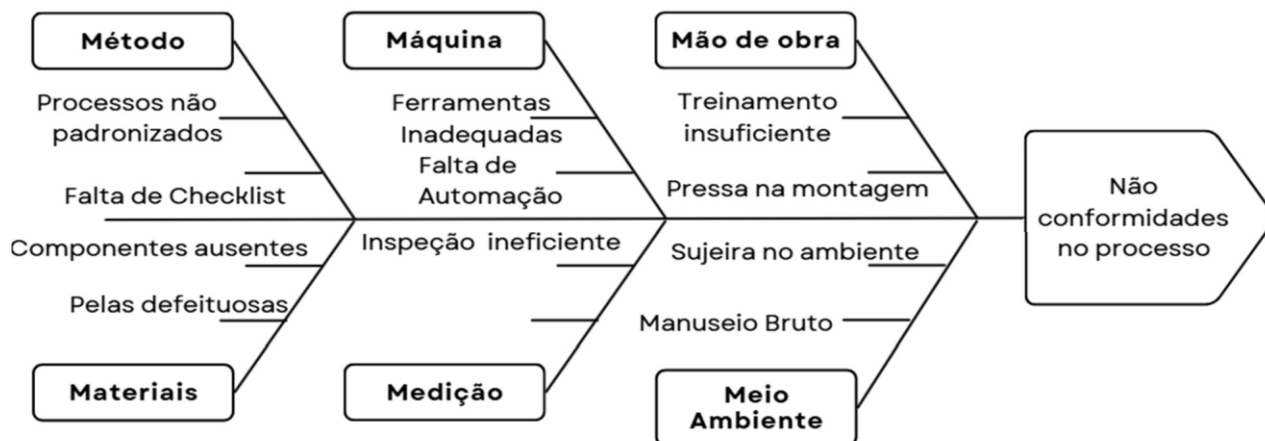
b) Fechamento: Predominam falhas similares de fixação (parafusos ausentes ou mal fixados em gabinetes e painéis, aproximadamente 45% das ocorrências) e na montagem final (gabinete mal encaixado, travas quebradas, etiquetas faltantes ou mal posicionadas, cerca de 35%). Adicionalmente, há diversos danos estéticos (riscos, amassados, manchas, aproximadamente 20%), indicativos de manuseio inadequado. A ausência sistemática de listas de checagem após cada etapa do fechamento resulta na liberação de peças fora das especificações;

c) Motor: A maior parte das não conformidades está relacionada à interferência da hélice — como esponjas e plásticos encostando ou travando a hélice — e à fixação de capas e suportes (hélice solta, parafuso de suporte ausente), representando cerca de 60% das ocorrências. Também são registradas falhas como cabos soltos ou invertidos e danos na hélice (quebrada, aproximadamente 20%). Isso evidencia a necessidade de padronização no posicionamento dos elementos ao redor da hélice, rigor na aplicação dos torques de aperto e revisão do projeto de suporte e isolamento para evitar contato com partes móveis.

4.4 PROPOSTAS DE MELHORIAS

Foi criado um Diagrama de Ishikawa das Não conformidades encontradas na condensadora e da evaporadora, baseado nas avaliações dos defeitos encontrados anteriormente, conforme ilustra a Figura 43.

Figura 43 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: próprio autor.

