

LOW-CODE APPLICATION FOR OPTIMIZING INDUSTRIAL MAINTENANCE IN AN AUTOMOTIVE COMPONENTS COMPANY

APLICATIVO LOW-CODE PARA OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM EMPRESA DE COMPONENTES AUTOMOTIVOS

DANIEL MATIAZZO

<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0007-1908-9841> / <https://lattes.cnpq.br/3211091468706363> /
daniel.matiazzo@fatec.sp.gov.br
FATEC SBC - Adib Moisés Dib, São Bernardo, São Paulo

EVAIR FERNANDES SILVA ALMEIDA

<https://orcid.org/0009-0004-0211-4957> / <https://lattes.cnpq.br/7836777808131583> /
evair.almeida@fatec.sp.gov.br
FATEC SBC - Adib Moisés Dib, São Bernardo, São Paulo

LEONARDO FIGUEIREDO ESQUIVEL

<https://orcid.org/0009-0006-9579-9637> / <http://lattes.cnpq.br/7262092886388331> /
leonardo.esquivel@fatec.sp.gov.br
FATEC SBC - Adib Moisés Dib, São Bernardo, São Paulo

WILLIAM APARECIDO CELESTINO LOPES

<https://orcid.org/0009-0009-4437-776X> / <http://lattes.cnpq.br/7780238428342077> /
william.lopes17@fatec.sp.gov.br
FATEC SBC - Adib Moisés Dib, São Bernardo, São Paulo



Recebido em: 02/07/2025

Aprovado em: 21/08/2025

Publicado em: 23/09/2025

RESUMO

A gestão da manutenção industrial ainda apresenta Atraso no fluxo de informações e baixa confiabilidade de registros, com efeitos sobre disponibilidade, priorização e planejamento. Este estudo tem como objetivo demonstrar, por meio de Design Science Research (DSR), como um artefato low-code pode reduzir o tempo de aceite de ordens e institucionalizar rotinas digitais de manutenção em ambiente real. O artefato foi desenvolvido em Microsoft PowerApps, integrado ao SharePoint e ao Outlook, incorporando autenticação, campos obrigatórios com carimbo de data/hora, fila de atendimento e histórico em nuvem; a validação ocorreu em fábrica, com operadores e gestores de manutenção. Os resultados indicaram redução de 56% no tempo médio

de aceite, economia anual estimada de em 820 horas-homem e acréscimo de 3,2% no OEE. A contribuição científica reside em evidenciar que soluções low-code podem estruturar rotinas de dados e reduzir atrasos no fluxo de informações com baixo esforço de integração, fornecendo base consistente para análises avançadas, como priorização de chamados e diagnóstico assistido, diferenciando-se de abordagens mais custosas e complexas descritas na literatura.

Palavras-chave: Gestão de Ativos, Eficiência Operacional, Manutenção Industrial; Soluções Low-code, Design Science Research

ABSTRACT

Industrial maintenance management still suffers from delays in information flow and low record reliability, impacting availability, prioritization, and planning. This study aims to demonstrate, through Design Science Research (DSR), how a low-code solution can reduce order acceptance time and institutionalize digital maintenance routines in a real-world environment. The solution was developed in Microsoft PowerApps, integrated with SharePoint and Outlook, and incorporates authentication, mandatory fields with timestamps, a service queue, and cloud-based history. Validation took place in the factory with operators and maintenance managers. The results indicated a 56% reduction in average acceptance time, an estimated annual savings of 820 man-hours, and a 3.2% increase in OEE. The scientific contribution lies in demonstrating that low-code solutions can structure data routines and reduce delays in information flow with low integration effort, providing a consistent basis for advanced analytics, such as call prioritization and assisted diagnostics, differentiating it from more costly and complex approaches described in the literature.

Keywords: Asset Management, Operational Efficiency, Industrial Maintenance; Low-code Solutions, Design Science Research.

1 INTRODUÇÃO

A confiabilidade e a disponibilidade de ativos industriais dependem de práticas de manutenção capazes de gerar registros completos e tempestivos, assegurando decisões assertivas no planejamento de intervenções. Em contextos industriais complexos, especialmente na Indústria 4.0, paradas não planejadas representam perdas significativas de produção e custos elevados de manutenção corretiva, reforçando a necessidade de estratégias digitais para reduzir atrasos informacionais e inconsistências nos dados (TANHAEAN et al., 2023).

A literatura tem evidenciado a relevância da digitalização na manutenção, incluindo a aplicação de plataformas de gestão de ativos (CRESPO MARQUEZ et al., 2020), a adoção de tecnologias de manutenção preditiva baseadas em dados (JASIULEWICZ-KACZMAREK et al., 2020) e o uso de gêmeos digitais para aumentar a confiabilidade (ABBATE et al., 2022). Estudos

recentes destacam ainda a incorporação de inteligência artificial em aplicações de manutenção preditiva (UCAR; KARAKOSE; KIRIMÇA, 2024). Entretanto, observa-se uma lacuna: a escassez de investigações que explorem como soluções low-code, de rápida implementação e menor custo, podem estruturar rotinas digitais de manutenção e reduzir atrasos no fluxo de informações em empresas de médio porte.

Este estudo responde às seguintes questões: Q1) a adoção do artefato reduz o tempo de aceite de ordens? Q2) melhora a disponibilidade operacional (OEE)? Q3) aumenta a completude e rastreabilidade dos registros? Parte-se da expectativa de redução $\geq 50\%$ no tempo de aceite e incremento positivo no OEE.

