



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE SOBRAL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

JOÃO GABRIEL FERNANDES GOMES

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO AUXILIAR PARA OS
BLOCOS DE UTILIDADES DE UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS**

SOBRAL-CE
2026

JOÃO GABRIEL FERNANDES GOMES

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO AUXILIAR PARA OS
BLOCOS DE UTILIDADES DE UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Computação do Campus Sobral da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador: Prof. Dr. David Nascimento Coelho.

SOBRAL-CE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G614d Gomes, João Gabriel Fernandes.
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO AUXILIAR PARA OS BLOCOS DE UTILIDADES DE UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS / João Gabriel Fernandes Gomes. – 2026.
54 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral, Curso de Engenharia da Computação, Sobral, 2026.
Orientação: Prof. Dr. David Nascimento Coelho.

1. Indústria 4.0. 2. Business Intelligence. 3. Manutenção Industrial. 4. Automação de Processos. 5. Aquisição de Dados. I. Título.

CDD 621.39

JOÃO GABRIEL FERNANDES GOMES

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO AUXILIAR PARA OS
BLOCOS DE UTILIDADES DE UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Computação do Campus Sobral da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia da Computação.

Aprovada em: 14/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. David Nascimento Coelho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Rômulo Nunes de Carvalho Almeida
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Thiago Iachiley Araújo de Souza
Universidade Estadual do Ceará (UFC)

Às inúmeras pessoas que me apoiam e ajudam.

Grato especialmente aos meus pais, José Edilson, Glaucenir Fernandes e a minha irmã, Hosana Fernandes. Um agradecimento especial aos meus pets.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. David Nascimento Coelho, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Me. Rômulo Nunes de Carvalho Almeida e ao Prof. Dr. Thiago Iachiley Araujo de Souza pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas de trabalho, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

“Os sistemas de informação desempenham um papel importante no desenvolvimento do mercado global. O sistema de informação logística faz parte do sistema de informação da organização, sendo integrado à inteligência de negócios e correlacionado com o sistema técnico-informacional.” (LUIC SAVIC, 2018, p. 1, tradução do autor).

RESUMO

Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema supervisório auxiliar para os Blocos de Utilidades (BUs) de uma indústria de calçados. Esses BUs concentram equipamentos críticos como compressores, *chillers*, torres de resfriamento e geradores de nitrogênio, cuja falha impacta diretamente na produção. O problema identificado foi a manutenção realizada de forma manual e descentralizada, com anotações em cadernos e comunicação pouco eficiente entre técnicos, gestão e gerência. Isso gerava perda de informações, ruídos de comunicação e atrasos na tomada de decisão. A solução desenvolvida envolveu a implementação de um sistema *Business Intelligence* (BI) que visasse centralizar as informações e consultas em um único lugar, e que fosse acessível o tempo todo. Após a implementação do sistema, foram observadas melhoras principalmente no tempo de detecção de falha, melhorias organizacionais nos ativos e diminuição dos ruídos comunicacionais entre técnicos e gestão.

Palavras-chave: Manutenção industrial, Frameworks, Automação de processos, Blocos de Utilidade industrial, *Business Intelligence*, Sistemas supervisório.

ABSTRACT

In this present work, an auxiliary supervisory system for the Utility Blocks (UBs) of a shoe industry was developed. These UBs concentrate critical equipment such as compressors, chillers, cooling towers, and nitrogen generators, whose failure directly impacts production. The identified problem was that maintenance procedures were carried out manually and in a decentralized way, relying on notebook records and inefficient communication between technicians, management, and supervisors. This resulted in information loss, communication noise, and delays in decision-making. The proposed solution was the implementation of a Business Intelligence (BI) system designed to centralize information and provide continuous and accessible consultations, ensuring greater clarity, agility, and reliability in the maintenance process. After implementing the system, improvements were observed mainly in failure detection time, organizational improvements in assets and a reduction in communication noise between technicians and management.

Keywords: Industrial maintenance, Frameworks, Process automation, Industrial utility Blocks, Business Intelligence, Supervisory System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Fluxograma de funcionamento das rotas de inspeção (preditivas)	21
Figura 02	Formulário de rotas preventivas	22
Figura 03	Fluxograma de funcionamento das rotas de inspeção (preditivas).....	29
Figura 04	Formulário de rotas preventivas	31
Figura 05	Uso do Power Automate para alimentar a planilha online	33
Figura 06	Parâmetro URL para consumo de planilha online	34
Figura 07	Função de consumo de planilha online	35
Figura 08	Função para processamento de colunas da planilha	36
Figura 09	Amostra de bloco de utilidade fabril	37
Figura 10	Mapeamento de coordenadas de imagem	38
Figura 11	Consulta do equipamento S2-CHIL-001	39
Figura 12	Homepage do quadro sinóptico	41
Figura 13	Descritiva detalhada por porcentagem	42
Figura 14	Geração de relatório detalhado	43
Figura 15	Exemplo de tagueamento no momento do levantamento	45
Figura 16	Gráfico Tempo de ação após identificação de falha	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Escolha de tecnologias	28
Tabela 02	Instância de resposta para consumo do BI	32
Tabela 03	Parâmetros detalhados do relatório descritivo	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BI	<i>Business Intelligence</i>
BU	Blocos de Utilidades
CLP	Controlador Lógico Programável
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
FDD	<i>Feature Driven Development</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transference Protocol</i>
JS	Javascript
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MDN	<i>Mozilla Developer Network</i>
NBR	Normas Brasileiras
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
RPA	<i>Robotic Process Automation</i>
SI	Sistema de Informação
HTTPS	<i>Safe Hypertext Transference Protocol</i>
SaaS	<i>Software as a Service</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
XLSX	<i>Microsoft Excel Spreadsheet</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

® Marca Registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
1.2	Trabalhos relacionados	16
1.3	Organização do TCC	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Manutenção Industrial	18
2.2	BLOCOS DE UTILIDADE	19
2.2.1	COMPRESSORES DE AR	20
2.2.2	SECADORES DE AR	21
2.2.3	FILTROS DE AR	22
2.2.4	CHILLERS	23
2.2.5	TORRES DE REFRIGERAÇÃO	23
2.3	Tecnologias de software	23
2.3.1	Javascript	24
2.3.2	Framework NodeJs	25
2.3.2.1	Express.js	25
2.3.2.2	Lib-PDF	24
2.3.2.3	Path	25
2.3.2.4	CORS	26
2.3.2.5	XLSX	26
2.3.2.6	FILE SAVE	26
2.4	Framework Bootstrap	26
2.5	Microsoft Forms	26
2.6	Power Automate	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	Descrição do problema	28
3.2	Descrição do Sistema	30
3.2.1	Obtenção de dados	31
3.2.2	Consumo de dados	34
3.2.3	Inserção de dados	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40

4.1	RESULTADOS PRINCIPAIS	41
4.2	GANHOS SECUNDÁRIOS E NÃO PREVISTOS	45
4.3	GANHOS EM TERMOS DE MANUTENÇÃO	46
5	CONCLUSÕES	48
6	REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

A manutenção industrial tem como objetivo assegurar a confiabilidade, a disponibilidade e o desempenho dos ativos ao longo de seu ciclo de vida, atuando de forma estratégica na redução de falhas e perdas produtivas. De acordo com Silva (2016): “O objetivo da manutenção é prevenir todas as perdas causadas por problemas nos equipamentos. Garantindo que os equipamentos estejam em bom estado para operação”.

Silva Filho et al. (2021) defende que por se tratar de uma atividade que envolve operações em campo, bem como níveis tático e estratégico de gestão, torna-se essencial a adoção de soluções que integrem automação industrial, sistemas computacionais e análise de dados para apoiar o planejamento, a execução e o controle das atividades de manutenção, alinhando-as aos objetivos organizacionais e produtivos condizentes com a indústria emergente 4.0.

A ideia de Silva Filho et. al (2021) é possível com o advento de tecnologias que facilitam a tomada de decisão baseada em dados, aliado aos avanços da automação industrial e dos sistemas embarcados, o setor de manutenção industrial encontra oportunidades para se modernizar, abandonando práticas ultrapassadas, como registros em cadernos, informalidade nos processos e descentralização de informações. Assim, é necessário que os desafios da manutenção sejam abordados sob uma perspectiva contemporânea, visando à criação e ao uso de ferramentas baseadas em dados que auxiliem na formalização das tarefas.

Para Gaikwad, Maga e Schlüter (2022), as utilidades dentro de uma indústria podem ser definidas como os ativos da empresa que fornecem substratos necessários para o funcionamento esperado fabril, tanto em requisitos ergonômicos quanto operacionais. Os locais dentro das plantas industriais que concentram esses substratos são denominados de blocos de utilidades (BUs). Dentre os exemplos de BUs, podem ser citados os sistemas de refrigeração, estações de energia, compressão e secamento de ar. Assim, caso haja parada ou quebra destes, a produção e vendas serão gravemente afetadas e, por consequência, o lucro da empresa.

Por estes motivos, os BUs estão entre as principais demandas de manutenção dentro das fábricas. Cada setor industrial possui seus BUs específicos, variando entre os segmentos de mercado da empresa. Em uma fábrica de calçados, por exemplo, os principais ativos nos BUs incluem os compressores e secadores de ar, torres de refrigeração e exaustão, chillers e geradores de nitrogênio. Os ativos variam dentro da fábrica, sendo que alguns dos setores de

produção, como os de injeção, irão necessitar de mais refrigeração e compressão de ar. Já um setor de empacotamento e jateamento de tinta irá usar mais de torres de exaustão e geradores de nitrogênio.

Portanto, os BUs, mesmo dentro de apenas uma indústria, podem variar dependendo da necessidade específica da produção naquela fábrica ou até mesmo período do ano. Visto que a manutenção industrial existe para evitar situações de perda para a indústria, faz-se necessário o estudo e implementação de sistemas supervisórios que avaliem a condição dos equipamentos de maneira automatizada e, principalmente, de maneira visualmente clara, uma vez que as diretorias industriais e supervisões de outros setores precisam ter acesso a essas informações da maneira mais compreensível e direta possível, sem a necessidade de esclarecimentos técnicos sobre como funciona o setor, sua manutenção ou se um equipamento irá ou não entrar em falha.

Para Luic e Savic (2016), esse tipo de tecnologia que interliga setores dentro e fora de uma empresa, facilitando a passagem de informação acessível a qualquer usuário e a tomada de decisões, é denominado *Business Intelligence* (BI). Em termos de gestão de manutenção, um sistema BI tem como principal objetivo facilitar o acesso à informação a todo momento pela gestão. Simultaneamente, ele pode ser consultado pelo setor de planejamento e controle de manutenção (PCM) que pode não possuir conhecimento técnico a respeito dos BUs, uma vez que o BI traz informações como a saúde e histórico de cada ativo além da planta baixa de cada bloco, permitindo um possível aumento na acurácia do planejamento de manutenção dos ativos. Assim, a criação de um sistema BI que abranja os BUs pode trazer muitos benefícios para a fábrica, tais como o ganho de tempo na atualização das informações, e a melhoria de comunicação entre o setor de manutenção e a gestão.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é implementar um sistema supervisório para os BUs de uma fábrica de calçados, de modo a facilitar a gestão da manutenção dos BUs e melhorar a comunicação com as gerências industrial e intersetorial. A partir deste objetivo geral, traçou-se os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar ferramentas de software que auxiliem na criação de interfaces que facilitem uma boa experiência de usuário.
- Validar o sistema em um ambiente industrial, buscando a reformulação e formalização de processos de rotas de inspeção diária.

- Verificar os possíveis dados e impactos a serem gerados de forma a melhorar a comunicação com a gerência industrial.
- Verificar a existência de ganhos secundários, tais como a consulta sobre o estado atual dos equipamentos, organização da planta e identificação de máquinas.

1.2 TRABALHOS RELACIONADOS

Devido à importância da manutenção industrial, alguns autores avançaram na formalização de termos, na análise da situação da manutenção, e em sistemas para a automação e gerenciamento da manutenção. Blanchard et al. (1995) serve de base material a respeito de conceitos particulares da manutenção como confiabilidade e dependabilidade, além de se aprofundarem sobre termos técnicos, normas e padrões internacionais que também são de relevância para o presente trabalho de conclusão de curso.