Quadro 1 – 5 Porquês do posto de conexão da Condensadora

	1	2	3
Problema	Fiação do compressor e motor ventilador soltos, mal conectados ou invertidos (~40% dos casos)	Elementos de fixação ausentes ou danificados (parafusos e porcas)	Sensores e hélices fora de posição, danificados ou ausentes
Por quê 1	Operador não fixou corretamente os terminais ou conectores durante a montagem	Operador esqueceu de instalar todos os fixadores ou aplicou torque excessivo, danificando-os	Peças não montadas ou montadas incorretamente devido à baixa padronização no posto
Por quê 2	Diagrama elétrico e instruções não são claros e não há codificação de cores nos conectores	Kit de montagem não conferido; falta de peças no abastecimento; layout do posto desorganizado	Projeto de montagem não oferece gabaritos ou travas de posição para sensores e hélices, permitindo desalinhamento
Por quê 3	Não existe dispositivo à prova de erro (poka-yoke) que impeça conexões incorretas, pois conectores são similares	Não há checklist ou inspeção no posto para garantir presença e condição de todos os fixadores	Falta de inspeção visual ou de medição para confirmar posição e integridade de sensores e hélices
Por quê 4	Processo de montagem não é padronizado; não há supervisão nem checklist no posto para conferir a fiação	Falta de ferramentas adequadas (ex.: chave de torque) e de treinamento sobre montagem correta dos fixadores	Instruções de montagem não são claras; não há indicação visual ou comunicação adequada sobre a posição correta
Por quê 5 (Causa raiz)	Falta de padronização do processo, ausência de dispositivos à prova de erro e treinamento insuficiente dos operadores	Ausência de padronização no controle de peças, cultura de qualidade deficiente e falta de dispositivos à prova de erro (como gabaritos ou chaves contadoras)	Ausência de dispositivos de fixação específicos e falha na padronização do processo de montagem
Contramedidas	Conectores codificados por cores ou formato distinto; checklist de verificação elétrica; treinar operadores e padronizar procedimento	Gerenciar e organizar estoque de fixadores (Kanban, bandejas); usar chave de torque com alerta; checklist de montagem; treinar equipe e padronizar processo	Instalar gabaritos de alinhamento para sensores e hélices; inspeção visual com checklist; treinar operadores; revisar projeto para incluir travas

Fonte: próprio autor.

O Quadro 1 mostra a ferramenta de três tipos de 5 Porquês para cada não conformidade encontrada no posto de conexão da condensadora, baseado na avaliação dos defeitos encontrados por posto mostrado anteriormente e no Quadro 2 é realizado o mesmo procedimento para o posto de fechamento. Cada cadeia de “Por quê” segue a lógica de causas operacionais (erro humano, falta de padronização, ausência de inspeção ou *Poka-Yoke*) até chegar à causa raiz, sugerindo ações corretivas práticas para o ambiente de fábrica.

Quadro 2 – 5 Porquês do posto de fechamento da Condensadora

	1	2	3
Problema	Parafusos faltantes em painéis frontais, laterais ou tampas (~50% dos casos)	Painéis amassados, riscados ou mal encaixados (~25% dos casos)	Etiquetas e suportes de sensores ausentes ou mal posicionados (~25% dos casos)
Por quê 1	Operador não instalou todos os parafusos ou esqueceu de fixá-los	Painel danificado durante o manuseio ou encaixe	Operador esqueceu de aplicar etiqueta ou fixar suporte de sensor no painel
Por quê 2	Ferramentas sem alerta de parafuso faltante e bandejas de fixadores vazias durante a montagem	Falta de suporte ou gabarito de posicionamento para alinhar e proteger o painel	Etiquetas e suportes não têm localização visual clara no painel e não são incluídos em checklists de montagem
Por quê 3	Não há checklist ou inspeção final para verificar presença de todos os parafusos nos painéis	Operadores manuseiam painéis sem treinamento adequado e sem dispositivos de proteção	Peças pequenas como etiquetas não são priorizadas no treinamento nem na inspeção; faltam instruções detalhadas
Por quê 4	Ausência de dispositivos à prova de erro (ex.: parafusos com guia ou pinos-guia) e de padronização do procedimento	Layout de trabalho desorganizado, sem pads protetores nas superfícies, facilitando batidas e arranhões	Não há padronização de locais de aplicação de etiquetas/suportes nem uso de gabaritos ou modelos
Por quê 5 (Causa raiz)	Cultura de qualidade deficiente, sem ênfase na inspeção final da montagem de painéis	Falta de padronização no manuseio de painéis e ausência de inspeções que detectem danos imediatamente	Ausência de padronização e de dispositivos de posicionamento para etiquetas e suportes de sensores
Contramedidas	Uso de parafusos com dispositivos de guia (captive screws); checklist de montagem de painéis; treinamento; reforçar 5S no posto	Gabaritos e suportes de posicionamento; proteções em áreas de contato; treinamento sobre manuseio cuidadoso; inspeção visual final	Marcar local exato para cada etiqueta/suporte no painel; usar gabaritos de posicionamento; incluir em checklist de montagem; treinar operadores sobre importância da rotulagem

Fonte: próprio autor.

No Quadro 3, tem-se os 5 Porquês dos postos mais defeituosos da Evaporadora. Para cada coluna, foi especificado os problemas mais dominantes de cada posto de trabalho com base nas porcentagens dos defeitos. Neste quadro, para cada coluna consta um posto defeituoso na qual foi relatado e avaliado anteriormente.