Diante dessa lacuna, o presente estudo tem como objetivo desenvolver e validar, por meio da abordagem Design Science Research (DSR), um artefato digital baseado em plataforma low-code para abertura e gestão de ordens de serviço em uma empresa de componentes automotivos. Busca-se avaliar os efeitos sobre o tempo de aceite, a disponibilidade operacional e a confiabilidade dos registros, comparando o processo manual ao processo digital. A contribuição científica reside em demonstrar como soluções low-code podem atuar como infraestrutura de dados para futuras análises avançadas, diferenciando-se de abordagens mais complexas reportadas na literatura. Do ponto de vista prático, o estudo apresenta uma solução replicável que pode apoiar a transformação digital da manutenção em organizações com restrições de recursos. O artigo está estruturado em cinco seções: revisão da literatura, metodologia, resultados e discussões, conclusão e referências.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A importância da coleta e análise de dados na manutenção

A coleta e análise de dados desempenham um papel central na manutenção industrial, envolvendo técnicas específicas para a captação, processamento e interpretação de informações provenientes de equipamentos e sistemas. Essa abordagem possibilita uma gestão mais eficiente e fundamentada, além de viabilizar o monitoramento contínuo do desempenho dos ativos (BOKRANTZ et al., 2020).

O uso adequado dos dados permite que as empresas evoluam de uma abordagem reativa para uma postura proativa. Em vez de aguardar a ocorrência de falhas para realizar manutenções, é possível prever e agendar intervenções com antecedência, evitando paradas inesperadas e prolongando a vida útil dos equipamentos (JASIULEWICZ-KACZMAREK et al., 2020). Além de permitir a antecipação de falhas, os dados operacionais também servem como base para a programação de manutenções preventivas de forma mais eficiente (SCHMÜCKER et al., 2021).

Ao analisar padrões históricos de falhas e o comportamento dos equipamentos, é possível definir janelas de tempo ideais para as intervenções, minimizando interrupções na produção e evitando manutenções desnecessárias. Essa prática favorece o melhor aproveitamento de recursos, otimiza a alocação da equipe técnica e contribui para a melhoria contínua dos processos de manutenção (ACHOUCH et al., 2022). No âmbito da literatura de base, obras de referência em engenharia de manutenção e gestão de ativos sustentam a transição de modelos reativos para proativos, destacando a centralidade de processos, dados e pessoas na institucionalização de rotinas (HINRICHS; PRIFTI; SCHNEEGASS, 2023).

2.2 Digitalização na manutenção industrial

A digitalização no setor industrial tem impulsionado a adoção de novas tecnologias e estratégias direcionadas às atividades de manutenção. Essa transição visa oferecer aos profissionais da área ferramentas tecnológicas e conhecimento técnico especializado, possibilitando a realização de um trabalho mais produtivo, seguro e confiável (WANG et al., 2023).

A utilização de softwares de gestão e dispositivos móveis, aliada a programas de capacitação, constitui um eixo fundamental para a modernização das práticas de manutenção (SAIHI et al., 2022).

A incorporação dessas tecnologias em uma empresa do setor de componentes automotivos tem o potencial de reconfigurar a política de manutenção adotada, promovendo uma postura mais preditiva e reduzindo a dependência de intervenções corretivas. Com base na digitalização e análise de dados operacionais, os profissionais são capazes de realizar diagnósticos mais precisos, planejar intervenções de forma eficaz e reavaliar decisões de manutenção com maior assertividade.

Nesse cenário, o domínio de ferramentas digitais configura-se como um diferencial competitivo para as equipes técnicas (ABBATE et al., 2022).

Por fim, destaca-se que os benefícios decorrentes dessa transformação, como o aumento da produtividade, a redução de paradas não programadas, a qualificação das intervenções técnicas e o fortalecimento das condições de segurança no ambiente de trabalho, só se concretizam plenamente mediante investimentos consistentes em inovação tecnológica e qualificação profissional. Nesse processo, é fundamental considerar os aspectos humanos da mudança organizacional, uma vez que a introdução de novas tecnologias pode gerar resistência por parte dos colaboradores e exigir adaptações nos processos produtivos (ROBERT et al., 2022). Documentos institucionais e guias profissionais de manutenção e gestão de ativos corroboram a necessidade de capacitação contínua e de governança de dados para que a digitalização resulte em ganhos sustentáveis, reforçando a coerência das escolhas metodológicas deste trabalho (COSA; TORELLI, 2024).

2.3 Uso de aplicativos digitais na gestão da manutenção

O uso de aplicativos digitais voltados à gestão da manutenção industrial tem se consolidado como uma prática essencial para a modernização e eficiência dos processos produtivos. Esses aplicativos permitem a digitalização de informações, a automação de tarefas e a integração com sistemas corporativos, promovendo uma gestão mais ágil e estruturada dos ativos industriais (PIERETTI et al., 2020).

Tais soluções oferecem funcionalidades como a criação de ordens de serviço, o acompanhamento do histórico de manutenções e a geração de relatórios gerenciais. Essas capacidades visam organizar e monitorar todas as atividades relacionadas à manutenção de equipamentos, sendo amplamente aplicáveis em setores como manufatura, automotivo, logística e serviços (ROZAS et al., 2024).

Nesse contexto de digitalização, destacam-se as soluções low-code e no-code, que têm ganhado relevância por possibilitarem o desenvolvimento rápido e acessível de aplicações voltadas à manutenção. Plataformas low-code, como Microsoft PowerApps e OutSystems, permitem a criação de aplicativos com mínima codificação manual, utilizando interfaces gráficas e componentes

pré-configurados (PHALAKE et al., 2025). Já as plataformas no-code eliminam completamente a necessidade de programação, sendo voltadas a usuários sem conhecimento técnico em desenvolvimento de software. Ambas se diferenciam das abordagens tradicionais de TI pela agilidade no desenvolvimento e facilidade de uso por parte dos usuários finais (PARIMI et al., 2025).

Outro aspecto relevante é a flexibilidade proporcionada às equipes de manutenção. A acessibilidade dessas plataformas permite que profissionais da área operem, modifiquem e até desenvolvam aplicações sem dependência total do setor de TI. Isso contribui para a autonomia das equipes e maior aderência das soluções ao contexto operacional. Dessa forma, as plataformas low-code se consolidam como aliadas estratégicas na transformação digital da manutenção.

