

CENTRO UNIVERSITÁRIO DOM BOSCO DO RIO DE JANEIRO

**VINÍCIUS ALMEIDA SILVA
YASMIM ÁVILA DE OLIVEIRA**

**SOLUÇÃO DIGITAL PARA GESTÃO DE MANUTENÇÃO
DE EQUIPAMENTOS DE SOLDA A PONTO**

Resende - RJ

2025

VINÍCIUS ALMEIDA SILVA
YASMIM ÁVILA DE OLIVEIRA

**SOLUÇÃO DIGITAL PARA GESTÃO DE MANUTENÇÃO
DE EQUIPAMENTOS DE SOLDA A PONTO**

Trabalho de Graduação apresentado à
Associação Educacional Dom Bosco,
Faculdade de Engenharia de Resende,
Curso de Engenharia Elétrica/Eletrônica, como
requisito parcial para obtenção do diploma de
Bacharel em Engenharia Elétrica/Eletrônica

Orientador(a): Douglas Rosa Grillo

Resende - RJ

2025

Catlogação na fonte

Biblioteca Central da Associação Educacional Dom Bosco – Resende-RJ

S586	<p>Silva, Vinícius Almeida Solução digital para gestão de manutenção de equipamentos de solda a ponto / Vinícius Almeida Silva; Yasmim Ávila de Oliveira. - 2025. 52 f.</p> <p>Orientador: Douglas Rosa Grillo Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à finalização do curso de Engenharia de Elétrica da Faculdade de Engenharia de Resende da Associação Educacional Dom Bosco.</p> <p>1. Engenharia elétrica. 2. Manutenção. 3. Solda. I. Oliveira, Yasmim Ávila de. II. Grillo, Douglas Rosa. III. Faculdade de Engenharia de Resende. IV. Associação Educacional Dom Bosco. V. Título.</p> <p>CDU 62-7(043)</p>
------	---

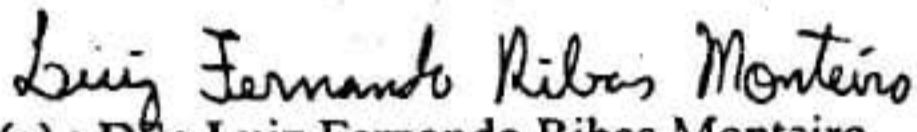
VINÍCIUS ALMEIDA SILVA
YASMIM ÁVILA DE OLIVEIRA


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"ENGENHARIA ELÉTRICA/ELETRÔNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA
EXAMINADORA

BANCA EXAMINADORA:


Prof. (a): MSc Douglas Rosa Grillo
Orientador


Prof. (a): DSc Luiz Fernando Ribas Monteiro
Membro da Banca


Prof. (a): MSc José Salvador Da Motta Reis
Membro da Banca

Novembro de 2025

dedico este trabalho
de modo especial, aos nossos familiares

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos conceder força, sabedoria e perseverança para superar os desafios ao longo desta caminhada acadêmica. À nossa família, pelo amor, compreensão e constante apoio, fundamentais para a concretização deste trabalho e de nossa formação. Estendemos nossos agradecimentos ao nosso orientador Douglas Rosa Grillo, pela dedicação, paciência e valiosas orientações que contribuíram de forma essencial para o desenvolvimento deste projeto. Agradecemos também aos colegas de curso, especialmente a Maria Beatriz Ramos Florencio e Bianca Campos Reis pela troca de conhecimentos, parceria e amizade construídas ao longo dessa trajetória. Manifestamos ainda nossa sincera gratidão aos funcionários da empresa abordada neste trabalho, pelo suporte e colaboração durante a implementação do sistema, cuja contribuição foi indispensável para o êxito deste estudo. Por fim, expressamos nossa gratidão à Faculdade de Engenharia de Resende, pelo ensino de qualidade e pelo suporte oferecido durante toda a realização deste curso.

“A tecnologia sozinha não basta. É a fé nas pessoas, na sua capacidade de criar e colaborar, que realmente impulsiona o progresso”

Tim Cook

RESUMO

No cenário industrial, especialmente no setor automobilístico, as pinças de solda a ponto são equipamentos fundamentais nos processos de soldagem. Uma das principais fontes de falhas nesses equipamentos é o cabeamento das pinças, que pode sofrer desgastes mecânicos e elétricos, comprometendo a qualidade da soldagem. A manutenção preditiva é essencial para o monitoramento contínuo da condição dos cabos, porém a realização manual da análise dos dados coletados periodicamente tem se mostrado improdutivo. Diante da necessidade de tornar o acompanhamento do estado dos equipamentos mais produtivo, reduzir riscos de paradas e facilitar a atuação das equipes de manutenção, este trabalho tem como objetivo desenvolver e implementar uma solução digital de baixo custo e fácil utilização, integrando as ferramentas Microsoft Power Apps, Power Automate, SharePoint e Power BI, como resposta aos desafios enfrentados na manutenção preditiva de cabos de pinças de solda a ponto em uma indústria automobilística da região sul fluminense. A justificativa baseia-se na necessidade de otimizar a gestão da manutenção, reduzindo o tempo de resposta e a tomada de decisão em relação à troca dos cabos danificados. A metodologia adotada foi aplicada, exploratória e descritiva, com abordagem mista e estudo de caso, envolvendo levantamento de dados no ambiente fabril, desenvolvimento do sistema e testes com técnicos e analistas da empresa. O sistema digital permitiu registrar medições, classificar os cabos, emitir alertas automáticos e realizar análises rápidas via *dashboard*. Como resultado, melhor rastreabilidade, redução no tempo de resposta da manutenção e custos evitados consequente da facilidade de gestão da atividade.

PALAVRAS-CHAVE: Power App. Power Automate. SharePoint. Monitoramento. Manutenção.

ABSTRACT

In the industrial setting, especially in the automotive sector, spot welding gun are essential equipment in welding processes. One of the main sources of failure in this equipment is the welding gun cabling, which can suffer mechanical and electrical wear, compromising the quality of the weld. Predictive maintenance is essential for continuous monitoring of the condition of the cables, but manually analyzing the data collected periodically has proven to be unproductive. Given the need to make equipment monitoring more productive, reduce the risk of downtime, and make it easier for maintenance teams to do their job, this work aims to develop and implement a low-cost, easy-to-use digital solution, integrating Microsoft Power Apps, Power Automate, SharePoint, and Power BI tools, in response to the challenges faced in the predictive maintenance of welding gun cables in an automotive factory in the southern region of Rio de Janeiro. The rationale is based on the need to optimize maintenance management, reducing response time and decision-making regarding the replacement of damaged cables. The methodology adopted was exploratory and descriptive, with a mixed approach and case study, involving data collection in the manufacturing environment, system development, and testing with the company's technicians and analysts. The digital system made it possible to record measurements, cables to be classified, issue automatic alerts, and perform quick analyses via the dashboard. As a result, there was improved traceability, reduced maintenance response time, and avoided costs due to the ease of managing the activity.

KEYWORDS: Power Apps. Power Automate. SharePoint. Monitoring. Maintenance.

LISTA DE FIGURAS ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tecnologias Facilitadoras da Indústria 4.0	20
Figura 2 - Pinças de Solda a Ponto	23
Figura 3 - Estrutura Física Completa da Pinça de Solda a Ponto	23
Figura 4 - Princípio de Funcionamento das Pinças de Solda a Ponto	24
Figura 5 - Material com baixa resistência elétrica	25
Figura 6 - Material com alta resistência elétrica	25
Figura 7 - Fontes de Dados do Power Apps	28
Figura 8 - Fontes de dados do Power Automate	30
Figura 9 - Fluxograma	34
Figura 10 - Fluxo Power Automate	36
Figura 11 - Tela Inicial do Aplicativo	37
Figura 12 - Telas Principais do Aplicativo	37
Figura 13 - E-mail Automático de Alerta	39
Figura 14 - Gráfico Dinâmico no Excel	39
Figura 15 - Dashboard Interativo no Power BI	40
Figura 16 - Formulário do Excel	41
Figura 17 - Banco de Dados Antigo	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de Pesquisa	32
Quadro 2 - Indicadores de Funcionamento de Acordo com as Medições	35
Quadro 3 - Comparação do Sistema Anterior com o Desenvolvido	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação de tempo entre os sistemas	38
Tabela 2 - Simulação de custos evitados	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BI	Business Intelligence
CE	Custos Evitados no Ano
ddp	Diferença de Potencial Elétrico
I4.0	Indústria 4.0
IA	Inteligência Artificial
IoT	Internet of Things
MAG	Metal Active Gas
MIG	Metal Inert Gas
QC	Quantidade de Cabos que Impactam Diretamente a Produção
QM	Quantidade de Cabos ou Medições
RT%	Porcentagem de Redução de Tempo
SI	Sistema Internacional
SMAW	Shielded Metal ArcWelding
TA	Tecnologia da Automação
TI	Tecnologia de Informação
TIG	Tungsten Inert Gas
TMCD	Tempo Mensal para Coleta dos Dados
TMR	Tempo Médio para Registro
TMT	Tempo Médio para Troca
TT	Tempo Total
TTan	Tempo Total do Sistema Antigo
TTat	Tempo Total do Sistema Atual
VIM	Valor Simulado de Impacto no Minuto da Linha Parada

LISTA DE SÍMBOLOS

I	Corrente
A	Amperes
R	Resistência
Ω	Ohm, unidade de medida da resistência
V	Tensão
V*	Volts, unidade de medida da tensão
P	Potência
W	Watts, unidade de medida da potência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Contextualização.....	16
1.2 Problema de pesquisa.....	17
1.3 Delimitação do tema	18
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo Geral	18
1.4.2 Objetivos Específicos	18
1.5 Justificativa	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 Indústria 4.0	20
2.2 Manutenção	21
2.2.1 Manutenção Preditiva	22
2.3 Equipamentos de solda.....	22
2.3.1 Solda por Resistência a Ponto	23
2.4 Elementos da elétrica.....	25
2.4.1 Corrente elétrica	25
2.4.2 Resistência Elétrica.....	25
2.4.3 Tensão Elétrica	26
2.4.4 Potência Elétrica	27
2.5 Power apps	27
2.6 Sharepoint	28
2.7 Power automate	29
2.8 Power bi.....	30
2.9 Brainstorming.....	31
2.10 Gestão à vista	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1 Classificação da pesquisa	32
3.2 Estudo de caso.....	33

3.3 Desenvolvimento e implementação	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE A – EXPRESSÃO DE AVALIAÇÃO DA MEDIÇÃO.....	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A soldagem é um dos processos mais utilizados nas indústrias, sendo essencial para a construção e reconstrução de estruturas de forma resistente e eficiente, permitindo a união de peças metálicas de diferentes tamanhos (Pinheiro; Reis Filho, 2023). Neste cenário, destacam-se as pinças de solda a ponto, equipamentos que realizam a união das peças metálicas por meio da combinação do calor gerado pelas altas correntes com a pressão dos eletrodos. É um processo de soldagem muito utilizado nas indústrias do setor automotivo, de manufatura e aeroespacial, e por isso é necessário que esteja operando de acordo com os padrões de funcionamento para garantir a qualidade da solda (Krsulja *et al.*, 2012; Mallaradhya *et al.*, 2018; Yahya *et al.*, 2023). Os cabos são um dos componentes da pinça de solda que apresentam maior suscetibilidade a falhas, devido ao desgaste proporcionado pelo aquecimento constante gerado pela exposição a correntes muito elevadas, que podem variar de 15000 a 42000 amperes dependendo do material a ser soldado, outro motivo que pode causar falhas nos cabos é a sua posição e a mobilidade a que se sujeita na linha de produção (Kimchi; Phillips, 2023; Pouranvari; Marashi, 2013; Tanmoy, 2022).

