



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



CLODOALDO SPADOTTO
ENDRIU ANTONIO AIRES SOMENZARI
MAICON ESMERALDINO
RENATA DOMENEGHETTI
WILLIAN ANDRÉ CZEREVATY

**PROPOSTA DE MELHORIA DE AUTOMAÇÃO EM UM PROCESSO DE
PRODUÇÃO DE PEÇAS AUTOMOTIVAS**

CURITIBA
2022

CLODOALDO SPADOTTO
ENDRIU ANTONIO AIRES SOMENZARI
MAICON ESMERALDINO
RENATA DOMENEGHETTI
WILLIAN ANDRÉ CZEREVATY

**PROPOSTA DE MELHORIA DE AUTOMAÇÃO EM UM PROCESSO DE
PRODUÇÃO DE PEÇAS AUTOMOTIVAS**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Donato da Silva

**CURITIBA
2022**

RESUMO

Após análise de processo em uma empresa fabricante de componentes automotivos, foram identificadas várias oportunidades na linha principal de células de montagem de bombas. Dentre as oportunidades observadas estão excesso de movimentação de pessoas, falta de padronização das atividades, entre outros. Para início dos trabalhos, foram mapeadas as movimentações, tanto por parte de analistas quanto operadores para coleta de dados das linhas de produção. Mapeados esses pontos e observando a baixa acuracidade de informações da produção, as quais deveriam chegar à gerência com maior agilidade, foi colocado à mesa a proposta de melhoria da automação nessa coleta e tratamento dos dados dos processos produtivos. Como principal resultado tem-se a maior acuracidade de informações, eliminação das movimentações para coleta de dados e maior número de informações, o que gera uma autonomia por parte das pessoas para tomada de decisão nas áreas de produção, qualidade e manutenção. A conclusão é um retorno financeiro elevado para a empresa, a qual terá informações precisas de forma eficaz.

Palavras-chave: Dados. Tempos e Métodos. Produção. Padronização. Movimentações.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – LEAN SIX SIGMA.....	13
FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DO PLANEJAMENTO DO TRABALHO	15
FIGURA 3 – PLANTA EMPRESA “Y”	17
FIGURA 4 – LAYOUT PRODUÇÃO MACRO.	18
FIGURA 5 – DETALHAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	19
FIGURA 6 – IHM KPT 400.....	20
FIGURA 7 – ROBÔ PARA CÉLULAS DE MONTAGEM DE BOMBA D’ÁGUA.	21
FIGURA 8 – ROBÔ PARA CÉLULAS DE MONTAGEM DE BOMBA D’ÁGUA.	21
FIGURA 9 – CLP S7 300.....	21
FIGURA 10 – DETALHAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	25
FIGURA 11 – EXEMPLIFICAÇÃO DA INTERLIGAÇÃO DAS REDES.	27
FIGURA 12 – INTERLIGAÇÃO DA REDE N1 COM OS EQUIPAMENTOS.....	27
FIGURA 13 – CLP S7 - 300.....	29
FIGURA 14 – INTERLIGAÇÃO DA REDE N1 COM OS EQUIPAMENTOS.....	30
FIGURA 15 – INTERLIGAÇÃO DA REDE N1 COM OS EQUIPAMENTOS.....	31
FIGURA 16 – INTERLIGAÇÃO DA REDE N1 COM OS EQUIPAMENTOS.....	33
FIGURA 17 – INTERFACE TIA PORTAL.	35
FIGURA 18 – ESTRUTURAÇÃO SOFTWARE EQUIPAMENTOS.	36
FIGURA 19 – PERFORMANCE DOS EQUIPAMENTOS MONITORADOS.....	37
FIGURA 20 – REPRESENTAÇÃO DE TELA EM CELULAR OU TABLET.....	38
FIGURA 21 – CONFIGURAÇÃO E CADASTRAMENTO DE EQUIPAMENTO.....	39
FIGURA 22 – CONFIGURAÇÃO E CADASTRAMENTO DE EQUIPAMENTO.....	39
FIGURA 23 – TELA DE CONSULTA DE DADOS.....	40
FIGURA 24 – API.....	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES EM GEMBA	23
TABELA 2 – CONSIDERAÇÕES.....	24
TABELA 3 – LEVANTAMENTO DE CUSTOS	25
TABELA 3 – PRÓS E CONTRAS DA TOPOLOGIA ESTRELA	27
TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS DO SIMATC BOX PC	31
TABELA 5 – RESULTADOS DOS TEMPOS	41
TABELA 6 – RESULTADOS FINAIS	42
TABELA 7 – SAVING	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	7
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	8
1.3. JUSTIFICATIVA.....	8
1.4. HIPÓTESE.....	9
1.5. OBJETIVO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. HISTÓRIA	10
2.1.1. Produtividade.....	11
2.1.2. Padronização do trabalho	11
2.1.3. Takt time.....	12
2.1.4. Lean Six Sigma	12
2.1.5. Simulação.....	14
3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	15
3.1. PROJETO PRELIMINAR	16
3.1.1. Disposição dos Equipamentos.....	18
3.1.2. Detalhamento dos Equipamentos.....	19
3.1.3. Estudo de Tempos e Métodos ou Cronoanálise	22
3.2. PROJETO INTERMEDIÁRIO.....	24
3.3. PROJETO DE DETALHAMENTO.....	25
3.3.1. Redes	26
3.3.2. Hardware	28
3.3.2.1. Servidor Siemens SIMATIC IPC.....	28
3.3.2.2. CLP S7-300.....	28
3.3.2.3. SWITCH SCALANCE X216.....	30
3.3.2.4. SIMATIC BOX PC SIEMENS	30
3.3.3. Base de Dados	32
3.3.4. Software Servidor	33
3.3.5. Software Equipamentos.....	34
3.3.5.1. TIA Portal	34
3.3.5.2. WinCC.....	35
3.3.6. Aplicações	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5. CONCLUSÕES	43

5.1. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS.....	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
7. APÊNDICE	47

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo principal de aplicar os métodos da indústria 4.0, escolheu-se uma indústria do ramo de fundição de alumínio e montagem de componentes automotivos, localizada na região metropolitana de Curitiba, denominada neste trabalho como empresa “Y”, para realizar uma análise de processo e identificar as oportunidades.

Após reuniões com os líderes, e utilizando os princípios da manufatura enxuta, foi realizado uma visita ao processo, o chamado *Gemba*, para analisar o local objeto de estudo. O local escolhido foi uma linha de produção de bombas d’água, a qual é composta por 7 células de montagem, que trabalham individualmente. A justificativa da escolha da equipe de colaboradores foi justamente a falta de informações que já era um problema mapeado, mas nunca quantificado.

Alguns dos problemas identificados foram, falta de padronização dos métodos de trabalho em setups nas coletas de dados nos processos, ausência de fluxo de informações entre processos e escritório, entre outros.

Neste processo, mapeando as necessidades de ferramentas a ser utilizadas, sendo a mais significativa nesta análise a de tempos e métodos, foram identificadas as perdas e priorizado os postos com maiores oportunidades de ganhos financeiros, definidos como postos para implementação do projeto piloto.

Como o objetivo principal é a eliminação das perdas, a proposta foi implementar uma conexão entre equipamentos, para reunir os dados fornecidos por cada um deles, e desta forma entregar uma estrutura de hardware e software que facilite as tomadas de decisão dos processos produtivos e das áreas suporte.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Inúmeros empreendimentos industriais que atuam em diversos ramos, não alcançaram a presente indústria 4.0, que é caracterizada pelas decorrentes tecnologias de transformação, provendo a ambientes de produção, flexibilidade e ganhos substanciais de retorno (JUNIOR, 2018, p. 743).

Em seu início, meados de 2011, o tema indústria 4.0 já era comumente comentado por pesquisadores, governantes, universidades e empresariados, pelo potencial para gerar rendimento financeiro através do aumento da velocidade,

produtividade e qualidade dos processos de produtivos, implementando tecnologias que permitem o monitoramento e oportunidades de tomada de decisões em tempo real.

Em outras palavras, “[...] a Indústria 4.0 considera a interface entre o universo físico de produção e a conectividade em redes no ambiente virtual, permitindo que recursos, informações, objetos e pessoas estejam conectados”. (TROPIA, SILVA, DIAS, 2017, p. 1).

Segundo Junior e Saltorato (2018, p. 743) o impacto desta torrencial mudança, afeta não somente a indústria, como também as pessoas, o trabalho, a economia, as empresas e os governos.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A empresa “Y” situada na região metropolitana de Curitiba, apresentou durante uma visitação, o caso de uma linha completa de produção de componentes automotivos no qual ainda não há integração básica entre os equipamentos.

Essa inadequação da produção dentro da empresa, acarreta imprecisões em tomada de decisões, ausência de informações básicas referente aos equipamentos, produtos e colaboradores, extensos setups, além da alta perda de produtividade e de recursos financeiros.