Para que a implementação dessas tecnologias seja bem-sucedida, torna-se indispensável o investimento em infraestrutura adequada e no desenvolvimento de soluções compatíveis com as necessidades da organização. A aplicação de tecnologias emergentes, como a Inteligência Artificial, tem se mostrado essencial para a análise avançada de dados e a geração de insights, favorecendo a melhoria contínua das práticas de manutenção (UCAR, KARAKOSE E KIRIMÇA, 2024).

Dessa forma, observa-se que a adoção de tecnologias digitais, em especial por meio de aplicativos customizados, representa um avanço para a transformação digital da manutenção, criando oportunidades para ganhos em eficiência, rastreabilidade e tomada de decisão baseada em dados (NOVALES et al., 2023).

Além das aplicações reportadas, estudos internacionais recentes têm explorado low-code integrado a IoT e análise por IA para acelerar a prototipação de soluções de manutenção, reduzir custo de integração e viabilizar pipelines analíticos a partir de dados de chão de fábrica (CHAUDHARY et al., 2022). Essas abordagens convergem com o presente estudo ao enfatizar agilidade de entrega, aderência ao contexto operacional e escalabilidade para cases multiunidade, fortalecendo o alinhamento com a Indústria 4.0 (SHI; DONG; GAN, 2025).

Alguns exemplos envolvendo aplicativos no auxílio da gestão podem ser observados como o trabalho “Folha de processo digitalizada por meio de aplicativo de realidade aumentada” apresenta a aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 para otimizar a gestão de processos industriais. A pesquisa descreve a substituição de folhas de processo impressas por um aplicativo com QR Code,

permitindo a digitalização de instruções por meio de áudio, vídeo e simulações 3D. Essa solução proporcionou maior compreensão das montagens e redução de retrabalhos nas operações de montagem de AGVs (SILVA; SILVA; LOPES, 2023).

O artigo “Aplicativo para controle de inspeção e validação de balanças: uma proposta de checklist” apresenta o desenvolvimento de um aplicativo personalizado para o setor de qualidade de uma empresa de manufatura, visando substituir uma solução terceirizada. A proposta visa eliminar custos adicionais e incorporar melhorias específicas ao processo de inspeção, a partir de uma análise das limitações da ferramenta anterior e coleta de requisitos com os usuários. Como resultado, a aplicação contribui para otimizar processos e fortalecer o controle de qualidade da empresa (HENRIQUE et al., 2024).

A pesquisa apresentada em “Transformação digital na manutenção de máquinas em uma construtora de teares” apresenta a aplicação da abordagem Design Science Research (DSR) para o desenvolvimento de um aplicativo voltado à gestão de manutenção de máquinas CNC. A solução, construída com apoio dos colaboradores da empresa, possibilitou o registro estruturado de ocorrências, descrição de falhas, atividades corretivas e armazenamento em nuvem. Como resultado, houve ganhos em eficiência operacional, redução de tempo de inatividade e melhoria na comunicação entre setores (SOUZA et al., 2024).

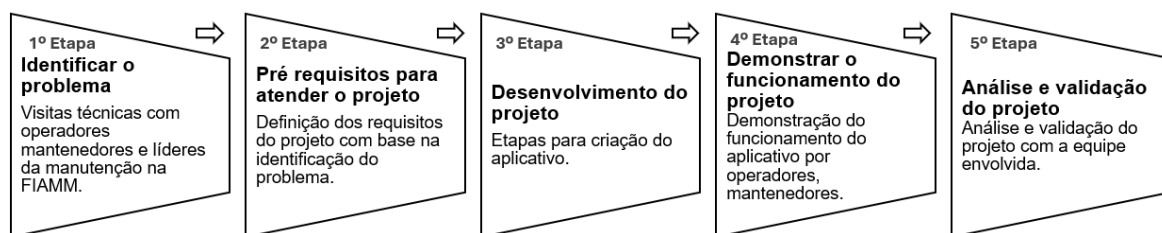
3. METODOLOGIA

Esta pesquisa utiliza a metodologia Design Science Research (DSR), abordagem investigativa voltada à resolução de problemas práticos por meio da construção e aplicação de artefatos tecnológicos (ARAUJO et al., 2022). O DSR propõe soluções inovadoras cuja eficácia é avaliada a partir da implementação e validação do artefato no contexto analisado (KELLNER et al., 2021).

O DSR é estruturado em um ciclo regulador composto por cinco etapas principais. A primeira etapa refere-se à identificação e análise do problema, realizada por meio de investigação direta no ambiente em que a dificuldade se manifesta. A segunda etapa consiste na elaboração de propostas

de solução, com base nas informações obtidas na fase anterior. Em seguida, ocorre a terceira etapa, a validação da solução, que implica o alinhamento contínuo entre o artefato em desenvolvimento e as necessidades dos usuários finais. A quarta etapa envolve a implementação da solução, ou seja, a efetiva operacionalização do artefato tecnológico. Por fim, a quinta etapa destina-se à avaliação dos resultados obtidos com a aplicação do artefato, a fim de verificar se os objetivos da intervenção foram alcançados (DELPORT et al., 2024).

Figura 1- Etapas adaptadas do DSR



Fonte: Adaptado de PEFERS et al. (2007)

A adoção do DSR como abordagem metodológica permite que os resultados da pesquisa sejam efetivamente aplicados no ambiente organizacional, contribuindo para a melhoria contínua dos processos, a partir de uma compreensão aprofundada dos problemas enfrentados. Ademais, a confiabilidade do processo investigativo torna-se mais evidente à medida que todas as etapas do ciclo são rigorosamente cumpridas (HEVNER et al., 2024).

Para a implementação do DRS em uma empresa fabricante de componentes eletrônicos e elétricos para a indústria automotiva, com destaque para buzinas, baterias e antenas, foi realizada uma visita técnica com o objetivo de compreender in loco os principais desafios enfrentados pela equipe de manutenção. Durante essa visita, os profissionais da área destacaram as dificuldades recorrentes no processo de solicitação de manutenção das máquinas com maior índice de paradas operacionais.

A partir de entrevistas com especialistas da área de manutenção e gestores, identificou-se a necessidade de aprimorar esse processo por meio da digitalização. Como proposta de solução, foi sugerida a criação de um aplicativo voltado à geração digital de ordens de serviço para manutenção, visando maior agilidade, rastreabilidade e organização das demandas.

