



FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI ANCHIETA

PLATAFORMA COLABORATIVA PARA SISTEMAS DE MANUTENÇÃO

COLLABORATIVE PLATFORM FOR MAINTENANCE SYSTEMS

Diógenes Gomes Lima¹, i
Guilherme da Silva Daolio², ii
Gustavo Barbosa dos Santos³, iii

Data de submissão: (dia/mês/ano) Data de aprovação: (dia/mês/ano)

RESUMO

Com a consolidação da Indústria 4.0 e o crescimento exponencial das tecnologias aplicadas aos processos de produção, surge a necessidade de novas implementações e ferramentas que auxiliem as empresas na busca por melhores resultados. Diante desse cenário, o setor de manutenção se mostra importante nessa consolidação, onde as empresas que se mostrarem dispostas a investir na melhoria de seus processos de manutenção, estarão no caminho certo perante essa revolução tecnológica atual. O objetivo desse projeto, é apresentar uma proposta de desenvolvimento de uma plataforma automatizada, na qual será aplicada em sistemas de manutenção buscando a otimização dos processos e melhora dos indicadores. O projeto faz o uso de um controlador lógico programável (CLP), integrado a um software de supervisão e controle (SCADA), com o propósito de manipular um sistema de liberação de kits de manutenção através de uma plataforma física composta por conjuntos de motores, sensores e esteiras de transporte. A proposta apresentada traz uma abordagem diferenciada no âmbito da gestão da manutenção, aplicando uma solução prática que apresenta resultados positivos quanto a melhoria de processos de manutenção e otimização de atividades.

Palavras-chaves: Manutenção, Plataforma Colaborativa, Indústria 4.0, CLP.

¹ Graduando em Eletrônica Industrial na Faculdade SENAI de Tecnologia. E-mail: diogenesdg1@hotmail.com

² Graduando em Eletrônica Industrial na Faculdade SENAI de Tecnologia. E-mail: daolioguilherme@gmail.com

³ Graduando em Eletrônica Industrial na Faculdade SENAI de Tecnologia. E-mail: gustavo.tecnobre@gmail.com

ABSTRACT

With the consolidation of Industry 4.0 and the exponential growth of technologies applied to production processes, there is a need for new implementations and tools that help companies in the search for better results. Given this scenario, the maintenance sector is important in this consolidation, where companies that are willing to invest in improving their maintenance processes will be on the right path in the face of this current technological revolution. The objective of this project is to present a proposal for the development of an automated platform in which it will be applied in maintenance systems seeking to optimize processes and improve indicators. The project makes use of a programmable logic controller (PLC) integrated to a supervision and control software (SCADA) with the purpose of manipulating a maintenance kit release system carried out through a physical platform composed of sets of motors, sensors and conveyor belts. The proposal presented brings a differentiated approach in the scope of maintenance management, applying a practical solution in which it presents positive results regarding the improvement of maintenance processes and optimization of activities.

Keywords: Maintenance, Collaborative Platform, Industry 4.0, PLC.

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da Indústria 4.0, surge a necessidade de se ter um ambiente industrial cada vez mais conectado e desenvolvido, com diversos processos conversando entre si buscando aumentar a produtividade e a otimização.

Partindo dessa realidade, com um aumento considerável no volume de produção das empresas, com processos altamente sofisticados e com cada vez mais equipamentos digitalmente interligados, surge a necessidade de uma equipe de manutenção preparada para acompanhar essa evolução.

A manutenção e confiabilidade dos sistemas são fatores determinantes que afetam a capacidade das empresas de entregarem produtos e serviços de qualidade aos seus clientes (DE SOUZA, 2012). Nesse cenário, uma equipe de manutenção com um alto aproveitamento do tempo e dos recursos é essencial para garantir uma produção contínua com um padrão elevado.

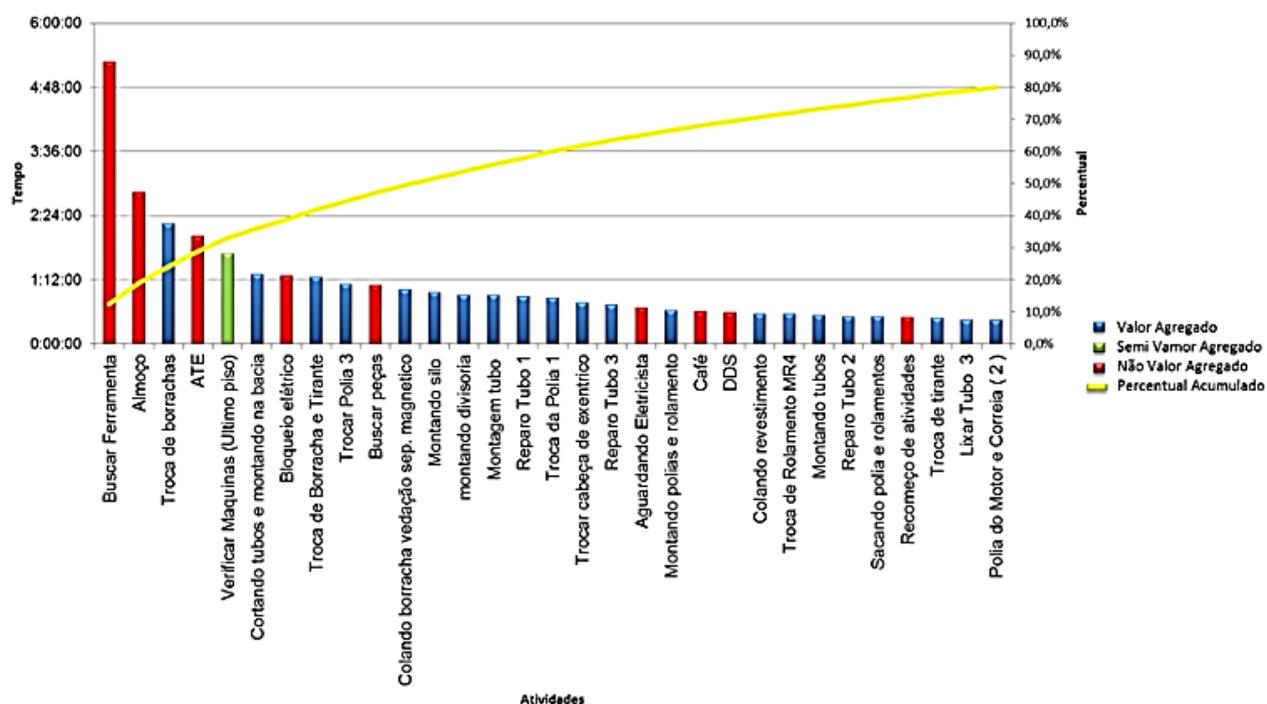
1.1 Problema de pesquisa

Segundo (PORTO, 2019), o processo de manutenção nas empresas pode ser classificado em atividades de valor agregado, semiagregado e não agregado, onde o processo de valor agregado é toda atividade que pode ser convertida em um resultado lucrativo para a empresa, semiagregado é qualquer tipo de atividade que pode ter seu tempo otimizado a partir do investimento em máquinas ou ferramentas que auxiliem o processo, sendo as atividades de valor não agregado aquelas em que o cliente final considera onerosa ou seja, não lucrativa.