1.3. JUSTIFICATIVA

Possuir uma linha de produção não integrada atualmente, resulta em perda significativa financeira e na dificuldade de obtenção e manuseio de dados para tomadas de decisões, além do acarretamento de problemas como: coleta de dados, falta de informações referente ao micro processo de funcionamento da linha de produção, descentralização de dados, indisponibilidade de informações, desconfiança e impasses no gerenciamento do volume de produção, localização e ciência de perdas, entre outros.

A necessidade percebida se foca em dados, deste modo, a implementação de conceitos referentes a indústria 4.0 neste problema apresentado, traz a oportunidade para a empresa “Y” de testar em uma linha de produção não integrada, os benefícios que a incorporação com recursos digitais da atualidade pode gerar.

1.4. HIPÓTESE

Em muitas situações, somente a automatização de um processo, pode não ser a solução mais eficaz. Deve-se criar uma base, ou seja, um fluxo contínuo para que se possa desenvolver as atividades fabris. Desta forma, é importante avaliar o processo, entender as suas entregas e necessidades. A possibilidade de implementar a chamada “automação do caos” pode ser um problema, que mesmo com alto investimento, pode não ter o retorno esperado.

Uma proposta mais econômica para a solução proposta é a utilização de Arduino. Como não se trata de equipamento profissional, a probabilidade de gerar falhas e possíveis perdas de produtividade é elevado.

1.5. OBJETIVO

A proposta discutida neste trabalho, é a implementação de um projeto (meio) piloto de integração, para realização de coleta de dados de produção, qualidade e manutenção em três de sete equipamentos compostos por uma das linhas de produção de componentes automotivos (bombas d’água) da empresa “Y”.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para dar início ao tema, debateu-se os conceitos fundamentais para os processos de manufatura, tais como, produtividade, mensuração de métodos e tempos, padronização e o que tange o termo automação dentro da indústria, trazendo o significado do termo 4.0 no contexto atual.

2.1. HISTÓRIA

A primeira revolução industrial, ocorrida nos meados de 1765, na Inglaterra, teve como seu principal marco a mecanização dos processos através da utilização do carvão como fonte de energia primária e a utilização das máquinas a vapor, possibilitando dar início a produções em larga escala.

A partir de 1870, após a primeira revolução industrial ter alcançado um avanço tecnológico expressivo, se deu início a segunda revolução industrial, que foi marcada principalmente pelo surgimento da energia elétrica e petróleo como fontes de energia. Outro ponto marcante foi o surgimento de uma das metodologias de manufatura mais famosas ao longo da história, Fordismo e Taylorismo, que foram possíveis a implementação através de apoio financeiro e político dentro do contexto socioeconômico da época.

Com o avanço de conflitos entre as nações, as indústrias bélicas se desenvolveram cada vez mais, potencializando avanços tecnológicos nesse setor e conseqüentemente ramificando para outras áreas. No fim da segunda guerra mundial, com o surgimento da bomba atômica, a sociedade se deparou com as possibilidades da energia nuclear, abrindo possibilidades para o desenvolvimento de novas tecnologias. Durante esse período diversos equipamentos eletrônicos foram surgindo à medida que a comunicação e o fenômeno da globalização foram se estabelecendo. A terceira revolução industrial é marcada principalmente pelo surgimento de equipamentos eletrônicos, telecomunicações e computadores, permitindo as primeiras automações dentro dos sistemas produtivos. O período de guerra fria teve fundamental relevância para o processo, uma vez que os primeiros indícios da criação da internet como a conhecemos hoje surgiram nessa época.

Na conjectura atual, a revolução 4.0, parte do princípio da interconexão das informações com a cadeia produtiva. Sistemas integrados que permitem a coleta de

dados e análise em tempo real são de fundamental importância para as indústrias hoje, permitindo uma acelerada tomada de decisões e mudanças de estratégias visando o aumento de produtividade, redução de reprocesso, identificação de pontos de melhoria na cadeia, dentre outras possíveis observações dentro do contexto da manufatura.

2.1.1. Produtividade

Ao longo das revoluções industriais, uma constante observada no processo, foi a redução da utilização da mão de obra operacional nos sistemas produtivos. O trabalho braçal se viu reduzido cada vez mais conforme os séculos. É possível medir a produtividade atribuindo medidas físicas ou monetárias, mas sempre atribuindo, de forma clara, um intervalo de tempo e o custo-benefício ao realizar esse acompanhamento (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

A definição de produtividade pode ser atribuída a capacidade de produzir, sempre em relação a disponibilidade de recursos, podendo ser utilizada diversas métricas, tais como: toneladas produzidas/homem-hora, peças/hora-máquina, carros produzidos/ funcionário-ano etc. É possível medir a produtividade isoladamente por recurso, de modo a acompanhar o desempenho individual (ALDRIGHI; COLISTETE, 2015).

2.1.2. Padronização do trabalho

Para alguns autores, o trabalho padronizado está atrelado à filosofia Lean Thinking, onde possui raízes no Training Within Industry (TWI) (HUNTZINGER, 2006). O surgimento dessa metodologia foi muito comumente associado como uma conduta de treinamento buscando absorver a mão de obra qualificada exigida pelas demandas. O TWI também foi muito disseminado no Japão, durante o período que corresponde à Segunda Guerra Mundial, juntamente aos programas de qualidade. Foi na Toyota que a prática das condutas de trabalho foi muito incorporada, dando início ao marco do conceito de trabalho padronizado, que hoje é atualmente chamado de Lean Thinking (LIKER; MEIER, 2007).

Para (LIKER; MEIER, 2007), a atribuição de procedimentos para os trabalhadores de forma individual, vem a somar com a qualidade e eficiência da execução dos movimentos realizados.

Existem três elementos comuns identificados pelos mais diversos autores e que convergem no entendimento de trabalho padronizado: takt time, que compreende na velocidade da demanda dos produtos (solicitações de determinado produto pelos clientes), e que é determinada pela divisão do tempo total disponível de produção por turno; sequência, é a ordem de execução das atividades que cada trabalhador deve realizar dentro do takt time; e estoque padrão, que é a quantidade mínima de produtos armazenados e disponíveis para escoamento, suficientes para dar continuidade no fluxo da produção (SMALLEY, 2005);(ROTHER; HARRIS ,2002).

2.1.3. Takt time

O termo takt time se origina do alemão, onde “takt” significa batimento cardíaco ou ritmo. Geralmente, takt time, é definido em segundos ou minutos, ou seja, um período no qual determinada etapa de um processo é concluído. Daí surgem diversas formas de medir ou mensurar esse intervalo de tempo, além disso, diversas maneiras diferentes de analisar esse dado. Por exemplo, um takt time de um determinado processo pode variar dependendo do trabalhador que está executando, porém, sempre vai existir um takt time médio para cada processo. Dessa forma também é possível mensurar a eficiência dos colaboradores de maneira individual. Aqui se abre um leque quase que infinito de métricas e formas de se medir determinados processos, variando sempre de acordo com os objetivos de cada gestor ou visão de entendimento abordado.

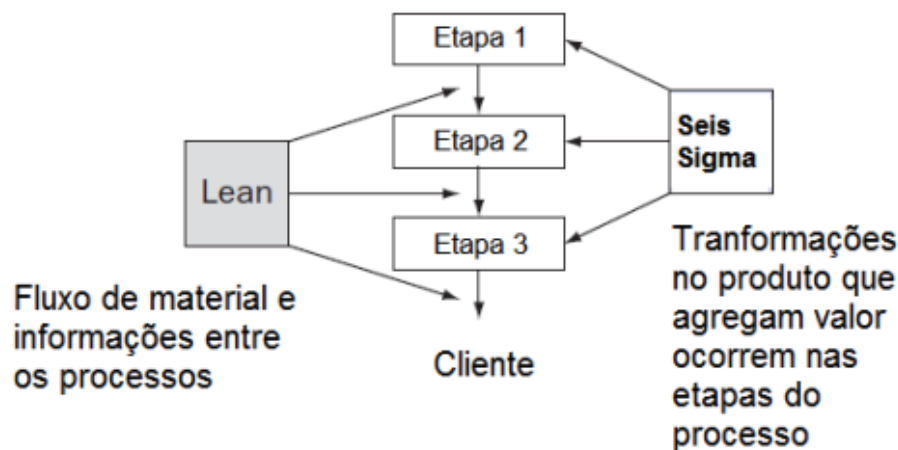
Algumas diferenças surgem ao longo do entendimento das ideias de processos e desempenho. A partir daí se faz necessário a realização de projeções, como por exemplo, o sistema Kanban. Este, por sua vez, é um operador para sistemas entre fases de um processo, atuando no mapeamento e controle de etapas utilizando o takt time.

2.1.4. Lean Six Sigma

Ao longo dos anos, as empresas têm se esforçado em diversos processos de qualidade e melhoria contínua com foco na competitividade. A combinação de metodologias veio para somar, um exemplo, é a junção do Six Sigma com a produção Lean, dando origem ao que conhecemos hoje de Lean Six Sigma.