Quadro 3 - 5 Porquês da Evaporadora

	CONEXAO	FECHAMENTO	MOTORHELICE
Problema principal:	Fixação incorreta de componentes na caixa elétrica (parafusos ausentes, muito altos ou equivocados; presilhas faltando).	Parafusos ausentes ou mal fixados no fechamento de gabinetes/painéis.	Interferência da hélice (ventoinha) por esponjas ou plásticos que encostam ou travam o rotor.
Porquê1:	Porque os elementos de fixação foram instalados de forma errada ou incompleta (faltam parafusos ou foram usados parafusos de tamanho/tipo incorreto).	Porque os parafusos necessários para fixar o gabinete não foram inseridos ou ficaram frouxos. Isso resulta em painéis soltos ou sem vedação completa.	Porque materiais de embalagem/proteção (p. ex., esponjas, plásticos) estão inseridos próximos ao rotor da hélice após a montagem. Esses materiais tocam as pás ou eixos, impedindo a rotação livre.
Porquê2:	Porque o operador selecionou peças de fixação erradas ou deixou de colocá-las. Isso pode ocorrer quando os kits de parafusos não são entregues completos ou a bancada de trabalho não destaca claramente cada peça necessária.	Porque o operador não inseriu todos os parafusos ou não apertou até o fim. Pode ocorrer esquecimento ou uso insuficiente de torque (por exemplo, quando a chave de aperto não sinaliza o fim da rotação).	Porque esses protetores não foram removidos ou foram mal posicionados no momento final da montagem. Muitas vezes ficam sobre a base do motor ou escapam para dentro do compartimento da hélice por falta de orientação clara.
Porquê3:	Porque não há um procedimento padronizado (POP) detalhando quais parafusos e presilhas usar em cada etapa, nem dispositivos visuais/físicos de apoio. A falta de instruções claras leva a confusões na montagem e à dependência da memória do operador.	Porque não existe um procedimento padronizado de fechamento com passo-a-passo de aperto, nem uma contagem obrigatória de parafusos. Sem instruções de trabalho ou visuais que guiem a sequência de fixação, fica fácil pular um parafuso.	Porque não há instrução de trabalho padronizada que obrigue a retirar ou acomodar corretamente os materiais de proteção antes de ligar o motor. Sem essa etapa descrita em lembrete visual, o operador pode esquecer esse passo.
Porquê4:	Porque não existe um sistema de verificação durante a montagem (por exemplo, ferramentas com contagem de parafusos ou gavetas sinalizadas) que impeça o avanço sem todos os fixadores corretos instalados. Sem <i>poka-yoke</i> ou checagem, o erro passa despercebido.	Porque o processo permite fechar o gabinete mesmo sem todos os parafusos, sem bloqueio ou alerta. Não há <i>poka-yoke</i> ou configuração de bancada que impeça o fechamento incompleto (por exemplo, o painel encaixa sem travar todos os fixadores).	Porque não existe verificação final que garanta a livre passagem da hélice antes da entrega do conjunto. Não há teste de rotação manual ou sensor que alerte para impedimento mecânico; o processo avança sem checar se algo bloqueia o rotor.
Porquê5:	Porque não houve implementação de treinamento adequado nem supervisão para reforçar a importância da montagem completa. A equipe não foi treinada para seguir uma rotina padronizada de verificação (ou falta um líder/facilitador para isso).	Porque faltou priorizar a padronização e a medição de qualidade no posto. A supervisão da montagem final não identifica erros imediatamente, e a equipe não foi treinada nem cobrada para conferir torque ou contagem de parafusos ao fechar o gabinete.	Porque faltou contemplar essa etapa no projeto do processo e do produto. O projeto não inclui um suporte fixo para as esponjas nem um instrução clara na rotina de montagem para removê-las, nem treinamento sobre verificar a folga da hélice.
Causa raiz:	Ausência de padronização e controle de processo: não há Procedimento Operacional Padrão (POP) claro nem dispositivos de verificação para fixação, somada a deficiência no treinamento dos operadores. Esses fatores permitem erros humanos repetidos na fixação.	Falta de padronização e verificação no fechamento: não existe instrução formal ou dispositivo para garantir que todos os parafusos do gabinete sejam instalados e apertados corretamente. Soma-se a isso a ausência de inspeção de torque/contagem, permitindo erro humano na montagem final.	Instruções de montagem incompletas e ausência de controle de verificação: não há procedimento documentado nem dispositivo à prova de erro para assegurar que materiais de proteção sejam removidos/posicionados corretamente. A falta de inspeção pós-montagem (giro manual da hélice) e de treinamento adequado permite que sobras de espuma interfiram na hélice.
Contra medidas	A implementação de checklists visuais, ferramentas inteligentes (chaves de torque com contadores de ciclos) e dispositivos <i>poka-yoke</i> (gabaritos de alinhamento, sensores de presença) visa eliminar erros humanos, como fixações ausentes ou inversões de cabos.	A implementação de checklists visuais, ferramentas inteligentes (chaves de torque com contadores de ciclos) e dispositivos <i>poka-yoke</i> (gabaritos de alinhamento, sensores de presença) visa eliminar erros humanos, como fixações ausentes ou inversões de cabos.	Para o Motor/Hélice, revisões de projeto (guias de distância mínima) e testes funcionais obrigatórios (rotação manual) previnem interferências mecânicas. A autoverificação e dupla checagem em etapas críticas, aliadas a treinamentos práticos com foco em consequências de falhas (ex.: vazamentos, curto-circuitos), reforçam a conformidade. A integração de tecnologias (parafusadeiras com controle de torque, sensores de proximidade) e a cultura de padronização reduzem a variabilidade operacional, assegurando qualidade e eficiência na linha de montagem.