Observa-se na Figura 1 o diagrama que apresenta um sistema de manutenção aplicado em uma indústria especializada em materiais cerâmicos, onde as atividades de busca de ferramentas, almoço, autorização de trabalhos especiais (ATE), bloqueio elétrico e buscar peças foram as que mais consumiram tempo dos operadores de manutenção e as que mais

influenciam nos resultados dos indicadores de manutenção, sendo esta categorizada por (GOMES; BRITO; MELO, 2014, p. 4) como atividade não agregada.

Figura 1 – Diagrama de Pareto de sistema de manutenção.



Fonte: (GOMES; BRITO; MELO, 2014, p. 4)

Na Figura 1 é apresentado um gráfico que analisa e classifica as principais atividades que afetam o aproveitamento do tempo durante a realização de manutenções preventivas.

Para essa análise foi utilizado um diagrama de Pareto, a utilização dessa ferramenta permite indicar quais os parâmetros e interações têm influências significativas sobre cada variável (BARBOSA, 2009).

Pode-se observar que durante o período em que a manutenção preventiva foi realizada, existem diversas atividades consideradas como de valor não agregado no qual consomem uma parcela considerável do tempo de trabalho da equipe.

Segundo (GOMES; BRITO; MELO, 2014, p. 4) a maximização da produtividade das atividades de manutenção preventiva é proveniente da eliminação das atividades com classificação de valor não agregado, diante disso, o presente trabalho tem o objetivo de atingir melhores índices de desempenho nas atividades de manutenção, por meio da diminuição do impacto dessas tarefas de valor não agregado.

Acredita-se que a aplicação dos métodos abordados nesse projeto impacta positivamente nos indicadores de manutenção, melhorando a cadeia de produção e o desempenho da empresa como um todo, permitindo a entrega de produtos com maior qualidade em um tempo menor.

1.2 Objetivo

Desenvolver um sistema baseado em uma plataforma automatizada por meio de um controlador lógico programável que será instalada em um processo de manutenção industrial.

1.3 Justificativa

Este projeto é direcionado ao aumento da produtividade e otimização do tempo de ação do time de manutenção, o aumento dessa produtividade está relacionado a diminuição das tarefas de valor não agregado, que tem seu impacto alavancado por conta de atividades simples do dia a dia, como por exemplo, o ato de buscar uma ferramenta específica para atender um chamado de manutenção.

Tendo em vista a grande quantidade de trabalhos publicados no qual tratam a melhora de eficiência das equipes de manutenção por meio da abordagem de ferramentas teóricas como feito no trabalho de (GOMES; BRITO; MELO, 2014), o presente trabalho apresenta uma abordagem prática voltado ao tema eficiência da manutenção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Em um cenário industrial cada vez mais competitivo, onde a busca por inovação e a complexidade dos processos são temas altamente debatidos, um novo modelo de revolução industrial está sendo cada vez mais difundido, e devido ao aumento da integração de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) em processos industriais, esse novo cenário está ficando conhecida como Indústria 4.0 (M. HERMANN, T. PENTEK AND B. OTTO, 2016).

Entretanto, a adequação de uma empresa para as normas da Indústria 4.0 se deve a superação de uma série de desafios, entre eles podemos citar: alto investimento e mudanças no sistema de gestão, segurança e proteção de dados, padronizações e problemas legais (EUROPEAN PARLIMENT, 2016).

Com o crescimento da indústria nasce a necessidade do aprimoramento de diversos setores da empresa, entre eles o setor de manutenção se tornou um processo de suma importância quando se trata de redução dos custos, oferta de serviços e ganhos de produtividade (VIEIRA, 2022). Sendo o aumento da disponibilidade dos ativos uma forma de fomentar a competitividade do mercado, sendo vista como uma ferramenta essencial para aumentar seu lucro (VICENTINI, 2021).

A sobrevivência das empresas vem da sua capacidade de inovar e efetuar melhorias contínuas, isso acarreta uma busca incessante de novas ferramentas de gerenciamento a fim de aumentar sua competitividade no mercado (KARDEC, 2004). A manutenção vista como uma estratégia das empresas traz um forte impacto no capital dos resultados das organizações, segundo (OTANI, 2008) adotar um sistema de manutenção preditiva e preventiva traz uma gestão mais eficaz das máquinas, equipamentos do setor produtivo e instalações gerais.

Em grandes corporações há um fator limitante que pode ser minimizado pela automatização e gestão da manutenção, (VIANA, 2002) descreve esse fator como *Backlog* e isto diz respeito a relação entre a demanda de serviços e a capacidade de atendê-los, a partir disso o maior ponto a ser levado em consideração é a perda de hora-homem, e isso se dá devido ao fato de que nenhum profissional consegue extrair 100% de aproveitamento do tempo de trabalho (VIANA, 2002), estima-se essa perda em 20%.

Tanto quanto uma boa gestão de manutenção, a empresa precisa garantir qualidade em seu sistema de estoque. Segundo (BRANDALISE, 2017) o estoque é qualquer quantidade de materiais físicos armazenados de forma improdutiva por algum período de tempo. A falta de materiais no estoque pode ser prejudicial para o cumprimento dos serviços e o atendimento dos clientes, entretanto, um superdimensionamento de estoque traz problemas de fluxo de caixa, espaço e perdas por obsolescência (FAVARETTO, 2012).

Os sistemas de estoque são mantidos pois não existe uma sincronia perfeita entre a oferta e a demanda nas empresas (BRANDALISE, 2017), isso pode ser uma estratégia intencional do sistema de negócios da empresa dependendo do seu segmento de mercado. Nesse conceito, uma gestão eficaz do sistema de estoque deve trazer o balanço entre um sistema que trabalhe com o estoque operando no seu nível mínimo para aumentar a eficiência da operação e a disponibilidade de produtos acabados para o cliente final.

A eficiência de tal operação deve-se a uma série de fatores além da gestão de estoque, dentre eles podemos citar a adequação de sistemas, ferramentas e o layout de cada local em que é realizada a atividade na linha de produção, isso impacta diretamente na eficiência da produção como um todo (GENNARO, 2019). Com isso, pensando no leiaute mais adequado as empresas puderam remanejar o rendimento de suas operações juntamente de seus colaboradores, alcançando assim a otimização do processo (RAHMAN, 2014).

Pensando nessa otimização, a automação pode ser aplicada de forma integral nos processos de produção. Segundo (CAMARGO, 2014) a automação tem diversas metas como o aumento da eficiência, reduzir a dependência de intervenção humana no sistema e melhorar as condições de um determinado processo. O sistema de manutenção é um dos setores em que a inserção de um sistema automatizado se faz necessário, pois esse é responsável pelos ativos da empresa e possui importância capital nos resultados (ARAUJO, 2019).

O tema automação em sistemas de manutenção tem sido altamente difundido, autores como (RONCOLI, Antonio Marcos; REGATTIERI, Carlos Roberto, 2018) defendem que a automação dos processos produtivos e também do setor de manutenção, são estratégias imprescindíveis na busca da excelência produtiva. Os autores (OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira, 2008) também defendem que a aplicação de um sistema de manutenção eficiente está alinhada com os objetivos das empresas de buscar uma maior eficiência em seus processos.