O desenvolvimento do protótipo desse artefato tecnológico teve como ponto de partida a observação detalhada do contexto organizacional, considerando as especificidades e necessidades dos profissionais envolvidos. Foi estruturado um plano de coleta de dados qualitativos para embasar a validação da solução proposta.

Esse plano inclui a realização de entrevistas com os usuários do aplicativo, especialmente técnicos de manutenção e supervisores, bem como a análise do desempenho do sistema em ambiente real de operação e a coleta de feedback dos operadores. Essa imersão prática foi fundamental para garantir que o aplicativo estivesse alinhado com a realidade operacional da empresa e, assim, fosse capaz de atender de forma eficaz aos problemas identificados.

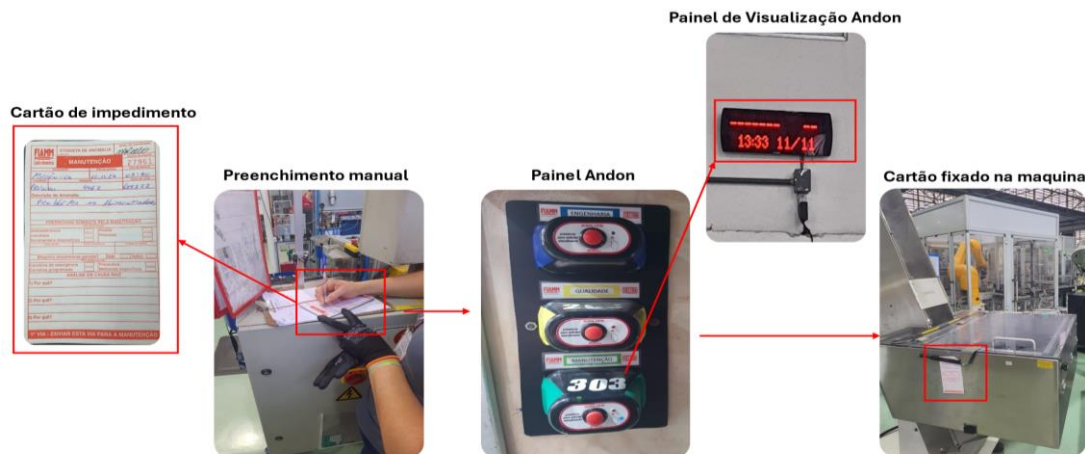
3.1 Descrição do Problema

Na empresa analisada, fabricante de componentes eletroeletrônicos para a indústria automotiva, o processo de manutenção apresentava limitações estruturais no fluxo de abertura e tratamento de ordens de serviço. Foram identificados três pontos críticos: (i) registros manuais suscetíveis a inconsistências e atrasos de validação; (ii) comunicação assíncrona entre operador e equipe de manutenção, com latência variável no atendimento; e (iii) baixa completude dos dados de encerramento, comprometendo a confiabilidade dos indicadores.

Essas limitações impactavam diretamente o tempo de aceite das ordens, a rastreabilidade das ocorrências e a qualidade das informações utilizadas no planejamento. A validação manual demandava múltiplas etapas, sujeitas a erros de preenchimento e atrasos de autorização, enquanto o acionamento via sistema visual dependia da presença física do mantenedor na linha. Além disso, o encerramento apresentava registros incompletos ou inconsistentes, dificultando a mensuração do tempo real de manutenção e a análise de desempenho.

Como resultado, a base de dados gerada não refletia de forma precisa o ciclo completo da manutenção, limitando a tomada de decisão e a definição de estratégias preventivas. A Figura 2 sintetiza as etapas críticas do processo de abertura de chamados, destacando os pontos de vulnerabilidade.

Figura 2 – Processo de abertura de chamados



Fonte: Autores (2025)

3.2 Definição dos pré-requisitos do projeto

Após a realização de reuniões e visitas técnicas com os especialistas da empresa, foram estabelecidos os pré-requisitos necessários para o desenvolvimento de um aplicativo focado na abertura de chamados. A solução proposta foi estruturada em quatro etapas principais, a saber: registro de acessos às ocorrências; descrição detalhada dos problemas relacionados aos equipamentos; documentação das atividades corretivas implementadas; e armazenamento em nuvem das informações geradas ao longo do processo.

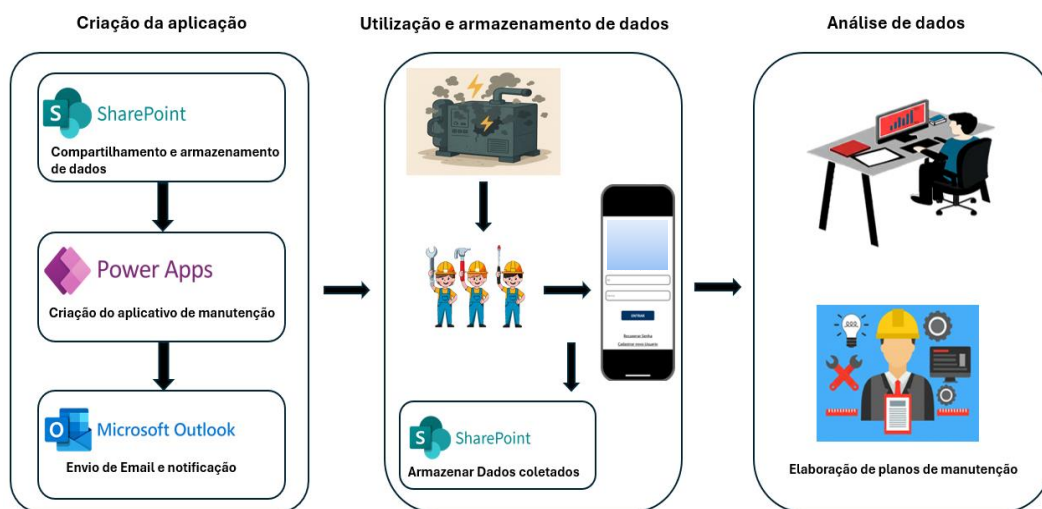
Na primeira etapa, definiu-se a hierarquização do acesso ao sistema, de acordo com os diferentes perfis funcionais dentro da organização, como mantenedores, encarregados de manutenção e gestores administrativos. Para garantir a segurança e o controle de acesso às informações, foi estipulada a obrigatoriedade de autenticação individual por meio de registro e senha na tela inicial do aplicativo.