O desgaste dos cabos causa elevação na resistência elétrica do equipamento, por isso é necessário a adoção da manutenção preditiva para monitorar de forma periódica os valores de resistência dos cabos. É uma garantia de que se for detectado um valor fora do padrão de utilização, será feita a substituição do componente antes que possa ocorrer perdas da qualidade, paradas no processo produtivo, atrasos na entrega do produto e, por consequência, prejuízos financeiros (Temiz *et al.*, 2024). A análise das medições deve ser realizada de forma eficaz para que a tomada de decisão relacionada a substituição do componente seja feita rapidamente, entretanto a coleta, o tratamento e a análise dos dados quando realizados de forma manual, pode impactar na eficácia do processo de manutenção preditiva e gerar ocorrências na qualidade de produção (Al-Dolaimy, 2015; Kimchi; Phillips, 2023; Temiz *et al.*, 2024).

A gestão de manutenção assumiu novos caminhos com os avanços das tecnologias na Indústria 4.0 (I4.0). Os sistemas de gestão passaram a ser impulsionados pela adoção da Inteligência Artificial (IA) no ambiente industrial, possibilitando análises avançadas de dados com maior precisão, além da integração de tecnologias, como o *Internet of Things* (IoT), *Big Data* e *Cloud Computing*. A gestão da manutenção colaborativa também é um destaque da I4.0, implementando plataformas inteligentes com visibilidade em tempo real do estado dos ativos,

permitindo resoluções rápidas dos problemas e tomadas de decisão mais eficientes (Infraspeak, 2025).

Diversas empresas obtêm resultados positivos na adoção de modelos modernos de gestão de manutenção, especialmente com foco em manutenção preditiva. Um exemplo é a Embraer, empresa brasileira de aviação, que adotou em 2020 um sistema de gestão de manutenção pago com softwares de manutenção e instalações de dispositivos *Internet of Things* (IoT), automatizando as demandas de manutenção em plataformas online e possibilitando o monitoramento, reporte e análise de falhas. A empresa obteve retorno positivo ao reduzir consideravelmente a ocorrência de falhas inesperadas e maior disponibilidade de equipamentos, demonstrando que uma boa implementação e gestão da manutenção colabora significativamente com a eficiência operacional (Tractian, 2025).

Diante disso, este trabalho propõe o desenvolvimento e a implementação de uma solução digital para gestão de manutenção de pinças de solda a ponto, auxiliando na otimização do registro, tratamento e análise dos dados. A proposta é substituir o processo manual por um sistema integrado, onde as medições registradas são armazenadas em nuvem, comparadas com valores padrão e se for identificado aumento da resistência, um fluxo automatizado encaminhará alertas informando sobre a necessidade de troca do cabeamento. Além disso, todos os dados referentes a esse processo poderão ser visualizados por meio de *dashboards* interativos, facilitando a análise do cenário operacional.

1.2 Problema de pesquisa

Na organização que foi objetivo de estudo, a gestão de manutenção das pinças de solda a ponto era realizada de forma manual, onde os operadores coletavam os dados e em seguida, registravam em planilhas eletrônicas. A grande quantidade de dados sobrecarregava as planilhas que além de deixar o processo lento, também comprometia a rastreabilidade das informações, tornando a manutenção preditiva ineficaz. O estudo apresentado contribui com a disponibilização da informação de forma rápida e assertiva, baseada em dados confiáveis, impactando diretamente a equipe de manutenção e indiretamente as equipes de manufatura e qualidade.

1.3 Delimitação do tema

O sistema se trata de um estudo de caso aplicado, desta forma, após ser desenvolvido passará por testes de funcionamento e então será implementado no setor de manutenção, de uma empresa multinacional do setor automobilístico na região fluminense, para auxiliar a gestão de manutenção das pinças de solda a ponto. Este projeto delimita-se especificamente aos cabos das pinças de solda, não abrangendo outras partes das máquinas, outros equipamentos ou outros setores de produção.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar uma solução digital para auxiliar a otimização do processo de manutenção preditiva de cabos de solda em uma empresa multinacional do ramo automobilístico localizada na região sul fluminense com o uso de ferramentas de tecnologia da informação com custo reduzido.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, foi necessário cumprir os seguintes objetivos específicos:

- I. Revisar a literatura em busca de informações teóricas, manuais e informações técnicas que possam contribuir para o trabalho.
- II. Mapear o processo atual de coleta e registro de dados.
- III. Escolher ferramenta apropriada para o desenvolvimento do software levando em consideração custos, prazos e viabilidade técnica.
- IV. Criar mecanismo de automação entre o software e a gestão da manutenção.
- V. Criar dashboards interativos integrados ao software para acesso de gestores e técnicos da manutenção.
- VI. Acompanhar o processo de implementação em modo teste, identificando pontos de melhoria e falhas do sistema ou processo que porventura possam ocorrer.
- VII. Validar o modo teste, realizar as correções necessárias e liberar o software para modo

produção.

1.5 Justificativa

A manutenção preditiva oferece uma grande mudança na forma de lidar com a manutenção em intervalos de tempo fixos ou quando algo quebra, passando a responder à condição real do equipamento e seus dados (Sophie, 2025). No caso dos cabos de soldagem, falhas não detectadas antecipadamente podem ocasionar paradas inesperadas, elevar despesas e comprometer a segurança. Na empresa em que o estudo de caso foi realizado, o processo de coleta de dados era feito de forma manual por um operador e depois os dados eram lançados em uma planilha eletrônica. Por isso, a adoção de tecnologia da informação surge como uma alternativa estratégica, possibilitando análises mais rápidas e precisas. A proposta de concepção e implementação de uma ferramenta de apoio e aprimoramento da manutenção preditiva de cabos de solda, traz consigo vários benefícios como a redução do uso de papel, a diminuição do erro humano e a possibilidade de maior eficácia na manutenção preditiva dos equipamentos em foco, além de evitar custos por paradas indesejadas do equipamento. Além da modernização e melhoria dos processos existentes, o alinhamento aos princípios da I4.0, economia de recursos humanos, financeiros e materiais, e a possibilidade de ganho de tempo e redistribuição de recursos entre os processos do setor.

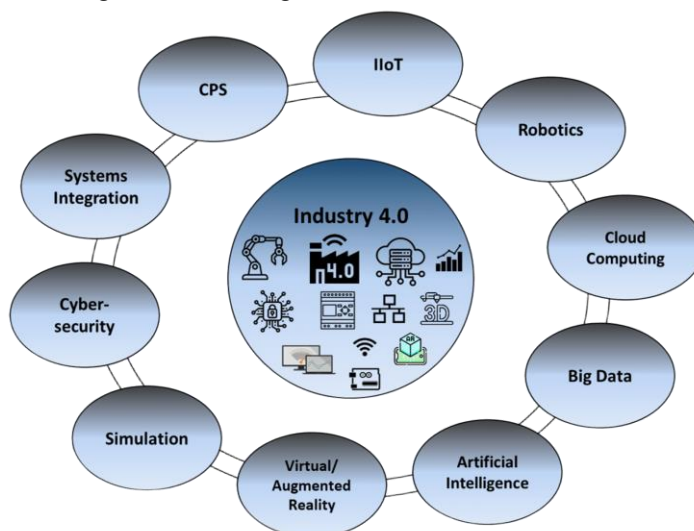
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Indústria 4.0

A revolução industrial ganha novas etapas com o avanço das tecnologias referentes ao setor industrial ao longo da história. A primeira revolução industrial, a partir do século 18, representou o surgimento da máquina a vapor, e a segunda revolução industrial, a partir do final do século 19, acompanhou o surgimento da energia elétrica. Na metade do século 20, a comunicação sofreu um avanço significativo e a informática passou a ser incorporada nas indústrias, marcando assim a terceira revolução (Olabiyyi; Donald; Owen, 2024; Passos, 2020).

Como pioneira da Indústria 4.0, a Alemanha estabeleceu sua identidade e a consolidou com seus robustos setores industriais. A expressão Indústria 4.0 (I4.0) foi utilizada pela primeira vez em 2006, quando o governo da Alemanha apresentou a iniciativa High-Tech 2020 (Yang; Gu, 2021). A partir desse momento os avanços tiveram um crescimento exponencial, e o século 21 é marcado pelas tecnologias dominando as fábricas na quarta revolução industrial. É a representação de uma nova era da manufatura e dos processos produtivos, sendo marcada pela incorporação da Tecnologia de Informação (TI) e da Tecnologia da Automação (TA), conforme a Figura 1 (Lima; Gomes, 2020; Olabiyyi; Donald; Owen, 2024; Passos, 2020).

Figura 1 – Tecnologias Facilitadoras da Indústria 4.0



Fonte: Folgado *et al.* (2024).

As inovações da I4.0 abrangem diversas aplicações, como a *Internet Of Things* (IoT), *Artificial Intelligence* (AI), *Big Data* e *Cloud Computing*. O IoT permite a conexão de máquinas e dispositivos digitais, como sensores e softwares, para coleta e troca de dados em tempo real. A AI é empregada na automatização de tarefas, como a análise de dados, detecção de falhas,

manutenção preditiva e controle de qualidade, melhorando as tomadas de decisão (Gonçalves *et al.*, 2023; Lawrence, 2025; Olabiyi; Donald; Owen, 2024).

O *Big Data* é uma avançada infraestrutura para o armazenamento e o processamento de grandes volumes de dados com alta capacidade e desempenho, sendo alimentado principalmente através de dispositivos IoT. A computação em nuvem é um acesso sob demanda de recursos de TI pela internet, que é usada para *backup* de dados por meio de servidores, recuperação de dados devido a panes no sistema, desenvolvimento de software, análise de *Big Data* e aplicações web (Lawrence, 2025; Lima; Gomes, 2020).

A Indústria 4.0 viabiliza as fábricas inteligentes, interconectando sistemas e máquinas para o processamento de informações e a execução autônoma de tarefas. É impulsionado a digitalização, a automação e a inovação tecnológica nos mais diversos segmentos econômicos, resultando em melhora na produtividade, aumento da eficiência e flexibilização dos processos produtivos, tornando-os adaptáveis (Haddara; Elragal, 2015; Lima; Gomes, 2020; Olabiyi; Donald; Owen, 2024).

2.2 Manutenção

A manutenção é um campo da Engenharia com foco em manter os ativos das empresas, como equipamentos e máquinas, o conceito surgiu na Europa Central por volta do século 16 com o nascimento do relógio mecânico e a chegada dos primeiros assistentes e técnicos de montagem (Andrade; Santos Neto, 2020). As atividades relacionadas à manutenção têm como objetivo restaurar ou preservar as condições normais de operação, buscando garantir que as operações entreguem qualidade e confiabilidade nos serviços, reduzindo custos operacionais e prolongando a vida útil dos ativos. Portanto, tem um impacto direto no lucro da empresa, ao reduzir as perdas causadas pelos problemas nos equipamentos e máquinas (Pantaleão *et al.*, 2025).