Já Silva Filho (2021) discute a situação dos sistemas de manutenção industrial e os impactos que sistemas ineficientes podem trazer ao setor de planejamento e controle de manutenção (PCM), ao setor de manutenção e à fábrica em si. O trabalho destaca a importância da inovação sistemática de manutenção, contrastando que a manutenção, em grande parte, se mantém presa ao conceito de “chão de fábrica”, onde a mudança desse paradigma é dada de maneira lenta e gradual, mas sempre aliada a inovação e gestão baseada em dados e confiabilidade.

Além destes, Fuentes (2006) detalhou outros conceitos fundamentais a partir da elaboração de um sistema de manutenção para a abertura e controle do estado de ordens de serviço. Neste trabalho, são detalhados vários conceitos necessários para o entendimento do jargão industrial e de manutenção. Porém, o sistema proposto possui algumas limitações, visto que este nem apresenta boa usabilidade, nem boa experiência de usuário, apresentando um estilo ultrapassado no design de interfaces com o usuário (do inglês *guided user interface* - GUI).

Ramani et al. (2016) estudaram e implementaram um sistema que buscava a melhoria no processo de identificação da necessidade de manutenções preventivas e preditivas. Contudo, este sistema buscou consertar principalmente falhas no excesso de manutenções preventivas não necessárias, por meio da prototipação de sensores e redes inteligentes via Arduino.

Zioni et al. (2018) estudaram a ferramenta de quadro sinóptico dentro do escopo de um museu. Em seu trabalho, o quadro sinóptico foi usado para sintetizar os resultados da Avaliação Pós-Ocupação (APO) do edifício, tendo como principal objetivo comunicar aos

colaboradores de um museu a necessidade de reformas, manutenções, novos projetos e ampliações. O quadro sinóptico proposto por Zioni et al. (2018) ocorre de maneira manual, isto é, não existe um sistema automático, servindo meramente como uma ferramenta visual, tornando limitado o escopo para aplicação na indústria.

Por fim, para Paula e Corrêa (2020), o conceito de BI também pode ser aplicado à indústria e à elaboração de ferramentas para manutenção visando tornar a empresa mais competitiva e interligada. Com o BI, é possível consolidar, e tornar coerentes e visuais as informações que se encontram em diversas fontes, desde uma simples pasta de trabalho do *Excel*® a arquivos localizados na nuvem. Neste trabalho é feita a aplicação do conceito de BI, se limitando a uma ferramenta puramente visual. Logo, o trabalho é restrito no quesito de inserção e edição de informações. Destaca-se também que um software pago foi utilizado como ferramenta auxiliar, tornando o projeto necessariamente mais custoso.

Apesar do trabalho de Ramani et. al (2016) também propor a melhoria na comunicação entre equipe técnica e gestão, e dar ferramentas necessárias para consultas a histórico de equipamentos, não houve o foco direto em comunicação visual e clara do estado das máquinas, usando como base as ideias do quadro sinóptico estudadas por Zioni et. al (2018). Portanto, o presente trabalho de conclusão de curso visa juntar a ideia da implementação técnica de Ramani et. al (2016) com as ideias visuais de Zioni et. al (2018), além de usar os conceitos de BI propostos por Paula e Corrêa (2020), diferenciando-se por criar o software do início, sendo uma alternativa a ferramentas pagas. Assim, o presente trabalho é relevante por almejar um sistema que tanto melhore a tomada de decisões, como melhore a comunicação entre os setores gerenciais e de manutenção por meio da implementação de um quadro sinóptico dos ativos de BUs.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TCC

O restante deste trabalho de conclusão de curso está dividido da seguinte maneira: No capítulo 2, está descrita a fundamentação teórica necessária para a compreensão dos termos de manutenção e tecnologia da informação. No capítulo 3, encontra-se os materiais e métodos, onde é descrito que linguagens, frameworks e metodologias foram aplicados para desenvolver o projeto. No capítulo 4, mostra-se os resultados e aplicações do projeto. Por fim, o capítulo 5 traz as conclusões do trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são discutidos conceitos importantes para a manutenção industrial, os tipos de manutenção e alguns ativos importantes em um sistema de manutenção. Além disso, tecnologias de software que foram essenciais para o desenvolvimento da aplicação são mostradas.

2.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Para Silva Filho et al. (2021), como as necessidades do mercado à forma de administração da manutenção industrial, percebe-se que existe uma necessidade cada vez maior da gestão industrial ser relacionada à indústria 4.0, especialmente no campo da percepção de falhas e manutenção preventiva.

A criticidade dessa necessidade de detecção de falhas industriais se torna perceptível quando se trata das classes de equipamentos, pois a falha de um ar-condicionado certamente não é o mesmo que a falha de um *Chiller* ou torre de refrigeração, uma vez que estes impactam diretamente na produção e lucro das fábricas. Para isso, é importante definir quatro importantes conceitos para a manutenção industrial, sendo eles a confiabilidade e os tipos de manutenção segundo o padrão mundial.

Segundo Kumar (1997), a confiabilidade está associada ao cumprimento da função ao longo do tempo e do comportamento do sistema. Portanto, sistemas estáveis são aqueles com máquinas que funcionam dentro do esperado e por longos períodos. Estes são também denominados confiáveis. Na hora de uma eventual falha, a capacidade e facilidade de se atuar nela, seja por disponibilização de manuais, designs de estruturas mais seguras ou layouts que facilitem a atuação técnica, afetam diretamente a manutenibilidade da máquina.

Já em relação aos tipos de manutenção, a norma NBR 5462-1994 da ABNT os define como:

Manutenção corretiva: manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane. Esta é destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Manutenção preditiva: Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Manutenção preventiva: Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação

do funcionamento de um item.

Uma vez decidido por um modelo de concepção de manutenção e sua forma de gestão, planeja-se, implanta-se e monitora-se o sistema por meio de índices e fatores que possam acompanhar o seu desempenho. Estes índices variam de acordo com o tipo de manutenção e com a fábrica onde estes são aplicados. Contudo, é comum que os índices mais observados sejam a quantidade e o tipo de cada manutenção realizada, uma vez que equipamentos que apresentem repetidamente a necessidade de manutenções corretivas estão fadados ao eventual condenamento e substituição (Kumar, 1997).

Segundo Dempsey (2014), um ativo é definido como tudo aquilo que pode gerar valor tangível ou intangível a uma organização. Portanto, são necessárias metodologias para seu gerenciamento. Posteriormente, neste trabalho, será mostrado que alguns equipamentos possuem criticidade A, B ou C. Apesar destas nomenclaturas variarem segundo a literatura ou empresa, o conceito permanece o mesmo. É importante que se tenha um método de gestão de ativos baseado em criticidade e potenciais impactos econômicos.

Para Teles (2018), a elaboração de uma matriz de criticidade é importante para facilitar a gestão dos ativos e o planejamento das manutenções. No modelo apresentado em seu livro, os equipamentos possuem denominação por criticidade A, B ou C, onde a proporção dos ativos deve ser de, respectivamente, no máximo 20%, entre 30% a 40%, e entre 40% a 50%. Nos ativos que serão abordados neste trabalho, ativos classe A são ativos críticos, cuja falta de manutenção impacta na produção, na perda de lucro em potencial e não apresentam substituição imediata em caso de falha. Ativos classe B possuem apenas um substituto e não impactam tanto na produção em caso de falha. Ativos classe C possuem múltiplos substitutos e sua parada não afeta a produção. Esta nomenclatura e metodologia debatida por Teles (2018) será a mesma usada no decorrer deste trabalho e para a implementação do mapa sinóptico.

2.2 BLOCOS DE UTILIDADES

O termo “bloco de utilidade” se trata de uma nomenclatura usada para situar o agrupamento das utilidades industriais em determinadas regiões geográficas da fábrica. Para Samie (2016), as utilidades industriais são as responsáveis por permitir a operação funcional dos ativos de produção. Como citado previamente, Samie (2016) dialoga com Gaikwad, Maga e Schlüter (2022), pois ambas as ideias trazem à tona a importância dos blocos de utilidades para a área operacional de uma indústria. Nesta seção, serão abordados alguns dos equipamentos contidos nas plantas industriais de uma fábrica de calçados.

2.2.1 COMPRESSORES DE AR

Para Thollander et al. (2020), a compressão de ar é uma necessidade para quase toda indústria, variando entre baixa pressão e alta pressão (de 6 a 8 bar). Compressores de ar são sistemas eletromecânicos projetados para aumentar a pressão de um gás, por meio da redução de seu volume. Ele funciona convertendo energia mecânica, proveniente de motores eletromecânicos em energia potencial armazenada no ar comprimido.

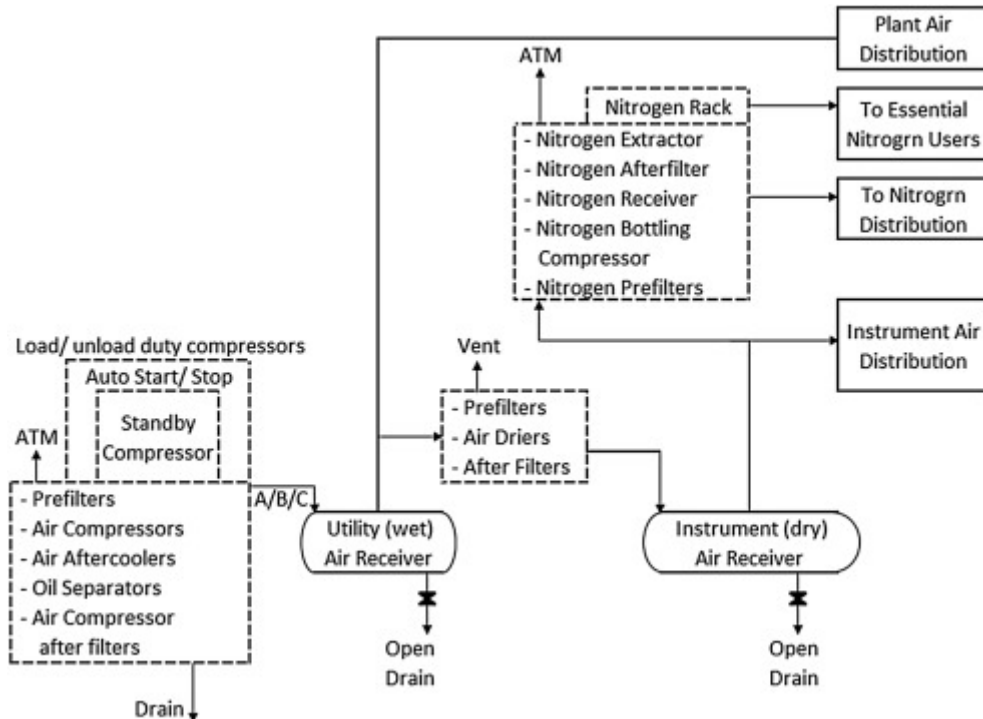
Segundo Muthuramalingam, Saravanakumar, Mohan (2017, p.482): “Sistemas pneumáticos são sistemas que utilizam gases/fluidos pressurizados para a geração de energia mecânica.” O sistema de compressão de ar está sempre acompanhado de um sistema auxiliar de filtração e/ou secamento de ar e são responsáveis por fornecer o substrato para o funcionamento de sistemas pneumáticos (Thollander et. al, 2020). Na indústria de calçados, as máquinas injetoras e sistemas de refrigeração utilizam como substrato o ar comprimido, provendo condições tanto operacionais quanto ergonômicas para o funcionamento da fábrica.

A Figura 01 resume o funcionamento da utilidade de ar comprimido para indústria, onde um compressor de ar está conectado a elementos separadores de óleo (filtros), secadores de ar e sistemas de resfriamento que serão abordados posteriormente. Veja que o sistema de compressão de ar também inclui um gerador de azoto, que também é comumente usado em setores de pintura e/ou jateamento na indústria. Feito a compressão de ar, o destino do substrato irá para os devidos equipamentos industriais como máquinas injetoras, pintura ou exaustão.

2.2.2.1 SECADORES DE AR

Um dos principais resíduos gerados pelo processo de compressão de ar são gotículas de água. O acúmulo de água em encanações e equipamentos irá gerar corrosão. Para solucionar isso, são empregados os secadores de ar em sistemas de ar comprimidos, evitando assim o processo de oxidação (Thollander et. al, 2020).

Figura 01: Geração de ar comprimido



Fonte: Samie. 2016 [Typical Compressed Air Utility Flow Diagram]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/utility-flow-diagram>. Acesso em 01 de junho de 2025

2.2.2.2 FILTROS DE AR

Vê-se que os filtros de ar da Figura 01 são usados antes e/ou após o processo de compressão de ar, sendo responsáveis principalmente por filtrar óleo, água e outros possíveis detritos fabris como poeira. Eles ajudam a preservar a vida útil do equipamento e evitar possíveis entupimentos em tubulações ou passagens de ar (Thollander et. al, 2020).