Fonte: próprio autor.

No quadro 4, é mostrado o 5W2H para a evaporadora e para cada coluna consta o posto que apresenta a maior quantidade de não conformidades junto com a especificação da não conformidade com maior ocorrência deste mesmo posto.

Quadro 4 - 5W2H para a evaporadora

5W2H	Posto: Caixa Elétrica – <i>Fixação Incorreta (40% das ocorrências)</i>	Posto: Fechamento – <i>Falhas de Fixação (45% das ocorrências)</i>	Posto: Motor Hélice – <i>Interferência na Hélice (60% das ocorrências)</i>
What (O que)	Implementar padronização no processo de fixação (POP detalhado) e controle com ferramentas adequadas (chave de torque com contagem de ciclos).	Implementar controle visual, checklist obrigatório e uso de ferramentas com contagem de aperto no fechamento dos gabinetes e painéis.	Criar dispositivo físico (<i>poka-yoke</i>) para impedir que esponjas/plásticos fiquem na zona da hélice, além de checklist obrigatório para teste manual da rotação da hélice antes de finalizar o posto.
Why (Por que)	Para eliminar falhas de fixação (parafusos ausentes, mal fixados ou incorretos), que são a maior causa de não conformidades.	Reduzir falhas recorrentes de fixação no fechamento, que são a principal não conformidade, comprometendo a qualidade e a estrutura do produto.	Evitar travamento ou bloqueio da hélice, que é a principal fonte de não conformidade e pode gerar falha funcional e retrabalho.
Where (Onde)	Posto de montagem da caixa elétrica na linha da condensadora.	Posto de fechamento da linha de condensadoras.	Posto de montagem do motor/hélice na linha de condensadoras.
When (Quando)	Início imediato. Implementação em até 15 dias úteis.	Início imediato. Finalização em até 20 dias úteis.	Implementação em até 15 dias úteis.
Who (Quem)	Supervisor de Produção, Engenheiro de Processos e Equipe de Qualidade.	Supervisor de Produção, Técnico de Qualidade e Engenheiro de Processos.	Engenheiro de Processos, Supervisor de Produção e equipe de manutenção (para desenvolvimento dos dispositivos físicos).
How (Como)	- Criar POP detalhado com fotos e seqüências. - Adquirir ferramentas com torque controlado. - Implementar checklists e <i>poka-yoke</i> simples. - Treinar operadores.	- Desenvolver POP de fechamento com seqüência correta de parafusamento. - Instalar painéis visuais indicando pontos de fixação. - Usar parafusadeiras com contador de ciclos. - Treinamento específico.	- Criar gabaritos ou barreiras físicas que impeçam materiais soltos na região da hélice. - Incluir teste manual de giro da hélice no checklist. - Atualizar POP. - Treinar operadores.
How Much (Quanto)	Custo estimado: - R\$ 5.000,00 (ferramentas) - R\$ 1.500,00 (material visual e POP) - R\$ 2.000,00 (treinamentos) Total aproximado: R\$ 8.500,00	Custo estimado: - R\$ 6.000,00 (ferramentas com contador) - R\$ 1.000,00 (painéis visuais) - R\$ 2.000,00 (treinamento e POP) Total: R\$ 9.000,00	Custo estimado: - R\$ 3.000,00 (dispositivos físicos) - R\$ 500,00 (checklists e atualizações de POP) - R\$ 1.500,00 (treinamentos) Total: R\$ 5.000,00

No quadro 5, é ilustrado o 5W2H para os postos mais defeituosos da condensadora juntamente com o tipo de não conformidade com maior ocorrência nesse mesmo posto.