Ao longo da Revolução Industrial, a manutenção foi ganhando diferentes formas de aplicação, a primeira foi a manutenção corretiva, onde as correções eram realizadas de forma reacionária, ou seja, as falhas nas máquinas eram corrigidas imediatamente após terem ocorrido. Com os avanços tecnológicos, evitar paradas na linha de produção passou a ser uma prioridade, iniciando-se a manutenção preventiva, que busca prevenir a ocorrência de falhas nos equipamentos por meio de um plano de vistorias constantes. A I4.0 representa a digitalização dos processos, desta forma surgiu a manutenção preditiva, que envolve métodos mais

elaborados nas análises de dados para diagnosticar e prever o estado futuro dos equipamentos, evitando falhas (Farias, 2024; Santos *et al.*, 2024; Zaro; Webber, 2023).

2.2.1 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é o tipo de manutenção mais presente na I4.0, sendo baseada em um conhecimento prévio dos componentes da máquina e de medições, acompanhamento ou monitoramento do estado atual dos componentes para identificar o momento exato para substituições ou reparos antes que ocorra paradas no processo (Baldissarelli; Fabro, 2019; Farias, 2024). Três métodos podem ser utilizados para detecção de anomalias nos equipamentos: Subjetivo, Objetivo e Contínuo (Baldissarelli; Fabro, 2019).

O método subjetivo depende dos sentidos humanos da mão de obra qualificada do responsável pela manutenção, ou seja, é utilizado a visão, audição, olfato e tato, para identificar as anomalias. O método objetivo utiliza de equipamentos ou instrumentos especiais para realizar medições durante o acompanhamento e em seguida os dados coletados são armazenados e comparados com o histórico ou parâmetros base do equipamento para então identificar desvios que indiquem falhas. O método contínuo é utilizado para o monitoramento de equipamentos de alta responsabilidade, que realizam alguma ação e interação com o operador (Baldissarelli; Fabro, 2019).

2.3 Equipamentos de solda

A soldagem é um processo de união de peças, envolvendo a fusão e a solidificação dos metais. Esse método surgiu nas primeiras sociedades a partir de suas necessidades de união de metais para diferentes finalidades, e foi a partir do século 19 que ocorreram avanços significativos neste processo. Em 1800, o químico britânico, Humphry Davy, desenvolveu o primeiro método de soldagem elétrica, onde a corrente elétrica passa a ser um componente essencial para a geração de calor e fundição dos metais (Pinheiro; Reis Filho, 2023).

O avanço tecnológico na I4.0, possibilitou a modernização desse método que antes era completamente manual. É neste cenário, que surgem os equipamentos de solda, apresentando estruturas mais completas e tecnológicas, e podendo ser utilizados de forma manual ou automatizada, variando de acordo com o equipamento adotado pela empresa (Kimchi; Phillips, 2023; Pinheiro; Reis Filho, 2023).

Os principais métodos de soldagem são: *Metal Inert/Active Gas* (MIG/MAG), *Tungsten Inert Gas* (TIG), *Shielded Metal ArcWelding* (SMAW), Plasma, Arco Submerso e Solda por Resistência. O MIG/MAG utiliza um arco elétrico junto com o gás de proteção, que evita a contaminação do material, e o TIG, um eletrodo de tungstênio e um gás inerte, como o argônio, para proteger a fusão da contaminação e oxidação (Pinheiro; Reis Filho, 2023).

O SMAW utiliza um eletrodo revestido no processo de união, o Plasma um gás inerte e um arco elétrico, já o arco submerso está relacionado a um arco elétrico imerso em um fluxo de material granulado. No método de solda por resistência, não é necessário a adição de nenhum material, fluxo ou gases de proteção, e utiliza-se da pressão dos eletrodos acompanhada do calor gerado pela resistência elétrica à passagem de corrente (Pinheiro; Reis Filho, 2023; Rakes, 2025).

2.3.1 Solda por Resistência a Ponto

Uma das variações do método de solda por resistência, é a soldagem por ponto, utilizada em equipamentos como a pinça de solda, conforme a Figura 2. É um componente composto por um transformador que converte alta tensão em baixa tensão com alta corrente, um cabeamento, que fica suspenso por cabos, e transporta essa corrente até os eletrodos, que se localizam na extremidade da pinça, conforme a Figura 3 (Kimchi; Phillips, 2023; Rakes, 2025).

Figura 2 - Pinças de Solda a Ponto



Fonte: Obara Brasil (2025).

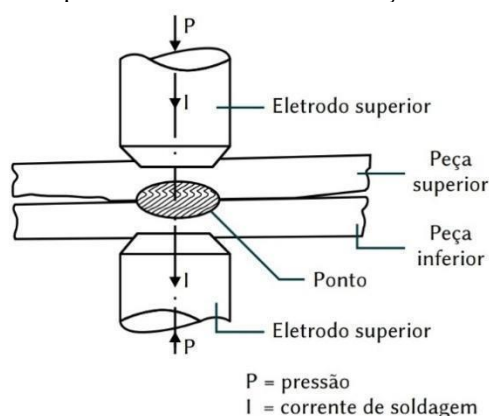
Figura 3 - Estrutura Física Completa da Pinça de Solda a Ponto



Fonte: PSR (2025).

O funcionamento ocorre a partir da união de peças metálicas por meio do calor gerado pelas altas correntes elétricas aplicadas às extremidades dos eletrodos, que realizam uma pressão sob um ponto superfície de contato, fundindo as peças, conforme a Figura 4. É amplamente empregado em setores como o automobilístico, aeronáutico e na construção civil (Kimchi; Phillips, 2023; Rakes, 2025).

Figura 4 - Princípio de Funcionamento das Pinças de Solda a Ponto



Fonte: Moraes; Sellitto (2014).

O tempo de soldagem varia de acordo com a espessura das peças, quanto mais espessas elas forem, maior é o tempo necessário para a soldagem, o que conseqüentemente aumenta o poder da fusão, necessitando de mais corrente elétrica para gerar calor suficiente para aquecer o ponto de contato até a temperatura de fusão, o que também provoca o aumento da quantidade de solda (Kimchi; Phillips, 2023; Moraes; Sellitto, 2014).

A força dos eletrodos reflete na resistência de contato entre as peças metálicas. A resistência será a responsável por definir a qualidade da soldagem, pois maiores valores de resistências resultam em uma maior dificuldade na passagem de corrente pelo cabeamento até o eletrodo, o que reduz a quantidade de calor gerado para a fundição das peças. O resultado disso é a diminuição do poder da fusão e, conseqüentemente, a ocorrência de soldagens mais fracas (Kimchi; Phillips, 2023; Moraes; Sellitto, 2014).

2.4 Elementos da elétrica

2.4.1 Corrente elétrica

A corrente elétrica é definida como um fluxo ordenado de cargas elétricas, devido a existência de uma diferença de potencial elétrico (ddp) entre dois pontos em um condutor. Os

corpos eletrizados buscam restabelecer o estado de equilíbrio por meio da corrente elétrica, que só consegue se estabelecer se o circuito estiver fechado e houver uma ddp aplicada (Senai-SP, 2015).

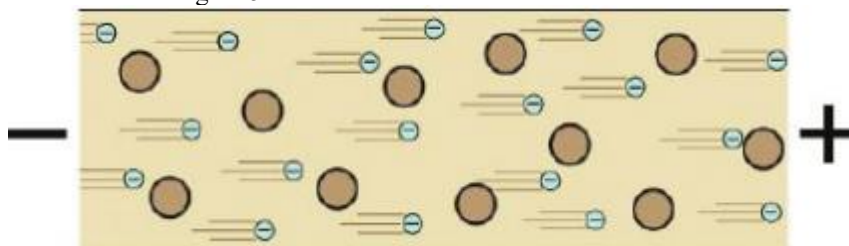
É possível haver tensão elétrica sem corrente, porém a corrente depende da tensão para existir, pois a tensão é responsável por impulsionar as cargas elétricas, determinando a direção e o sentido da corrente. A intensidade da corrente elétrica é representada pela letra I e a sua unidade no Sistema Internacional (SI) é o Ampère (A) (Senai-SP, 2015).

2.4.2 Resistência Elétrica

A resistência elétrica é a propriedade que um material apresenta de se opor à passagem de corrente elétrica. A origem da resistência está relacionada à estrutura atômica dos materiais, considerando que para que uma ddp aplicada consiga produzir corrente elétrica, é necessário que o material possua elétrons livres em sua estrutura, permitindo seu deslocamento (Senai-SP, 2015).

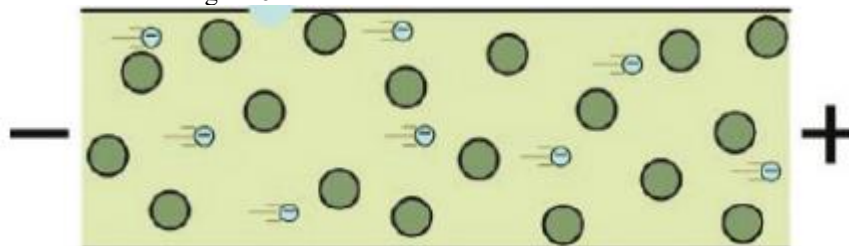
Os materiais onde os átomos têm facilidade em liberar elétrons livre, como o cobre e o alumínio, é permitido que a corrente elétrica transite com mais liberdade, ou seja, possui baixa resistência elétrica, conforme Figura 5. No caso de o material apresentar dificuldade em liberar elétrons, como a borracha e o vidro, existe uma maior dificuldade à passagem de corrente, representando um material com alta resistência elétrica, conforme Figura 6. A resistência é representada pela letra R e a unidade no SI é o Ohm (Ω) (Senai-SP, 2015).

Figura 5 - Material com baixa resistência elétrica



Fonte: Senai-SP (2015).

Figura 6 - Material com alta resistência elétrica



Fonte: Senai-SP (2015).

A resistência elétrica pode ser influenciada pela temperatura. O aumento da temperatura, aumenta a resistência, por consequência temperaturas altas refletem em maior agitação das partículas, aumentando as colisões das partículas com os elétrons livres. É possível observar esse fenômeno principalmente em metais e suas ligas, sendo relacionada diretamente a variação da resistividade elétrica, ou seja, a resistência elétrica específica de um determinado condutor a uma temperatura de 20 °C, com 1 metro de comprimento e 1 mm² de área transversal (Senai-SP, 2015).

2.4.3 Tensão Elétrica

A tensão elétrica, também conhecida como ddp está relacionada ao trabalho necessário para mover uma carga de um ponto a outro. É necessário a realização de trabalho elétrico para mover uma carga de um corpo com maior potencial para o outro de menor potencial, o que em um circuito fechado, gera corrente elétrica (Senai-SP, 2015).