Nesse quesito, a pesquisa traz um estudo da aplicação de uma plataforma automatizada voltada para o setor de manutenção e como esse tipo de tecnologia pode ser amplamente difundido no setor responsável por gerir os principais ativos do processo produtivo.

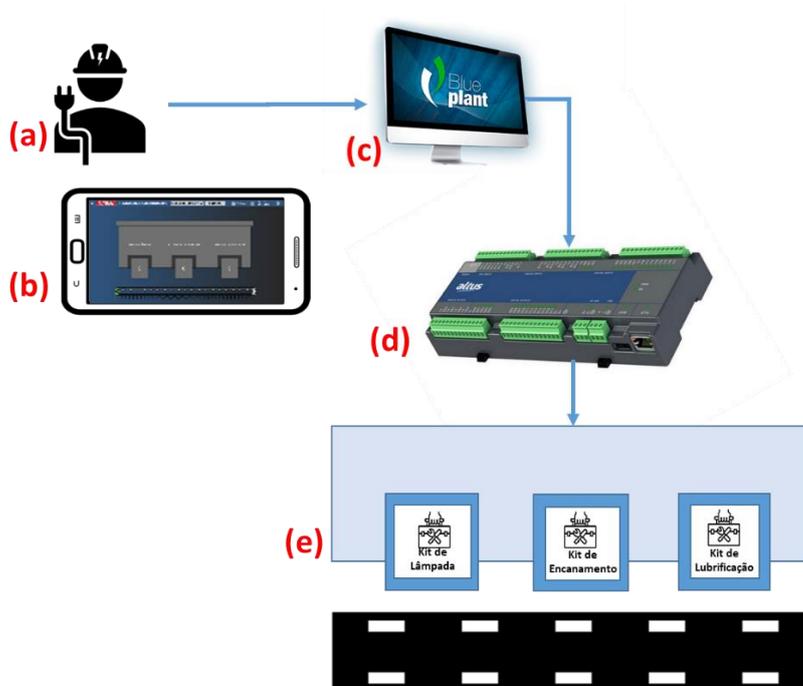
3 METODOLOGIA

A plataforma colaborativa é composta por um CLP integrado a um sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) o qual é responsável pela representação digitalizada do processo, com a troca de dados entre os dispositivos através do protocolo de comunicação industrial Modbus TCP. Foi feito um protótipo a fim de simular o funcionamento final de uma plataforma colaborativa integrada a um sistema de manutenção automatizado. Esta aplicação possibilitou a análise do quanto a introdução de uma plataforma colaborativa pode impactar de maneira positiva nas questões de otimização de processos e também na redução no tempo das atividades de valor não-agregado.

3.1 FLUXO DE FUNCIONAMENTO DA PLATAFORMA

O funcionamento da plataforma colaborativa é apresentado conforme a Figura 2. E seus componentes são descritos a seguir.

Figura 2 – Diagrama de funcionamento



Fonte: Próprio autor

O ciclo de trabalho se inicia com o gestor de manutenção (a) realizando a escolha de um serviço de manutenção, será possível fazer a escolha através de um *smartphone*, *tablet* ou a partir de um computador local (b), esse dispositivo móvel estará espelhando por meio de um navegador *WEB* a aplicação de um sistema supervisor (c) no qual será responsável pelo envio do comando ao controlador (d) que interpretará a ordem e por meio das leituras dos estados das entradas irá acionar as saídas responsáveis por disponibilizar os suprimentos necessários para execução da ordem por meio de uma plataforma (e).

O sistema físico é composto de uma maquete desenvolvida em MDF, que contempla um sistema de 3 canaletas, onde na sua extremidade está acoplada uma porta fixada ao eixo de um motor de corrente contínua. Essas canaletas são responsáveis pelo armazenamento e liberação dos kits de serviço, sendo esses kits utilizados, por exemplo, para troca de lâmpada, lubrificação de mecanismos móveis e encanamentos, onde cada tipo de kit é armazenado em sua devida canaleta.

A abertura da porta acoplada a canaleta utilizada para a liberação dos kits é realizada através do acionamento de um motor fixado no eixo da porta da canaleta. Esse motor trabalha de forma bidirecional, sentido horário e anti-horário, a fim de controlar a abertura e fechamento da porta. O controle do sentido de giro do motor é realizado através do uso de um driver ponte H, composto pelo chip L298N.

O curso de abertura e fechamento das portas é limitado pelo uso de sensores de fim de curso do tipo rolete, estes por sua vez enviam a informação do seu estado para o CLP, caso o sensor acuse a posição da porta aberta ou fechada o CLP envia o comando de parada para o motor do mecanismo de acionamento da porta.

Logo após o gestor de manutenção dar entrada na ordem de serviço de manutenção escolhendo por meio do sistema de supervisão os kits disponíveis, o CLP envia o comando de abertura da porta para que os kits selecionados sejam transportados por meio da esteira de transporte e assim conduzido até o operador responsável pela realização do serviço.

Por meio da esteira, o kit será transportado até o momento em que for detectado por um sensor capacitivo, nesse momento a esteira interrompe seu movimento para que o operador de manutenção retire o kit para realização do serviço.

3.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

A automação da plataforma foi realizada através de um controlador lógico programável modelo Nexto Xpress 315 mais conhecido como XP315 da marca ALTUS, a escolha desse modelo para realizar o controle da plataforma se deu por conta do seu *software* de programação gratuito que segue padrões industriais e devido a possibilidade de integração com outros dispositivos através de protocolos de comunicação abertos, dentre as características técnicas desse controlador podemos citar como as principais a sua alta densidade de pontos de *Input/Output* (IO):

- Entradas digitais: 16
- Saídas digitais: 16
- Entradas Analógicas (Tensão/Corrente): 5
- Entradas RTD (PT100 ou PT1000): 2

Por meio desses IOs foi possível integrar todos os elementos físicos de controle com o CLP como é demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Relação de IOs do CLP.

Relação de Entradas e Saídas			
Entradas		Saídas	
Periférico	Endereço no CLP	Periférico	Endereço no CLP
Porta da canaleta de lâmpadas aberta	I00	Motor da troca de lâmpada gira horário	Q00
Porta da canaleta de lâmpadas fechada	I01	Motor da troca de lâmpada gira anti-horário	Q01
Porta da canaleta de encanamento aberta	I02	Motor da troca de encanamento gira horário	Q02
Porta da canaleta de encanamento fechada	I03	Motor da troca de encanamento gira anti-horário	Q03
Porta da canaleta de lubrificação aberta	I04	Motor da troca de lubrificação gira horário	Q04
Porta da canaleta de lubrificação fechada	I05	Motor da troca de lubrificação gira anti-horário	Q05
Sensor fim de curso da esteira	I10	Habilita giro da esteira	Q10
		Controle da velocidade da esteira	Q14

Fonte: Próprio autor.

Utilizando o *software* MasterTool IEC XE, que é o *software* responsável por programar os CLPs da ALTUS na linha Nexto e Nexto Xpress, o algoritmo de controle foi desenvolvido

utilizando a linguagem LADDER, a linguagem de programação de CLP's mais utilizada no mundo.