Quadro 5 - 5W2H para a condensadora.

5W2H	Posto: Conexão–Fixação Elétrica (40% das ocorrências)	Posto: Fechamento–Fixação de painéis (50% das ocorrências)
What (O que)	Treinar os montadores sobre a sequência correta de conexão elétrica (compressor e ventilador), elaborar e implantar um procedimento padronizado (SOP) de fiação e adotar conectores polarizados/coloridos que só se encaixem na posição correta (poka-yoke)	- Treinar montadores sobre procedimento de fechamento padrão (número de parafusos e ordem de fixação).- Padronizar checklist de inspeção final com contagem de parafusos instalados e alinhamento das garras. - Implantar chaves eletrônicas com contagem de aperto ou equipamento contador de parafusos (error-proofing).
Why (Por que)	Para eliminar erros de montagem que geram defeitos no equipamento final. Falhas de fiação causam paradas e retrabalhos, gerando custos elevados. Sistemas poka-yoke evitam que o operador encaixe cabos incorretamente.	Para evitar omissões de fixadores que causam defeitos graves e retrabalho. Faltas de parafusos resultam em peças soltas e custos extra de correção. Dispositivos automáticos eliminam falhas no aperto e asseguram que todo parafuso seja aplicado corretamente.
Where (Onde)	No próprio Posto de Conexão da linha de montagem da condensadora (área de fixação dos cabos do compressor e do motor ventilador).	No Posto de Fechamento da condensadora (na fixação de painéis frontais, laterais e tampas com parafusos e garras).
When (Quando)	Início imediato. Finalização em até 20 dias úteis.	Início imediato. Finalização em até 20 dias úteis.
Who (Quem)	Engenheiro de Processos / Líder de Produção (desenvolve procedimento e treina equipe); Supervisor de Qualidade (executa auditorias). Montadores (aplicam o procedimento).	Supervisor de Produção e Engenheiro de Qualidade (definem SOP e fazem acompanhamento). Montadores (seguem procedimentos) e equipe de Manutenção (instala/verifica chaves eletrônicas).
How (Como)	Implementar conectores ou pinos com chave única (poka-yoke) para impedir inversões, incluir testes de continuidade elétrica como etapa final de verificação em cada unidade e conduzir treinamentos.	Elaborar lista de verificação com o número exato de parafusos por painel e posição das garras, treinar operadores para conferir manualmente cada fixação antes de liberar a peça, utilizar chaves de torque com contador integrado.
How Much (Quanto)	Custo baixo a moderado: principalmente horas de treinamento e documentação (estimado ~R\$500). Conectores polarizados (~R\$5–R\$10 cada) e compra de 1 multímetro (~R\$200) – total aproximado ~R\$1.000.	Variação de custo: treinamento e checklists têm baixo custo (~R\$500). Chaves eletrônicas com contador e/ou sistemas de contagem dedicados podem custar médio-alto (estimado R\$3.000–5.000 para equipamentos básicos).

Fonte: próprio autor.

Para a condensadora, dado o maior número de defeitos em comparação à evaporadora, foi realizada uma análise focada nos postos de conexão e fechamento, considerando os três tipos de não conformidades mais frequentes nesses postos, conforme ilustrado no Quadro 2 e justificado pelo Diagrama de Pareto apresentado anteriormente. Em relação à evaporadora, a análise concentrou-se na não conformidade mais presente em cada posto, conforme demonstrado no Quadro 3, que reúne os postos de trabalho mais defeituosos.

De forma geral, as contramedidas recomendadas incluem a implementação de Procedimentos Operacionais Padronizados (POP) para reduzir falhas humanas, além do uso de dispositivos *poka-yoke* para evitar erros de montagem, como a seleção incorreta de peças ou montagem incompleta. Por exemplo, recomenda-se o uso de conectores codificados por cores para os cabos do compressor e do motor ventilador, bem como a implementação de kits de fixação pré-montados conforme cada modelo, visando facilitar a montagem e otimizar o tempo de manuseio dos componentes.