Apesar de não serem novos, as duas buscam um ponto de convergência, porém, com funcionamentos diferentes. Segundo (ANTONY, 2011), o Lean foca na eficiência, buscando a produção rápida e baixo custo. Sua estratégia inclui diversas ferramentas que buscam a redução do LEAD TIME (tempo de processamento). O Six Sigma, por sua vez, busca eliminar as causas das variações dos processos. Para (SNEE; HOERL, 2007) o Lean Six Sigma pode ser ilustrado na figura a seguir, onde as caixas são as etapas do processo produtivo e as setas são as informações e fluxo de mercadorias que ocorrem dentro de cada fase.

FIGURA 1 – LEAN SIX SIGMA



FONTE: SNEE; HOERL (2007).

A redução de resíduos e tempo de ciclo dos processos são importantes, mas não os suficientes para alcançar um processo eficiente. Por este motivo tantas empresas hoje aplicam os conceitos de Lean e Six Sigma juntos, adotando uma estratégia e ideal de modo a fazer parte da cultura organizacional do negócio. A utilização das duas práticas juntas, uni e fortalece o sistema como um todo.

Para a utilização do Six Sigma, por exemplo, algumas premissas são adotadas, como: foco real no cliente, gerenciamento orientado por dados e verdade, progresso, colaboração e tolerância a falhas. Quando analisados de maneira individual, cada premissa se mostra eficaz no que se propõe, mas de novo, não é o que traz sucesso no processo eficiente. Negócios são feitos de pessoas, e adotar treinamentos que visam a cultura Lean Six Sigma e ideais que façam com que todos busquem a melhoria contínua, tornam as premissas capazes de tornarem os processos eficientes.

2.1.5. Simulação

Para compreendermos como algumas simulações ocorrem, antes se faz necessário o entendimento de alguns mecanismos tecnológicos, principalmente dentro da engenharia e alguns setores de automação. Segundo (COSTA, F. M. d., 2011) o avanço tecnológico foi marcado pelo surgimento dos computadores, principais responsáveis pela 3ª revolução industrial.

A partir da computação foi possível realizar modelagens que possibilitaram dar início a simulações. Diante desse cenário, diversos autores focaram seus estudos no desenvolvimento de linguagens que permitissem tal feito. Segundo (CAMPENHOUDT; QUIVY, 2008), foi a partir da década de 80 que simulações visuais começaram a ganhar espaço, abrindo portas para uma crescente demanda de cursos e aprimoramentos. Diversas linguagens de programação de computadores surgiram nesse período, nos quais, a grande maioria hoje nem se quer é mais utilizada.

Simulações hoje são indispensáveis no meio dos negócios. Através deles podemos fazer projeções de oferta e procura, que regem o mundo dos processos produtivos.

3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

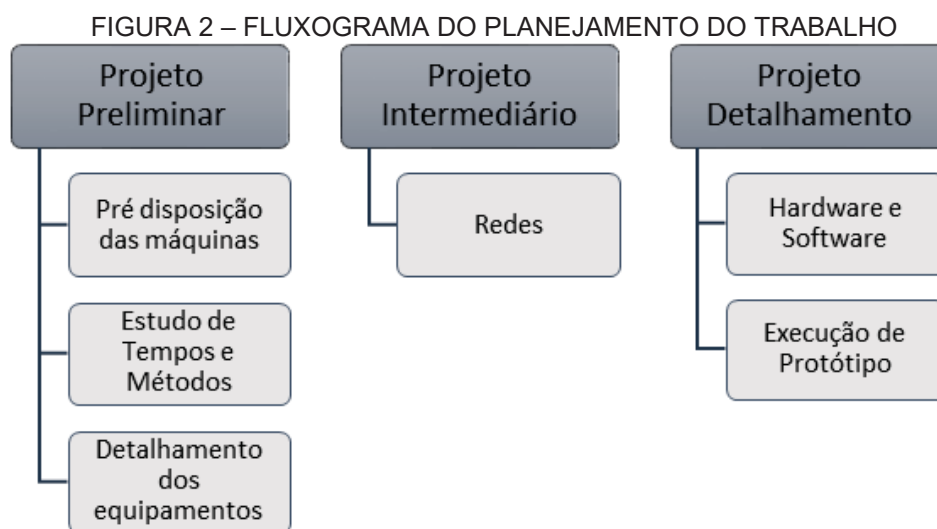
O trabalho inicial foi a análise do chão de fábrica, utilizando os fundamentos da metodologia lean, mais especificamente o Gemba, o qual se trata de um método para descrição e análise de um fenômeno, ou seja, como o problema ocorre de fato.

Com essa primeira análise pode-se visualizar quais seriam as ferramentas necessárias para seguir com o projeto e o próximo passo, foi implementar a ferramenta de cronoanálise para entender cada movimentação operacional.

Através das coletas de tempo médio para cada atividade, foi possível apontar quais as ferramentas que deveriam ser implementadas no processo, de acordo com a pré-disposição dos equipamentos e priorizando aqueles com maiores falhas e que deveriam ter um acompanhamento mais rigoroso.

Ainda na coleta de dados, foi realizado o mapeamento dos equipamentos que compõe a estrutura da linha estudada.

O projeto meio piloto de integração, será executado em três de sete equipamentos em uma das linhas de produção, porém todas as suas configurações já foram estabelecidas e traçadas.



FONTE: OS AUTORES (2022)

3.1. PROJETO PRELIMINAR

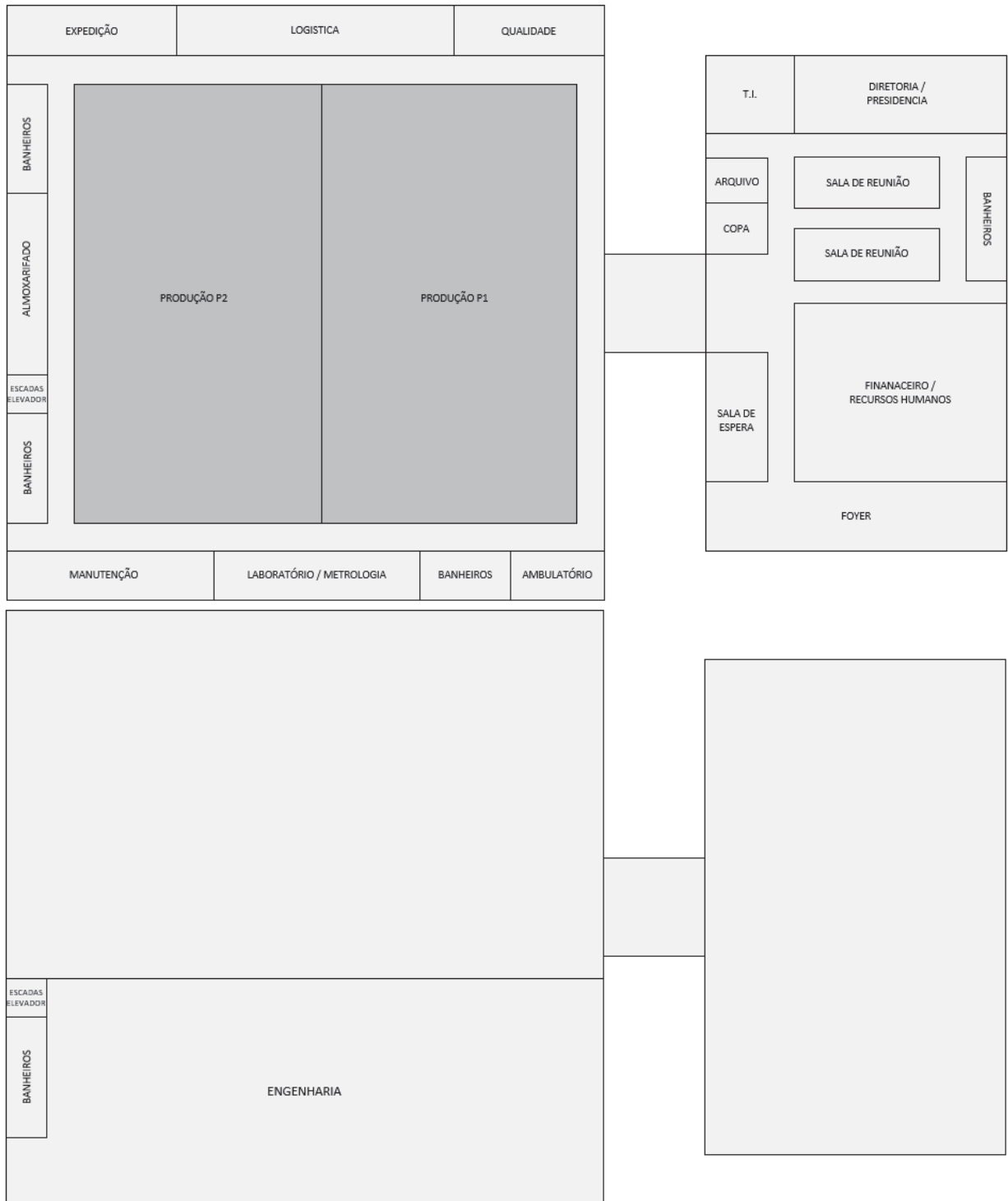
Para o dimensionamento do projeto de integração preliminar, foi necessário primeiramente o reconhecimento do ambiente fabril e sua disposição interna.