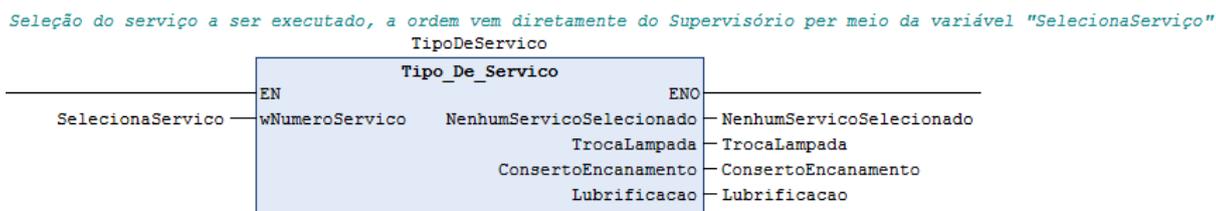
No programa foi desenvolvido uma função do tipo *Function Block* intitulada "Tipo_De_Servico" como demonstrado na Figura 3 esse *Function Block* é destinado para a escolha dos serviços por meio do sistema de supervisão, acessando as telas do supervisor o gestor de manutenção consegue selecionar o kit de serviço a ser disponibilizado para o funcionário por meio da variável "SelecionaServico", esta é uma variável do tipo WORD de 16 bits, ou seja, seu valor pode variar entre 0 e 65535.

O valor dessa variável é modificado através do supervisor, onde cada valor representa um kit a ser disponibilizado pela plataforma além do valor padrão que representa um estado de inatividade da plataforma, esses valores são:

0. Nenhum serviço selecionado
1. Kit de troca de lâmpada
2. Kit para conserto de encanamento
3. Kits para lubrificação

Internamente o bloco realiza uma lógica para verificação do valor dessa variável, e de acordo com o seu valor, sinaliza através das variáveis de saída do tipo booleanas, qual kit deve ser disponibilizado pela plataforma.

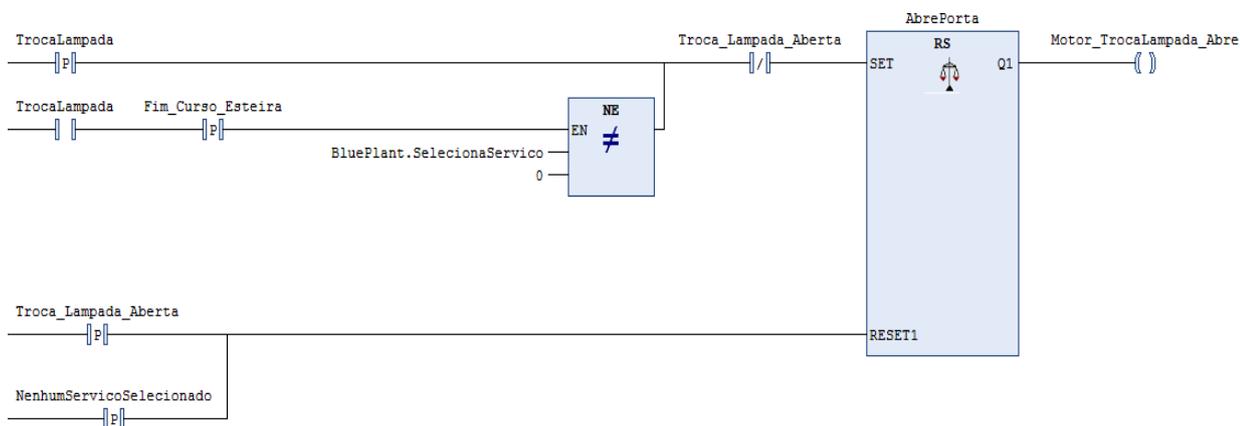
Figura 3 – *Function Block* para seleção dos kits de manutenção.



Fonte: Próprio autor.

As variáveis de saída desse *Function Block* são todas do tipo booleana, com seu valor podendo variar entre verdadeiro ou falso dependendo do kit a ser disponibilizado, como podemos ver através da Figura 4 cada variável é responsável por habilitar o funcionamento da sua respectiva sub-rotina no CLP onde essa sub-rotina está configurada para acionar as saídas conectadas aos motores das canaletas.

Figura 4 – Acionamento do motor da canaleta de kits de lâmpada.

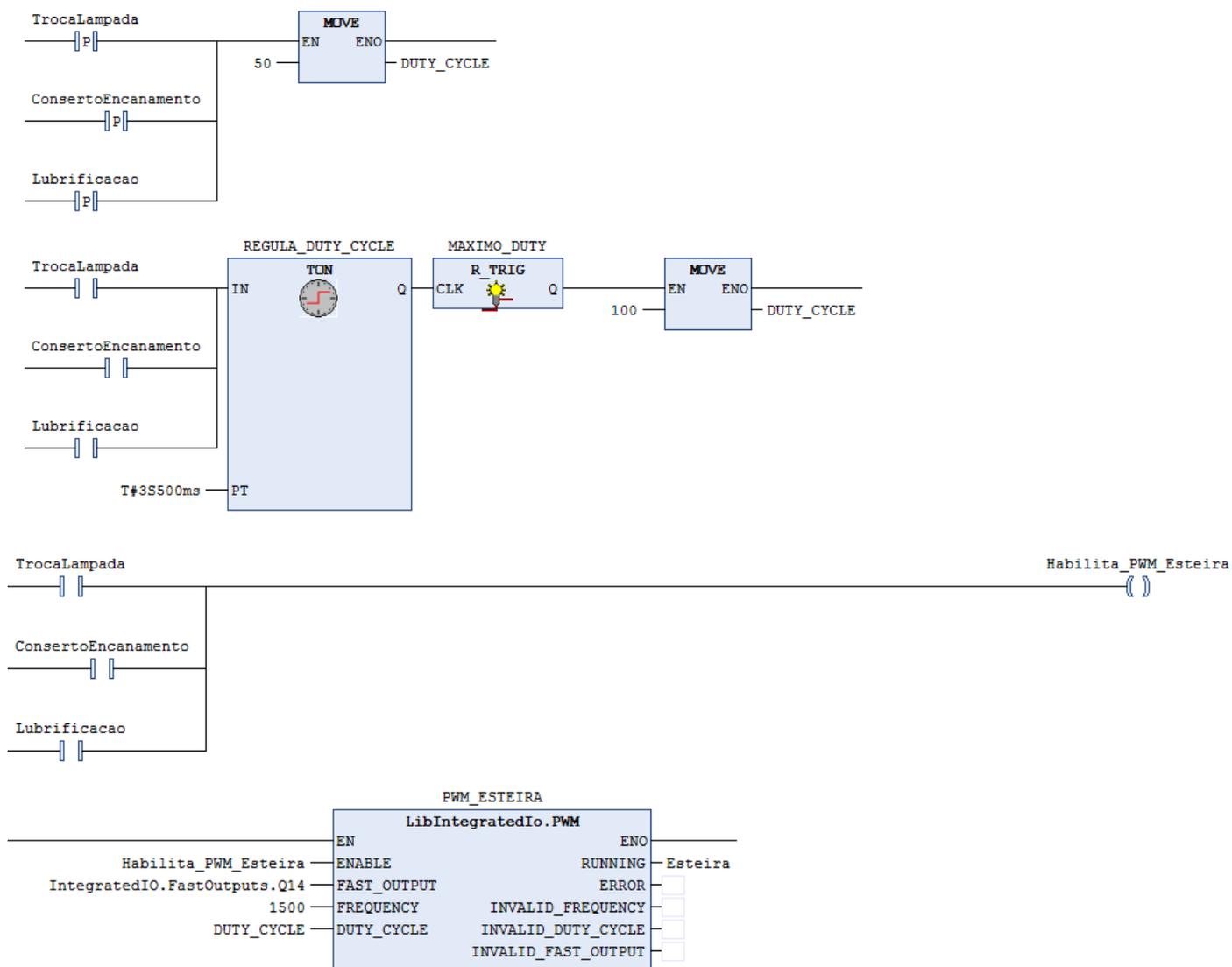


Fonte: Próprio autor.