A segunda etapa contemplou o desenvolvimento de funcionalidades específicas para a emissão de ordens de serviço. Estas ordens devem conter, obrigatoriamente, a descrição do problema identificado, o setor no qual o equipamento está alocado, os profissionais envolvidos na manutenção, o tipo de intervenção requerida, bem como o estado atual da máquina.

Na terceira etapa, o foco foi o registro detalhado dos atendimentos realizados, incluindo os nomes dos responsáveis técnicos, os recursos (materiais e equipamentos) empregados, e os custos operacionais derivados de cada intervenção.

Por fim, a quarta etapa compreendeu o desenvolvimento de um módulo de histórico de chamados, com acesso liberado aos gestores. Esse módulo permite a consulta a registros anteriores e está integrado a um banco de dados armazenado em nuvem, o que assegura a centralização e a integridade das informações ao longo do tempo. Todas as etapas foram demonstradas na Figura 3.

Figura 3 – Estrutura de funcionamento do aplicativo



Fonte: Autores (2025)

3.3 Projeto e desenvolvimento da solução

A solução foi desenvolvida em PowerApps com SharePoint associando ao Outlook. O artefato contempla: login/controle de acesso; abertura de chamados (campos obrigatórios e carimbos de data/hora); fila de chamados para mantenedores; execução/encerramento com checklist; e histórico em nuvem para gestão. O design privilegiou redução de latência informacional, padronização de registros e auditabilidade. O aplicativo foi estruturado em quatro telas principais. Essa organização, demonstrada na Figura 4, busca otimizar a experiência do usuário. A divisão em telas distintas facilita a navegação e o acesso às funcionalidades.

Figura 4 –Telas do aplicativo



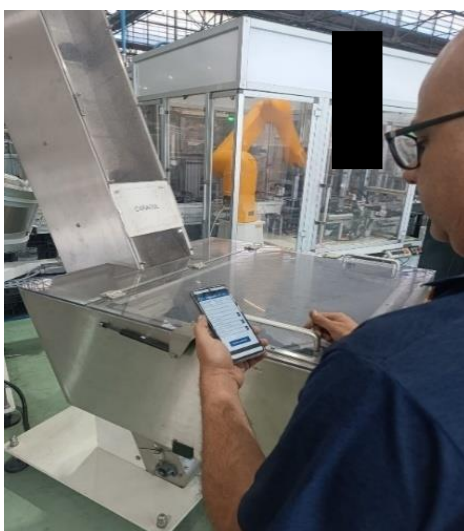
Fonte: Autores (2025)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Demonstração da Solução

Os testes do aplicativo foram conduzidos ao longo de cinco dias, com a participação de colaboradores da empresa. Durante esses dias foram abertos 11 chamados na qual foi possível utilizar e avaliar na pratica o aplicativo, demonstrando suas funcionalidades coletando seus pontos fortes e vulnerabilidades. Participaram da avaliação cinco profissionais da área de manutenção, com mais de quinze anos de experiência em sua área de atuação, sendo eles, três manutentores, com oito anos de experiência sendo eles, dois gestores, com dois anos de atuação em cargos de gestão na empresa avaliada. O objetivo foi coletar dados relevantes e identificar possíveis melhorias para otimizar as funcionalidades do aplicativo. A Figura 5 apresenta um dos especialistas da manutenção encerrando uma ordem de serviço.

Figura 5 – Especialista avaliando o aplicativo após a manutenção



Fonte: Autores (2025)

No processo produtivo, o mantenedor registra as atividades realizadas pela manutenção, inserindo as informações de forma ágil e intuitiva.

Com base nos resultados observados após a implementação e validação do aplicativo no setor de manutenção, foi registrada uma redução de 56% no tempo de aceite das ordens de serviço conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Tempo de aceite das ordens de serviço (em minutos) por método de abertura

Método de abertura da OS	Chamado 1	Chamado 2	Chamado 3	Chamado 4	Chamado 5	Chamado 6	Chamado 7	Chamado 8	Chamado 9	Chamado 10	Chamado 11
Ordem de serviço manual	5	3	3	3	2	6	1	2	3	1	3
Ordem de serviço por aplicativo	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1

Fonte: Autores (2025)

Com base nos dados da Tabela 1, a implementação do aplicativo reduziu o tempo médio de aceite de ordens de serviço de 3,0 minutos no processo manual para 1,3 minuto no processo digital, correspondendo a uma diminuição de 56%. Considerando o volume mensal de ordens de serviço

da empresa, essa redução equivale a aproximadamente 820 horas-homens por ano. O efeito direto foi acompanhado por um acréscimo de 3,2% no OEE, resultado da maior sincronização entre solicitação e atendimento. Esses valores estão alinhados aos resultados de Abbate et al. (2022), que identificaram ganhos na confiabilidade da manutenção a partir do uso de dados digitais, e de Ucar, Karakose e Kirimça (2024), que evidenciaram a redução do tempo de resposta em aplicações de manutenção preditiva baseadas em inteligência artificial. O presente estudo demonstra que a digitalização por meio de soluções low-code apresenta resultados consistentes com a literatura internacional, indicando potencial de aplicação em diferentes ambientes industriais.

4.2 Avaliação do projeto

Para avaliar o aplicativo criado foram utilizadas dez questões fechadas que abordam aspectos relacionados à usabilidade, eficiência, comunicação, confiabilidade e impacto operacional do sistema. As questões foram contextualizadas, destacando sua relevância e aplicabilidade em relação ao objetivo do trabalho e em seguida submetidas aos especialistas que validaram a melhoria de forma prática, as mesmas podem ser verificadas ao longo do capítulo.