Em uma visita a empresa Y, houve a oportunidade de ter uma ampla visão da planta interna e a distribuição exata da linha de produção, bem como o seu fluxo de funcionamento diário.

Na Figura 3 é possível observar a planta da empresa em questão citada, do mesmo modo que na Figura 4 se nota o layout e a estruturação da produção onde será realizado a implementação nos três equipamentos da linha de forma macro.

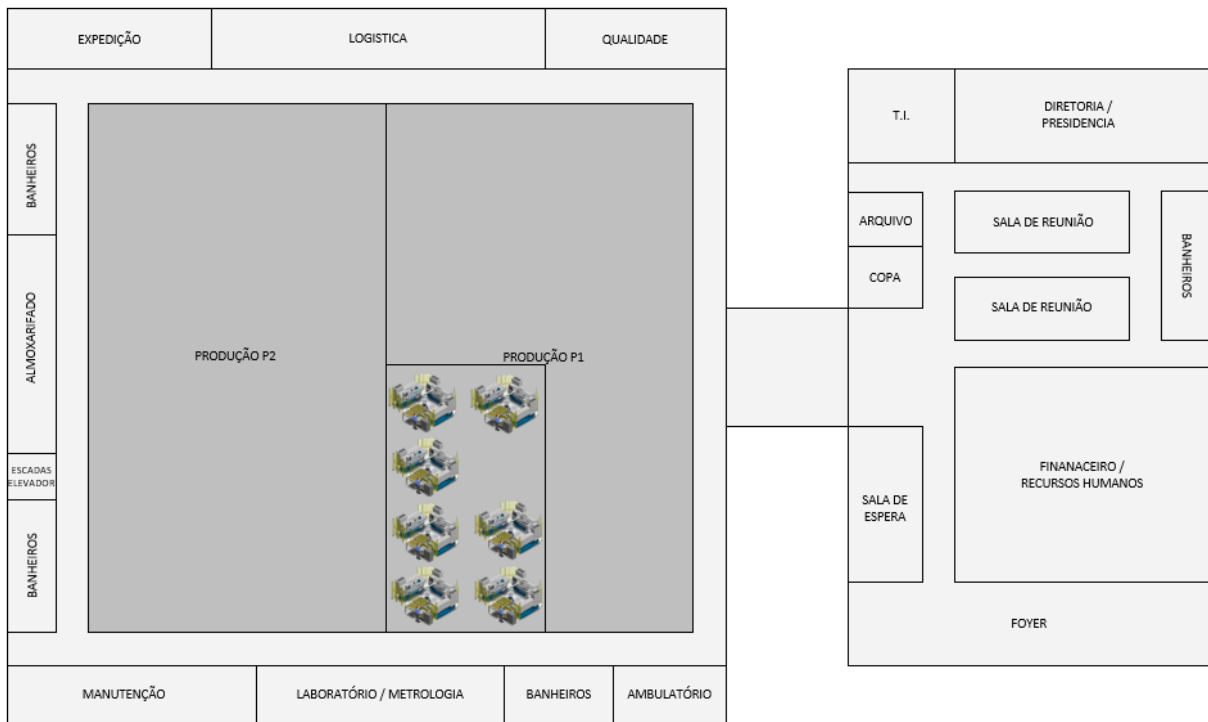
A linha de produção “P1” a qual está situado os três equipamentos que produzem as bombas d’água, é a primeira parte da produção da empresa Y, onde é dividida em duas partes: P1 e P2.

FIGURA 3 – PLANTA EMPRESA “Y”.



FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 4 – LAYOUT PRODUÇÃO MACRO.



FONTE: OS AUTORES (2022).

3.1.1. Disposição dos Equipamentos

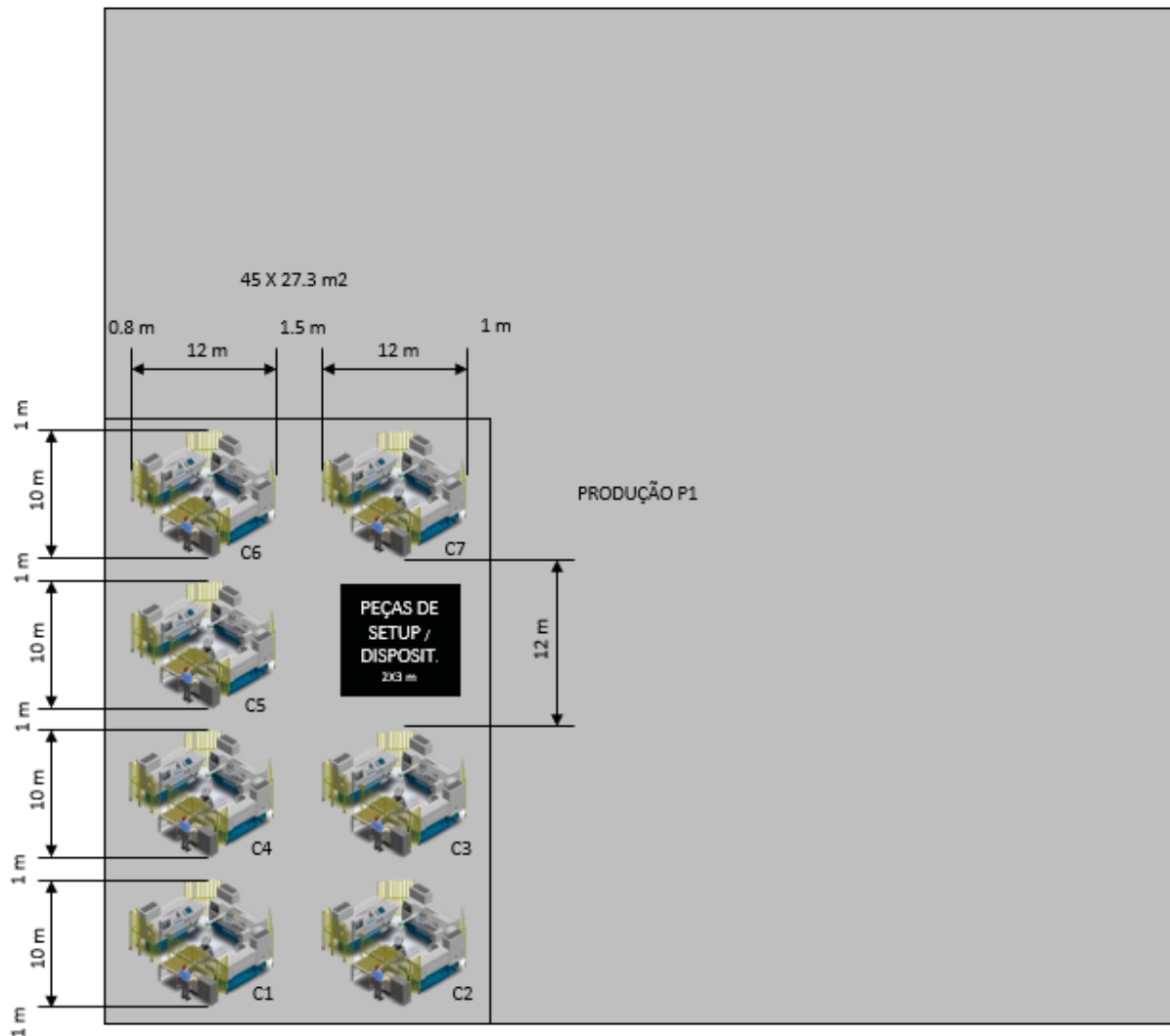
Os sete equipamentos apresentam distribuição dentro do espaço demarcado de área de 1.228,50 m² da produção P1, onde todas possuem um dimensionamento de 10x12 m², espaçamento em 1 m de comprimento entre máquinas e 1.50 m de largura no corredor.

A máquina C1 é o primeiro equipamento da linha estudada e está posicionada no canto inferior esquerdo da produção P1 e de frente para a máquina C2. O mesmo posicionamento se repete para os equipamentos C4 – C3 e C6 – C7.

A frente do equipamento C5 se encontra o gabinete (armário), espaço atribuído para armazenamento dos componentes, ferramentas e peças de setup específicos, utilizados nessa linha de produção.

É possível observar na Figura 5 todo o arranjo e layout dos sete equipamentos da linha de produção de bombas d'água.

FIGURA 5 – DETALHAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.



FONTE: OS AUTORES (2022).

3.1.2. Detalhamento dos Equipamentos

As 7 células de montagem de bombas são alimentadas eletricamente por uma mesma fonte de energia (380V) oriunda de uma subestação central da empresa Y, porém não existe uma conexão remota entre elas para coleta das informações, os dados de produção e paradas de máquinas são coletados manualmente por colaboradores em tempos esporádicos, através do IHM (Figura 6) existente em cada uma das células de montagem, por meio de um pen drive.