2.2.3 CHILLERS

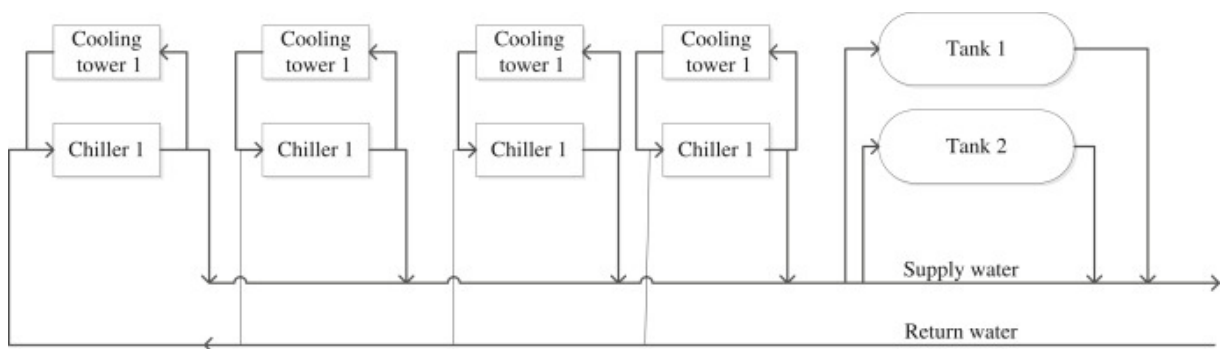
"Uma planta de resfriamento normalmente consiste em *chillers*, torres de resfriamento, bombas e tanques de armazenamento de água gelada. É frequentemente usada para climatizar grandes edifícios de escritórios, ou campi com múltiplos edifícios." (POUT; ORTIZ; LOMBARD, 2008, Tradução do autor)

Plantas de resfriamento também estão presentes em indústrias. Dentro de um bloco de utilidades, pode estar presente tanto um sistema de compressão de ar quanto de resfriamento

de água industrial, sendo o tamanho físico e investimento em infraestrutura o fator delimitador do que um bloco de utilidades pode conter. Por questões de energia, comumente, se uma planta de resfriamento possui vários *chillers*, os *chillers* secundários geralmente não estarão ligados. Portanto, estes atuam apenas como equipamentos substitutos em caso de emergência (Kusiak, Xu, Wu, 2014).

A Figura 02 contém o processo generalizado do funcionamento do resfriamento industrial. A planta recebe a chamada água industrial (*Return water*) e a resfria com as torres de resfriamento, tanques de água, e *chillers*, tornando a água gelada (*Supply water*). Este procedimento garante o funcionamento econômico e operacional para as máquinas que necessitam de resfriamento. Pela importância que os *chillers* apresentam às plantas fabris, eles são comumente classificados como ativos de classe “A”, uma vez que sua parada implica na perda de produção.

Figura 02: Sistema genérico de planta de resfriamento



Fonte: Xu, Wei, Kusiak (2014). [CHILLER PLANT DIAGRAM]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214008019#bib1>. Acesso em 01 de junho de 2025.

2.2.4 TORRES DE REFRIGERAÇÃO

Torres de refrigeração fazem parte do sistema usado para dissipar o calor de processos industriais ou sistemas de climatização, transferindo o calor para a atmosfera. Ela funciona como parte de um ciclo de refrigeração descrito na Figura 02, onde a água aquecida de processos industriais ou de *Chillers* é resfriada por meio de troca de calor com o ar ambiente. Esse processo permite o reaproveitamento da água resfriada, otimizando recursos e reduzindo custos.

2.3 TECNOLOGIAS DE SOFTWARE

Sistemas de informação (SI) são sistemas formais, sociotécnicos e/ou organizacionais usados para coletar, processar, armazenar e disseminar dados informacionais, podendo ser tanto um sistema informacional computadorizado quanto um sistema manual (Rainer, 2015). Um SI pode então ser entendido como um conjunto de partes ou elementos inter relacionados que coleta, processa, armazena e distribui informações, de forma organizada e coordenada, para apoiar a tomada de decisões (Souza, Prado, 2018).

Inúmeras ferramentas estão disponíveis para o desenvolvimento de sistemas informacionais modernos. Sistemas tradicionais são aqueles que precisam ser instalados no computador para terem funcionalidade. Sistemas web são aqueles que baseiam toda a interação via navegadores, eliminando a necessidade de instalação, tendo como requisito apenas acesso à internet.

O desenvolvimento de sistemas web fazem uso de tecnologias web clássicas como *Javascript* (Js), *Hypertext Markup Language* (HTML) e *Cascading Style Sheets* (CCS), juntamente a frameworks modernos que facilitam o desenvolvimento. Estas ferramentas são empregadas para construir um site funcional e esteticamente adequado a visão e filosofia BI.

Para garantir a automação e coleta de dados, podem ser empregadas ferramentas comuns como o *Microsoft Forms* e o *Power Automate*. Dentre as metodologias para o desenvolvimento web, as metodologias ágeis estão dentre as mais utilizadas. Como definida por Sommerville (2011),

"metodologias ágeis são abordagens ao desenvolvimento de software baseadas no desenvolvimento incremental, onde os requisitos e as soluções evoluem por meio da colaboração entre equipes auto-organizadas e multifuncionais."

Dentre as inúmeras metodologias ágeis, pode ser citada a *Feature Driven Development* (FDD). A FDD se destaca por priorizar entregas dos requisitos funcionais mínimos e busca guiar o desenvolvimento por módulos (*features*) dentro do programa, garantindo entrega constante e um ciclo de feedback presente durante o decorrer do projeto (Sommerville, 2011). A seguir, serão detalhadas algumas tecnologias importantes para o desenvolvimento de software;

2.3.1 JAVASCRIPT

JavaScript é uma linguagem leve, interpretada e baseada em objetos com funções de primeira classe, mais conhecida como a linguagem de script para páginas Web, mas usada também em vários outros ambientes sem *browser*, tais como *node.js*, *Apache CouchDB* e *Adobe Acrobat*. O *JavaScript* é uma linguagem baseada em protótipos, multi-paradigma e dinâmica, suportando estilos de orientação a objetos, imperativos e declarativos (como por exemplo, a programação funcional) (MDN Web Docs, 2025).

O Javascript é, portanto, uma linguagem de uso bem amplo, porém, de principal aplicação a programação baseada em eventos. Na internet moderna, o *javascript* é comumente usado para o *back-end* de sites, redes e sistemas. Como a aplicação do presente trabalho possui como um dos interesses ser iterativa e de fácil uso, o Javascript foi escolhido por tornar relativamente fácil a manipulação de interfaces via mouse e teclado, além de ter o requisito de ser acessado por mais de um usuário ao mesmo tempo dentro de uma rede.

2.3.2 HTML e CSS

O HTML e o CSS são tecnologias que compõem o *front-end* de uma aplicação, ou seja, a visão que o usuário final tem do programa. Primeiramente, HTML não é uma linguagem de programação, pois se trata de uma linguagem de marcação, usada para estruturar, agrupar ou delimitar elementos dentro de uma página (MDN Web Docs, 2025).

O HTML é usado apenas para definir a ordem de exibição de alguns elementos. Ele é usado juntamente ao CSS dentro do *framework Bootstrap* para a elaboração da interface de usuário. O CSS define como os elementos do HTML serão expostos pelo motor browser, permitindo a exibição de características específicas como cores, posição ou decoração. No *front-end* moderno, o HTML sempre está atrelado a um CSS.

2.3.3 FRAMEWORK NodeJS

O Node.JS (Node) é um *framework* de desenvolvimento *Javascript* de alta escalabilidade e baixa complexidade. Possuindo milhares de pacotes para lidar com funções a nível de sistema operacional e redes computadores, é o segundo projeto mais visto no github (CANTELEON et. al, 2014). O Node é usado especialmente para lidar com múltiplos usuários, podendo também ser usado em servidores locais. Ele se mostra vantajoso para sistemas que precisam ser escalonados e que funcionam com recursos limitados, ambos os fatos estão presentes em softwares desenvolvidos em computadores locais e com o uso da metodologia FDD.

2.2.3.1 EXPRESS.JS

O Express.js (Express) é um framework construído a partir do Node que simplifica a forma de lidar com APIs e outras questões relacionadas a protocolos HTTP e HTTPS. Peters (2017) define o Express como:

"O Express oferece muita funcionalidade adicional em relação ao módulo HTTP que não precisa ser reescrita do zero para tarefas comuns no manuseio de solicitações, definição de rotas ou renderização de ativos estáticos.”.

Essa facilidade de lidar com HTTP foi o motivo de adotar o Express. Pelo desenvolvimento ter sido feito de maneira dinâmica e o ambiente industrial ser altamente mutável, foi aplicado o máximo de ferramentas possíveis que facilitassem mudanças no software.

2.2.3.2 LIB-PDF

O Lib-PDF é um pacote do Node que permite a criação e manipulação de *Portable Document Format* (PDF). Assim, este pode ser utilizado para gerar relatórios PDF ou texto para o histórico de equipamentos.

2.2.3.3 PATH.JS

O *Path* é um pacote do *Node* que facilita o acesso e manipulações a pastas. Permitindo, por exemplo, a generalização de um usuário dentro de uma rede, tornando público ou privado o acesso a determinadas informações.

2.2.3.4 CORS.JS

O CORS.JS é um pacote do *Node* para lidar com a *Cross Origin Resource Sharing* (CORS). Este pacote provê algumas funcionalidades para o *Express* para lidar com requisições que venham de redes diferentes. Este pacote é usado principalmente para tratar exceções inesperadas que ocorrem devido a possíveis violações de segurança ou rotas de dados.

2.2.3.5 XLSX.JS

Pacote do *Node* para lidar com *Excel*, mais especificamente arquivos cuja extensão terminam em “.xlsx”. Essa biblioteca facilita o tratamento das informações especialmente porque a maior parte dos sistemas informacionais modernos possuem algum componente que gera arquivos de planilha ou texto separado por vírgula.

2.2.3.6 FILE SAVE.JS

O *File Save* é um pacote do *Node* para facilitar a escrita/leitura em arquivos “.txt”. Ele pode ser usado juntamente ao *Lib-PDF* para gerar relatórios e junto ao *Path* para encaminhar o arquivo ao usuário final.

2.4 FRAMEWORK BOOTSTRAP

O *Bootstrap* é um *framework open-source* de desenvolvimento web voltado ao *front-end*. A principal vantagem do uso do *Bootstrap* para um projeto é a padronização do tamanho de contêineres, telas de resoluções diferentes e estilizações pré-definidas. Esse conjunto de vantagens justifica o uso de um framework especializado para criação de interfaces visualmente mais atraentes, especialmente para um BI ou um quadro sinóptico que enfatiza o estado de saúde de ativos de alto valor.

2.5 MICROSOFT FORMS

O *Microsoft Forms* é um criador de pesquisas online. Lançado pela *Microsoft* em junho de 2016, o *Microsoft Forms* permite que os seus usuários criem pesquisas e questionários com marcação automática ou manual. Estes dados são armazenados em nuvem e *Excel* e são um componente essencial do sistema deste trabalho, uma vez que a atualização diária é feita com o preenchimento de um Formulário diário.

A ferramenta apresenta várias metodologias de coleta de dados, dentre elas, a escala tipo *Likert* que exige resposta graduada para cada afirmação. Geralmente a resposta é apresentada em 5 graus, sendo um extremo o total desacordo, representado por 1, e o outro extremo o total acordo, representado por 5. Essa escala pode ser adequada para diferentes propósitos, uma vez que se trata apenas de medir o grau de intensidade de determinado fenômeno ou tarefa que está sendo investigada. (Anastasi, 1977).

2.6 POWER AUTOMATE

O *Microsoft Power Automate*, anteriormente conhecido como *Microsoft Flow* até novembro de 2019, é uma plataforma *Low Code* de *Software as a Service* (SaaS) da *Microsoft* para otimizar e automatizar fluxos de trabalho e processos de negócios. Ele se baseia em uma ação gatilho e ações sequenciais, gerando o fluxo de automação, onde ações gatilho são o início do fluxo, como o recebimento de *e-mail*, a resposta a um formulário ou o acesso a um site. Ações sequenciais é tudo aquilo que ocorre após a ação gatilho, como preencher uma planilha, enviar um *e-mail*, gerar um PDF, dentre outros.