O novo aplicativo facilitou a abertura de ordens de serviço em comparação com o processo manual? Essa questão avalia se o aplicativo simplificou um passo fundamental no processo de manutenção. Facilitar a abertura de ordens de serviço é essencial para reduzir o tempo e os erros envolvidos, alinhando-se diretamente ao objetivo de otimização do processo.

A comunicação entre operadores e mantenedores melhorou após a implementação do aplicativo? A melhoria na comunicação é um fator chave para aumentar a eficiência na manutenção. Essa questão verifica se o aplicativo promoveu um fluxo de informações mais ágil e eficaz, facilitando a colaboração entre os envolvidos.

O tempo de resposta às falhas foi reduzido com o uso do aplicativo? Reduzir o tempo de resposta às falhas é um dos principais objetivos do sistema, pois impacta diretamente na diminuição de paradas não planejadas. Essa questão mede o sucesso do aplicativo nesse aspecto.

O preenchimento automático de dados (data, hora, número da etiqueta) contribui para reduzir erros? Automatizar a inserção de dados minimiza erros humanos e aumenta a confiabilidade dos registros, o que é crucial para a qualidade das informações geradas pela manutenção.

O aplicativo tornou o registro de manutenções mais confiável e completo? Um registro completo e confiável é indispensável para análises posteriores e planejamento eficaz. Essa questão confirma se o aplicativo melhorou a qualidade dos registros em comparação com métodos anteriores.

O sistema de acionamento via dispositivos móveis é mais eficiente do que o método anterior com o botão Andon? A mobilidade proporcionada pelo aplicativo traz maior agilidade e flexibilidade para os operadores, o que pode aumentar a eficiência do acionamento e da resposta às falhas.

A obrigatoriedade de análise da causa raiz para falhas acima de 1 hora contribui para evitar recorrências? A análise de causa raiz é uma prática que previne a repetição de falhas, ajudando a reduzir paradas não planejadas e melhorando a confiabilidade da manutenção.

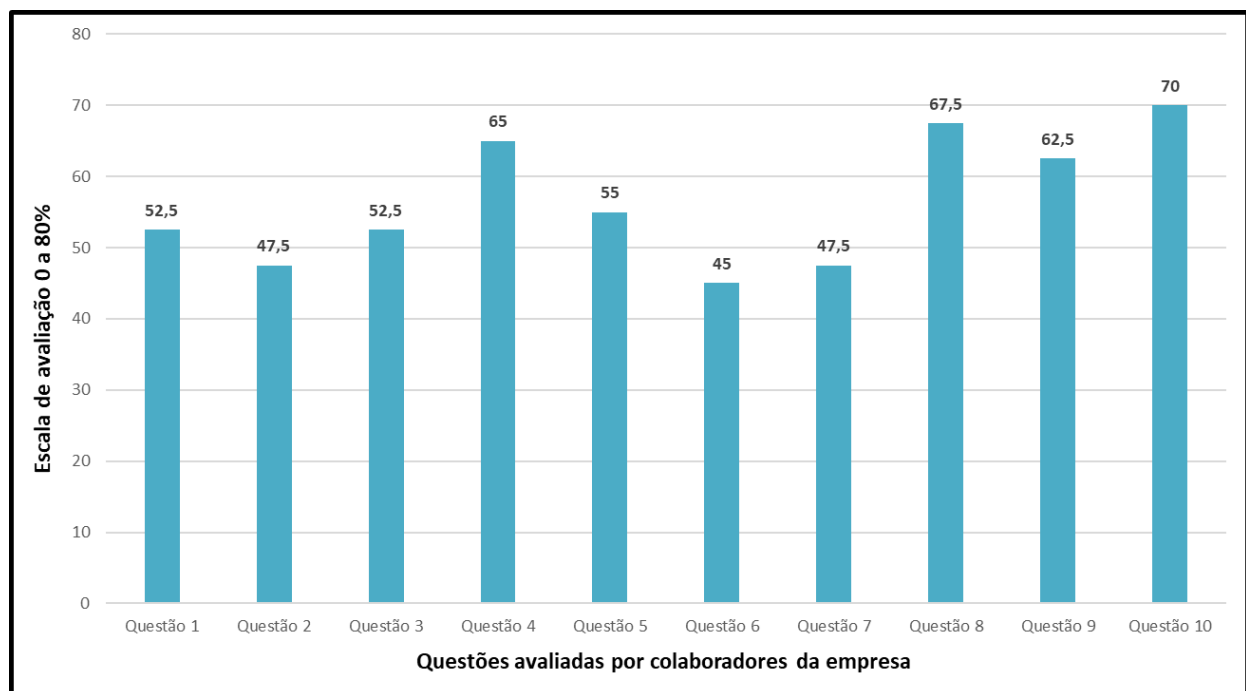
O aplicativo é fácil de usar e intuitivo para operadores e mantenedores? A facilidade de uso é um fator determinante para a adoção do sistema, garantindo que o artefato seja efetivamente utilizado e seus benefícios alcançados.

O uso do aplicativo atende bem às necessidades da empresa? Essa questão verifica a adequação do artefato ao contexto específico da empresa, confirmando que a solução desenvolvida é relevante e aplicável ao ambiente real de trabalho.

O projeto contribuiu para aumentar a eficiência da manutenção e reduzir paradas não planejadas? Essa questão sintetiza o impacto global do aplicativo, ligando diretamente ao objetivo principal do estudo, que é a melhoria da eficiência operacional e a redução de interrupções inesperadas.

Após as perguntas serem aplicadas aos especialistas e obtido as respostas, elas foram tabuladas e demonstradas pela Figura 6.

Figura 6 – Questionário de validação



Fonte: Autores (2025)

As dez questões utilizadas para validar o aplicativo desenvolvido com base na metodologia DSR permitiram uma ampla avaliação. A análise mostra que existe potencial de aprimoramento, como comunicação, acionamento móvel e integração de análises de causa, o sistema atende aos objetivos centrais do projeto: melhorar a eficiência da manutenção e reduzir falhas operacionais. O destaque positivo na usabilidade, no preenchimento automático e no impacto geral reforça a validade do aplicativo como solução prática e inovadora no contexto industrial.