Todas as linhas de produção têm características semelhantes, mas cada uma delas é destinada a montagem de no mínimo quatro modelos de produtos. As células têm em comum um (1) robô de 6 eixos com garras tipo pinça (Figura 7), responsável pelo movimento interno em fase de montagem até o produto acabado. Um berço

giratório onde as carcaças e kits (Figura 8), das bombas são posicionadas por colaboradores, sendo acionados por uma botoeira bimanual. Há também uma panela vibratória, onde os selos das bombas são fornecidos, uma base com transdutor de pressão, onde geram gráficos de confiabilidade dos testes, um módulo de gravação a laser de rastreabilidade, uma esteira para saída de peças boas e toda parte de sensoriamento, sendo todo esse processo comandado por um CLP Siemens S7300 (Figura 9), e uma IHM Siemens, para somente comandos manuais/automáticos e armazenamento das informações.

As células possuem um bom nível de automação, todas são comandadas por um único modelo de CLP, (Siemens S7 300) com comunicação entre os módulos através de redes Profibus.

Os dados ficam armazenados na própria CPU do CLP, portanto desta forma ele fica disponível por apenas algumas semanas, lembrando que o upload de todo o histórico da máquina é através de conexões de hardware externo (HD/ pen drive etc.).

FIGURA 6 – IHM KPT 400.



FONTE: SIEMENS (2022).

FIGURA 7 – ROBÔ PARA CÉLULAS DE MONTAGEM DE BOMBA D'ÁGUA.



FONTE: VETORE (2022).

FIGURA 8 – ROBÔ PARA CÉLULAS DE MONTAGEM DE BOMBA D'ÁGUA.



FONTE: VETORE (2022).

FIGURA 9 – CLP S7 300



FONTE: VETORE (2022)

3.1.3. Estudo de Tempos e Métodos ou Cronoanálise

Segundo Slack (2002), o estudo de tempos e movimentos trata-se de aplicação de técnicas estabelecidas para determinar o tempo necessário em que um trabalhador qualificado e especificado venha realizar a tarefa em um nível definido de desempenho. Assim, esse tempo é definido tempo-padrão para operação.

Utilizando a cronoanálise, foram mapeadas as atividades e com base nelas, analisadas as tomadas de tempo e frequências. Por exemplo, movimentar-se até o processo para adquirir os dados de um produto específico produzido. O colaborador sai da mesa vai até a linha, e depois retorna com a informação. Estimou-se as medias diárias dessas movimentações.

Desta forma, foram mapeados os equipamentos que demandavam um olhar maior das operações, e assim obteve-se os seguintes dados, descritos na Tabela 1 e Tabela 2:

TABELA 1 – MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES EM GEMBA

Atividade	Detalhe	Distância (m) Tempo (s)	Ciclos p/dia (ida + volta)	Tempo Total (h)	Tempo Total (min)	Tempo Total (s)
Caminhar	Escritório/P1	85	10	0,24	14,2	850
Caminhar	Entre Máquinas	25	5	0,03	2,1	125
Acessar IHM	Acessar IHM	60	5	0,08	5,0	300
Espera	Esperar	10	5	0,01	0,8	50
Coleta de Dados	Coleta de Dados	180	5	0,08	15,0	900
Caminhar	Escritório/P1	85	8	0,19	11,3	680
Caminhar	Entre Máquinas	25	4	0,03	1,7	100
Acessar IHM	Acessar IHM	60	4	0,07	4,0	240
Espera	Espera	10	4	0,01	0,7	40
Coleta de Dados	Coleta de Dados	180	4	0,06	12,0	720
Caminhar	Escritório/P1	85	6	0,14	8,5	510
Caminhar	Entre Máquinas	25	3	0,02	1,3	75
Acessar IHM	Acessar IHM	60	3	0,05	3,0	180
Espera	Espera	10	3	0,01	0,5	30
Coleta de Dados	Coleta de Dados	180	3	0,05	9,0	540
Caminhar	Escritório/P1	85	6	0,14	8,5	510
Caminhar	Entre Máquinas	25	3	0,02	1,3	75
Acessar IHM	Acessar IHM	60	3	0,05	3,0	180
Espera	Espera	10	3	0,01	0,5	30
Coleta de Dados	Coleta de Dados	180	3	0,05	9,0	540
Caminhar	Escritório/P1	85	6	0,14	8,5	510
Caminhar	Entre Máquinas	25	3	0,02	1,3	75
Acessar IHM	Acessar IHM	60	3	0,05	3,0	180
Espera	Espera	10	3	0,01	0,5	30
Coleta de Dados	Coleta Dados	180	3	0,05	9,0	540
Tempo total p/semana	-	-	-	1,63	97,5	5850

FONTE: OS AUTORES (2022)

TABELA 2 – CONSIDERAÇÕES

Atividade	Consideração	Valores
Caminhar	Velocidade Pessoa	1,0 m/s
Espera	Tempo médio por ciclo	10 s
Acessar IHM	Tempo médio por ciclo	60 s
Coletar Dados	Tempo médio por ciclo	60 s

FONTE: OS AUTORES (2022)

3.2. PROJETO INTERMEDIÁRIO

O projeto intermediário consiste na integração de redes, sendo a interligação da rede existente com uma nova rede de que será implementada para que ocorra a comunicação entre os equipamentos.

A empresa atualmente dispõe de uma rede interna de escritório – que iremos chamar de “E1” – que disponibiliza acesso e conectividade com a internet e é aberta entre os colaboradores.

Para atender aos equipamentos, sem que houvesse contratempos ou congestionamento, se fez necessário a construção de uma nova rede – que será chamada de “N1” – onde essa não disponibilizará conectividade com a internet. Será destinada apenas para coleta de informações dos equipamentos e destiná-los ao servidor e a base dados.

Esta etapa atende a segurança dos equipamentos em casos de invasão externa, “[...] visto que as máquinas podem se tornar porta de entrada para usuários mal-intencionados (cybercriminosos) que, eventualmente, poderão ter acesso indevido aos dados e informações trocados entre as máquinas. Não menos importante, e igualmente preocupante, é o fato de que as falhas de segurança de um equipamento podem ocasionar a contaminação de toda uma rede, trazendo consequências desastrosas.” (MOMBELLI, 2016, p. 03).

A ligação entre as redes E1, N1 e as máquinas será realizada pelo servidor que trabalhará como um firewall, onde o objetivo é proteger as redes privadas e os dispositivos de endpoint contidos nelas, que são conhecidos como hosts de rede. Os hosts de rede são dispositivos que "conversam" com outros hosts na rede. Eles enviam e recebem entre redes internas, bem como saída e entrada entre redes externas.

Esse cuidado deve ser tomado para que haja nenhuma falha nas máquinas de processo que utilizem sistemas antigos.

3.3. PROJETO DE DETALHAMENTO

No projeto de detalhamento foi criado um conjunto de dispositivos para que fosse possível a realização da coleta de dados.

Os dispositivos necessários para implementação do projeto foram orçados conforme descrito na tabela 3.

TABELA 3 – LEVANTAMENTO DE CUSTOS

Dispositivo	Valores (R\$)
Switch (2 unidades)	12.150,00 (total)
Servidor	17.350,00
TIA Portal	4.550,00
WinCC	5.800,00
Infra redes	18.250,00
Programação/elétrica	10.100,00
TOTAL	68.200,00

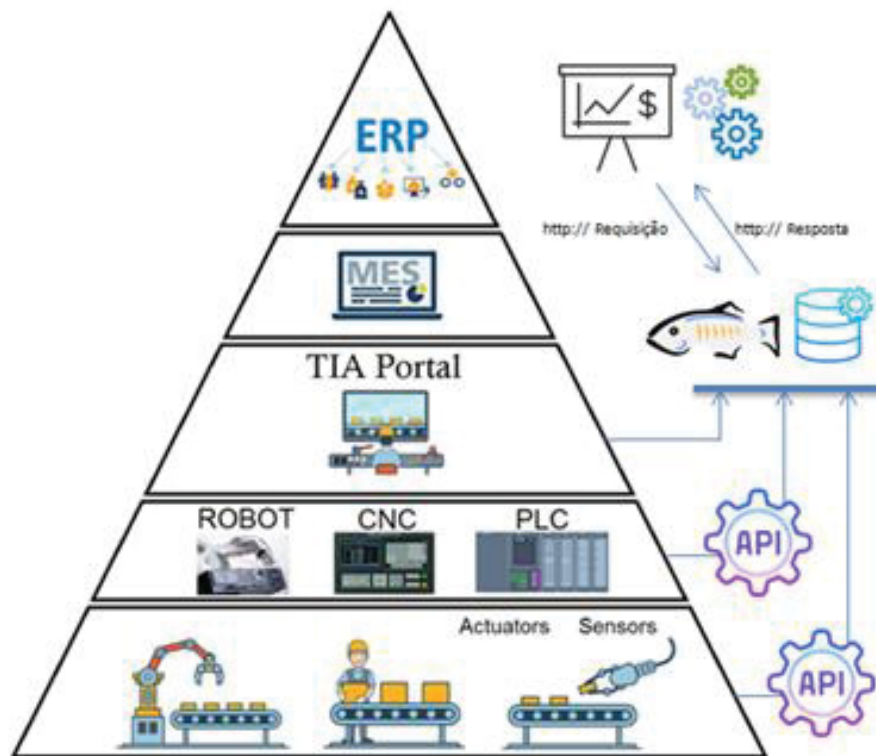
FONTE: OS AUTORES (2022)

Para esse, a utilização de equipamentos industriais, como um servidor que possui 2 placas de rede, uma que se interligará com a rede N1 dos equipamentos onde receberá os dados e a outra com a rede E1, onde poderá ser consultado gráficos pré-estabelecidos ou baixar os dados para pesquisas mais específicas.