O *Power Automate* funciona com os mesmos princípios de automação de processos robóticos (RPA). RPA são tecnologias de *software* que automatizam processos manuais e repetitivos. A atualização de uma planilha seguindo sempre as mesmas regras, como a de colocar determinado dado sempre em determinada coluna é um exemplo de onde se aplica o RPA. O *Power Automate* se diferencia do RPA por ser mais simples de usar e permitir, sem muitas burocracias, a integração com outros sistemas *Microsoft*, como o *Excel*, *Outlook* e *Microsoft Forms*, permitindo que pessoas fora da área também façam alterações nos fluxos de automação sem necessidade de conhecimento de RPA.

A tabela abaixo mostra o resumo da comparação feita entre as possíveis tecnologias que poderiam ter sido usadas no projeto, tendo como destaque no amarelo qual tecnologia foi escolhida, aliada do porquê.

O principal critério decisivo apresentado na Tabela 01 é o que permitiria mudanças rápidas no desenvolvimento do programa, fossem elas pequenas ou bruscas. Portanto, foi priorizado principalmente linguagens com um bom grau de liberdade e facilidade para mudanças, tanto em *backend* quanto *frontend* tendo a própria experiência do autor como um possível critério decisivo. Para as tecnologias auxiliares, o principal ponto foram tecnologias fáceis, que permitissem até mesmo a gestão fazer mudanças na maneira de coleta, ou acrescentar algo ao fluxo de automação do *power automate*.

Tabela 01: Escolha de tecnologias

FrontEnd	Bootstrap (Html + Css)	<ul style="list-style-type: none"> • Escrita Simples e mais intuitiva (HTML e Css Puro) • Containers e formas pré-prontas. • Telas de tamanho facilmente escalonáveis. • Não é necessário carregar vários arquivos para fazer o framework funcionar.
	<i>Tailwind (Html + Css)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Escrita muito complicada e visualmente feia (Html Inline), sendo difícil fazer mudanças constantes • Não há tantas formas pré-prontas. • Não é necessário carregar vários arquivos para fazer o framework funcionar.
	<i>React</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de usar, porém muito pesado para projetos mais simples. • Excesso de bibliotecas. • Autor não dominava react, curva de aprendizado maior
	<i>Angular</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Assim como o React: Fácil de usar, mas muito pesado para projetos simples. • Escrito com TypeScript, dificultando ajustes em tempo real • Excesso de bibliotecas.
BackEnd	Node.js (Express)	<ul style="list-style-type: none"> • Escrita Simples e mais intuitiva, javascript puro com bibliotecas prontas. • Leve e escalonável. • Integração fácil com sistemas que não usem SGBDs.
	<i>Node.js (NestJS)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Similar aos pontos do Node.Js, tendo como principal diferença que a linguagem é tipada, dificultando mudanças imediatas. Framework de fácil substituição.
	<i>Django</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Similar aos pontos do Node.Js, mas com limitações de conhecimento técnico e de flexibilidade para ajustes em tempo real - conforme demanda.
Tecnologias auxiliares	Power Automate	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma para automações simples. A principal função desta é acrescentar novas entradas a resposta do forms.
	Microsoft Forms	<ul style="list-style-type: none"> • Ferramenta para coleta de informações.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, serão apontados, inicialmente, os problemas nos antigos procedimentos de acompanhamento dos estados dos BUs. Em seguida, será mostrada uma visão geral do sistema desenvolvido.

3.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Na fábrica de calçados em questão, um dos procedimentos para o acompanhamento do estado dos BUs inclui o processo da “rota de inspeção”. O processo de rota de inspeção/averiguação deve ocorrer periodicamente segundo a programação do planejamento e controle da manutenção (PCM) para poder garantir a qualidade da manutenção preditiva (Teles, 2018). Este procedimento ocorre diariamente, via deslocamento da mão de obra técnica para averiguar o estado de saúde de um ativo naquele momento. Após isso, eram feitas anotações em um caderno, e estas eram encaminhadas a gestão da manutenção de utilidades que é responsável por tomar uma decisão sobre o que fazer em relação aos equipamentos.

Neste processo, existia a perda de informações e falhas na comunicação, já que, muitas vezes, o técnico não conseguia repassar a informação com precisão para a gestão ou ao setor de PCM, uma vez que o número de BUs em uma fábrica de calçados supera 50, sendo difícil recordar informações e anotar o estado de saúde de cada ativo, para cada planta industrial. Além disso, do ponto de vista da gerência, se tornava inviável a comunicação com a gestão de utilidades, uma vez que perguntar o quadro geral de saúde dos BUs implicaria em uma imensa perda de tempo e produtividade diária.

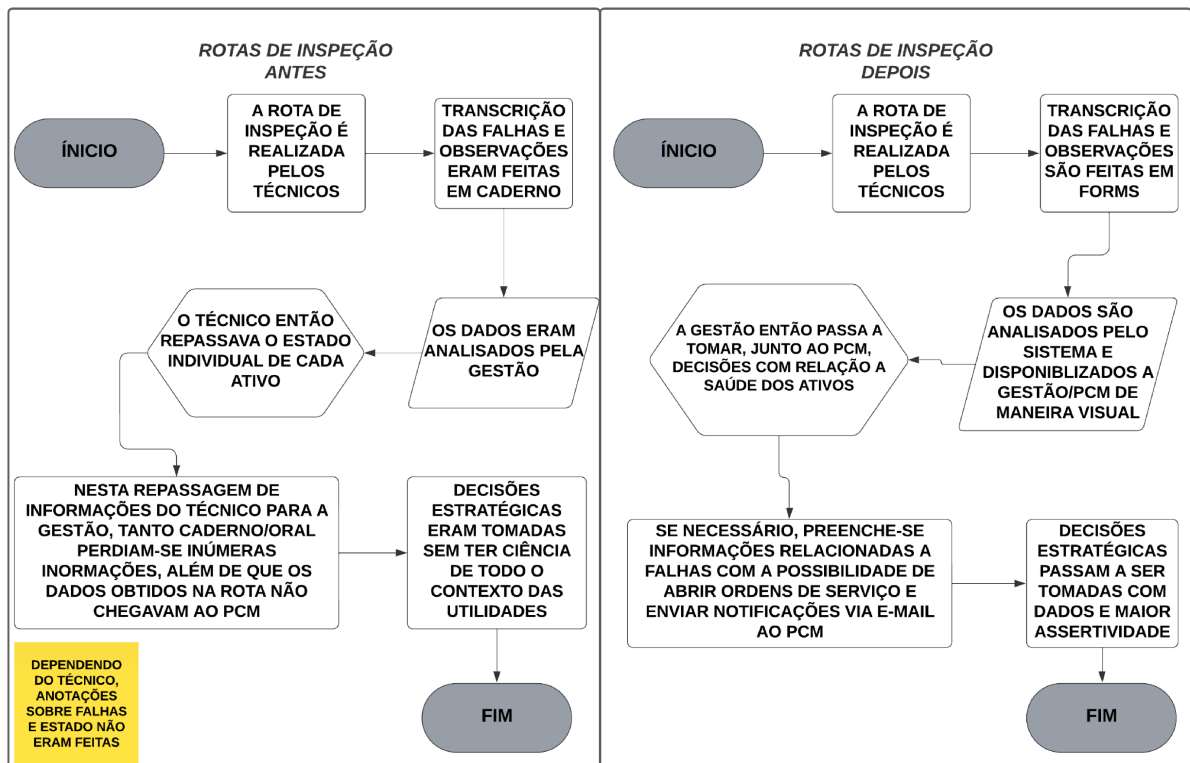
As rotas de inspeção são a metodologia adotada para a averiguação da saúde do equipamento e ação preditiva não planejada. Essas rotas são normalmente realizadas conforme o fluxograma operacional representado na figura 03.

Como visto nesta figura, iniciava-se o procedimento com a rota de inspeção pelos técnicos. A partir disso, era feita a transcrição dos problemas ou observações dos ativos de utilidades em um caderno. Feito as anotações, com o retorno do técnico à oficina de manutenção, a gestão o questionava sobre os principais ativos e depois analisava as anotações do registro de falhas.

Um dos principais problemas que eram enfrentados nestas rotas era a transcrição e a repassagem de informação. Devido ao uso de cadernos, diversos técnicos não descreviam toda a situação dos ativos dos blocos de utilidades, especialmente dos motores, pois estes são numerosos e a descrição detalhada e individual de cada ativo iria demandar tempo elevado.

Figura 03: Fluxograma de funcionamento das rotas de inspeção (preditivas)

João Gabriel Fernandes Gomes
Data: 03/01/2026



Fonte: autor

Ademais, a leitura dessas anotações, por parte da gestão, era dificultada ainda pela questão da caligrafia dos técnicos, além de que a indagação das falhas pelos líderes imediatos dos técnicos de manutenção preventiva acabava tornando o processo passível de falhas na interlocução do técnico/gestão. Visando solucionar isto, desenvolveu-se um quadro sinóptico que apresenta de maneira clara e visual o estado de cada ativo dentro de um bloco de utilidade.

Com o sistema novo, a rota de inspeção ainda é feita, contudo, ele visa solucionar os principais problemas tais como os ruídos de comunicação, atraso na passagem e o consumo de informações verídicas. Na seção seguinte, sua implementação detalhada será discutida.

3.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Segundo o quadro sinóptico proposto por Zioni et. al (2018), sintetiza a ferramenta como uma forma de visualizar o estado das áreas e obras do museu. Como a atualização do estado dos ativos e áreas do museu é feito de maneira manual, a ferramenta, tem naturalmente a tendência ao desuso. Sob esse viés, a ideia do quadro sinóptico das utilidades tem de norte,

assim como o esquema de Zioni et. al (2018), a visualização dos ativos de utilidades, acrescido de sua automação que foi idealizada por meio de *softwares*.

O quadro sinóptico trata-se então do projeto de um sistema supervisório, com ênfase na experiência do usuário. A comunicação visual clara e sucinta do estado de saúde geral de cada um dos blocos de utilidades da fábrica, com a opção de detalhamento para os equipamentos individuais e emissão de relatórios dos mesmos casa as ideias previamente discutidas de *Business Intelligence* com a visualização dos estados.

3.2.1 OBTENÇÃO DE DADOS

O projeto do supervisório sinóptico foi feito com o *framework Node.JS* para *back-end* e roteamento. Já para o *front-end*, foi utilizado o *framework Bootstrap*. A escolha dessas tecnologias foi feita pela necessidade da elaboração de interfaces amigáveis e responsivas, além da necessidade de adaptação do projeto e seus requisitos dentro das metodologias ágeis.

Resumidamente, o sistema possui funcionalidades para inserção e consumo de informações. A inserção de informações ocorre de duas formas. A primeira, como previamente mencionada, é o preenchimento diário do formulário pelo técnico de manutenção preventiva. Este preenchimento gera uma planilha que será consumida pelo programa e transformada em uma informação visual que dirá o status imediato do ativo. Este status pode ser definido como indisponível, falha, disponível ou em funcionamento e pode ser detalhado da seguinte maneira pelo técnico, tal qual mostra a Figura 04.

Figura 04: Formulário de rotas preventivas

Fábrica 01

Rota de inspeção - Fábrica 01

...

Seção 1

Saúde Geral dos Sistemas

1. Saúde do Ar Comprimido-baixa pressão *

	Indisponível	Disponível	Funcionamento	Falha
S1-Comp-001	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
S1-Comp-002	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
S1-Comp-003	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
S1-Comp-004	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Saúde do Gerador de Azoto *

	Indisponível	Disponível	Funcionamento	Falha
S1-Gern-001	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
S1-Gern-002	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: autor

A Figura 04 indica o comportamento geral da aquisição dos dados para todas as fábricas. Separa-se cada tipo de ativo compressores, geradores de azoto, secadores, etc em tópicos dentro do forms. Feito isso, o estado individual é indagado para cada ativo dentro daquele tipo. Os estados de saúde podem ser:

- Indisponível = o equipamento se encontra indisponível por algum motivo como, por exemplo, o equipamento pode já estar em manutenção, desligado ou em processo de troca de local. No sistema, isso estará indicado por uma sinalização amarela.

- Falha = O equipamento está apresentando alguma falha clara, impedindo seu funcionamento como, por exemplo, um motor travado, temperatura excessivamente quente nos sensores, falha no CLP. No sistema, isso é indicado com vermelho.