Entretanto, a efetividade da manutenção orientada por dados depende diretamente da qualidade e integridade das informações coletadas. Dados incompletos ou inconsistentes podem comprometer os resultados das análises, conduzindo a diagnósticos equivocados. Por essa razão, é imprescindível o estabelecimento de uma infraestrutura robusta de dados, bem como o emprego de ferramentas analíticas avançadas que sejam capazes de lidar com a complexidade e o volume expressivo de dados gerados no ambiente industrial (SILVESTRI et al., 2020).

Baseado nos resultados empíricos, redução de 56% no tempo médio de aceite e +3,2% no OEE, a evidência converge com a literatura que relaciona digitalização, padronização de dados e desempenho de manutenção. A melhoria no lead time de atendimento é consistente com a agenda de “*Smart Maintenance*” (BOKRANTZ et al., 2020) e com revisões sobre transformação da manutenção na Indústria 4.0 (SILVESTRI et al., 2020), nas quais a disponibilidade cresce quando há redução de latência informacional e aumento da completude dos registros. O resultado também dialoga com aplicações que usam gêmeo digital e dados operacionais para melhorar confiabilidade (ABBATE et al., 2022) e com estudos que mostram ganhos quando indicadores de manutenção são acompanhados com rigor (PIERETTI et al., 2020). Em termos metodológicos, o uso do DSR assegura aderência entre artefato e contexto (PEFFERS et al., 2007; DELPORT; VON SOLMS; GERBER, 2024), explicando a aceitação do aplicativo no chão de fábrica.

No escopo tecnológico, os efeitos observados são coerentes com a adoção de plataformas low-code para acelerar entrega e institucionalizar rotinas de dados (NOVALES; MANCHA, 2023), com relatos de integração low-code/IoT para análise na borda (CHAUDHARY et al., 2022) e com mapeamentos recentes sobre padrões e limites de adoção em múltiplos setores (SHI; DONG; GAN, 2025). Embora o artefato não incorpore IA preditiva, os ganhos de sincronização e qualidade de dados criam pré-condições para modelos de suporte a diagnóstico e priorização (UCAR; KARAKOSE; KIRIMÇA, 2024). Em termos operacionais, a fila digital e os carimbos de data/hora endereçam os três pontos críticos identificados, reduzindo variabilidade no aceite e sustentando a rastreabilidade necessária a otimizações integradas de manutenção e recursos (ROZAS; BASCIFTICI; GEBRAEEL, 2024).

5 CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que a digitalização do processo de abertura de ordens de serviço, por meio de um aplicativo low-code, resultou em ganhos concretos para a manutenção industrial. Houve redução de 56% no tempo médio de aceite, correspondendo a aproximadamente 820 horas-homens economizadas em um ano, além de incremento de 3,2% no OEE, indicando maior disponibilidade dos equipamentos e menor impacto de paradas não planejadas.

As principais limitações concentram-se no escopo restrito a uma única empresa e na dependência do letramento digital dos usuários, fatores que podem influenciar a adoção em contextos distintos. Essas condições, no entanto, não comprometem a validade dos resultados obtidos, mas apontam para a necessidade de capacitação e estudos complementares em outros setores industriais.

A contribuição científica está na aplicação da metodologia Design Science Research para demonstrar como soluções low-code podem estruturar rotinas digitais, reduzir latência informacional e criar base para análises avançadas. Esse resultado reforça a relevância da digitalização como elemento estratégico da Indústria 4.0, ao fortalecer a governança de dados, a rastreabilidade e a resiliência operacional.

REFERÊNCIAS

- ABBATE, Raffaele; CATERINO, Mario; FERA, Marcello; *et al.* Maintenance Digital Twin using vibration data. **Procedia Computer Science**, v. 200, p. 546–555, 2022. (3rd International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.252>.
- ACHOUCH, Mounia; DIMITROVA, Mariya; ZIANE, Khaled; *et al.* On Predictive Maintenance in Industry 4.0: Overview, Models, and Challenges. **Applied Sciences**, v. 12, n. 16, p. 8081, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12168081>.
- ARAUJO, Beatriz Campos; LOPES, Harlenn dos Santos. Gestão Empresarial: Design Science Research e Business Process Management integradas para uma construtora civil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e517111638586–e517111638586, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38586>.
- BOKRANTZ, Jon; SKOOGH, Anders; BERLIN, Cecilia; *et al.* Smart Maintenance: a research agenda for industrial maintenance management. **International Journal of Production Economics**, v. 224, p. 107547, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107547>.
- CHAUDHARY, Hafiz Ahmad Awais; GUEVARA, Ivan; JOHN, Jobish; *et al.* Low-Code Internet of Things Application Development for Edge Analytics. In: CAMARINHA-MATOS, Luis M.; RIBEIRO, Luis; STROUS, Leon (Orgs.). **Internet of Things. IoT through a Multi-disciplinary Perspective**. Cham: Springer International Publishing, 2022, p. 293–312. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-18872-5_17
- COSA, Marcello; TORELLI, Riccardo. Digital Transformation and Flexible Performance Management: A Systematic Literature Review of the Evolution of Performance Measurement

Systems. **Global Journal of Flexible Systems Management**, v. 25, n. 3, p. 445–466, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40171-024-00409-9>

CRESPO MARQUEZ, Adolfo; GOMEZ FERNANDEZ, Juan Francisco; MARTÍNEZ-GALÁN FERNÁNDEZ, Pablo; *et al.* Maintenance Management through Intelligent Asset Management Platforms (IAMP). Emerging Factors, Key Impact Areas and Data Models. **Energies**, v. 13, n. 15, p. 3762, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13153762>.