É possível observar na Figura 5 que ao selecionar um serviço, o acionamento dos motores que habilitam a abertura das portas da canaleta ocorre em paralelo ao controle da velocidade da esteira de transporte por meio da tecnologia PWM (*Pulse Width Modulation*). Por meio dessa tecnologia em conjunto ao driver ponte H é possível regular a velocidade da esteira através do controle do ciclo de trabalho (*duty cycle*).

O principal propósito da utilização desse recurso é respeitar o tempo de acomodação do kit, para isso ao iniciar o movimento da esteira sua velocidade será de 50% do valor máximo até que o kit entre em um regime estável de deslocamento, a partir desse momento, a esteira passa a atuar com 100% de sua velocidade nominal transportando a peça até um sensor capacitivo localizado ao final do curso da esteira, ao atingir esse sensor a esteira para seu movimento para que o operador de manutenção retire o kit para realização do serviço.

Figura 5 – Controle da velocidade da esteira por meio de PWM.



Fonte: Próprio autor.

O código fonte completo do projeto criado no *software* MasterTool IEC XE pode ser encontrado conforme a referência bibliográfica (DAOLIO, 2022).

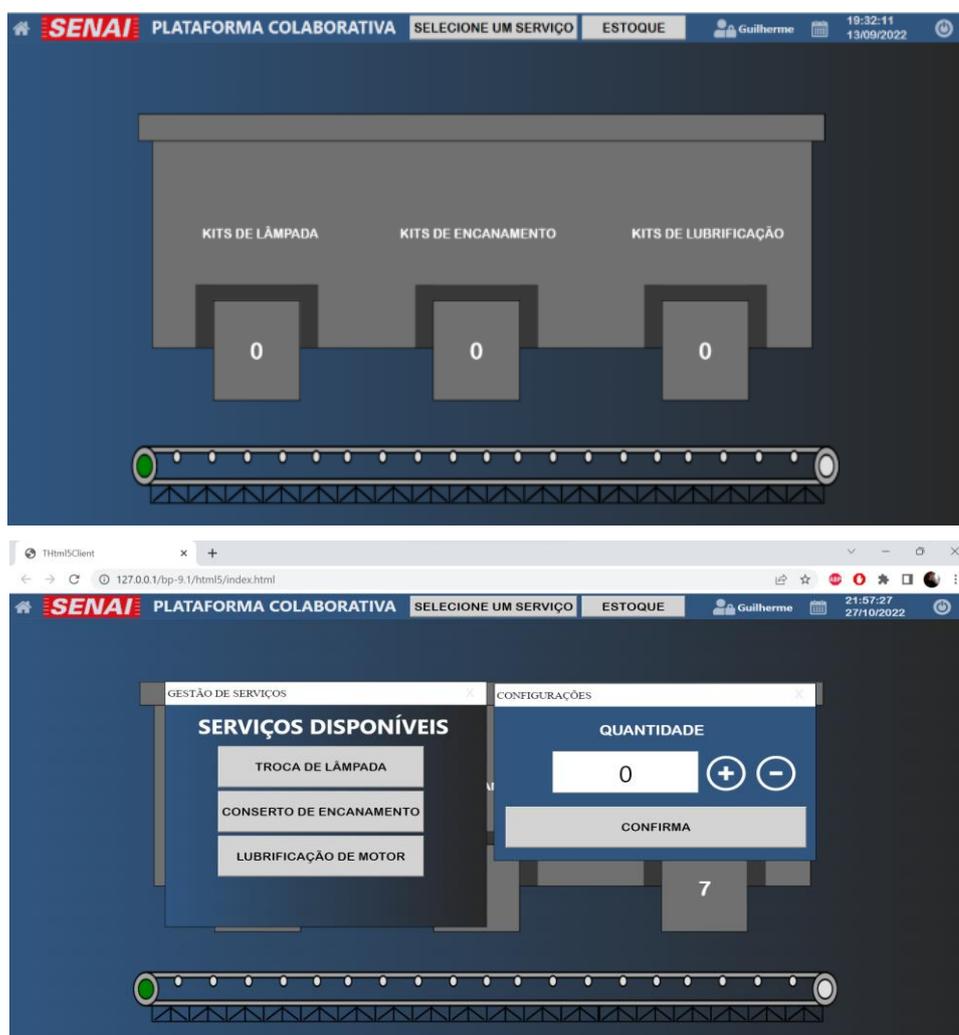
3.3 SISTEMA SUPERVISÓRIO

O sistema de supervisão foi desenvolvido através do *software* BluePlant da empresa ALTUS conforme mostra a Figura 6. Este é um poderoso *software* de supervisão, controle e aquisição de dados que possui recursos avançados para o desenvolvimento de telas interativas e mecanismo gráfico superior, com objetos de alta resolução e uma grande gama de protocolos de comunicação.

A aplicação foi desenvolvida para ser acessada através de uma plataforma HTML5, possibilitando assim sua visualização por meio de qualquer dispositivo com acesso a um navegador *web*, podendo ser um celular, *tablet* ou *desktop*.

É possível supervisionar a plataforma em uma vista digitalizada, as canaletas, o estado das portas das canaletas, o estado de funcionamento da esteira e também ter o controle do estoque e realizar a seleção dos serviços, todos esses recursos são demonstrados na Figura 6.

Figura 6 – Supervisório.



Fonte: Próprio Autor.

O fluxo de seleção de um novo serviço por meio do supervisório funciona da seguinte maneira:

1. Acessar a tela de seleção de serviços por meio do botão “Selecione um serviço”;
2. Escolher um serviço entre os três disponíveis;
3. Definir a quantidade de kits de manutenção que devem ser liberados naquele ciclo de trabalho;
4. Efetuar o pedido dos kits por meio do botão “Confirma”.

Feito a seleção de serviço juntamente com a quantidade de kits a serem liberados em sequência, a ordem é enviada para o CLP que executa a sub-rotina referente a seleção daquele kit em específico.

3.4 MODBUS TCP

Para que os dados trafeguem entre o sistema SCADA e o CLP é necessário o uso de um protocolo de comunicação. Pensando nisso foi adotado no projeto a integração de um dos principais protocolos de comunicação abertos utilizados na indústria, o Modbus TCP (SALLES, 2018).

Um protocolo de comunicação define certas regras para que dois ou mais dispositivos se comuniquem, para que haja uma troca de dados efetiva entre um dispositivo e outro, ambos precisam estar adequados as regras de um mesmo protocolo.