- Disponível = O equipamento se encontra disponível e executando sua função esperada. No sistema, isso estará indicado por uma sinalização verde. Contudo, ele não está necessariamente sendo usado por algum motivo, como por exemplo, o desligamento de ativos para reduzir custos de energia ou obras de reforma em determinados blocos de utilidades.

- Funcionamento = O equipamento se encontra disponível e executando sua função esperada. No sistema, isso estará indicado por uma sinalização verde, foi truncado o “em funcionamento” devido ao espaço do *Forms*.

Todas as vezes que o técnico preenche diariamente o formulário, é gerado, pelo próprio sistema do *Forms*, a coluna resposta que atua como uma coluna de auto incremento de chave primária. Indicada na Tabela 01 pelo nome ID , essa coluna resposta é renomeada de ID e é por meio dela que se detecta a passada de rota mais recente. O supervisor compara o valor do ID antigo com o novo a cada 30 minutos e, se o mais recente for maior, ele irá ler apenas a linha com o ID maior, garantindo que as informações serão as mais recentes.

Tabela 02: Instância de resposta para consumo do BI

Id	Saúde 7bar	Saúde Nitrogênio	Saúde Exaustão	Geração de ar-comprimido 7 bar (baixa pressão).S1-COMP-001	Geração de ar-comprimido 7 bar (baixa pressão).S1-COMP-002
47	Confiável	Confiável	Confiável	Falha	Falha
48	Confiável	Confiável	Confiável	Disponível	Disponível
48	Confiável	Confiável	Confiável	Disponível	Disponível
49	Confiável	Confiável	Confiável	Indisponiv.	Indisponiv
50	Confiável	Confiável	Confiável	Indisponiv.	Indisponiv
51	Confiável	Confiável	Confiável	Funcionan.	Disponível
52	Confiável	Confiável	Confiável	Indisponiv.	Disponível
53	Confiável	Confiável	Confiável	Disponível	Funcionan.
54	Confiável	Confiável	Confiável	Indisponiv.	Disponível
55	Confiável	Confiável	Confiável	Funcionan.	Disponível
56	Confiável	Confiável	Confiável	Indisponiv.	Disponível
57	Confiável	Confiável	Confiável	Indisponiv.	Disponível
58	Confiável	Confiável	Confiável	Indisponiv.	Disponível
59	Confiável	Confiável	Confiável	Indisponiv.	Disponível
60	Confiável	Confiável	Confiável	Indisponiv.	Disponível

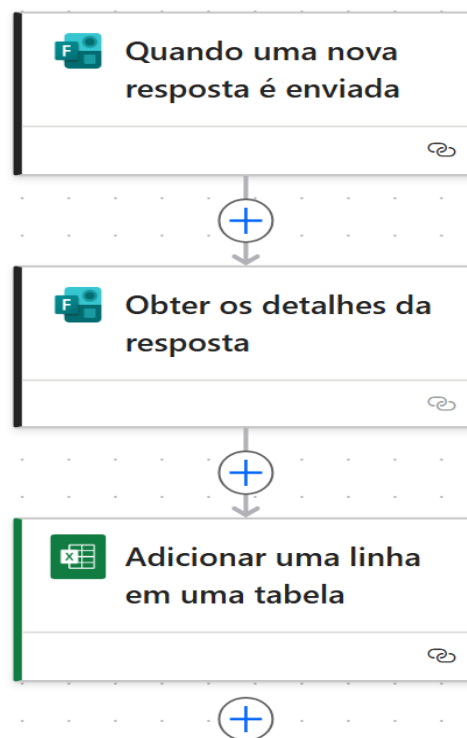
Fonte: autor

A Tabela 02 mostra uma instância qualquer de resposta para a planta industrial 01 dentro da fábrica. Dependendo da planta, diferentes equipamentos serão avaliados e registrados na planilha. Cada formulário possuirá a ele uma planilha atrelada que, por sua vez, será alimentada automaticamente com o uso do *Power Automate*. O truncamento do texto de Indisponível e Funcionamento é resultado do limite de caracteres do *Forms* em escalas *likert*, sendo isso feito automaticamente.

A coluna “Saúde Nitrogênio” e “Saúde Exaustão” são colunas que são ignoradas pelo sistema. São colunas preenchidas ao fim do formulário que levam em conta apenas a opinião do técnico a respeito da saúde geral dos ativos em questão da fábrica, como isto também era transcrito quando feito em caderno, foi levado ao *Forms*.

Após o preenchimento da planilha, é necessário que os dados novos sejam atualizados. Apesar da sincronização do *Forms* com a nuvem ser feita de maneira automática, normalmente, é necessário visitar o local da planilha de respostas do *Forms* para que haja atualização. Para não depender da visita humana a 8 *links* diferentes de resposta de *Forms* é usado uma plataforma de integração e automação da própria *Microsoft*, o *Power Automate*. Tendo seu uso empregado para automatizar esse pequeno fluxo.

Figura 05: Uso do Power Automate para alimentar a planilha de resposta



Fonte: autor

A Figura 05 mostra o fluxo *Low Code* que foi criado para a automação da tarefa de atualização da planilha de respostas. Sendo esse fluxo repetido uma vez, para cada uma das oito fábricas. Cada bloco de automação representa uma função:

- Quando uma nova resposta é enviada: Função gatilho do *Power Automate*. Neste caso, sempre que o técnico responde ao *Forms*, o fluxo de automação começa.

- Obter os detalhes da resposta: Função para garantir os detalhes da resposta do técnico, incluindo tempo de resposta do formulário.
- Adicionar uma linha em uma tabela: Quando o técnico preenche, sem esta função, a planilha só será atualizada ao visitar o endereço da nuvem cujo as respostas do formulário se localizam. Esta função garante a atualização automática e sempre em nova linha.

Essas 3 etapas atuam em conjunto para obtenção e direcionamento dos dados na nuvem. Após isso, o sistema se divide no consumo e processamento de dados, com ferramentas desenvolvidas em *Javascript*.

3.2.2 CONSUMO DE DADOS

O consumo de dados ocorre acessando o endereço de rede em que a planilha está na nuvem. Para tecnologias da Microsoft, planilhas dentro de uma rede empresarial são salvas em um *SharePoint* e suas URLs possuem uma *string query* específica atrelada a ele. É importante destacar que essa *query* é gerada aleatoriamente e é única para o documento.

Outra importante informação na URL de planilhas no *SharePoint* é o parâmetro pertencente a ela. Para o consumo das informações, o ideal é que se tenha o acesso local das informações, uma vez que isso adiciona confiabilidade a mais no sistema, já que os dados não ficariam necessariamente dependentes da nuvem.

A partir da Figura 06, pode-se perceber que, quando o parâmetro das URLs inclui: “download.aspx?” é possível lançar uma requisição GET via *Express*, para obter os dados e fazer o download da planilha sempre que necessário, sobrescrevendo sempre o arquivo antigo, já que a planilha mantém o histórico das passadas, uma vez que o fluxo de automação descrito na Figura 05 mostra a inserção de uma linha nova na planilha de respostas.

Figura 06: Parâmetro URL para consumo de planilha

```
var link = "https://company-my.sharepoint.com/personal/fernandes_gomes_company_com_br/_layouts/15/download.aspx?share=ERCGDW604NIGj6nFyQgAkjcBkAk
var link_2 = "https://company-my.sharepoint.com/personal/fernandes_gomes_company_com_br/_layouts/15/download.aspx?share=EYy1k2UYNZpDn115RNC_ZpUBR
var link_3 = "https://company-my.sharepoint.com/personal/fernandes_gomes_company_com_br/_layouts/15/download.aspx?share=Eb0q-TW3ZehKkeiwnYr4V2cBz
var link_4 = "https://company-my.sharepoint.com/personal/fernandes_gomes_company_com_br/_layouts/15/download.aspx?share=EU1R93s37S5Nk6I8q46aRpsB4
var link_5 = "https://company-my.sharepoint.com/personal/fernandes_gomes_company_com_br/_layouts/15/download.aspx?share=Ec5LDuezyG2Pi-Wx7kgmsLMBk
var link_6 = "https://company-my.sharepoint.com/personal/fernandes_gomes_company_com_br/_layouts/15/download.aspx?share=ETXNajcooNBCiT-AQIwisoBf
var link_7 = "https://company-my.sharepoint.com/personal/fernandes_gomes_company_com_br/_layouts/15/download.aspx?share=ET1XH54mCoFLhe_KNQNXwdYB4
var link_8 = "https://company-my.sharepoint.com/personal/fernandes_gomes_company_com_br/_layouts/15/download.aspx?share=ET1XH54mCoFLhe_KNQNXwd654
```

Fonte: autor

A Figura 06 mostra os links de download das planilhas passadas de rota dos blocos de utilidades. Esses *links*, ao serem inseridos em um motor de rede, retornam o download da planilha em *Excel*, no formato *.xlsx*. Portanto, basta lançar uma requisição via *Express* para tornar o acesso contínuo e local. Tal qual mostra a Figura 07.

A geração desses *links* é feita quando se exporta o arquivo da nuvem para o computador local. Portanto, desde que o documento possua acesso compartilhado à rede interna ou o compartilhamento público, o download e tratamento via código é possível.

Figura 07: Função de consumo de planilha online

```
function carregarPlanilhaOnline(callback) {
  request({ url: link, encoding: null }, function (err, resp, body) {
    if (err) {
      console.error("Erro ao baixar a planilha:", err);
      return;
    }

    try {
      // Ler a planilha a partir do conteúdo baixado
      var workbook = xlsx.read(body, { type: "buffer" });
      var sheetName = workbook.SheetNames[0];
      var worksheet = workbook.Sheets[sheetName];
      var data = xlsx.utils.sheet_to_json(worksheet, { header: 1 });

      // Processar a linha com o maior ID sem notificação
      const lightsData = processarLinhaMaxId(data);
      callback(lightsData);
      //console.log(ultimaData);
    } catch (error) {
      console.error("Erro ao processar a planilha_01:", error);
    }
  });
}
```

Fonte: autor

A Figura 07 também nos mostra a aplicação da biblioteca *xlsx*, fazendo com que os dados consumidos de uma planilha se tornem um objeto JSON e com isso, processados e interpretados pelas funções de *processarLinhaMaxID* que dirá a instância mais recente da passada de fábrica como indica a Figura 08.

O *request* é um método do *Express* para lidar com requisições HTTP, onde o link será um dos 8 links do formulário, sendo 1 para cada bloco de utilidades e cada formulário tem sua função específica para facilitar a legibilidade do código e/ou futuras manutenções. Outros

parâmetros como o *function* (*err*, *resp*, *body*) são construções padrões para *Web*, garantindo a execução da função e seu respectivo tratamento de erro.

Encoding é simplesmente a codificação do arquivo. Já que primeiro se lança uma requisição para fazer download da planilha e não o seu acesso direto. O *Encoding* é um parâmetro opcional, sendo que *null* garante que o formato do arquivo será binário, isto é, o arquivo virá tal qual será baixado, como se fosse diretamente uma cópia da planilha online.