DELPORT, Petrus M. J.; VON SOLMS, Rossouw; GERBER, Mariana. Methodological Guidelines for Design Science Research. **Procedia Computer Science**, v. 237, p. 195–203, 2024. (International Conference on Industry Sciences and Computer Science Innovation). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.05.096>.

HENRIQUE, Carlos; BEATRIZ, Giovanna; SILVA, Victor; *et al.* APLICATIVO PARA CONTROLE DE INSPEÇÃO E VALIDAÇÃO DE BALANÇAS: UMA PROPOSTA DE CHECKLIST. **South American Development Society Journal**, v. 10, n. 30, p. 242–242, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v10i30p242-267>.

HEVNER, Alan R.; PARSONS, Jeffrey; BRENDDEL, Alfred Benedikt; *et al.* Transparency in design science research. **Decision Support Systems**, v. 182, p. 114236, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2024.114236>.

HINRICHS, Maren; PRIFTI, Loina; SCHNEEGASS, Stefan. Data-driven decision-making in maintenance management and coordination throughout the asset life cycle: an empirical study. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 30, n. 1, p. 202–220, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1108/JQME-04-2023-0038>

JASIULEWICZ-KACZMAREK, M.; LEGUTKO, S.; KLUK, P. Maintenance 4.0 technologies – new opportunities for sustainability driven maintenance. **Management and Production Engineering Review**, v. 11, n. 2, p. 3-15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24425/mper.2020.133730>.

KELLNER, Domenic; LOWIN, Maximilian; VON ZAHN, Moritz; *et al.* Towards Designing a User-centric Decision Support System for Predictive Maintenance in SMEs. In: **INFORMATIK 2021**. In: [s.l.]: Gesellschaft für Informatik, Bonn, 2021, p. 1255–1260. DOI: <https://doi.org/10.18420/informatik2021-104>.

NOVALES, Ainara; MANCHA, Rubén. How Hortilux Used Low-Code to Develop Its IoT Digital Services. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 53, n. 1, p. 924–937, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17705/1CAIS.05338>.

PARIMI, Santhosh Kusuma Kumar. Impact of low-code/no-code platforms. **Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)**, 28 fev. 2025. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34792.79366>.

PEFFERS, Ken; TUUNANEN, Tuure; ROTHENBERGER, Marcus A.; *et al.* A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45–77, 2007. DOI: <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>.

PHALAKE, Vaishali S.; JOSHI, Shashank D. Low Code Development Platform for Digital Transformation. *In*: KAISER, M. Shamim; XIE, Juanying; RATHORE, Vijay Singh (Orgs.). **Information and Communication Technology for Competitive Strategies (ICTCS 2020)**. Singapore: Springer Nature, 2021, p. 689–697. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-0882-7_61.

PIERETTI, Rafael Follmann; SILVA, Marcos Meurer da; LESME, Douglas Alberto Santos; *et al.* Analyze of individual performance indicators applied to industrial maintenance. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e129963660–e129963660, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3660>.

ROBERT, Marc; GIULIANI, Philippe; DUBOULOZ, Sandra. Obstacles affecting the management innovation process through different actors during the covid-19 crisis: a longitudinal study of Industry 4.0. **Annals of Operations Research**, v. 335, n. 3, p. 1601–1626, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04457-7>.

ROZAS, Herald; BASCIFTCI, Beste; GEBRAEEL, Nagi. Data-driven joint optimization of maintenance and spare parts provisioning for deep space habitats: A stochastic programming approach. **Acta Astronautica**, v. 214, p. 167–181, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2023.10.028>.

SAIHI, Afef; BEN-DAYA, Mohamed; AS'AD, Rami. A Survey of the Underlying Success Factors of Maintenance Digital Transformation. **IFAC-PapersOnLine**, v. 55, n. 10, p. 2944–2949, 2022. (10th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2022). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.179>.

SCHMÜCKER, R.; MEYER, H.; ROEDLER, R.; *et al.* Digitalization and data management in aircraft maintenance based on the example of the composite repair process. *In*: **Deutscher Luft und Raumfahrtkongress 2021**. Bremen: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt – Lilienthal-Oberth e.V., 18 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.25967/550066>.

SHI, Zhengwu; DONG, Junyu; GAN, Yanhai. Democratizing Digital Transformation: A Multisector Study of Low-Code Adoption Patterns, Limitations, and Emerging Paradigms. **Applied Sciences**, v. 15, n. 12, p. 6481, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15126481>

SILVA, Anthony Cecilio; SILVA, Roberto Monteiro da; LOPES, William Aparecido Celestino. FOLHA DE PROCESSO DIGITALIZADA POR MEIO DE APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA. **South American Development Society Journal**, v. 9, n. 26, p. 1–1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v9i26p1-22>.

SILVESTRI, Luca; FORCINA, Antonio; INTRONA, Vito; *et al.* Maintenance transformation through Industry 4.0 technologies: A systematic literature review. **Computers in Industry**, v. 123, p. 103335, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103335>.

SOUZA, Felipe; ROCHA, Ariana Alves; SOUSA, Mayara Oliveira; LOPES, William Aparecido Celestino. DIGITAL TRANSFORMATION IN MACHINERY MAINTENANCE IN A LOOM CONSTRUCTION COMPANY. **Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial - ISSN - 1983-1838**, v. 17, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18624/etech.v17i1.1346>.

TANHAEAN, M.; GHADERI, S. F.; SHEIKHALISHAHI, M. A decision-making framework for optimal maintenance management: An integrated simulation-mathematical programming-expert system approach. **Computers & Industrial Engineering**, v. 185, p. 109671, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109671>.

UCAR, Aysegul; KARAKOSE, Mehmet; KIRIMÇA, Necim. Artificial Intelligence for Predictive Maintenance Applications: Key Components, Trustworthiness, and Future Trends. **Applied Sciences**, v. 14, n. 2, p. 898, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14020898>.

WANG, Xiaoqiao; LIU, Mingzhou; LIU, Conghu; *et al.* Data-driven and Knowledge-based predictive maintenance method for industrial robots for the production stability of intelligent manufacturing. **Expert Systems with Applications**, v. 234, p. 121136, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121136>.