- a) Conectoras e Cabos com Trava: Utilizar conectores chaveados que só possam ser encaixados em uma posição, evitando inversões de polaridade (compressor invertido, cabo invertido na borneira, e adotar presilhas de ancoragem para cabos, impedindo que fiquem soltos atrás da hélice ou dentro da caixa elétrica.
- b) Guias de Etiqueta e Suporte de Sensor: Desenvolver moldes adesivos que posicionem automaticamente a etiqueta de identificação no local correto, evitando etiquetas mal posicionadas ou trocadas e criar suportes plásticos “clip-in” para sensores, que só possam ser encaixados na posição correta, eliminando deslocamentos e falhas de engate.

Outro ponto importante como possível melhoria é o reforço das inspeções por meio de checklists diários e ao final do processo de montagem. Após a conclusão de cada lote, um inspetor de qualidade ou o próprio operador (através de dupla checagem) deve utilizar um checklist que contemple itens como:

- a) Conferência da posição correta da caixa elétrica e do gabinete;
- b) Inspeção para detectar cabos soltos ou invertidos;
- c) Verificação da presença e posição correta de etiquetas e suportes de sensores.

Cada medida foi elaborada para atacar fatores operacionais comuns — como padronização, treinamento e dispositivos de verificação — que são as causas raízes das não conformidades. Para complementar a análise dos problemas, foram elaborados o Diagrama de Ishikawa e a tabela dos 5 porquês, e, com base nisso, foi criado um plano de ação usando a ferramenta 5W2H para ambas as linhas. Para cada linha, foi priorizada a não conformidade com maior frequência em cada posto de trabalho, conforme relatado.

Como a maior parte dos problemas de qualidade está associada a falhas humanas, foram adotadas ações como treinamentos, procedimentos operacionais padronizados (SOP) e mecanismos à prova de erro (*poka-yoke*) para eliminar as causas. No Posto Conexão, cerca de 40% dos erros são relacionados à fiação — cabos soltos ou invertidos entre o compressor e o ventilador — defeitos sutis que podem passar despercebidos e causar falhas de funcionamento. O plano de ação aborda causas humanas (falta de treinamento e ausência de SOP) e inclui a implementação de dispositivos *poka-yoke*.

No Posto Fechamento, aproximadamente 50% das não conformidades envolvem parafusos faltantes em painéis frontais, laterais ou tampas, muitas vezes acompanhados de garras de fixação desalinhadas. Parafusos ausentes comprometem a integridade estrutural, provocam vibração e demandam retrabalho. Para evitar esses problemas, serão adotadas medidas de contagem e inspeção rigorosa dos fixadores, além de capacitação específica dos operadores.

Adicionalmente, a implementação de treinamentos específicos com rodízio de colaboradores e o reforço contínuo da cultura de qualidade representam uma estratégia sistêmica para mitigar as principais não conformidades na linha de montagem da condensadora. Ao capacitar os operadores em práticas adequadas de fiação, fixação e fechamento, e ao instituir rotinas de verificação (checklists, *poka-yoke* e auditorias), a organização cria barreiras eficazes contra erros humanos e variações indesejadas.

5 CONCLUSÃO

Diante disso, torna-se de extrema importância mapear o processo produtivo, visando sempre a melhoria contínua e a redução de não conformidades. No contexto deste trabalho, o objetivo é identificar as causas das não conformidades e os locais onde elas ocorrem com maior frequência, um problema recorrente no setor produtivo. A pesquisa revelou que, embora existam vários postos de trabalho que geram não conformidades de processo, há poucos que se destacam como mais críticos para os indicadores de desempenho da fábrica.

O mapeamento de processos, aliado às ferramentas da qualidade, surge como uma solução eficaz para aumentar a eficiência no processo de montagem das máquinas condicionadoras de ar. O estudo demonstrou que os postos de conexão e fechamento na montagem da condensadora, bem como os postos de caixa elétrica e motor hélice na montagem da evaporadora, são os mais críticos do processo e responsáveis pelas maiores ocorrências de não conformidades.