O potencial elétrico é uma grandeza que expressa a quantidade de energia que um corpo pode fornecer por unidade de carga, onde quanto maior o potencial de um corpo, mais energia ele pode transferir a uma carga em movimento. A ddp pode existir tanto em corpos com cargas de sinais opostos, quanto com sinais iguais, desde que tenham intensidades diferentes. A tensão é representada pela letra V, a unidade no SI é o Volts (V) e pode ser representada pela Equação (1) (Senai-SP, 2015).

$$V = R \times I \quad (1)$$

2.4.4 Potência Elétrica

Potência elétrica é definida como a capacidade de uma carga elétrica realizar trabalho elétrico em um determinado intervalo de tempo. O trabalho representa a energia elétrica convertida em calor, luz ou movimento. A conversão ocorre em função da tensão aplicada e da corrente elétrica que transita pelos terminais de um componente. A potência é representada pela letra P, a unidade no SI é o Watt (W) e pode ser representada pela Equação (2) (Senai-SP, 2015).

$$P = V \times I \quad (2)$$

Em casos em que não é disposto a tensão (V), é possível calcular a potência por meio da equação da potência por efeito Joule, que substitui V pela Equação (1), conforme a Equação (3) (Senai-SP, 2015).

$$P = R \times I^2 \quad (3)$$

É uma maneira de calcular a potência dissipada por resistores, o que está relacionada ao efeito Joule, que descreve o aquecimento causado pela passagem de corrente elétrica através de uma resistência (Senai-SP, 2015).

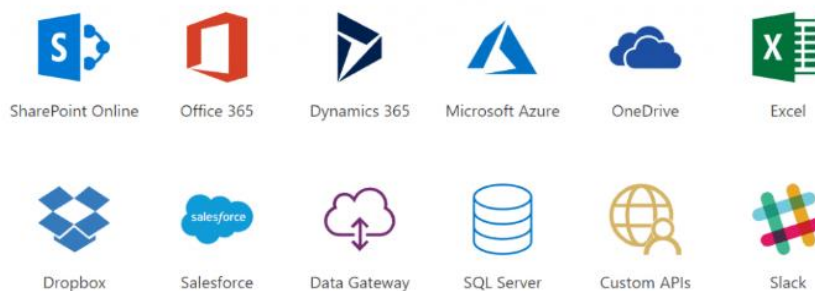
2.5 Power apps

O Power Apps é um software desenvolvido pela empresa Microsoft e tem como objetivo o desenvolvimento de aplicativos com inúmeras finalidades (Potturu, 2023; Rhodes, 2019). Segundo Leung (2021), o software representa a evolução de um projeto desenvolvido pela Microsoft para o Windows 8, chamado de Siena, uma plataforma que possibilita que seus usuários criassem aplicativos com um *design* metro, interface limpa com ícones grandes e cores vibrantes, que era muito utilizado nos sistemas operacionais da Microsoft. No final de 2016, a empresa lançou a primeira versão do Power Apps, que além de aprimorar as funcionalidades do Siena, tem acesso de outras maneiras além do computador.

A plataforma utiliza uma linguagem de programação simples, *Low Code*, que foi criada pela própria Microsoft, denominada de linguagem Power Fx, onde a construção das fórmulas se baseia na utilizada pela plataforma do Excel (Souza *et al.*, 2024). A não exigência de um alto nível de conhecimento de programação de seus usuários, possibilita que tanto os criadores, quanto os colaboradores que forem usufruir do aplicativo, não necessitem de treinamentos extensos para utilização (Ding, 2023; Rhodes, 2019; Souza *et al.*, 2024).

O objetivo do software é permitir que seus usuários consigam desenvolver, de uma forma rápida e prática, aplicativos com interfaces visuais e dinâmicas, integradas com fontes de dados em nuvem, como o SharePoint, OneDrive, Excel e o Dropbox, entre outras inúmeras possibilidades, conforme mostrado na Figura 7 (Ding, 2023; Shrivastara, 2024; Souza *et al.*, 2024).

Figura 7 - Fontes de Dados do Power Apps



Fonte: Guimonet (2019)

Um diferencial do Power Apps é a sua plataforma flexível, que pode ser acessada por meio de um navegador web e de um aplicativo para utilização em dispositivos móveis. O Power Apps Studio é o ambiente de criação do aplicativo, podendo ser acessado via navegador e aplicativo para computador, porém a versão do navegador é suportada apenas pelo Microsoft Edge, Google Chrome e Microsoft IE11 (Leung, 2021; Potturu, 2023; Shrivastara, 2024).

É importante destacar também que o software pode apresentar algumas limitações, como a necessidade de algumas licenças extras para determinadas aplicações, a lentidão para bases extensas de dados e a personalização em comparação aos frameworks tradicionais pode ser limitada (Ding, 2023; Leung, 2021; Rhodes, 2019).

2.6 Sharepoint

O SharePoint é uma plataforma de gestão de conteúdos baseada em nuvem desenvolvida pela Microsoft e foi incorporada ao Microsoft 365 em 2014, que permite o compartilhamento de dados entre colaboradores de uma mesma empresa ou com seus associados e clientes (Narayn, 2023). O sistema possibilita a criação de sites internos, repositórios de documentações e outros dados, podendo ser acessados via web (Bawa; Ukpabia, 2025; Maddumakumara, 2024; Narayn, 2023).

A ferramenta possui um limite alto de armazenamento, lidando com grandes quantidades de informação, e permite que os usuários possam tratar seus conteúdos de acordo com suas necessidades, disponibilizando funcionalidades para que seja possível criar, acessar, automatizar, pesquisar e proteger seus dados (Almeida; Rabelo, 2022).

Uma implementação elaborada do SharePoint possibilita que as empresas otimizem a automatização dos processos, melhore a gestão e o controle dos documentos, além de possibilitar o direcionamento de informações para o público-alvo, proporcionando uma melhora

significativa nas atividades colaborativas. É importante destacar também que o sistema pode ser integrado a outras plataformas da Microsoft, como o Power BI, o Power Automate e o Power Apps (Kiroro *et al.*, 2021; Pesantes-Espinoza; Perez-Soltero, 2023; Yeddula, 2025).

2.7 Power automate

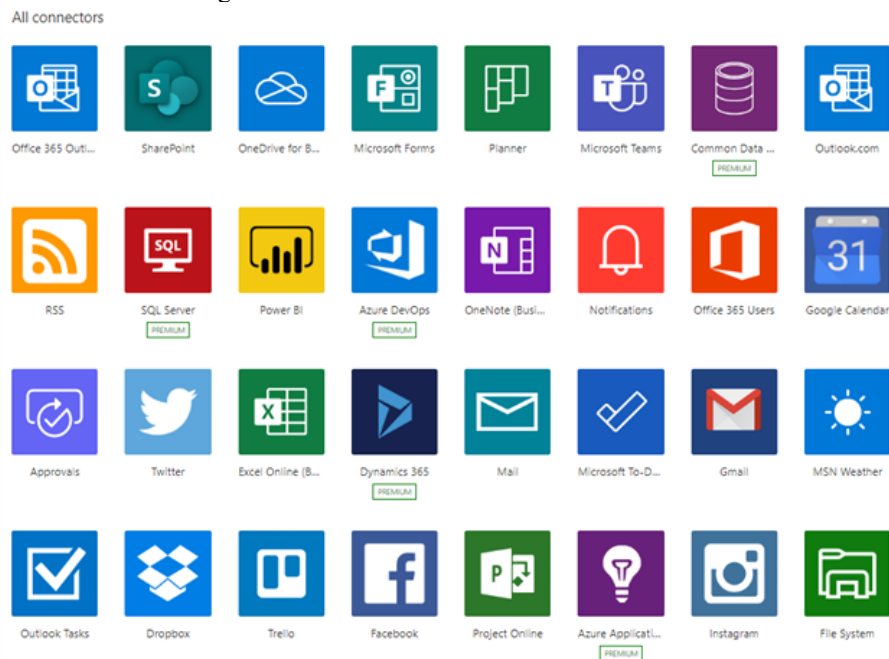
O Power Automate é um serviço baseado em nuvem desenvolvido pela Microsoft, que possibilita que o usuário automatize e crie fluxos de atividade repetitivas (Calixto; Luchiari, 2024; Harrington, 2025). Segundo Mishra (2023), a ferramenta foi lançada em 2016 com o nome de Microsoft Flow e sua aplicação era voltada principalmente para os serviços da Microsoft, automatizando fluxos de trabalho sem necessidade de conhecimentos aprofundados de programação. Em 2019, foi renomeado para Power Automate, como forma de refletir o aprimoramento dos recursos e a plataforma como ferramenta de automação.

O serviço permite que tarefas rotineiras, que necessitam ser repetidas periodicamente, sejam automatizadas, eliminando a necessidade de repetições manuais de atividades, simplificando os processos e integrando os sistemas. É oferecida uma interface intuitiva, tornando mais fácil para os usuários criarem os fluxos, principalmente por ser uma ferramenta *Low Code* ou principalmente *No Code*, ou seja, baixa codificação, utilizando a linguagem Power Fx baseada no Excel, ou sem nenhum código, por meio apenas de gatilhos e modelos prontos (Calixto; Luchiari, 2024; Campbell, 2025; Ferreira; Borges, 2022).

A ferramenta conecta os mais diversos serviços da Microsoft 365, como o SharePoint, Outlook, OneDrive, Excel e Teams. Além disso, pode ser integrada às outras plataformas da linha Power desenvolvidas pela Microsoft, como o Power Apps e o Power BI. É possível acessar o Power Automate por meio de navegadores web e aplicativos móveis, por ser um serviço baseado em nuvem, não há uma versão para *desktop* (Campbell, 2025; Dunnam *et al.*, 2020; Mishra, 2023).

É importante destacar que os serviços de automação fornecidos pelo Power Automate não se restringem apenas a aplicativos e serviços da Microsoft, é possível automatizar as mais diversas aplicações, como atividades em mídias sociais, softwares de gestão de recursos desenvolvido por terceiros e o Dropbox, conforme a Figura 8 (Dunnam *et al.*, 2020; Harrington, 2025; Mishra, 2023).

Figura 8 - Fontes de dados do Power Automate



Fonte: Dunnam (2020).

2.8 Power bi

O *Business Intelligence* (BI) é o processo de coleta e análise de dados para tomadas de decisão. Inicialmente relacionado a relatórios históricos para análise de desempenho organizacional, teve sua evolução com o *Big Data*, ou seja, o aumento na complexidade e no volume de dados transformou o BI em uma ferramenta dinâmica voltada para a integração, gestão e análises avançadas de dados em tempo real. As plataformas de BI, como o Power BI, são capazes de lidar com variadas fontes de dados, estruturados ou não, com objetivo de fornecer uma visão abrangente do cenário operacional (Adewusi *et al.*, 2024).

O Power BI é uma plataforma desenvolvida pela Microsoft, que visa a criação de visuais informativos referentes a dados coletados e armazenados em diferentes fontes, como banco de dados, planilhas do Excel e serviços em nuvem. A plataforma possui uma interface interativa e os visuais podem ser representados por meio de gráficos, mapas e tabelas, que permitem uma análise detalhada dos dados, com o intuito de identificar anomalias, tendências e, conseqüentemente, melhores tomadas de decisão (Garudasu *et al.*, 2024; Tirupati *et al.*, 2023).

O Power Query é o ambiente de tratamento dos dados, realizando a limpeza, molde e preparação deles. É neste cenário que surge a importância de haver uma boa governança de dados, ou seja, é necessário que exista um controle de uso e gestão dos dados, com o intuito de os manter organizados com métrica e padronização, tornando o processo de tratamento e criação

dos visuais muito mais simples e com mais precisão (Adewusi *et al.*, 2024; Garudasu *et al.*, 2024; Tirupati *et al.*, 2023).