Figura 08: Processamento de colunas da planilha

```
function processarLinhaMaxId(data) {
  const ids = data.map(row => row[0]); // Coluna de identificação (id)
  const maxId = Math.max(...ids.filter(ids => typeof ids === 'number')); // Encontrar o maior valor de ID
  const linha = data.find(row => row[0] === maxId); // Encontrar a linha correspondente
  const ultimaData = linha[1]; // A data está na segunda coluna

  // Mapeie as cores e suas posições
  const lightsData = linha.slice(11, 25).map((valor, index) => {
    return {
      cor: determinarCor(valor),
      posicao: index // Posição baseada na ordem dos equipamentos
    };
  }).filter(luz => luz.cor !== null);

  //console.log(lightsData);
  //console.log(maxId);
  //console.log("Lights");
  return lightsData;
}
```

Fonte: autor

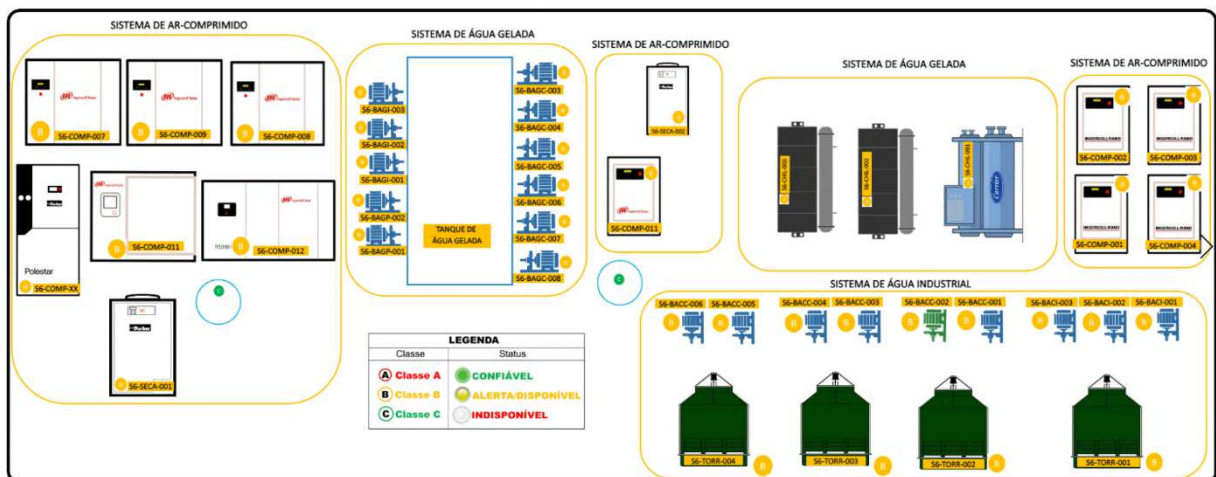
A Figura 08 mostra a função que encontra a passagem de rota mais recente. A função *slice* seleciona as colunas 11 a 25 do *Excel*, já que as colunas iniciais como: nome, e-mail, data de término, saúde geral dos equipamentos não são relevantes. Vale ressaltar que, como cada planilha tem um número diferente de colunas irrelevantes, o *slice* é sempre um número diferente. O processo de determinar as colunas válidas é feito para evitar que o sistema carregue várias informações que não vai usar, diminuindo a carga no servidor local.

DeterminarCor é a função que faz a tradução entre o estado do equipamento na planilha com a cor que será emitida na visão do quadro sinóptico. As demais funções que recebem os dados como parâmetro irão ser responsáveis por interpretar o estado dos equipamentos e fazer os determinados cálculos para exibir gráficos necessários e/ou relatórios utilizando o *Javascript* e *Bootstrap*.

3.2.3 INSERÇÃO DE DADOS

A inserção de dados ocorre de maneira intuitiva. Ao clicar em cima de cada equipamento, um pop-up modal do *Bootstrap* aparece na interface do usuário que permite a ele inserir a ordem de serviço, descrever o defeito ou observação daquele equipamento. Isso será salvo localmente no computador, ficando acessível ao usuário final pelos botões de geração de relatório. A inserção da informação pelo usuário faz com que automaticamente se colete a etiqueta do equipamento, planta fabril e sua capacidade operativa como a vazão de água, cavalos de potência ou vazão de ar comprimido.

Figura 09: Amostra de bloco de utilidades fabril



Fonte: autor

A Figura 09 mostra o desenho final do quadro sinóptico para um bloco de utilidades. Esse desenho foi feito para possuir características simples e editáveis até pela própria gestão, tanto que o *software* de desenho foi uma planilha de *Excel* sem fundo e compartilhada. Na figura 09 e em outras que serão posteriormente mostradas, alguns ativos não possuem identificação, isso não é um erro do programa e será discutido nos resultados.

Cada ativo representa uma área clicável, mapeado via o método `<map></map>` do HTML, que permite a passagem de coordenadas de determinada área de uma imagem, com o mapeamento feito. Como indicado na Figura 10, é possível tratar esse clique com *Javascript*, gerando eventos dinâmicos como o *pop-up* do modal.

Foi usado o método da Figura 10 para garantir uma experiência mais intuitiva ao usuário final e permitir a passagem de vários *Custom Data Attribute*, isto é, marcações de

texto personalizadas que guardam informações que serão posteriormente acessados via *Javascript*.

Figura 10: Mapeamento de coordenadas de imagem

```
<div id="navbar-container"></div>

<div class="image-container-fab06">
  
  <map name="image-map">
    <area target="_self" alt="S6-COMP-007" title="S6-COMP-007" href="#" coords="27,77,177,210" shape="rect"
      data-toggle="modal" data-target="#popupModal" data-name="S6-COMP-007" data-tag="Ingersoll EP 100 A/C"
      data-class="B">

    <area target="_self" alt="S6-COMP-009" title="S6-COMP-009" href="#" coords="185,80,334,215" shape="rect"
      data-toggle="modal" data-target="#popupModal" data-name="S6-COMP-009" data-tag="Ingersoll SSR-EP100"
      data-class="B">

    <area target="_self" alt="S6-COMP-008" title="S6-COMP-008" href="#" coords="347,80,494,217" shape="rect"
      data-toggle="modal" data-target="#popupModal" data-name="S6-COMP-008" data-tag="Ingersoll SSR-EP100"
      data-class="B">

    <area target="_self" alt="S6-COMP-XXX" title="S6-COMP-XXX" href="#" coords="13,239,112,451" shape="rect"
      data-toggle="modal" data-target="#popupModal" data-name="S6-COMP-XXX" data-tag="CAPTURAR" data-class="B">

    <area target="_self" alt="S6-COMP-011" title="S6-COMP-011" href="#" coords="935,227,1021,357" shape="rect"
      data-toggle="modal" data-target="#popupModal" data-name="S6-COMP-011(1)" data-tag="Ingersoll R75N-A"
      data-class="B">

    <area target="_self" alt="S6-COMP-012" title="S6-COMP-012" href="#" coords="306,270,513,394" shape="rect"
      data-toggle="modal" data-target="#popupModal" data-name="S6-COMP-012" data-tag="Ingersoll R75 N-A"
      data-class="B">
```

Fonte: autor

Os atributos personalizados, comum a todos os ativos são:

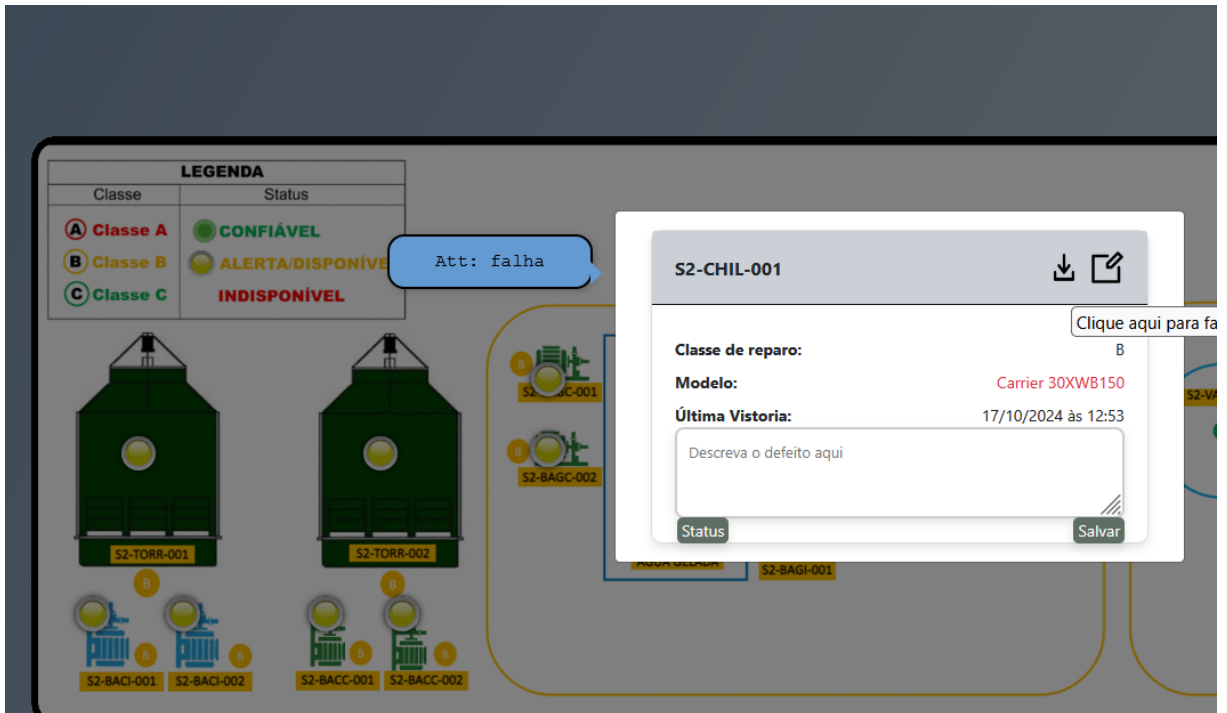
- *data-toggle*: Usado para exibir e fechar o *pop-up*;
- *data-target*: Demarca o equipamento dentro HTML para o *pop-up*;
- *data-name*: Nome do equipamento (equivalente ao nome físico etiquetado do equipamento).
- *data-tag*: Especificações técnicas simplificadas do equipamento, como tensão, cavalos de vapor, capacidade de armazenamento, dentre outros, acrescida de informação do fabricante.
- *data-class*: Classe do ativo (A, B ou C).

Feito o cadastro de um defeito e sua ordem de serviço a ele, o relatório pode ser posteriormente consultado, sendo sempre acessível individualmente pelo equipamento ou geral. Como indica a Figura 11.

O *pop-up* da Figura 11 mostra o ativo *chiller* do bloco de utilidade fabril. O modal *pop-up* aparece sempre que um equipamento qualquer é clicado, ou seja, não se limita apenas ao *chiller*. O ícone de *download* faz o download específico da ficha técnica resumida daquele

equipamento, como idade, modelo, capacidade de operação e ordens abertas a ele. Outros atributos são enfatizados no *pop-up* como a classe de reparo, última vistoria feita a ele e modelo.

Figura 11: Consulta do equipamento S2-CHIL-001



Fonte: autor

A caixa de texto mostrada na Figura 11 é o campo para inserir o presente defeito observado na vistoria do equipamento. Neste campo, é usado expressões regulares *regex* para detectar a inserção de uma ordem de serviço. Por exemplo, quando o usuário descreve um defeito qualquer como o “falha” , assim como o destacado no balão azul da Figura 10 e acresce os prefixos “702”, o servidor gera 6 números aleatórios e tentará abrir uma ordem corretiva que poderá vir a ser emergencial ou planejada, a ser definido pelo setor de PCM. Para confirmar a requisição e/ou registro de falha basta clicar em “salvar”. Por fim, o botão status simplesmente retorna: “Att:” acrescido da última falha registrada do equipamento no sistema do quadro sinótico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos por meio da visualização geral de todas as fábricas, além dos resultados de eficiência na abertura e registro de ordens, e os ganhos secundários. A seção 4.1 apresenta a visão geral de todas as fábricas e dados que dela podem ser obtidos. A seção 4.2 mostra resultados secundários do sistema. A seção 4.3 faz uma breve comparação entre a quantidade de abertura de ordens antes e depois da implementação do quadro sinóptico.

4.1 RESULTADOS PRINCIPAIS

No presente trabalho, o principal resultado obtido foi a tela de visualização geral. Uma vez que esta é vista sempre após o recebimento de *e-mail* do *Forms* avisando que a inspeção foi finalizada. Os equipamentos são contabilizados e distribuídos dentro das listas apropriadas em *javascript* para gerar o gráfico, sendo essa checagem pós rota de inspeção o principal resultado do projeto, não sendo mais necessário a consulta ao técnico ou análise de caderno de falhas.

Outras funcionalidades da tela principal incluem a passagem do mouse em cima do gráfico que amplia sua visão devidamente, gerando um balão com a porcentagem dos equipamentos indisponíveis, em funcionamento ou em alerta, além de um zoom no número contido nos gráficos pizzas. Na tela geral, o botão descritivo tem uma funcionalidade a mais, pois além de gerar o histórico do equipamento, é possível ver a porcentagem da saúde das fábricas.

É importante destacar que os desenhos e estilizações tiveram que ser aprovados diretamente por gestores e gerentes que sempre enfatizaram a simplicidade e interatividade.