Nesse conceito, foi adotado o protocolo Modbus TCP para realizar a integração entre o CLP e o sistema de supervisão, a escolha desse protocolo se deu por conta da simplicidade de implementação em ambos os dispositivos e também por conta de ser um protocolo aberto, ou seja, a sua implementação não está vinculada a uma empresa em específico, sendo assim, qualquer empresa fabricante de CLP ou dispositivos de automação pode implementar o protocolo Modbus TCP nos seus produtos.

Para que dois ou mais dispositivos possam se comunicar através do protocolo Modbus TCP, é necessário existir ao menos um dispositivo configurado como um Servidor (escravo) Modbus, e outro dispositivo configurado como Cliente (mestre) Modbus, onde o cliente acessa o servidor por meio do seu endereço IP e a porta de comunicação.

Após conectar-se ao servidor o cliente passa a disparar requisições de leitura e escrita para os dados mapeados no servidor Modbus, realizando assim a troca de dados entre os dispositivos.

Neste projeto foi implementado o protocolo Modbus tanto no CLP quanto no sistema de supervisão, por padrão o CLP foi configurado como servidor Modbus respondendo as requisições de leitura e escrita enviadas pelo sistema de supervisão no qual foi configurado como cliente.

3.5 DIAGRAMA ELÉTRICO E COMPONENTES

3.5.1 FONTE DE ALIMENTAÇÃO

Para suprir alimentação do CLP e dos demais componentes na plataforma foi utilizado uma fonte de alimentação no padrão industrial de 24 Vdc/10 A. A mesma fonte é utilizada para energizar todos os circuitos interligados a plataforma como o CLP, motores acoplados as portas das canaletas, motores acoplados a esteira de transporte e também a todos os sensores conectados as portas e a esteira.

3.5.2 CIRCUITO DOS MOTORES DAS CANALETAS E PONTE H

O controle de sentido dos motores acoplados às canaletas é realizado pelo módulo LN298N, esse chip é amplamente utilizado como drive de motores DC e também motores de passo. Um único L298N tem a capacidade de controlar até dois motores DC podendo regular seu sentido de giro e também velocidade de rotação, ou pode ser configurado de modo a controlar um motor de passo.

Na plataforma foi utilizado um total de 3 chips L298N para que seja possível o controle de acionamento e sentido de giro dos três motores DC acoplados as canaletas, e também o controle de acionamento e regulação da velocidade do motor da esteira de transporte.

Os pinos de controle do chip L298N podem são definidos a seguir, onde cada pino é proveniente de uma saída digital do controlador:

- ENA = Habilita o giro do MOTOR A, esse pino pode ser utilizado também de forma a regular a velocidade de giro do MOTOR A ao se aplicar um sinal digital modulado de 5 Vdc a esse pino por meio da tecnologia PWM.
- IN1 = Esse pino é responsável por girar o MOTOR A no sentido horário ao ser aplicado um sinal de 5 Vdc, ele é usado para abrir a porta das canaletas.
- IN2 = Esse pino é responsável por girar o MOTOR A no sentido anti-horário ao ser aplicado um sinal de 5 Vdc, ele é usado para fechar a porta das canaletas.
- ENB = Habilita o giro do MOTOR B, esse pino pode ser utilizado também de forma a regular a velocidade de giro do MOTOR A ao se aplicar um sinal digital modulado de 5 Vdc a esse pino por meio da tecnologia PWM.
- IN3 = Esse pino é responsável por girar o MOTOR B no sentido horário ao ser aplicado um sinal de 5 Vdc, ele é usado para abrir a porta das canaletas.
- IN4 = Esse pino é responsável por girar o MOTOR B no sentido anti-horário ao ser aplicado um sinal de 5 Vdc, ele é usado para fechar a porta das canaletas.

Devido o chip L298N ser baseado na tecnologia TTL (*Transistor-Transistor-Logic, lógica transistor transistor*) que define a tensão de trabalho sendo de 5 Vdc, foi necessário o uso de um circuito auxiliar para regular a tensão de saída do CLP que é de 24 Vdc, para isso foi utilizado o circuito integrado LM7805 que regula a tensão de 24 Vdc vinda do CLP para um sinal TTL de 5 Vdc que é aplicado aos pinos de controle.

3.5.3 SENSORES FIM DE CURSO DAS CANALETAS

Para que a etapa de automação de abertura e fechamento das portas seja efetuado, é necessário que o controlador tenha ciência do status das portas, ou seja, se estão abertas ou fechadas. A partir dessa necessidade, sensores fim de curso do tipo rolete foram estrategicamente posicionados nas canaletas com o objetivo de enviar para as entradas digitais do CLP a informação sobre o atual estado das portas.

Esses sensores são constituídos de *switches*, ou seja, são chaves eletrônicas que possuem duas posições, sendo elas NF (Normalmente Fechado) e NA (Normalmente Aberto) que devido ao contato mecânico comutam seus estados, permitindo assim que seja detectado na entrada do CLP um sinal lógico referente ao estado da porta.

A configuração adotada para essas chaves foi a posição NA, pois as entradas digitais do CLP são do tipo PNP, ou seja, é necessárias ligações do tipo *SINK*, nessa configuração as entradas digitais do CLP devem receber o sinal positivo vindo do instrumento e o sinal comum das entradas é ligado diretamente ao 0V (-) da fonte de alimentação externa.

As chaves foram ligadas com o sinal positivo (+) da fonte de 24 Vdc sendo aplicadas ao pino comum da chave, e sua saída NA ligadas diretamente nas entradas digitais do CLP, dessa forma será possível que o controlador reconheça o real estado das portas através da posição mecânica da chave.

3.5.4 SENSOR FIM DE CURSO DA ESTEIRA

Para detectar que a peça definitivamente atingiu seu máximo curso e já pode ser retirada pelo colaborador de manutenção foi utilizado um sensor do tipo capacitivo. Esse sensor tem por objetivo parar completamente a esteira devido a detecção de algum kit de manutenção em seu espaço de trabalho.

O sensor utilizado no projeto é do tipo PNP, ou seja, ao ser detectado algum material plástico ou metálico, o sensor envia um sinal positivo (+) de 24 Vdc em sua saída, essa saída então é conectada a uma das entradas digitais do CLP, dessa forma é possível integrar o controle de parada dos motores da esteira dentro do algoritmo implementado dentro do próprio controlador.

3.5.5 MOTORES

Devido a necessidade de movimentação de partes como as portas das canaletas pensou-se em um sistema onde é utilizado motores de corrente contínua (DC) de 24 V com seu eixo acoplado diretamente as portas das canaletas, dessa forma pode-se ter o controle de abertura e fechamento das portas ao girar o motor no sentido horário e anti-horário.