A coleta e consulta dos dados não se interligarão com Sistemas MES ou ERP neste momento.

A Figura 10 proporciona a visualização dos dispositivos em formato piramidal, de acordo com o funcionamento e integração de cada componente e a interligação dos dados.

FIGURA 10 – DETALHAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.



FONTE: OS AUTORES (2022).

Segundo (SAATMAN,V;2022), o OPC DA é um padrão de comunicação onde cria-se grupos cliente-servidor. Desta forma, dispositivos de aquisição de dados como CLPs podem gerar tráfego de dados contínuo em tempo real. Esses dados podem ser lidos, gravados e monitorados durante os processos. A partir de agora, interfaces como IHM, SCADA, MES mantêm seu tráfego de dados no servidor criado.

3.3.1. Redes

A interligação das redes ocorrerá de forma topológica estrela, que conforme comentado anteriormente em 3.2 Projeto Intermediário, a rede E1 se ligará a rede N1 para acesso aos dados dos equipamentos, conforme a Figura 11 exemplifica.

A estrutura gráfica estrela, em outras palavras, topologia estrela tem esse nome devido a aparência que a rede tem com todos os links e nós gerando conexões entre os dispositivos.

É a configuração mais usual atualmente, onde a rede é organizada de forma que os nós sejam conectados a um hub central, que atua como um servidor. O hub

gerencia a transmissão de dados pela rede. Ou seja, qualquer dado enviado pela rede viaja pelo hub central antes de terminar em seu destino.

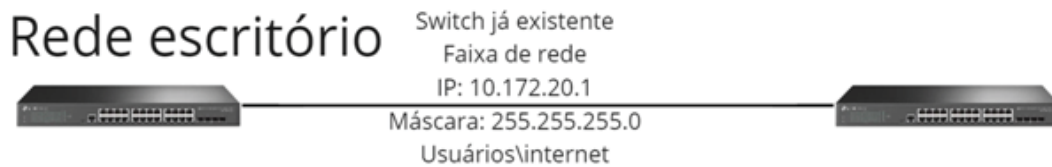
A literatura traz prós e contras dessa estrutura, conforme a Tabela 3 alude:

TABELA 4 – PRÓS E CONTRAS DA TOPOLOGIA ESTRELA

Prós	Contras
Gerenciamento de local central;	Falha em hub central ocasiona queda total da rede;
Falha em nó não impacta no funcionamento da rede;	Desempenho limitado pelo nó central;
Dispositivos podem ser adicionados e removidos sem interrupção de rede;	Largura de banda limitado pelo nó central;
Boa identificação de problemas de desempenho;	Preço elevado;

FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 11 – EXEMPLIFICAÇÃO DA INTERLIGAÇÃO DAS REDES.

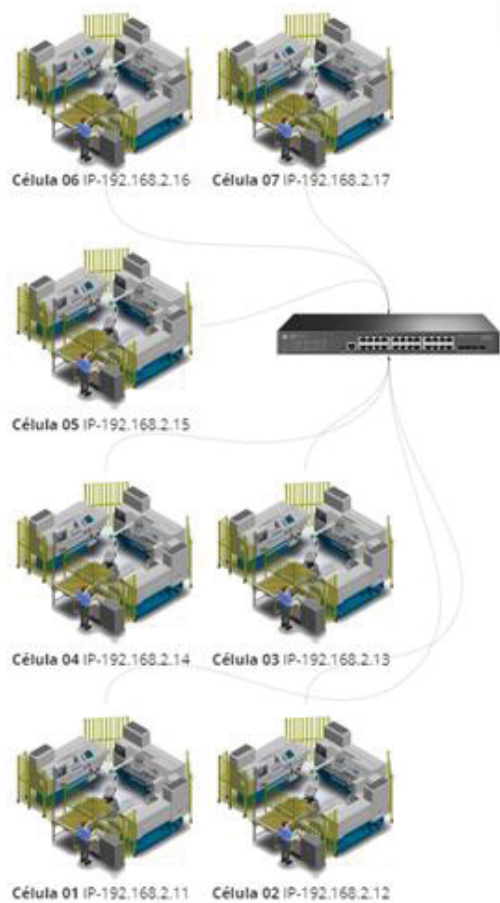


FONTE: OS AUTORES (2022).

O servidor realizará a interligação das redes como um firewall, conforme citado anteriormente. Para que isso ocorra, o servidor será munido de 02 placas de rede, uma na faixa da rede E1 com IP 10.172.20.10, onde será disponibilizado aos usuários os gráficos e dados para serem tratados, e para a rede N1, a faixa de IP a ser utilizada pelo servidor será o endereço IP 192.168.2.10 que permitirá a coleta dos dados dos equipamentos C1, C3 e C6.

Dessa forma a interligação entre os equipamentos C1, C3 e C6, a rede N1 e o servidor, serão executadas de forma segura apenas com uma via de recebimento de dados, sem vínculo com a internet externa (Figura 12).

FIGURA 12 – INTERLIGAÇÃO DA REDE N1 COM OS EQUIPAMENTOS.



FONTE: OS AUTORES (2022).

3.3.2. Hardware

Na parte de hardware, foi pensado em equipamentos que oferecessem longa durabilidade e bom funcionamento, deste modo, foi optado por alguns modelos que constituirão toda a infraestrutura.

3.3.2.1. Servidor Siemens SIMATIC IPC

O servidor Siemens SIMATIC IPC oferece uma plataforma flexível com disponibilidade de longo prazo para equipamentos industriais.

O SIMATIC IPC fará a ligação entre os dispositivos de coleta da rede N1 e a rede E1, conforme citado no 3.3.1 Redes, onde resultará em um amplo banco de dados com as informações coletadas.

3.3.2.2. CLP S7-300

FIGURA 13 – CLP S7 - 300.



FONTE: SIEMENS (2022).

O CLP SIMATIC S7-300 (Figura 13) pode ser utilizado em variadas aplicações, por se tratar de um controlador universal, o SIMATIC S7-300 possui uma geometria estética modular que permite economizar espaço de instalação, módulos que podem ser combinados individualmente, além de ser habilitado para expansões de sistemas centrais ou criar estruturas descentralizadas de acordo com o comando exigido.

O sistema desse dispositivo inclui: diferentes CPUs que estão disponíveis para diferentes faixas de desempenho, incluindo CPUs com entradas/saídas integrais e as funções correspondentes, bem como CPUs com PROFIBUS DP, PROFINET e interfaces ponto-a-ponto integrais, módulos de sinal (SMs) para entradas/saídas digitais e analógicas, processadores de comunicação (CPs) para conexão de barramento e conexões ponto a ponto, módulos de função (FMs) para contagem de alta velocidade, posicionamento (malha aberta/malha fechada) e controle PID, alimentação de corrente de carga (PS) para a conexão do SIMATIC S7-300 a uma tensão de alimentação de 120/230 V AC e módulos de interface (IMs) para conectar o controlador central (CC) e as unidades de expansão (EUs) em configurações multicamadas.

O SIMATIC S7-300 permite ser operado com até 32 módulos distribuídos no CC e 3 EUs e possui diferentes interfaces de comunicação, como: processadores de comunicação para conexão aos sistemas de barramento AS-Interface, PROFIBUS e PROFINET/Ethernet industrial, módulos de comunicação para conexões ponto a ponto,

interface multiponto (MPI) integrada à CPU, conexão simultânea de PGs/PCs, sistemas HMI e outros sistemas de automação SIMATIC S7/C7.

3.3.2.3. SWITCH SCALANCE X216

FIGURA 14 – INTERLIGAÇÃO DA REDE N1 COM OS EQUIPAMENTOS.



FONTE: SIEMENS (2022).

O Switch SCALANCE X216 (Figura 14) dispõe de 16 portas RJ45 elétricas, sendo ideal para projetos de estruturas de linha Ethernet industrial, opera em anel óptico ou elétrico redundante e possui fácil integração no sistema de sinalização de falhas STEP7 por meio de diagnósticos PROFINET integrados e conectores compatíveis com PROFINET

Os benefícios que este dispositivo trás, são: a alta densidade de conexão dentro de um quadro de distribuição ou nas proximidades de um quadro de distribuição, alta imunidade a ruídos, montagem com o dispositivo S7-300 e opções versáteis de diagnóstico e gestão (contato de sinalização, acesso remoto via SNMP e gerenciamento baseado na Web e PROFINET).

3.3.2.4. SIMATIC BOX PC SIEMENS

FIGURA 15 – INTERLIGAÇÃO DA REDE N1 COM OS EQUIPAMENTOS.