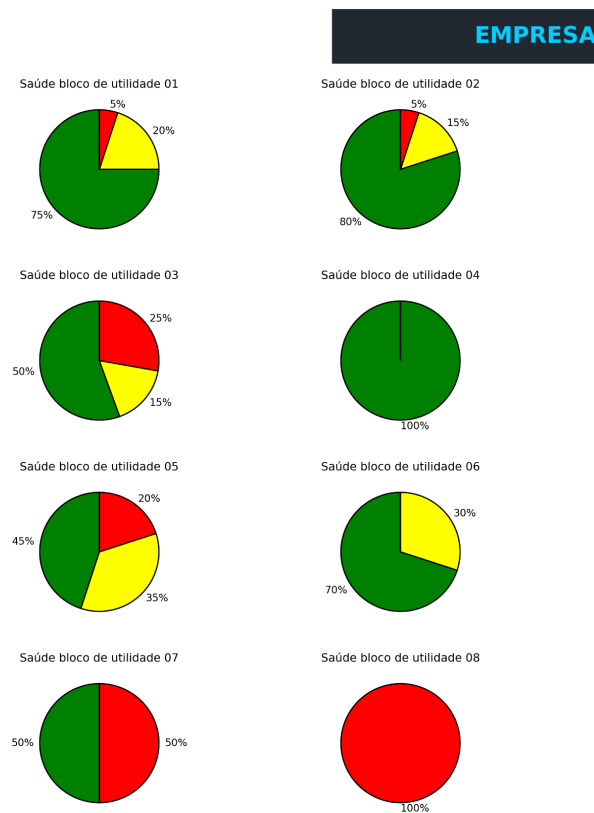
Figura 12: Homepage do quadro sinóptico



Fonte: Autor

A visão da Figura 12 foi gerada em um momento que o bloco de utilidades da fábrica 08 se encontrava sob reforma, sendo necessário retirar o *Forms* das rotas de inspeção. As áreas destacadas são clicáveis e levam diretamente a visão da utilidade associada àquela fábrica, dando a opção de clique do banner ou pela imagem. O servidor local atualiza sempre após a passada, garantindo que a visualização seja sempre a mais recente. Também é possível ver áreas de pequeno destaque nas fábricas, as quais apresentam a localidade geográfica do bloco de utilidades. Nota-se que a fábrica 03 possui duas dessas áreas. Isto se dá pela divisão de sua utilidade em duas, cada uma com sua visão específica. Contudo, seus dados são agrupados dentro apenas da utilidade fábrica 03, a pedido da gestão.

Figura 13: Descritiva detalhada por porcentagem



Dados atualizados em 03/09/2025

Fonte:autor

A Figura 13 é resultado do clique no botão de descritiva da Figura 12, que gera uma requisição para o sistema, o qual responde com a geração dos relatórios gráficos e descritivos das falhas cadastradas no sistema. Os arquivos são gerados com os nomes: descritiva_detalhada.jpeg e descritiva_detalhada.txt. Estes sempre são atualizado para a data e hora corrente que o usuário requisitou

É importante destacar que os valores no gráfico são arredondados para cima se estiverem entre 6 e 9 e para baixo se estiverem entre 1 e 4, sempre para um múltiplo de cinco. Isso é feito para simplificar a leitura do gráfico. A título de exemplo, foi decidido que valores como 63%, 11% e outros não múltiplos de 5 não fazem sentido para retratar a saúde geral de um BU, além de atrapalhar a visualização e interpretação dos gráficos ao fazer uma visualização rápida.

A partir da leitura dos relatórios detalhados a gestão da utilidades também estipulou como meta que o valor de equipamentos vermelhos, ou seja, indisponíveis não ultrapassem 10%, salvo exceções como reformas nos blocos de utilidades ou paradas programadas para manutenções corretivas planejadas, já que um valor vermelho, quando não justificado, implica que produtividade industrial está sendo perdida. Uma das exceções é a fábrica 05, que possui rotatividade programada nos ativos, já que a maior parte de seus ativos incluem bombas eletromecânicas que não precisam estar ligadas o dia inteiro e possuem substitutas no momento de seu desligamento.

Na Figura 13, observa-se que os valores da fábrica 07, 08 e 03 fogem da meta. Contudo, as fábrica 07 e 08 possuem justificativas adequadas, já que ambas se encontram sob reforma. Para a fábrica 07, ela encontra-se em suas etapas finais onde ocorre a religada gradativa dos ativos, e a fábrica 08 se encontra no início de uma reforma, tendo sua fonte de alimentação de dados o *Forms* de passada de fábrica inativo. Já para o bloco de utilidades 03, é possível observar que a meta de equipamentos operantes não é cumprida. Esse dado é enviado diretamente via *e-mail* aos gestores de utilidade para que eles fiquem cientes do que está acontecendo na fábrica e tomem as devidas providências, como a abertura de ordem corretiva imediata ou o repasse ao PCM para fazer a análise e planejamento da manutenção.

Figura 14: Geração de relatório detalhado

-----Fábrica 1-----	
Equipamento:	S1-COMP-004
Comentário:	Esponja acústica tá rasgada. Avisar o PCM pra compra novas.
Orden aberta?:	Não
Nº Os:	null
Últimas ordens cadastradas via quadro sinóptico:	704.302.702 704.304.901
Contagem de defeitos cadastrados via quadro sinóptico:	4
Último status:	Disponível (verde)
Capacidade operativa:	100 Hp
Modelo:	Ingersoll Rand
Idade:	7 Anos
Data de cadastro:	05/09/2024 às 12:14
-----Fábrica 2-----	
Equipamento:	S2-CHIL-001
Comentário:	Muito chiado
Orden aberta?:	Sim
Nº Os:	704.303.092
Últimas ordens cadastradas via quadro sinóptico:	null
Contagem de defeitos cadastrados via quadro sinóptico:	1
Último status:	Falha (amarelo)
Capacidade operativa:	100 CFM
Modelo:	Carrier 30xwb
Idade:	10 Anos
Data de cadastro:	02/01/2025 às 12:32

Fonte: autor

A Figura 14 apresenta a segunda principal consulta do sistema. O relatório detalhado é feito para consultar as informações julgadas como principais pela gestão de maneira detalhada. Para a Figura 14, foi feita uma alteração para exibir apenas esses dois defeitos, já que não seria possível visualizar vários de uma vez só em uma só imagem. Na geração deste relatório, visualiza-se todos os defeitos já cadastrados no quadro sinóptico para todas as fábricas. No momento de escrita do relatório, o total de ordens já ultrapassa 700 equipamentos

diferentes. A Tabela 02 mostra os parâmetros gerados pelo relatório, acrescidos da explicação de sua geração.

Tabela 03: Parâmetros detalhados do relatório descritivo

Equipamento:	Representa a etiqueta de identificação física do equipamento para a empresa
Comentário:	Comentário do defeito cadastrado pela gestão de utilidades no momento. Este campo é retornado na interface da Figura 11 ao clicar em <i>status</i>
Ordem aberta?:	Marca se uma ordem foi aberta, via quadro sinóptico, para aquele equipamento com sucesso
Nº Os:	Se ordem aberta? For “Sim”, retorna a ordem aberta
Últimas ordens cadastradas via quadro sinóptico:	Retorna cada ordem já aberta, com sucesso, via quadro sinóptico no formato: Ordem 1 Ordem 2 Ordem 3 Ordem n...
Contagem de defeitos cadastrados via quadro sinóptico:	Retorna quantos defeitos já foram cadastrados no quadro sinóptico. Esse parâmetro não necessariamente conta apenas ordens abertas, mas sim defeitos cadastrados.
Último status: Disponível	Marca o último status do equipamento além de dizer qual cor ela representa
Capacidade operativa:	Capacidade do operativa do equipamento (valor de fabricação) como CV, CFM, Litros, etc
Modelo:	Modelo e marca do equipamento acrescido de informação como número serial ou especificação (se houver)
Idade:	Idade do equipamento (desde da data de instalação)
Data de cadastro:	Data de cadastro do defeito atual

Fonte: autor

Estes parâmetros foram acordados como principais, até o presente momento, para as gestões e gerências. Como falado durante a Seção 3, a descrição dos equipamentos é feita dentro do próprio Javascript. Por se tratar de um projeto que necessitou de visitas *in loco* para averiguar os dados, foi preferível atualizar os dados manualmente do que se confiar em dados históricos da empresa.

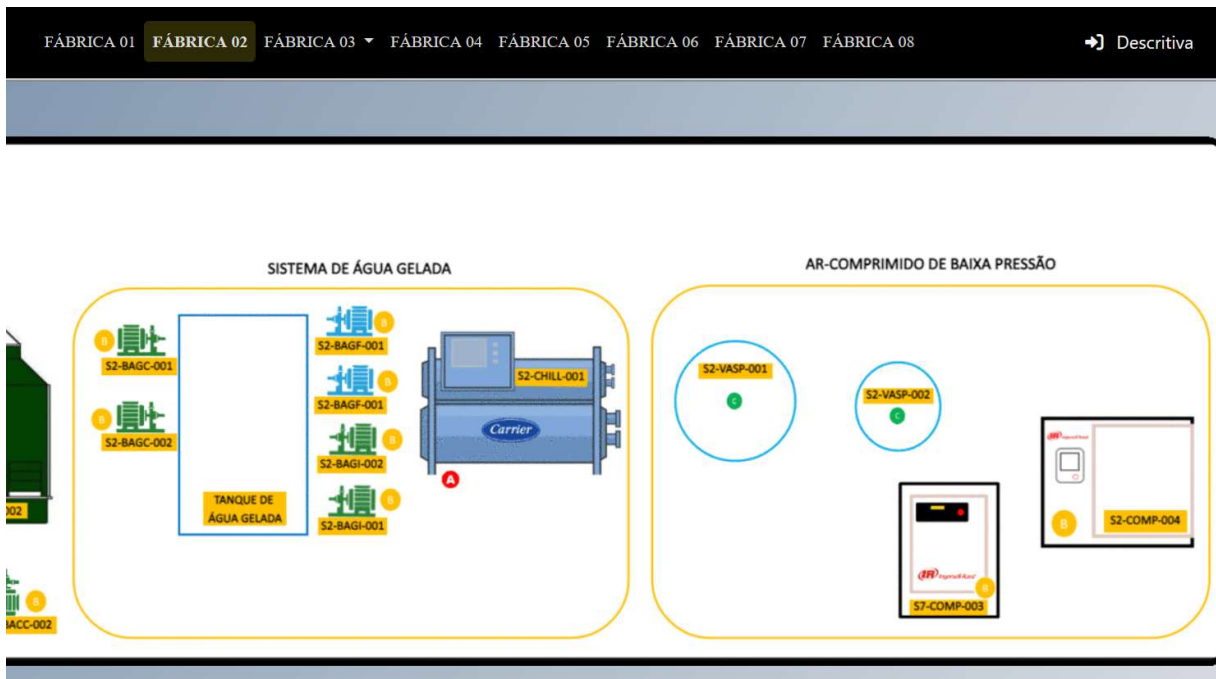
A única integração feita com o quadro e sistemas da empresa, foi a abertura dinâmica de ordem de serviço ao se digitar o número 700, uma vez que, ao salvar o defeito, seria feito

um chamado a API para a abertura de uma ordem, copiando os valores de comentário para descrição e de Equipamento para *tag*. Quando a requisição via API é protocolada, essas informações ficam registradas dentro do próprio sistema da empresa e não apenas no servidor local. As limitações de integração ocorrem principalmente devido ao projeto ser realizado dentro do escopo do setor de manutenção, sendo burocrática a comunicação com setores de tecnologia da informação e tecnologia da automação.

4.2 GANHOS SECUNDÁRIOS E NÃO PREVISTOS

Como mencionado na seção 1, existem ganhos secundários e não previstos, isto é, que não necessariamente impactam diretamente na gestão imediata de utilidades, mas beneficiam a empresa de algum modo. Um dos primeiros levantamentos feitos foi o de organização dos ativos. Um exemplo era o etiquetamento incorreto de diversos ativos. No bloco de utilidades 02, alguns ativos possuíam, no momento do levantamento *in loco* dos dados, equipamentos com identificação de outras fábricas, como por exemplo: S7-COMP-003, como indica a Figura 15.

Figura 15: Exemplo de tagueamento no momento do levantamento



Fonte: autor

Para a organização interna da empresa, equipamentos de manutenção, não se limitando apenas as utilidades, devem seguir a lógica de virem precedidas da letra S, acrescida do número associada ao seu local de instalação, seguido de um nome resumido de seu equipamento e 3 números que são escolhidos segundo a quantidade de máquinas daquele tipo. Ou seja, se existem 100 máquinas injetoras na fábrica 07, a próxima aquisição de injetoras na fábrica 07 seria a 101. A Figura 15 mostra três inadequações com esses padrões. Primeiro, um compressor de ar, na fábrica 02, não deveria conter a etiqueta S7-COMP-004, em segundo, o compressor S2-COMP-004 também não está adequado a visão de ter a numeração crescente, visto que se começa no número 004 ao invés do 001 e, apesar da imagem conter a etiqueta, os vasos de pressão, VASP, inicialmente, não continham etiquetamentos algo que também foi identificado via quadro sinóptico.