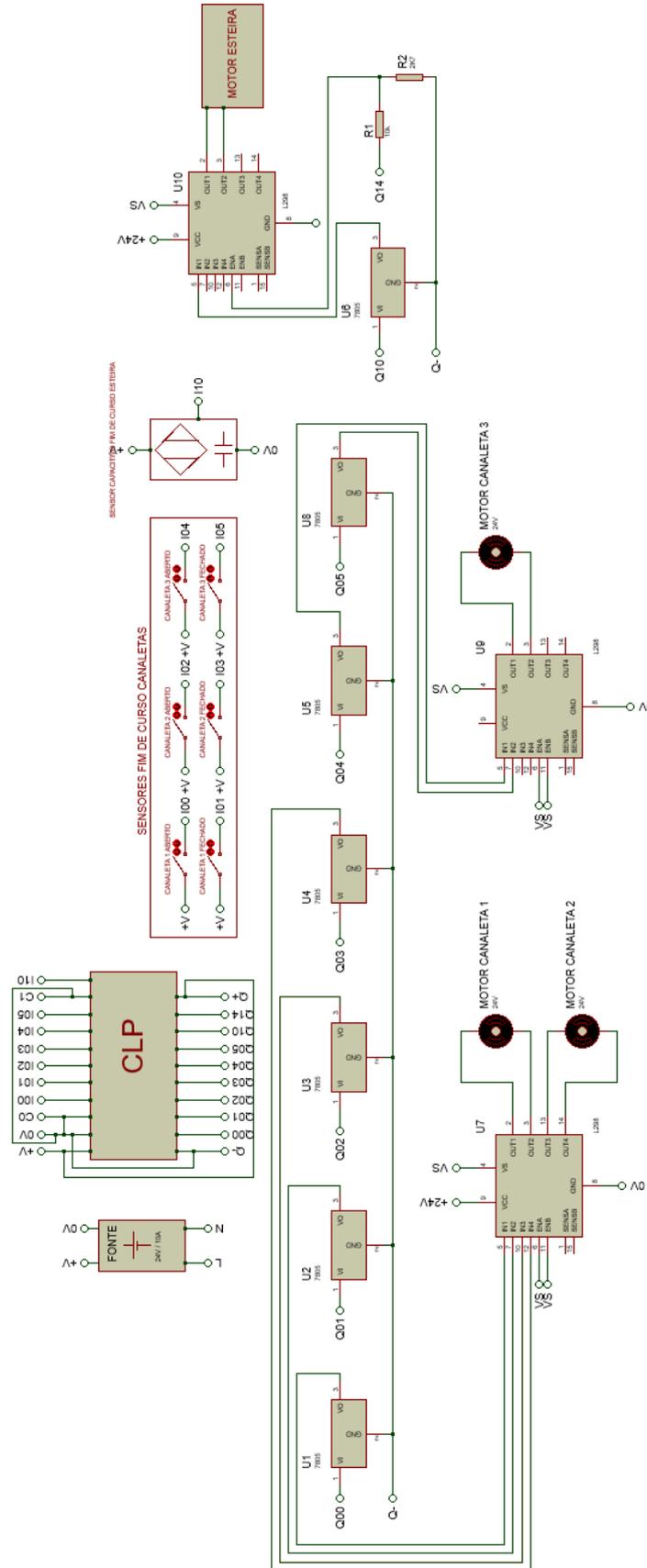
O sentido de rotação de um motor DC pode ser facilmente controlado ao se inverter seu sentido de polarização, para isso diversas aplicações utilizam *drivers* ponte H (L298N) para controlar motores de corrente contínua.

Motores DC também são utilizados acoplados as esteiras de transporte do kit de manutenção, ambos também seguem o padrão de acionamento em 24 Vdc. Existe um controle de velocidade aplicado ao motor da esteira com o propósito de acomodar o kit de manutenção.

3.5.6 DIAGRAMA DAS INSTALAÇÕES ELETROELETRÔNICAS

Todos os componentes presentes nas instalações eletroeletrônicas realizadas no projeto são apresentados conforme a Figura 7.

Figura 7 – Diagrama de instalações eletroeletrônicas.



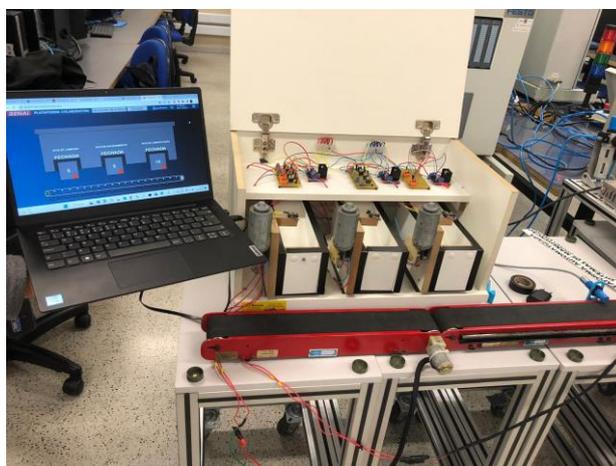
Fonte: Próprio autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do desenvolvimento da plataforma e da integração das tecnologias, considerando o objetivo estabelecido, o projeto apresentou resultados satisfatórios. Em um primeiro momento foi idealizado a implementação de um sistema de canaletas para disponibilizar kits de manutenção, dessa forma foi desenvolvido o primeiro leiaute representativo da plataforma.

Considerando o leiaute estabelecido esquematizou-se quais seriam os componentes mais indicados para serem aplicados ao sistema, assim permitindo a integração dos elementos e executando testes a fim de gerar a versão final do protótipo do que seria a plataforma colaborativa automatizada mostrada na Figura 8.

Figura 8 – Protótipo da plataforma colaborativa



Fonte: Próprio autor

A plataforma colaborativa foi composta por um sistema de duas esteiras para o transporte de kits de manutenção, que são disponibilizados através de um conjunto de canaletas com a finalidade de segmentar os kits por tipo de manutenção a ser realizada.

Ao longo de um período de testes realizados durante um mês o sistema mostrou-se funcional e atendendo a todos os requisitos de separação e transporte dos kits de manutenção, entretanto houve a necessidade da realização de ajustes, entre eles podemos citar a escolha de um objeto representativo do kit de manutenção, visando obter a melhor acomodação e deslocamento na esteira.

Em paralelo ao desenvolvimento e construção do protótipo, foram trabalhados os aspectos que proporcionam a interação com a plataforma em um ambiente digitalizado, por conta dessa integração foi possível obter resultados positivos no que diz respeito a facilidade da monitoração do sistema, fácil acesso aos *status* de operação da plataforma e também a possibilidade de controlar o sistema remotamente.

A união dos aspectos físicos e digitais na construção do modelo de plataforma colaborativa demonstram sua aplicabilidade em sistemas reais de manutenção.

5 CONCLUSÃO

A plataforma colaborativa automatizada proposta traz uma alternativa inovadora quando comparada as ferramentas de gestão da manutenção atual. O controle remoto sobre as ordens de serviço em um ambiente digitalizado possibilita o aumento de produtividade da equipe de manutenção além de diminuir significativamente o erro humano durante os processos.

Pensando em questões de aplicabilidade em sistemas reais de manutenção, esse projeto pode se escalar rapidamente por conta das tecnologias que foram utilizadas em seu desenvolvimento, além disso, sua aplicação é possível nas mais diversas possíveis, como por exemplo, setores de produção.

Em relação aos setores de manutenção, fica claro que a aplicação de uma plataforma colaborativa automatizada se torna uma ferramenta de gestão extremamente importante quando o objetivo é justamente o aumento da produtividade da equipe a partir da redução das tarefas de valor não agregado e também uma melhora nos indicadores de manutenção.