Por meio das análises críticas realizadas, com apoio das ferramentas da qualidade, foi possível identificar e evidenciar a ausência de alinhamento sistêmico entre a padronização dos processos, os dispositivos de controle de peças, o treinamento contínuo e a consolidação da cultura da qualidade. Esse cenário reforça a necessidade de fomentar a melhoria contínua e de fortalecer a gestão da qualidade como meio de combate às não conformidades no processo de montagem.

O envolvimento ativo das lideranças, somado à implementação de indicadores de desempenho, permitirá consolidar um ambiente de melhoria contínua, no qual a qualidade deixa de ser percebida como um custo adicional e passa a representar um diferencial competitivo e sustentável. Conclui-se que o aprimoramento desses processos contribuirá não apenas para a redução de custos e retrabalhos, mas também para o fortalecimento da imagem da empresa perante os princípios da cultura da qualidade.

Como considerações finais, este estudo conclui que a adoção de checklists ou padronização das etapas, o investimento em treinamento operacional e a consolidação da cultura da qualidade, com ênfase nos indicadores de desempenho, configuram-se como melhorias viáveis e estratégicas para o processo produtivo da empresa em questão. Dessa forma, recomenda-se a adoção desses três fatores como um passo essencial para elevar os níveis de desempenho e eficiência da produção.

REFERÊNCIAS

ADAMY, A. P. A.; GOMES, T. E. O.; STORCK, O.; ZANINI, R. R.; DA ROSA, L. C. The use of statistical process control as a form of quality assurance for the customer: application in a metalworking industry. **Revista Espacios**, v. 38, n. 3, p. 6, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n03/17380306.html>. Acesso em 05 maio 2025.

ARAÚJO, A. L. S. de. **Gestão da Qualidade**: implantação das ferramentas 5S's e 5W2H como plano de ação no setor de oficina em uma empresa de automóveis na cidade de João Pessoa-PB. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13421>. Acesso em 05 maio 2025.

BARBROW, S.; HARTLINE, M. **Process mapping as organizational assessment in academic libraries**. Performance Measurement and Metrics. Reino Unido: Emerald Group Publishing Limited, 2015.

BARRETO, J. dos S.; SARAIVA, M. de O. **Processos gerenciais**. Revisãotécnica: Gisele Lozada. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

BATISTA, I.C.P. **O Impacto Financeiro das Auditorias da Qualidade**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Gestão - Instituto Politécnico do Cávado e do Ave – Barcelos, Portugal. 2015.

BENEVIDES, G.; SABBAG, S. N.; REIS NETO, M. I.; BARROS, J. H.; OLIVEIRA, K. C. S.; VIDEIRA, M. M. M. Aplicação do seis sigma para reduzir a variabilidade no processo de usinagem. **Revista Olhar**, Sorocaba, SP, v. 1, n. 1, p. 27–46, jun. 2016. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/714233039/6-8-1-SM?utm_source. Acesso em 20 maio 2025.

BERNARDO. L. **Ferramentas básicas da qualidade**. Ciência da Informação, v. 22, n. 2, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/502/502>. Acesso em: 20 jan. 2025.

BIAZZI, M. C.; TENÓRIO, A. R.; CASTILHO, E. S. **Ferramentas de gestão e melhoria de processos**. Editora Brasport, Rio de Janeiro, 2020.

CAMPOS, J. T. de G. A. e A.; FERREIRA, A. M. S.; FREIRES, F. G. M. Gestão da variabilidade temporal e análise de trade-offs entre qualidade, produtividade e eficiência da manutenção. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), v. 18, n. 4, p. 1–19, 2021. DOI: 10.14488/BJOPM.2021.018. Disponível em: <https://bjopm.org.br/bjopm/article/view/1124>. Acesso em 05 maio 2025.

CARVALHO, M. M. **Gestão da qualidade**: teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

CHIAVENATO, I. **Administração de recursos humanos**: gestão humana. São Paulo: Atlas, 2021.

CORRÊA, Henrique Luiz; GIANESI, Irineu Gustavo Nogueira; CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP – conceitos, uso e implantação**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

DAVENPORT, T. H. **Process innovation: reengineering work through information technology**. Harvard Business Press, 2013.

ESCOBAR, P. **Diagrama de Ishikawa: o que é, como montar e vantagens de usar**. Blog Egestor, 2 maio 2019. Disponível em: <https://blog.egestor.com.br/Diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 20 jan. 2025.