FONTE: SIEMENS (2022).

O SIMATC Box PC (Figura 15) é adequado para medir, controlar, regular e verificar dados de processo e equipamento, para processamento de imagens industriais ou para visualização descentralizada.

Baseado na tecnologia Nvidia Xavier Nx, o SIMATIC Box PC representa uma nova plataforma IPC que foi desenvolvida especialmente para aplicações baseadas em IA (Inteligência Artificial) em ambientes industriais.

O Box PC é caracterizado acima de tudo pelo alto poder de computação da CPU e GPU em combinação com um design extremamente compacto e sem ventoinhas para a indústria.

As características do SIMATC Box PC estão listadas na Tabela 4.

TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DO SIMATC BOX PC

Características Principais
CPU de 6 núcleos NVIDIA Carmel ARM®v8.2 de 64 bits (1,43 GHz);
GPU NVIDIA Jetson Xavier NX (384 núcleos de GPU);
8 GB de memória de trabalho
16 GB de armazenamento em massa (eMMC)
4x Gigabit Ethernet (2x PoE);
4x USB - dos quais 3x USB 3.0;
1x Slot para cartão micros;
1x Slot para cartão SIM;
1x COM (RS232/485);
1x DisplayPort;
4x Entrada digital e 2x saída digital (24V);
2x mPCIe (interno);

FONTE: SIEMENS (2022).

3.3.3. Base de Dados

Para o desenvolvimento da base de dados, a escolha a ser utilizada é o Microsoft SQL Server Express.

A edição Express é o banco de dados gratuito de nível de entrada, ideal para criação de aplicativos de área de trabalho e aplicativos controlados por dados de pequenos servidores. Como o presente trabalho se trata apenas de um projeto protótipo, não seria válido obter um banco de dados completo e pago para a pequena quantidade de equipamentos gerenciados, que no caso são apenas três.

Porém, sendo uma boa escolha para softwares independentes, é possível adquirir atualizações futuras para recursos mais avançados e sofisticados do SQL Server.

No entanto, o SQL Server Express Local DB é uma versão leve do Express que tem todos os seus recursos de programação, é executado no modo de usuário, possui uma instalação rápida e sem nenhuma configuração e uma lista curta de pré-requisitos.

O gerenciamento de todo o banco de dados fornecido pelo SQL Server Express, será através do SSMS.

O SSMS (SQL Server Management Studio) é um ambiente integrado para gerenciar qualquer infraestrutura SQL, onde esse fornece ferramentas para configurar, monitorar, atualizar e administrar instâncias do SQL Server e os componentes da camada de dados usados pelos seus aplicativos.

FIGURA 16 – INTERLIGAÇÃO DA REDE N1 COM OS EQUIPAMENTOS.

SQLQuery1.sql - not connected

```

/***** Script for SelectTopRows command from SMS *****
SELECT [id]
      ,[data]
      ,[Equipamento]
      ,[Operador]
      ,[Serial]
      ,[Produto]
      ,[TipoProduto]
      ,[Lote]
      ,[StatusProduto]
      ,[Min]
      ,[Max]
      ,[Resultado]
      ,[ModoOperacao]
      ,[StatusEquipamento]
FROM [cs].[dbo].[Geral]

```

id	data	Equipamento	Operador	Serial	Produto	TipoProduto	Lote	StatusProduto	Min	Max	Resultado	ModoOperacao	StatusEquipamento
110261	789900	2022-09-19 09:17:28 000	C3	122874	19V.. Bomb..	VBO608	3361	Reprovado	20	40	16	Auto	Em Operação
110262	789901	2022-09-19 09:18:44 000	C1	188815	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	Manual	Manutenção
110263	789902	2022-09-19 09:19:06 000	C3	122874	19V.. Bomb..	VBO608	3361	Aprovado	20	40	26	Auto	Em Operação
110264	789903	2022-09-19 09:19:12 000	C2	188845	19V.. Bomb..	VBO358	2247	Aprovado	20	40	37	Auto	Em Operação
110265	789904	2022-09-19 09:20:23 000	C1	188815	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	Manual	Manutenção
110266	789905	2022-09-19 09:20:41 000	C3	122874	19V.. Bomb..	VBO608	3361	Aprovado	20	40	36	Auto	Em Operação
110267	789906	2022-09-19 09:21:22 000	C2	188845	19V.. Bomb..	VBO358	2247	Aprovado	20	40	24	Auto	Em Operação
110268	789907	2022-09-19 09:22:02 000	C1	188815	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	Manual	Manutenção
110269	789908	2022-09-19 09:22:16 000	C3	122874	19V.. Bomb..	VBO608	3361	Reprovado	20	40	17	Auto	Em Operação
110270	789909	2022-09-19 09:23:32 000	C2	188845	19V.. Bomb..	VBO358	2247	Aprovado	20	40	32	Auto	Em Operação
110271	789910	2022-09-19 09:23:42 000	C1	188815	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	Manual	Manutenção
110272	789911	2022-09-19 09:23:51 000	C3	122874	19V.. Bomb..	VBO608	3361	Aprovado	20	40	23	Auto	Em Operação
110273	789912	2022-09-19 09:25:24 000	C1	188815	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	Manual	Manutenção
110274	789913	2022-09-19 09:25:29 000	C3	122874	19V.. Bomb..	VBO608	3361	Reprovado	20	40	43	Auto	Em Operação
110275	789914	2022-09-19 09:25:36 000	C2	188845	19V.. Bomb..	VBO358	2247	Aprovado	20	40	26	Auto	Em Operação
110276	789915	2022-09-19 09:27:03 000	C1	188815	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	Manual	Manutenção
110277	789916	2022-09-19 09:27:04 000	C3	122874	19V.. Bomb..	VBO608	3361	Aprovado	20	40	32	Auto	Em Operação
110278	789917	2022-09-19 09:27:45 000	C2	188845	19V.. Bomb..	VBO358	2247	Reprovado	20	40	19	Auto	Em Operação
110279	789918	2022-09-19 09:28:41 000	C3	122874	19V.. Bomb..	VBO608	3361	Aprovado	20	40	27	Auto	Em Operação
110280	789919	2022-09-19 09:28:42 000	C1	188815	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	Manual	Manutenção
110281	789920	2022-09-19 09:29:55 000	C2	188845	19V.. Bomb..	VBO358	2247	Aprovado	20	40	20	Auto	Em Operação
110282	789921	2022-09-19 09:30:15 000	C3	122874	19V.. Bomb..	VBO608	3361	Reprovado	20	40	15	Auto	Em Operação

FONTE: OS AUTORES (2022).

3.3.4. Software Servidor

A responsabilidade da coleta de informações e acessos será por parte do sistema WEB intranet, que será adquirido e instalado.

O servidor de aplicativos de software de código aberto, GlassFish oferece suporte a tecnologias como JSP, JSF, Serverlets, EJBs, API Java, JAXB, JPA, RMI, entre outros, permitindo que os desenvolvedores tenham uma ótima plataforma para elaborar aplicativos escaláveis e portáteis.

Utilizando a tecnologia Java EE (Edição Empresarial) será a montagem do site acesso, API de envio, conexão ao banco dados SQL Server com a utilização de Serverlets e páginas html, JSP e javascript

Os arquivos JSP são uma forma de implementar o conteúdo da página dinâmica do lado do servidor. Eles permitem que seja incluído conteúdo nas páginas html em um navegador da Web, antes que sejam enviadas para outro navegador.

Os Serverlets são programas do Java que geram conteúdo dinâmico e respondem a pedidos de clientes da Web, ou seja, quando o navegador envia um pedido para o servidor, o servidor pode enviar as informações do pedido para um servlet, para que o ele possa construir a resposta que é enviada de volta para o navegador.

Utilizando esse paradigma, é possível fazer com que a lógica de negócios seja controlada por Java Beans, a lógica de apresentação seja controlada por JSPs (JavaServer Pages) ou arquivos HTML e o protocolo HTTP seja controlado por um servlet.

O HTML, citado acima, é o conjunto de dados que, se estruturados, permite ao usuário construir um website, segundo a definição dada pelo criador Tim Berners-Lee em 1991. A sigla, é para HyperText Markup Language — Linguagem de Marcação de Hipertexto —, o HTML é o componente base da web. Em outras palavras, quer dizer que ele permite a construção de websites e a inserção de novos conteúdos, como imagens e vídeos, por meio dos hipertextos.

O JavaScript é uma linguagem de programação de alto nível voltada para o desenvolvimento web, criada originalmente para funcionar do lado do usuário, ou seja, nos navegadores, além de permitir controlar os elementos de uma página em tempo real, sem necessariamente ter que receber os dados ou uma resposta do servidor. Possui uma linguagem de programação funcional e imperativa, versátil, com tipagem dinâmica, sintaxe acessível, e recursos avançados como orientação a objetos e APIs para trabalhar com textos, matrizes, datas e expressões regulares.