O software possibilita que os relatórios e painéis sejam acessados constantemente de qualquer lugar e hora, pois os usuários podem publicar do Power BI Desktop, ambiente de criação dos visuais, no Power BI Service. É uma funcionalidade que facilita o compartilhamento das informações com outros colaboradores, que podem acessar por meio de *desktop*, tablets e dispositivos móveis através do aplicativo Power BI Mobile (Naik, 2025; Tirupati *et al.*, 2023).

2.9 Brainstorming

O brainstorming é uma técnica utilizada pelas organizações para gerar ideias por meio de atividades em grupo, proposta por Alex Osborn, um publicitário estadunidense, em 1953. O objetivo principal é estimular a criatividade coletiva de forma livre e sem julgamentos. Osborn definiu quatro regras para serem seguidas durante as atividades: incentivar a produção de grandes quantidades de ideias para acumular alternativas; as ideias devem ser aceitas sem crítica ou censuras; mesmo ideias que sejam muito inusitadas devem ser encorajadas; e desenvolver, combinar e integrar ideias com os outros (Gogatz; Azavedo, 2023).

Não é apenas uma ferramenta de criação de ideias, como também uma habilidade que necessita de prática e treinamento, pois requer profissionalismo tanto dos participantes, quanto dos responsáveis por estruturar, orientar e conduzir as sessões de brainstorming, que devem ter imparcialidade, empatia e competência, para que os resultados sejam originais e significativos (Gogatz; Azavedo, 2023).

2.10 Gestão à vista

A Gestão À Vista é uma ferramenta de gestão utilizada de forma ampla nos setores industriais, que visa tornar visível, de forma simples e acessível, informações relevantes do processo produtivo, como metas e indicadores. É um método que permite que os colaboradores visualizem rapidamente o desempenho do setor, melhorando a comunicação entre equipes, prevenindo riscos e facilitando as tomadas de decisão e resolução dos problemas (Santos; Silva; Souza, 2017).

Com o avanço da digitalização dos processos na I4.0, a Gestão à Vista passou a integrar recursos como plataformas digitais, sensores e análise de dados em tempo real, possibilitando

o monitoramento constante do processo e a identificação de problemas, causas, impactos e possíveis soluções. A integração dos sistemas digitais permite que a gestão dos processos seja realizada de forma mais eficiente e precisa, o que resulta, conseqüentemente, em uma melhora significativa na produtividade e no desempenho operacional (Eriksson *et al.*, 2023; Murata, 2019).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Classificação da pesquisa

Neste capítulo serão apresentados a classificação da pesquisa e os métodos utilizados para seu desenvolvimento. A classificação, detalhada adiante, pode ser observada no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação de Pesquisa

Natureza	Objetivo	Abordagem	Procedimentos Técnicos
Básica	Exploratória	Quantitativa	Experimental
Aplicada	Descritiva	Qualitativa	Prisma
	Explicativa	Mista	Estudo Bibliométrico
	Normativa		Modelagem
			Matriz de maturidade
			Estudo de Caso
			Simulação

Fonte: Adaptado de Cronin e George (2023), Kothari e Garg (2019) e Reis *et al.* (2021)

A pesquisa é classificada como de natureza aplicada, pois é focada em estudos que visam a adição de conhecimento para a resolução de problemas reais, neste caso, o desenvolvimento e a implementação de um sistema digital para otimizar processos manuais de gestão de manutenção na indústria (Gil, 2017; Kothari; Garg, 2019). Em relação ao objetivo, é classificada como exploratória, pois pretende compreender de forma mais aprofundada o contexto do problema, entendendo as dificuldades do processo manual de registro e análise dos dados, e descritiva, por buscar descrever detalhadamente e registrar as características do sistema implementado a partir dos dados coletados (Yin, 2017).

A abordagem é mista, ou seja, é quantitativa, pois envolve o registro e a análise de dados numéricos, e qualitativa, por analisar o impacto da implementação do sistema digital na indústria, ao realizar comparativos do processo antes e depois (Cronin; George, 2023). A pesquisa bibliográfica foi um procedimento para engrandecer o estudo, coletando o máximo de informação a respeito do tema em artigos científicos e livros. Desta forma, foi possível

estruturar uma forte base teórica sobre a I4.0, envolvendo as ferramentas da Microsoft (Power Apps, Power Automate, SharePoint e Power BI) utilizadas no desenvolvimento do sistema e a otimização de processos de gestão da manutenção. Além disso, foi realizado um estudo com os analistas e técnicos da empresa para avaliar a viabilidade de implementação do sistema. O estudo de caso foi o procedimento técnico utilizado, pois está relacionado a análise de um problema em contextos reais (Yin, 2017).

3.2 Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado em uma empresa multinacional do ramo automobilístico na região sul fluminense. No setor de soldagem, a empresa conta com 219 pinças de solda a ponto, equipamento utilizado para união de chapas metálicas, divididas em 32 linhas de produção com 444 cabos de solda instalados nas pinças. Os cabos de solda apresentam desgastes frequentes, por conta da exposição a altos níveis de corrente necessária para o funcionamento correto do equipamento e seu posicionamento na linha de produção, pois os operadores necessitam de mover as pinças do local onde estão posicionadas até o local da soldagem. A consequência do desgaste é a elevação da resistência e a necessidade de troca do cabeamento, por isso a empresa adotou o método de manutenção preditiva nos cabos para verificar por meio de medições periódicas da resistência, o estado do cabeamento.

O processo de coleta, tratamento e análise de dados era realizado de forma manual. Os técnicos, mediam as resistências diretamente no cabeamento por meio de um micro-ohmímetro, equipamento voltado para medições de baixas resistências, em seguida ele se locomovia até o computador da linha e registrava a medição em uma planilha eletrônica no Excel. Após uma semana, o analista responsável se direcionava aos computadores da linha para coletar as informações de medição e levar até o computador no escritório, os dados eram compilados em uma nova planilha para então serem analisados e verificada a necessidade de troca de cabeamentos.

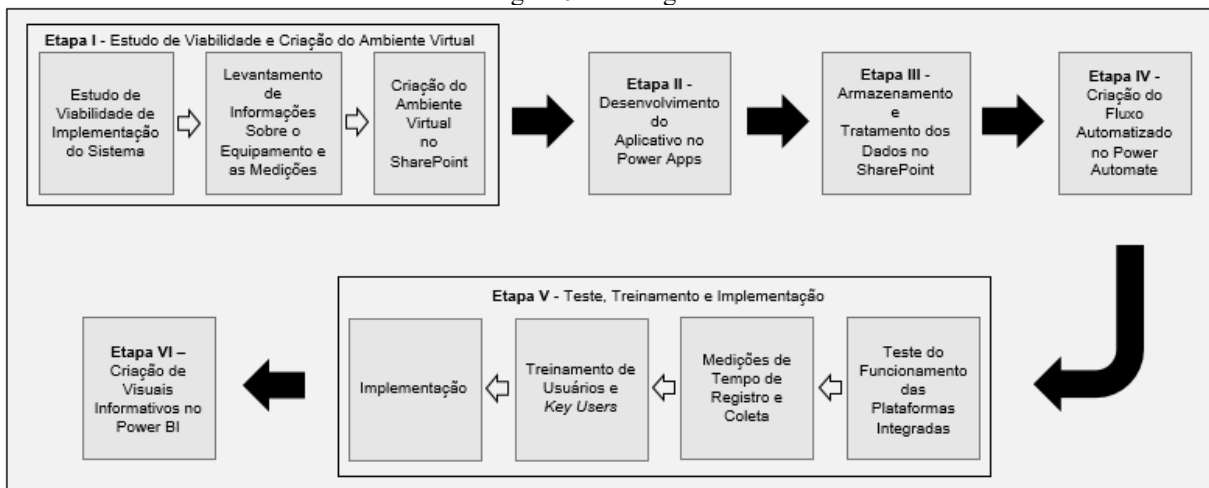
O processo demandava um tempo significativo dedicado à atividade, levando em consideração o tempo de locomoção para o registro dos dados, o tempo de locomoção do analista para coleta dos dados, além do tempo desperdiçado causado pelo travamento das planilhas devido à sobrecarga de dados. O cabo permanecia no equipamento até que fosse analisada a necessidade de troca, o que compromete a qualidade da soldagem. Desta forma, se fez necessário uma alternativa para otimizar esse processo e reduzir as perdas financeiras.

É fundamental a otimização do processo para garantir que o procedimento de troca seja feito de forma rápida sempre que necessário, evitando paradas na produção e perdas na qualidade da soldagem. Para promover essa melhora no processo, foi desenvolvido um aplicativo que integra o Power Apps, SharePoint, Power Automate e Power BI, para otimizar a gestão da manutenção.

3.3 Desenvolvimento e implementação

O processo de planejamento e desenvolvimento da aplicação seguiu o fluxo mostrado na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma



Fonte: Autores (2025).

Na Etapa I, foi realizado um estudo de viabilidade do sistema no processo fabril por meio de reuniões de *brainstorming* com a equipe envolvida no processo. O intuito era definir os objetivos, como seria desenvolvido o aplicativo, as premissas de *design* atendendo as particularidades do setor e do processo, a delegação de pessoas para cada etapa do projeto, as restrições de acesso da aplicação e a verificação da disponibilidade de hardware para ser utilizado pela aplicação. Além desses pontos foram verificados os softwares recomendados para as funcionalidades desejadas e feito uma comparação com os recursos que são homologados e pagos pela empresa, para que não houvesse custos adicionais. Após a verificação dos requisitos básicos listados anteriormente, o ambiente virtual do SharePoint foi preparado para o controle e armazenamento dos dados.

Na Etapa II, o aplicativo foi desenvolvido por meio da plataforma do Power Apps, que utiliza tecnologia *Low Code*, foi possível criar uma interface intuitiva e de fácil acesso

possibilitando aos técnicos durante a coleta e aos analistas durante a análise dos dados maior rapidez, objetividade e facilidade de uso da aplicação.

Na Etapa III, os dados coletados nas medições e registrados por meio do aplicativo desenvolvido no Power Apps, são armazenados diretamente no SharePoint, que possui, carregado em seu sistema, os parâmetros da resistência elétrica do cabo para uso, conforme a preparação feita na Etapa I. O SharePoint é o ambiente onde são realizadas as comparações dos valores medidos com os nominais. Para que seja possível estabelecer as condições dos cabos, foi criado um sistema de classificação (Apêndice A) baseado nas especificações técnicas do fabricante, essa classificação é composta por quatro classes que indicam o estado do cabo, são elas: Bom, Atenção, Ruim e Ponto de troca, vide Quadro 2.