FERREIRA, Gabriela Souza Assis; SALGADO JÚNIOR, Wilson; COSTA, André Lucirton. Construção e análise de indicadores de desempenho do acesso à atenção especializada do SUS. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 123, p. 1003–1014, out./dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-1104201912302>. Acesso em: 26 maio 2025.

FRANCISCHINI, A. S. N.; FRANCISCHINI, P. G. **Indicadores de desempenho: dos objetivos à ação – métodos para elaborar KPIs e obter resultados**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017.

GALLEGOS, R. A. P. **Ferramentas de gestão voltadas para melhoria da qualidade nas empresas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Freitas Barros, 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOMES, F. M. M.; FAUSTINO, G. G.; TONANI, M.; PORCINULA, S.; SOMERA, S. C.; BEICKER, W.; PAZIN-FILHO, A. **Mapeamento do fluxo de trabalho: Engenharia Clínica do HC-FMRP-USP**. Revista de Medicina USP, SP, v. 48, n. 1, p. 41–47, 2015.

LÉLIS, E. C. **Gestão da qualidade**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

LIMA, J. A.; SANTIAGO, P. O. Os primeiros conceitos da gestão da qualidade total. In: **Anais do XIV Encontro Regional de Estudantes de Biblioteconomia, Documentação, Ciência da Informação e Gestão da Informação**, São Luís, janeiro 2011. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/2004849/os-primeiros-conceitos-da-gestao-da-qualidade-total>. Acesso em: 26 maio 2025.

LUCINDA, M. A. **Análise e melhoria de processos: uma abordagem prática para micro e pequenas empresas**. [S.l.]: Simplíssimo Livros Ltda, 2016.

MANGANIELLO, Veronica. Food system and territorial sustainability: the case study of Campanian certified companies. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, Amsterdam: Elsevier, v. 8, p. 276–281, 2016. DOI: 10.1016/j.aaspro.2016.02.021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/295833001_Food_System_and_Territorial_Sustainability_The_Case_Study_of_Campanian_Certified_Companies. Acesso em 05 maio 2025.

MONTES, E. **Gerenciamento das Aquisições: O melhor custo x benefício**. São Paulo: Editora Atlas, 2018.

MIGUEL, P. A. C.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

NASCIMENTO, J. F.; TEIXEIRA, V. V. N.; MENEZES, J. E. C.; ALVES, K. R. C. P. A importância do gerenciamento de resíduos sólidos e sua logística reversa nos postos de combustíveis da cidade de Campina Grande – PB. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 2, 2016. Disponível em: <https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento/article/view/e123>. Acesso em 05 maio 2025.

OLIVERI, L. M.; D'URSO, D.; TRAPANI, N.; CHIACCHIO, F. An NFC application for the process mapping automation for SMEs. **Procedia Computer Science**, v. 232, p. 298–307, 2024. Catania, Itália. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050924000292>. Acesso em 05 maio 2025.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

PARMENTER, D. **Key performance indicators (KPI): developing, implementing, and using winning KPIs**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015.

PISTORE, G. C.; PHILERENO, R. F. D. C.; SILVA, A.; FACCIN, K. Contabilidade de custos para formação de preço de venda: um estudo de caso em uma indústria de suspensões pneumáticas de Caxias do Sul-RS. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 31 - 49, 2015. Disponível em: <https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento/article/view/e55>. Acesso em 05 maio 2025.

PRAKASH, A.; JHA, S. K.; PRASAD, K. D.; SINGH, A. K. Productivity, quality and business performance: an empirical study. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 66, n. 1, p. 78–91, 2017. Leeds, Emerald Group Publishing Limited. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ijppm-03-2015-0041/full/html>. Acesso em 05 maio 2025.

ROMÃO, B, D. **Manutenção centrada em qualidade**. 1. ed. Brasília: Engeteles, 2020.

ROSSATO, Fernanda; BOLIGON, Juliana Andréia Rüdell; MEDEIROS, Flaviani Souto Bolzan. Estratégias para a implantação do programa 5S em uma cooperativa. **Latin American Journal of Business Management**, São Paulo: [s.n.], v. 7, n. 2, p. 27–49, 2016. Disponível em: <https://www.lajbm.com.br/journal/article/view/351>. Acesso em: 20 maio 2025.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Operations Management**. 9. ed. Harlow: Pearson Education, 2019.

VILLELA, Cristiane da Silva Santos. **Mapeamento de processos como ferramenta de reestruturação e aprendizado organizacional**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/78638>. Acesso em: 20 maio 2025.