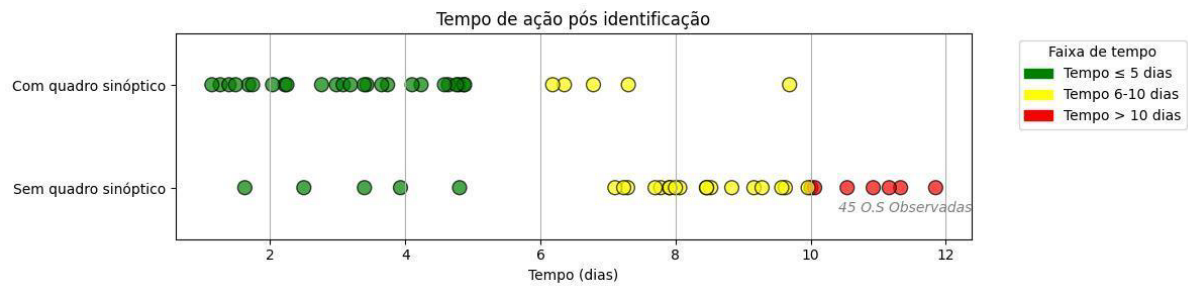
Inúmeras inconformidades foram notadas durante a elaboração do quadro sinóptico, o que motivou a mobilização dos setores de planejamento e utilidade para que se entrasse nos conformes da empresa. Feita essa reorganização dos ativos, as etiquetas corretas entraram em sistema e *in loco*. A movimentação no quesito de apresentação é de especial importância já que mesmo após alguns blocos de utilidades passarem por reformas, ainda havia inconformidade no etiquetamento.

4.3 GANHOS EM TERMOS DE MANUTENÇÃO

A implementação do quadro sinóptico, apesar de amplamente adotada, ainda é nova, portanto, não há dados suficientes para se fazer uma correlação direta para ganhos de manutenção como redução de custos e aumento da apropriação de mão de obra. Além disso, como nem toda ordem de manutenção para ativos de utilidade é aberta via quadro sinóptico, fica difícil fazer relações como essa. O ganho propriamente dito, no sentido de execução de ordem de manutenção, é a de redução no tempo de ação após a identificação da falha.

A figura 16 mostra o tempo de ação após identificação de falha. Isto é, quanto tempo, se tratando das utilidades, leva-se para tomar alguma ação corretiva ou planejar ações. O eixo y é o eixo de abertura de ordem serviço, servindo apenas de comparativo entre o antes e depois da implantação do quadro sinóptico, enquanto o eixo x representa a grandeza de dias entre a tomada de iniciativa.

Figura 16: Gráfico Tempo de ação após identificação de falha



Fonte: autor

Notou-se principalmente, dentro do espaço amostral de 45 amostras, que a implantação de uma ferramenta de gestão visual reduziu o tempo médio para a tomada de ação para até uma semana. Antes do quadro sinóptico, existe uma concentração nas ações após uma semana, salvo exceções onde a falta de planejamento ou ações corretivas emergenciais poderiam ocasionar parada no equipamento.

Conforme Teles (2018), o técnico de rota e preventiva tem como principal objetivo a detecção de falha em estágio inicial. Sendo a clareza na informação por ele transmitida de suma importância. Por isso, instrumentos de medição que evitem possíveis falhas técnicas e padronização na elaboração de relatórios de comunicação devem ser fornecidos em prol de se garantir um fluxo mais seguro de manutenção. Esses conceitos de padronização referem-se principalmente aos setores de gestão e PCM, destacando o quão importantes ferramentas que ajudam a padronizar processos realmente são.

5. CONCLUSÕES

A implementação do sistema supervisorio proposto para os blocos de utilidades de uma indústria de calçados demonstrou que soluções tecnológicas baseadas em linguagens modernas de programação e ferramentas de automação podem contribuir de forma significativa para a gestão da manutenção industrial. A partir da substituição de anotações manuais por um processo digital e visualmente intuitivo, foi possível reduzir falhas de comunicação, garantir maior confiabilidade nos dados e oferecer suporte direto às tomadas de decisão.

O projeto evidenciou que a utilização de metodologias ágeis, aliadas a frameworks como NodeJS e Bootstrap, possibilita o desenvolvimento de uma aplicação escalável, interativa e de fácil manutenção. Além disso, a integração com ferramentas já presentes no ecossistema corporativo, como Microsoft Forms e Power Automate, reduziu a barreira de entrada da solução, permitindo que técnicos e gestores pudessem utilizá-la sem necessidade de treinamento avançado.

Os resultados alcançados comprovam que o sistema contribuiu para a padronização de processos, facilitou a abertura e acompanhamento de ordens de serviço e promoveu ganhos de tempo significativos na rotina de inspeção e supervisão dos BUs. Também foram identificados ganhos secundários importantes, como a organização do etiquetamento de ativos, a melhoria da comunicação entre setores de produção, manutenção e PCM, reforçando o papel do sistema não apenas como ferramenta operacional, mas também como agente de transformação processual para a manutenção dentro da empresa. Estes ganhos foram especialmente relevantes para a diretoria empresarial que se atentou principalmente à estética e presentabilidade dos BUs para passadas de visitas externas, como discutido na seção 4.3.

Apesar das limitações relacionadas ao curto período de uso e à integração parcial com sistemas corporativos de maior porte, observa-se que a proposta possui potencial para ser expandida, tanto em termos de funcionalidades quanto de aplicação em outras áreas industriais. A consolidação de relatórios automatizados e visuais, alinhados à filosofia do Business Intelligence, mostra-se uma solução prática para aproximar o setor de manutenção da gestão estratégica da fábrica.

Portanto, conclui-se que o trabalho atingiu os objetivos propostos, validando a viabilidade técnica e operacional de um sistema supervisorio auxiliar desenvolvido sob medida para a indústria de calçados. A experiência adquirida indica que iniciativas semelhantes podem ser replicadas em outros setores, adaptando-se às necessidades específicas

de cada contexto fabril e contribuindo para um ambiente mais eficiente, padronizado e preparado para os desafios da Indústria 4.0.

Para trabalhos futuros, pode-se integrar o sistema inteiramente aos sistemas de informação já presentes na empresa propiciando melhor integração. Além disso, a revisão de diversos elementos visuais, como a de escrita de ordem de serviço, o uso de campos específicos, ou abas para determinadas atividades pode tornar a experiência do usuário ainda mais intuitiva. A aplicação de web scraping e RPA puro pode também ser visto como uma melhoria que pode substituir o *Power Automate*. Por fim, é interessante que se aplique ferramentas como Python, Matlab ou Power BI ou outras dentro do âmbito da análise de dados para fazer uma gestão e investigação mais a fundo dos ganhos monetários e de homem hora que soluções BI trazem à empresa.

6. REFERÊNCIAS

ANASTASI A. Testes psicológicos. São Paulo (SP): EPU/EDUSP; 1977.

BAI V, Ramani et al. Predictive Analysis for Industrial Maintenance Automation and Optimization using a Smart Sensor Network. 2016 International Conference on Next Generation Intelligent Systems (ICNGIS), Kottayam, Keral, India, p. 1-5, 13 jun. 2016.

CANTELEON, Mike et al. Node.js in Action. 1. ed. [S. l.]: Manning Publications, 3 dez 2014. 416 p. ISBN 978-1617290572.

D Saravanakumar, B Mohan, T Muthuramalingam, “A review on recent research trends in servo pneumatic positioning systems,” Precision Engineering, 49(1), 481-492, 2017

D., Saravanakumar; T., Muthuramalingam; B., Mohan. A review on recent research trends in servo pneumatic positioning systems. Precision Engineering, India, v. 1, p. 482-491, 20 jan. 2017.

DEMPSEY, J. ISO 55000. [s.l: s.n.].

SILVA FILHO, L.C. et al. (2021). *Gestão da manutenção na Indústria 4.0: um paralelo entre hoje e o futuro* — visão sobre transição tecnológica e práticas emergentes de gestão. Disponível em: <https://periodicos.unis.edu.br/mythos/article/view/518/387> acesso em: 19 de janeiro de 2026.

FUENTES, E. Metodologia para inovação da gestão da manutenção industrial. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia mecânica. Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

GAIKWAD, Ankur; MAGA, Daniel; SCHLÜTER, Stefan. Comparative Lifecycle Assessment of Methanol and Urea Produced from Steel Mill Gases. Chemie Ingenieur Technik, German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), ano 2022, p. 1-2, Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cite.202200040>. Acesso em 27 de janeiro de 2025.

HOLLANDER, Patrik et al. Energy efficiency in compressed air, ventilation, and lighting. In: HOLLANDER, Patrik. Introduction to Industrial Energy Efficiency: Energy Auditing,

KUMAR, U. Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review.

Journal of Quality in Maintenance Engineering, Bingley, v. 19, n. 3, p. 233-277, 2013.

Disponível em:

<<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=17094787&show=abstract>>. Acesso em: 18 jan. 2025.

LOUMBARD, Luiz Perez; ORTIZ, José; POUT, Christine. A review of buildings energy consumption information. Energy and Buildings, [S. l.], v. 40, n. 3, p. 394-398, 3 jul. 2008.

MDN WEB DOCS. CSS: Cascading Style Sheets. Disponível em:

<<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>>. Acesso em: 01 jun de 2025.

MDN WEB DOCS. CSS: HTML: Linguagem de Marcação de Hipertexto. Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTML>>. Acesso em: 01 jun de 2025.

MOUBRAY, J. Introdução à manutenção centrada na confiabilidade. São Paulo: Aladon, 1996.

PAULA, José Carlos; CORRÊA, Valesca Alves. Integração entre os sistemas desk manager® eBusiness intelligence na gestão da manutenção. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, p. 70615-70633, 22 set. 2020.

PETERS, Christian. Rich Internet Applications w/HTML and Javascript: Building Rich Internet Applications with Node.js and Express.js. Abt. Systemsoftware und verteilte Systeme, Oldenburg, p. 15-20, 6 fev. 2017.

RAINER, L. Kelly; CASEY, G. Cegielski. Introdução a Sistemas de Informação. São Paulo: LTC, 2015.

SAFT, Juliana Bechara; ZIONI, Eleonora; PEIXOTO, Elaine; OLIVEIRA, Haluane Santana de; DONAT, Carmen; SHASHIKI, Christiane; ONO, Rosaria; ORNSTEIN, Sheila Walbe. Quadros sinópticos e mapas de diagnósticos e de recomendações como subsídios para a gestão de edifícios complexos: O caso de um museu de grande porte na cidade de São Paulo. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 17., 2018. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 2318–2328. DOI: 10.46421/entac.v17i1.1626. Disponível em <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1626>. Acesso em: 27 jan. 2025.

SAMIE, N.N.. (2016). Practical Engineering Management of Offshore Oil and Gas Platforms. 574 p. ISBN: 978-0128093313

SAMIE, Naeim Nouri. Disciplines Involved in Offshore Platform Design: 2.8.6 Utility Flow Diagram. Practical Engineering Management of Offshore Oil and Gas Platforms. 1. ed. Golfo: Elsevier, 2016. cap. 2, p. 132-136. ISBN 978-0-12-809331-3.

SAVIC, Goran; LUIC, Ljerka. BUSINESS INTELLIGENCE IN MANAGING OF TECHNICAL-INFORMATION SYSTEM. International Conference on Industrial Logistics, Zakopane, Poland, v. 1, p. 231-232, 28 out. 2016.

SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de Software. 7. ed. [S. l.]: Pearson Education, 2011. 530 p. ISBN 978-85-7936-108-1.

SILVA, Maria Inês Tavares, Melhoria de processos e manutenção inteligente de ferramentas no âmbito do industria 4.0 . Porto, Portugal, 2016 (Dissertação de mestrado, Faculdade de engenharia ,Universidade do Porto).

SOUZA, P. EDMIR, C. Fundamentos de sistemas de informação. [S.l.: s.n.] p. 5, 2014

THOLLANDER, P. et. Al. Energy Management, and Policy Issues. [S. l.]: Elsevier, 2020. v. 1, cap. 9, p. 183-212. ISBN 978-0-12-817247-6.

WEI, Xiupeng; XU, Guanglin; KUSIAK, Andrew. Modeling and optimization of a chiller plant. Energy, Seamans Center, Iowa City, IA 52242, USA, p. 898-907, 27 jul. 2014.