Quadro 2 - Indicadores de Funcionamento de Acordo com as Medições

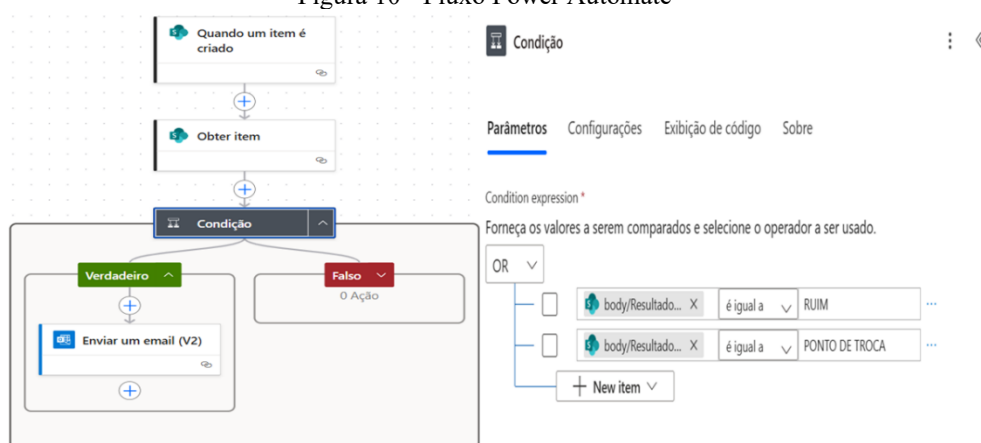
Indicadores de Funcionamento	Resultado das Medições
Bom	Menor que 135% do valor nominal
Atenção	Entre 135% e 150% do valor nominal
Ruim	Entre 150% e 165% do valor nominal
Ponto de Troca	Maior que 165% do valor nominal

Fonte: Autores (2025).

Na Etapa IV, é integrado o Power Automate ao sistema como uma ferramenta de emissão de alertas, sendo configurada para receber a informação do SharePoint. Se o SharePoint indicar que um cabo precisa ser substituído, ou seja, identificar o cabo como em situação de “Ponto de Troca” ou “Ruim”, o Power Automate encaminha automaticamente um e-mail para os gestores e analistas responsáveis, informando que é necessário realizar a troca daquele cabeamento. A automatização dessa atividade, permite rápidas tomadas de decisão, o que reduz os custos devido a possíveis problemas gerados com a permanência dos cabos desgastados no equipamento.

O fluxo criado no Power Automate é iniciado sempre que um item é criado na base de dados do SharePoint, o software capta todos os dados desse registro e analisa a coluna “Resultado”, que foi configurada com uma função *OR*, essa função assegura que todos os cabos com resultados “Ruim” ou “Ponto de Troca” sejam segregados como condição verdadeira. Para todas as condições verdadeiras o fluxo foi configurado para enviar e-mails de alerta para as pessoas responsáveis pela gestão da atividade, orientando que esses cabos sejam trocados o mais rápido possível. O fluxo em questão se encontra na Figura 10.

Figura 10 - Fluxo Power Automate



Fonte: Autores (2025).

Na Etapa V, foram verificadas as funcionalidades do sistema em ambiente de teste, fornecidos treinamentos de uso e explicações dos *insights* gerados pelo sistema para todos os usuários. Após a finalização dos testes e ajustes, foram feitas medições do tempo gasto para medição e coleta dos dados nos computadores das linhas para o sistema antigo e o sistema novo foi disponibilizado para o uso operacional, mantendo um acompanhamento frequente para identificar os impactos que a implementação poderia gerar.

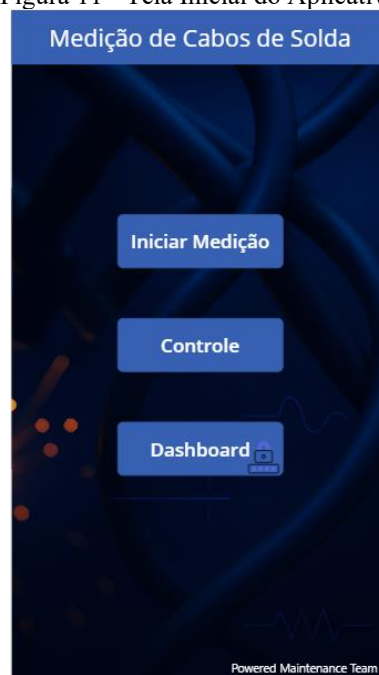
Na Etapa VI, foram realizadas as mesmas medições do sistema antigo no sistema novo conforme relatado na Etapa V a critério de comparação entre os sistemas. Além disso, o sistema foi integrado ao Power BI que recebe os dados coletados durante o acompanhamento do sistema. A partir desse conjunto de dados, foi possível construir o *dashboard* com visuais interativos e informativos que possibilitam uma análise mais dinâmica e eficaz do processo, criando indicadores relacionados às pinças de solda a ponto, como número de medições realizadas e quantidade de cabos substituídos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o desenvolvimento, os testes de funcionamento e o treinamento da equipe, foi implementado o aplicativo da Figura 12, que apresenta uma interface intuitiva e amigável sendo responsável por proporcionar redução de tempo na coleta de dados.

O aplicativo apresenta uma tela inicial, conforme a Figura 11, que possibilita ao operador escolher uma entre as duas alternativas disponíveis ao seu nível de acesso: Medição e Controle. O acesso a função "Controle" só é permitido aos usuários com perfil de analista ou gestor cadastrados no aplicativo. A restrição de acesso de acordo com os perfis, garante a segurança e confidencialidade da informação.

Figura 11 - Tela Inicial do Aplicativo



Fonte: Autores (2025)

A área de operação do aplicativo apresenta três principais telas: Reporte, Controle e Atualização de Registro. A Figura 12 (a) apresenta a interface de entrada dos dados de medição, a Figura 12 (b) apresenta um espelho com filtros dinâmicos da base de medições e a Figura 12 (c) apresenta a área de entrada dos dados de troca do equipamento. A tela de reporte está disponível após selecionar “Iniciar medição” na tela inicial e as telas de controle e atualização ficam disponíveis ao selecionar “Controle”.

Figura 12 - Telas Principais do Aplicativo



Fonte: Autores (2025)

A implementação do sistema digital, com a integração do Power Apps, SharePoint, Power Automate e Power BI, agregou valor ao processo de manutenção preditiva dos cabos das pinças de solda a ponto. A centralização das medições em um único ambiente com armazenamento em nuvem, visualização rápida e filtros dinâmicos, permitiu que as perdas de dados fossem suprimidas e houve mais agilidade nas tomadas de decisão por parte da equipe técnica.

Com o sistema novo, uma redução mensal média no tempo para registrar e coletar os dados nos computadores das linhas de produção foi notada conforme mostra a Tabela 1. Os cálculos de tempo total (TT) da última coluna da Tabela 1 foram realizados através da Equação (4) que considera a Quantidade de cabos ou medições (QM), o tempo médio para registro (TMR) e o tempo mensal para coleta dos dados (TMCD).

Tabela 1 - Comparação de tempo entre os sistemas

Sistema	Quantidade de cabos medidos (unidades/mês)	Tempo médio para registro (min)	Tempo mensal para coleta de dados (min/mês)	Total de tempo (min/mês)
Sistema antigo	344	0,76	120	381,4
Sistema atual		0,52	0	178,9

Fonte: Autores (2025)

$$TT = (QM \times TMR) + TMCD \quad (4)$$

A partir dos resultados obtidos através da Equação (4) e preenchidos na última coluna da Tabela 1, o percentual de redução de tempo (RT%) foi calculado através da Equação (5), que considera o tempo total do sistema antigo (TTan) e o tempo total do sistema atual (TTat).

$$RT\% = \frac{TTan - TTat}{TTat} \quad (5)$$

A partir da Equação (5), foi encontrado uma redução de aproximadamente 53,1% de redução mensal no tempo da atividade considerando o tempo de registro e de coleta dos dados.

Após 194 dias de utilização do sistema, 2345 medições foram registradas apresentando 15 cabos em condições degradadas com o tempo médio de reação para troca de 1,47 dias. Em um comparativo com o ano anterior de 13,45 dias, foi um resultado satisfatório devido à redução de 89,14% do tempo de reação para troca por consequência da obtenção da informação de forma eficaz, acelerando a tomada de decisão.

A utilização do sistema de alertas automáticos do Power Automate, possibilitou que fossem computadas toda as condições degradadas, garantindo 100% de rastreabilidade nos casos em que foram identificados cabos danificados, além disso, foram arquivadas em e-mails para registro em futuras auditorias de equipamentos de solda, conforme a Figura 13.

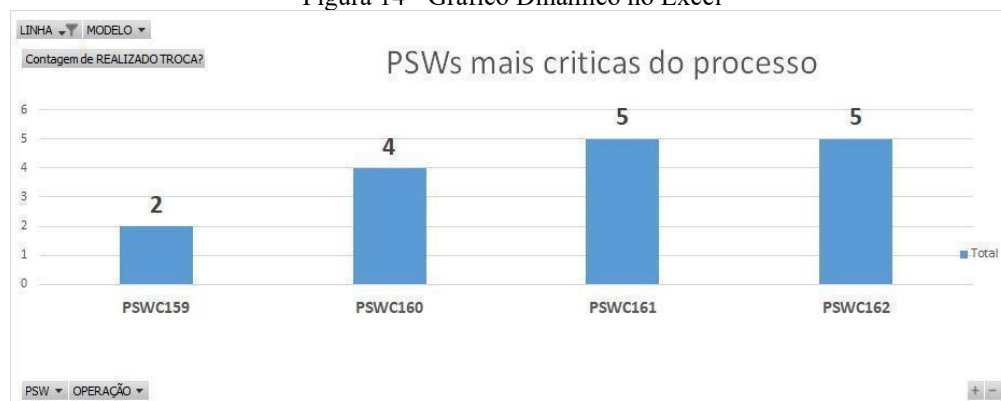
Figura 13 - E-mail Automático de Alerta



Fonte: Autores (2025)

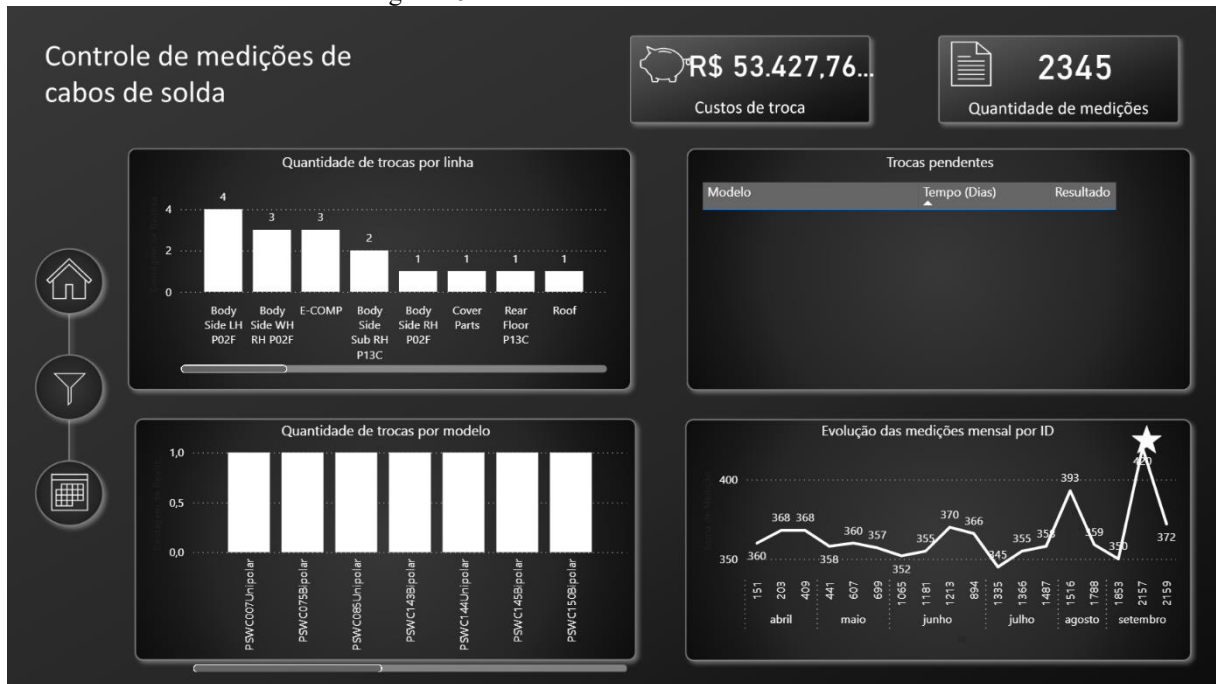
Na gestão das trocas de cabos de solda a ponto, o controle anterior era realizado por meio de tabela e gráfico dinâmico no Excel, conforme a Figura 14. Com a utilização da solução implementada, a partir dos dados coletados foi desenvolvido o *dashboard* da Figura 15, apresentando além do controle de troca os cabos por linha e equipamento, os dados relacionados aos custos das trocas, o número de medições realizada e a evolução das medições por equipamento. Desta forma, foi possível realizar uma análise mais detalhada do processo, facilitando a tomada de decisão.