Conclui-se então que os objetivos propostos para esse trabalho foram plenamente completados e que a sua aplicação em sistemas industriais reais pode ser um aditivo extremamente importante quando o tema é a otimização dos processos.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, **Guilherme Rocha**. **Impacto da manutenção produtiva total na disponibilidade de máquinas operatrizes de usinagem**. 2019.

Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/4514> . Acesso em: 18 nov 2022.

BARBOSA J. M. D. **Influência da areia argilosa na recuperação de petróleo por injeção de vapor**.

Natal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/12915> Acesso em: 18 nov 2022.

BRANDALISE, Loreni. **Administração de materiais e logística**. Simplíssimo Livros Ltda, 2017.

Disponível em: <https://bit.ly/administracao-de-materiais-e-logistica> Acesso em: 18 nov 2022.

CAMARGO, V. L. A. DE. **Elementos de automação**, São Paulo: Erica, 2014 Disponível em:

<https://bit.ly/elementos-de-automacao> Acesso em: 18 nov 2022.

Daolio, Guilherme. Código fonte da plataforma colaborativa, 2022. Disponível em:

<https://bityli.com/ladder-plataforma-automatizada>. Acesso em: 18 nov 2022.

DE SOUZA, José Barrozo et al. Indicadores de desempenho da função manutenção: um enfoque em aciarias brasileiras. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 7, n. 3, p. 75, 2012.

Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/814> Acesso em: 18 nov 2022.

EUROPEAN PARLIAMENT. **INDUSTRY 4.0**. UNIÃO EUROPEIA, 2016. Disponível em:

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) Acesso em: 18 nov 2022.

FACCIO, M. et al. Industrial maintenance policy development: A quantitative framework. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 85-93, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527312003660> Acesso em: 18 nov 2022.

FAVARETTO, Fabio. Administração de estoques: diferentes formas de medição da acuracidade. **Produto & Produção**, v. 13, n. 2, 2012. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/ProdutoProducao/article/view/19322> Acesso em: 18 nov 2022.

GENNARO, Caroline Kühn et al. **Proposta de alteração de layout para melhoria no fluxo de produção de uma indústria automotiva**. Revista Gestão Industrial, v. 15, n. 1, 2019. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/8546> Acesso em: 18 nov 2022.

GOMES, Rodolfo Araujo; BRITO, Jorge Nei; MELO, Diego Jean de. **Redução do Tempo de Manutenção Preventiva..**, [S. l.], p. 1-7, 4 abr. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/reducao-do-tempo-de-manutencao-preventiva> Acesso em: 18 nov 2022.

KARDEC, ALAN; NASCIF, JULIO. MANUTENÇÃO FUNÇÃO ESTRATÉGICA, 2ª EDIÇÃO, 1ª REIMPRESSÃO 2004. EDITORA QUALITY MARK, RIO DE JANEIRO, COLEÇÃO MANUTENÇÃO, ABRAMAN. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/448941597/manutencao-funcao-estrategica-kardeck-pdf> Acesso em: 18 nov 2022.

LOPES, João Pedro Oliveira. **Otimização do processo de manutenção de ferramentas progressivas e gestão documental de equipamentos**. 2017. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/18848> Acesso em: 18 nov 2022.

M. HERMANN, T. PENTEK AND B. OTTO, "**Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios**," 2016 49th *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 2016, pp. 3928-3937, doi: 10.1109/HICSS.2016.488. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7427673> Acesso em: 18 nov 2022.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 2, 2008. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/16> Acesso em: 18 nov 2022.

PIECHNICKI, Ademir Stefano. **Metodologias para implantação e desenvolvimento de sistemas de gestão da manutenção: as melhores práticas**. 2012. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/23447> Acesso em: 18 nov 2022.

PORTO, Fabrício Gomes Menezes et al. **Sistema de produção enxuta aplicado a uma indústria de fertilizantes líquidos**. 2019. Disponível em: <http://bdtd.uftm.edu.br/handle/tede/812> Acesso em: 18 nov 2022.

RAHMAN, Shah Md Toufiqur; SALIM, Md Tausif; SYEDA, Sultana Razia. **Facility layout optimization of an ammonia plant based on risk and economic analysis**. *ProcediaEngineering*, v. 90, p. 760-765, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814029324> Acesso em: 18 nov 2022.

RONCOLI, Antonio Marcos; REGATTIERI, Carlos Roberto. O IMPACTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO NO GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO: um estudo de caso em uma indústria alimentícia. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 527-538, 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/526> Acesso em: 18 nov 2022.

SALLES, Rafael Pace da Silva. Sistema supervisorio de automação via protocolo de comunicação MODBUS TCP/IP. 2018. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/4920> Acesso em: 18 nov 2022.

SILVA, S. **Integração e adaptação do SAP e Indústria 4.0 na área de manutenção industrial no Grupo Bosch Termotecnologia, SA.** 2017. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/23362> Acesso em: 18 nov 2022.

VIANA, H. R. G. PCM - Planejamento e controle de manutenção. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002. 167 p. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7627/2/PlanejamentoControleManutencao.pdf> Acesso em: 18 nov 2022.

VICENTINI, Carlos Gabriel Jordão. **Proposta de otimização do processo de manutenção de locomotivas.** 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/14855> Acesso em: 18 nov 2022.

VIEIRA, Jardel Alzmiro. **GESTÃO DA MANUTENÇÃO: Como otimizar os processos de estimativa de demanda por itens de manutenção em uma instituição de ensino pública.** 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/24864> Acesso em: 18 nov 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Agradecemos as empresas Art's Moveis e Tecnobre por todo apoio e disponibilidade. Também aos nossos orientadores Fernando e Ricardo e aos nossos coorientadores Marcones e Leandro pela dedicação e paciência nos ensinamentos no decorrer do curso, agradecemos também à indústria e aos industriários que por através do seu trabalho fornecem recursos suficientes ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI.

SOBRE O(S) AUTOR(ES)

Sobre os autores:

ⁱ Diógenes Gomes Lima



Atualmente cursa o Tecnólogo em Eletrônica Industrial pelo Senai Anchieta (2022). Trabalha na empresa Roland onde contempla o cargo de Auxiliar técnico e é responsável por prestar suporte para os técnicos de todo Brasil e também executa o reprocessamento de impressoras no laboratório de testes.

ii Guilherme da Silva Daolio

Técnico em Mecatrônica pelo Senai Armando de Arruda Pereira em São Caetano (2019) e atualmente cursando o Tecnólogo em Eletrônica Industrial pelo Senai Anchieta (2022). Trabalha como Analista de Suporte Técnico na empresa Altus Sistemas de Automação onde desenvolve soluções para Automação utilizando soluções industriais.

iii Gustavo Barbosa dos Santos

Técnico em Eletroeletrônico (2016) pelo Senai Frederico Jacob e Técnico em equipamentos Biomédicos (2018) pelo Senai Mariano Ferraz e atualmente cursando o Tecnólogo em Eletrônica Industrial pelo Senai Anchieta (2022). Possui o cargo de Gerente de Manutenção na empresa Tecnobre onde realiza manutenção em equipamentos industriais.