Figura 14 - Gráfico Dinâmico no Excel



Fonte: Autores (2025)

Figura 15 - Dashboard Interativo no Power BI



Fonte: Autores (2025)

A integração da ferramenta da Microsoft Power Apps, SharePoint, Power Automate e Power BI destaca-se por ser uma solução prática, multiplataforma, sem custos adicionais para a empresa e de fácil personalização. O sistema contribui para a otimização do processo de registro de dados e gestão de manutenção dos cabos de solda a ponto, o que torna o processo eficaz em termos de produtividade, qualidade e tomada de decisão.

No processo anterior, os dados coletados nas medições eram registrados por meio de formulários do Excel, conforme a Figura 16, e armazenados em um banco de dados na mesma plataforma, como na Figura 17. Entretanto, o código do formulário não foi desenvolvido de forma otimizada e a sobrecarga com a quantidade de informações, tornava lenta a manipulação dos dados no arquivo.

Figura 16 - Formulário do Excel

Fonte: Autores (2025)

Figura 17 - Banco de Dados Antigo

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
COD_BARRAS	DATA	TECNICO	LINHA	OPERAÇÃO	PSW	MODELO	COMPRIMENTO	VALOR NOMINA	MEDIÇÃO	RESULTADO
C1061	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC106	PSWC106Bipolar	3.1M	392	430	BOM
C1071	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC107	PSWC107Bipolar	3.5M	443	420	BOM
C1081	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC108	PSWC108Bipolar	3.1M	392	380	BOM
C1091	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC109	PSWC109Bipolar	3.5M	443	560	BOM
C1101	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC110	PSWC110Bipolar	3.1M	392	380	BOM
C1831	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC183	PSWC183Bipolar	3.5M	443	400	BOM
C1111	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC111	PSWC111Bipolar	3.1M	392	560	ATENÇÃO!
C1122	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC112	PSWC112Unipolar	0.8M	95	95	BOM
C1132	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC113	PSWC113Unipolar	0.8M	95	95	BOM
C1141	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC114	PSWC114Bipolar	3.5M	443	420	BOM
C1151	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC115	PSWC115Bipolar	3.1M	392	560	ATENÇÃO!
C1041	07/02/2024		Main Line	#20	PSWC104	PSWC104Bipolar	3.5M	443	410	BOM
C1051	07/02/2024		Main Line	#20	PSWC105	PSWC105Bipolar	3.1M	392	360	BOM
X0521	07/02/2024		Main Line	#20	PSW052	PSW052Bipolar	2.4M	300	280	BOM
X0531	07/02/2024		Main Line	#20	PSW053	PSW053Bipolar	2.4M	300	290	BOM
C1062	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC106	PSWC106Unipolar	0.8M	95	90	BOM
C1072	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC107	PSWC107Unipolar	0.8M	95	90	BOM
C1082	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC108	PSWC108Unipolar	0.8M	95	95	BOM
C1092	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC109	PSWC109Unipolar	0.8M	95	95	BOM
C1102	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC110	PSWC110Unipolar	0.8M	95	95	BOM
C1832	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC183	PSWC183Unipolar	0.8M	95	100	BOM
C1112	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC111	PSWC111Unipolar	0.8M	95	100	BOM
C1121	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC112	PSWC112Bipolar	3.5M	443	430	BOM
C1131	07/02/2024		Main Line	#130	PSWC113	PSWC113Bipolar	2.4M	300	300	BOM

Fonte: Autores (2025)

Em contrapartida, o aplicativo desenvolvido apresenta um sistema ágil e com banco de dados em nuvem para garantir a confiabilidade dos dados e o acesso em tempo real. O Quadro 3 mostra o comparativo do sistema anterior com o sistema implementado.

Quadro 3 - Comparação do Sistema Anterior com o Desenvolvido

Funcionalidade	Sistema anterior	Sistema desenvolvido
Sistema ágil	✗	✓
Sistema em nuvem	✗	✓
Dashboard Online	✗	✓
Risco de perda de dados	Alto	Baixo
Alertas para troca dos cabos	✗	✓

Custos adicionais	×	×
Gestão eficaz	×	☑

Fonte: Autores (2025)

Para análise de custos evitados no ano (CE) foi realizado o cálculo da Equação (6), resultando nos valores da Tabela 2. A Equação (6) leva em consideração a quantidade de cabos que impactam diretamente a produção em caso de falhas (QC) considerando que um cabo é trocado pelo menos uma vez no ano, o tempo médio para troca de um cabo de solda (TMT) e o um valor simulado de impacto para a empresa no minuto da linha parada (VIM).

$$CE = QC \times TMT \times VIM \quad (6)$$

Tabela 2 - Simulação de custos evitados

Quantidade de cabos que impactam a produção diretamente (unidades/ano)	Tempo médio para troca (min)	Valor de impacto do minuto da linha parada (R\$/min)	Custo Evitado no ano (R\$/ano)
35	20	100,00	70.000,00
		150,00	105.000,00
		200,00	140.000,00

Fonte: Autores (2025)

De acordo com os resultados evidenciados na Tabela 2, mostra-se o impacto do projeto com um custo evitado que pode variar de R\$ 70.000,00 à R\$ 140.000,00 no ano proveniente de possíveis paradas que podem ocorrer em caso de uma má gestão da atividade de medição. Vale ressaltar que os cálculos realizados são conservadores, pois, levam em consideração apenas os cabos que impactam diretamente a produção na linha principal desconsiderando os outros 409 cabos de solda que podem impactar a produção dependendo das variáveis do processo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema criado, integrando as ferramentas Microsoft, se mostrou eficaz para a melhoria da coleta dos dados das medições de resistência e do gerenciamento do processo de troca dos cabos de solda dentro da Indústria Automotiva. A partir de sua implementação foi

possível constatar através de feedbacks a otimização do processo e o suporte dessas ferramentas na tomada de decisão através do método de Gestão à Vista.

Este trabalho proporcionou evidenciar as falhas do processo anterior, sistema lento e com alto risco de perda de dados. Através dele foi possível perceber a necessidade de um sistema que pudesse tornar possível a rastreabilidade das medições de forma confiável, a centralização dos dados em um único banco de dados em nuvem e que o registro das medições pudesse ser mais rápido e dinâmico.

Todos os objetivos propostos foram alcançados com sucesso. O projeto resultou em um sistema funcional que automatiza a coleta e o registro de dados, melhora o acesso às informações por meio de *dashboard*, e torna o processo de manutenção mais rápido, eficiente e confiável. Com isso, a empresa passou a contar com uma ferramenta que contribui para uma gestão de manutenção eficaz e alinhada às necessidades do time de manutenção.

A realização do projeto contribuiu ao demonstrar, por meio de um estudo aplicado, que é possível aprimorar e otimizar processos com uso de ferramentas de menor complexidade e sem custos adicionais para as organizações. O trabalho também evidenciou que ferramentas *low code*, como o Power Apps utilizado nesse projeto, podem apresentar soluções eficazes para diversas situações em processos corporativos, substituindo em partes ou por completo sistemas muito robustos e de altos custos ou sistemas não funcionais e possivelmente ineficazes como no presente estudo de caso.

Um dos principais resultados desse trabalho foi a grande redução no tempo de resposta de troca dos cabos de solda o que conseqüentemente evidência que o projeto proporcionou à empresa uma redução de custos devido à redução de paradas indesejadas dos equipamentos. Outros benefícios percebidos foram a redução do tempo na coleta e lançamento dos dados, centralização dos dados em nuvem, rastreabilidade de medições, um diagnóstico rápido e uma resposta mais assertiva na previsão das falhas dos equipamentos. O reflexo disso são equipamentos com maior disponibilidade produtiva e garantia na qualidade da solda.

A limitação do projeto refere-se ao registro e controle dos dados de manutenção dos cabos das máquinas de solda a ponto, não contemplando outros equipamentos de solda cujos processos sejam por arame, gás, eletrodo ou outros processos. A aplicação também está restrita ao uso interno através das licenças dos softwares disponibilizadas pela empresa. Acessos externos e através de outras contas não são possíveis.

Para trabalhos futuros pode ser estudado a viabilidade de implementação de um sistema de medição de forma automática, que faça o cálculo da resistência e a envie para uma aplicação visual, de modo a ter os ativos monitorados em tempo real. Além disso podem ser realizados novos estudos de caso que atuem na ampliação da ferramenta expandindo-a para outros processos em que são realizadas medições manuais, como medição de pressão, tensão e corrente, entre outras variáveis. Outro fator importante seria a utilização de inteligência artificial para analisar as tendências das medições e trazer um diagnóstico inteligente para as partes interessadas, facilitando ainda mais a tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- ADEWUSI, Adebunmi Okechukwu *et al.* Business intelligence in the era of big data: a review of analytical tools and competitive advantage. **Computer Science & IT Research Journal**, v. 5, n. 2, p. 415–431, 18 fev. 2024.
- AL-DOLAIMY, Khalid Ahmed. Effect of resistance spot welding parameters for steel sheets on the welding strength. **Diyala Journal of Engineering Sciences**, v. 8, n. 4, p. 668–673, 2015.
- ALMEIDA, Helloá Passos; RABELO, Diogo de Souza. Desenvolvimento de um aplicativo utilizando plataforma low-code para substituição dos cadernos de inspeção em uma fábrica de adoçantes. **Revista Cereus**, v. 14, n. 4, p. 81–93, 2022.
- ANDRADE, Guilherme Danilo Tenório Barros; SANTOS NETO, Manoel Ferreira dos. Proposta de implementação da manutenção preventiva e corretiva em um centro de abastecimento e distribuição de insumos e medicamentos. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 40., 2020, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2020. p. 1-16.
- BALDISSARELLI, Luciano; FABRO, Elton. Manutenção preditiva na indústria 4.0. **Scientia cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 12–22, 23 abr. 2019.
- BAWA, John Agmada; UKPABIA, Collins Uchenna. Optimizing building envelope design for cooling loads reduction in Abuja. **International Journal of Latest Technology in Engineering Management & Applied Science**, v. 13, n. 12, p. 57–65, 1 jan. 2025.
- CALIXTO, Kathllen Naiane Mendes; LUCHIARI, Sergio. Desenvolvimento e

implementação de um sistema próprio de agendamento de carga CIF com ferramentas Microsoft em uma multinacional do setor químico: um estudo de caso. *In*: FATECLOG – Logística com Inovação e ESG, 15., 2024, Jundiaí. **Anais [...]**. Jundiaí: FATEC Jundiaí, 2024. p. 01-12.

CAMPBELL, Larry. **No-code , low-code empowering non-developers with PowerApps and Power Automate**. University of Northern Iowa, p. 01-05, april 2025.

CRONIN, Matthew A.; GEORGE, Elizabeth. The why and how of the integrative review. **Organizational Research Methods**, v. 26, n. 1, p. 168–192, 6 jan. 2023.

DING, David. **Transitioning to Microsoft Power Platform**. Berkeley, CA: Apress, 2023.

DUNNAM, April *et al.* **The beginners guide to Power Automate v2.0**. Telford: Collab 365 Microjobs, 2020.

ERIKSSON, Stefan *et al.* Visual management in the era of industry 4.0: perceived advantages and disadvantages of digital boards. **International Journal of Advanced Operations Management**, v. 15, n. 1, p. 24–41, 2023.

FARIAS, Pablo de Carvalho. Mineração 4.0: otimização da manutenção preditiva através da análise de vibração. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 5, p. 01–16, 2024.

FERREIRA, Vivian Anne Oliveira; BORGES, Daniel Clarismundo. Modelo de fluxo automatizado (para assinatura de documentos no SEI) por meio do Power Automate e Sharepoint: um estudo de caso. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 188–200, 20 dez. 2022.

FOLGADO, Francisco Javier *et al.* Review of Industry 4.0 from the Perspective of Automation and Supervision Systems: Definitions , Architectures and Recent Trends. **Electronics**, v. 13, n. 4, p. 1–33, 2024.

GARUDASU, Swathi *et al.* Building interactive dashboards for improved decision- making: a guide to Power BI and DAX. **International Journal of Worldwide Engineering Research**, v. 02, n. 11, p. 188–209, 2024.

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

GOGATZ, Arthur D.; AZAVEDO, Mark Nil Licera. Brainstorming: the need for professionalization of facilitators and participants. **Journal of Business and Management Studies**, v. 5, n. 2, p. 72–82, 26 mar. 2023.

GONÇALVES, Leticia Silva *et al.* Inteligência artificial na indústria 4.0. **E-Acadêmica**, v. 4, n. 2, p. 01–05, jun. 2023.

HADDARA, Moutaz; ELRAGAL, Ahmed. The readiness of ERP systems for the factory of the future. **Procedia Computer Science**, v. 64, n. October, p. 721–728, 2015.

HARRINGTON, Kevin. **Automating workflows with ease a beginner's guide to Power Automate in Office 365**. Harvard University, abril 2025.

INFRASPEAK. **Estatísticas e tendências de manutenção 2025**. Disponível em: <<https://blog.infraspeak.com/pt-br/manutencao-estatisticas-desafios-tendencias/>>. Acesso em: 6 jun. 2025.

KIMCHI, Menachem; PHILLIPS, David H. **Resistance spot welding: fundamentals and applications for the automotive industry**. Second ed. Cham: Springer International Publishing, 2023.

KIRORO, Francis *et al.* Hospital quality monitoring and evaluation system using linked spreadsheets on Microsoft SharePoint. **F1000Research**, p. 1–18, 2 set. 2021.

KOTHARI, C. R.; GARG, G. **Research methodology: methods and techniques**. 4. ed. Nova Deli: New Age International, 2019.

KRSULJA, Marko *et al.* Design and planning of clamping work-holder station for sheet metal part of car body. **Manufacturing and Industrial Engineering**, v. 11, n. 2, p. 38–43, 2012.

LAWRENCE, Okorozoh Ugochukwu. Industry 4 . 0 and marketing : understanding the challenges and capitalizing on opportunities. **Journal of Business Research and Reports**, v. 2, n. 1, p. 1–12, 2025.

LEUNG, Tim. **Beginning Power Apps**. Second ed. Berkeley, CA: Apress, 2021.

LIMA, Faíque Ribeiro; GOMES, Rogério. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. 1–30, 2020.

MADDUMAKUMARA, Dijid Edgar. **Microsoft 365 cloud solution for ABC company**. London: Faculty Of Engineering and Computing, 2024.

MALLARADHYA, H. M. *et al.* Resistance spot welding, a review. **International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development**, v. 8, n. 2, p. 403–418, 2018.

MISHRA, Goloknath. **Deep Dive into Power Automate**. Berkeley, CA: Apress, 2023.

MORAIS, Rafael Antunes; SELBITTO, Miguel Afonso. Aplicação do ensaio por ultrassom no controle de qualidade de processo de soldagem a ponto em operação industrial. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, v. 7, n. 2, p. 45–68, 20 nov. 2014.

MURATA, Koichi. On the role of visual management in the era of digital innovation. **Procedia Manufacturing**, v. 39, p. 117–122, 2019.

NAIK, Poornima G. **Unleashing Power BI for crafting dynamic dashboards: gateway to strategic insights & smarter decisions**. Bilaspur: Evincepublishing, 2025.

NARAYN, Hari. **Building the modern workplace with SharePoint Online**. Berkeley, CA: Apress, 2023.

OBARA BRASIL. **Pinças de solda**. Disponível em: <<http://www.obarabrasil.com.br/>>. Acesso em: 16 jun. 2025.

OLABIYI, Winner; DONALD, Jane; OWEN, Evans. **Understanding Industry 4.0**. n. December, 2024.

PANTALEÃO, Felipe Martini *et al.* Aplicação prática da digitalização de ordens de manutenção no contexto da indústria 4.0. **Revista Brasileira de Mecatrônica**, v. 7, n. 2, p. 01–18, 2025.

PASSOS, Luis Henrique Santos. A indústria 4.0: fundamentos e principais impactos na economia brasileira. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 12, n. 2, p. 53, 2020.

PESANTES-ESPINOZA, Mery; PEREZ-SOLTERO, Alonso. Biblioteca de activos de procesos: una herramienta para fusionar la gestión del conocimiento y la arquitectura de

procesos de dominio-específico en una institución de educación superior. **Horizontes de la transformación digital**, n. March, p. 490–499, 2023.

PINHEIRO, Marco; REIS FILHO, Ramilio Ramalho. Soldagem industrial. **Revista Interface Tecnológica**, v. 20, n. 2, p. 666–677, 20 dez. 2023.

POTTURU, Sai Madhur. Revolutionizing field data collection and management using PowerApps and Robotics Process Automation (RPA). **Software Engineering**, v. 11, n. 1, p. 6–14, 6 jul. 2023.

POURANVARI, M.; MARASHI, S. P. H. Critical review of automotive steels spot welding: process, structure and properties. **Science and Technology of Welding and Joining**, v. 18, n. 5, p. 361–403, 1 jul. 2013.

PSR. **Other types of welders (butt, flash, gun, etc.)**. Disponível em: <<https://www.psr-spotweld.ca/catalogue013.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2025.

RAKES, Charles. **Welding quickstart guide for beginners: the comprehensive beginner's handbook to welding made easy for beginners**. [S.l.]: Independently published, 2025.

REIS, José Salvador da Motta *et al.* Striding towards sustainability: a framework to overcome challenges and explore opportunities through Industry 4.0. **Sustainability**, v. 13, n. 9, p. 5232, 7 maio 2021.

RHODES, Jeffrey M. **Creating business applications with Office 365: techniques in SharePoint, PowerApps, Power BI, and more**. Berkeley: Apress, 2019.

SANTOS, Diogo Rodrigues Amácio dos *et al.* O uso de tecnologias no gerenciamento e controle na manutenção industrial. **Revista Foco**, v. 17, n. 12, p. 01–17, 2024.

SANTOS, Tawana Oliveira; SILVA, Juliane Fontes; SOUZA, Wiliam Santos. Processo de implantação do quadro de gestão à vista: um estudo de caso. *In*: SIMPROD- Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, 9., 2017, São Cristóvão. **Anais [...]**. São Cristóvão: DEPRO/UFS, 2017. p. 508–512.

SENAI-SP. **Princípios de eletricidade**. São Paulo, Brasil: SENAI-SP Editora, 2015.

SHRIVASTARA, Arpit. **Learning Microsoft Power Apps: Building Business Applications**

with Low-Code Technology. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2024.

SOPHIE, Emily Rose. **Predictive Maintenance Strategies**. Obafemi Awolowo University, June 2025.

SOUZA, Anderson Ferreira *et al.* Análise dos desafios e oportunidades no uso do Power Apps com programação low code no desenvolvimento de aplicações empresariais. **Revista Sociedade Científica**, v. 7, n. 1, p. 2109–2133, 27 mar. 2024.

TANMOY, Das. Resistance spot welding: principles and its applications. *In*: COOKE, Kavian Omar; COZZA, Ronaldo Câmara (org.). **Engineering Principles: Welding and Residual Stresses**. London: IntechOpen, 2022. p. 87-102.

TEMIZ, Resul Önder *et al.* Effect of electrode type and weld current on service life of resistance spot weld electrode. **International Journal of Automotive Science And Technology**, v. 8, n. 1, p. 52–64, 2024.

TIRUPATI, Krishna Kishor *et al.* Leveraging Power BI for enhanced data visualization and business intelligence. **Universal Research Reports**, v. 10, n. 2, p. 676–711, 30 jun. 2023.

TRACTIAN. **De olho na falha: o salto na manutenção de ativos na Embraer**. Disponível em: <<https://tractian.com/blog/o-salto-da-confiabilidade-e-disponibilidade-de-ativos-na-embraer-com-a-solucao-da-tractian>>. Acesso em: 6 jun. 2025.

YAHYA, Muhammad *et al.* Semantic modeling, development and evaluation for the resistance spot welding industry. **IEEE Access**, v. 11, p. 37360–37377, 2023.

YANG, Fengwei; GU, Sai. Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies. **Complex & Intelligent Systems**, v. 7, n. 3, p. 1311–1325, 2021.

YEDDULA, Harsha Vardhan Reddy. Leveraging SharePoint cloud for modern insurance claim management: a technical overview. **International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology**, v. 11, n. 1, p. 2275–2285, 10 fev. 2025.

YIN, Robert K. **Case study research and applications: design and methods**. 6. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2017.

ZARO, Eduardo Marcio; WEBBER, Carine Getrudes. Estudo de caso de desenvolvimento de sistema para manutenção preditiva 4.0. **Revista Produção Online**, v. 22, n. 3, p. 3418–3340, 21 mar. 2023.

APÊNDICE A – EXPRESSÃO DE AVALIAÇÃO DA MEDIÇÃO

- Expressão

=IF (Medição<([Valor nominal]*1.35),"BOM",IF(Medição<([Valor nominal]*1.5),"ATENÇÃO",IF(Medição<([Valor nominal]*1.65),"RUIM","PONTO DE TROCA")))