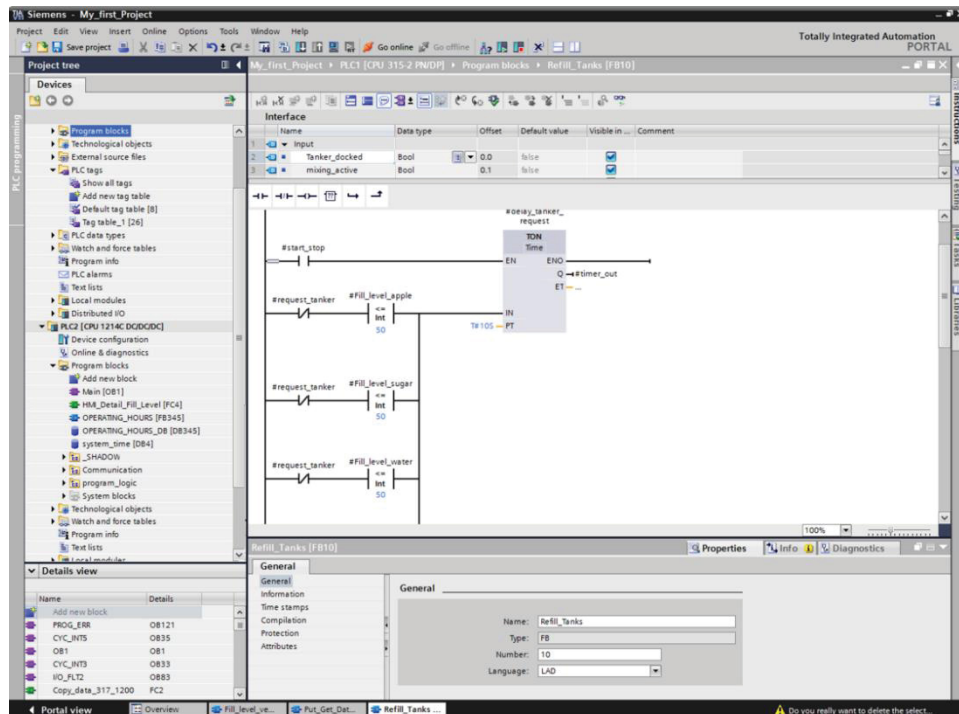
A sigla API deriva da expressão inglesa Application Programming Interface que, traduzida para o português, pode ser compreendida como uma interface de programação de aplicação. Sendo, os APIs são mecanismos que permitem que dois componentes de software se comuniquem usando um conjunto de definições e protocolos.

O NetBeans IDE é um ambiente de desenvolvimento integrado de código aberto e gratuito para a criação de aplicativos nos sistemas operacionais Windows, Mac, Linux e Solaris, além de suportar versões de JDK, Java EE e JavaFX. e simplificar o desenvolvimento de aplicativos da Web que usam as plataformas Java e HTML5.

3.3.5. Software Equipamentos

3.3.5.1. *TIA Portal*

FIGURA 17 – INTERFACE TIA PORTAL.



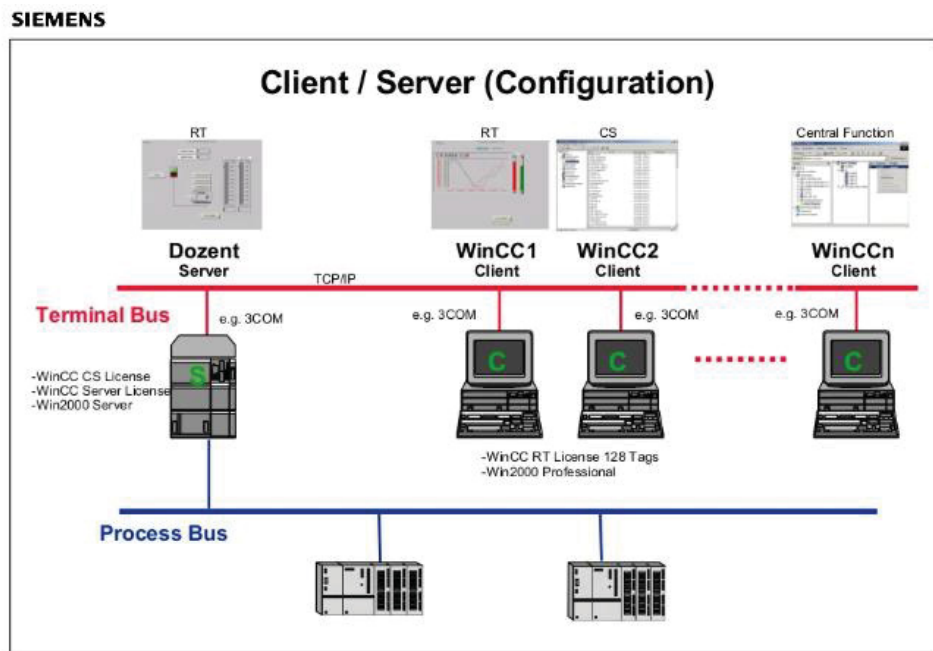
FONTE: OS AUTORES (2022).

O TIA Portal (Totally Integrated Automation) da Siemens, lançado em 2010, permite que o usuário realize tarefas de automação e acionamento de forma rápida e intuitiva usando configurações eficientes.

O software possibilita integrar todos os principais componentes do projeto de automação: controle, IHM, inversores, periféricos descentralizados, gerenciamento de motores e agora também controle de movimento e distribuição de energia. Como parte do Digital Enterprise Suite, juntamente com o PLM e o MES, ele é destinado para empresas em seu caminho para a Indústria 4.0.

3.3.5.2. WinCC

FIGURA 18 – ESTRUTURAÇÃO SOFTWARE EQUIPAMENTOS.



FONTE: SIEMENS (2022).

O WinCC propicia criar interfaces de usuário livremente com uma grande variedade de recursos gráficos e capacidade de reutilização de todos os elementos. Isso economiza tempo e dinheiro, pois cada design pode ser usado em um painel e em um sistema de PC. Graças ao uso de gráficos baseados em vetor (SVG), as imagens podem ser dimensionadas conforme desejado, mantendo-se cristalinas. O suporte a HTML5 torna possível monitorar e controlar equipamentos e plantas por meio de dispositivos móveis.

Graças às suas interfaces poderosas e abertas, WinCC é capaz de integrar outras ferramentas de software (por exemplo, do ambiente de TI) e integrá-las em um conceito operacional. Isso o torna uma plataforma de integração para vincular dados de produção com dados do mundo de TI. O software também oferece acesso a interfaces abertas, as mais recentes tecnologias da web e integração rigorosa, para que possa implementar os mais avançados conceitos de visualização no TIA Portal, de forma fácil e rápida.

Para outras aplicações, o WinCC oferece opções para calcular indicadores-chave de desempenho e planejamento estruturado de processos de produção, processos para controlar e monitorar processos controlados por receita podem ser orquestrados mais rapidamente e adaptados com mais facilidade.

3.3.6. Aplicações

Foram desenvolvidas telas para visualização e extração das informações para cada um dos equipamentos estudados e elucidados neste documento, que são: C1, C3 e C6 situadas na produção P1 citadas no ponto 3.1.1. A Figura 19 representa como a performance de cada equipamento está em tempo real com o monitoramento protótipo.

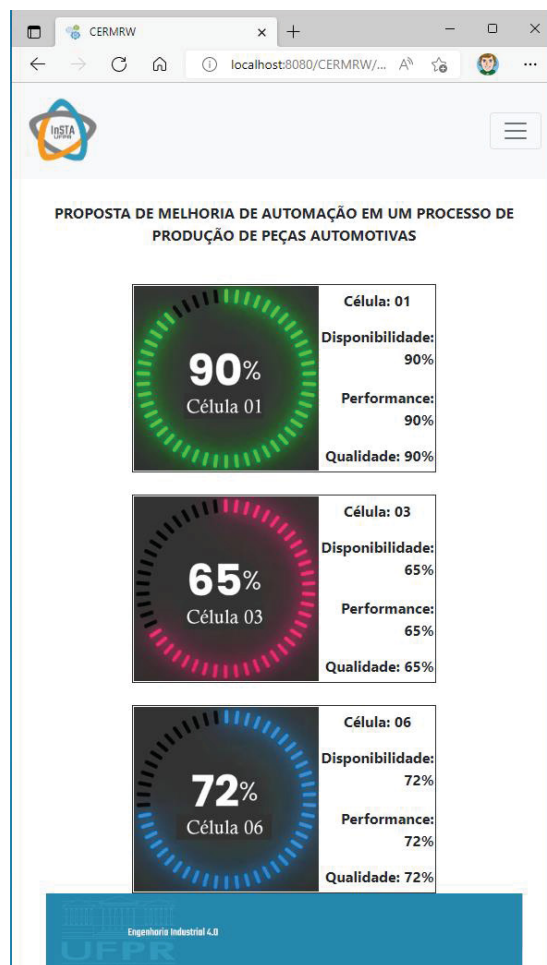
FIGURA 19 – PERFORMANCE DOS EQUIPAMENTOS MONITORADOS.



FONTE: OS AUTORES (2022).

A tela foi feita com códigos que a torna responsiva, desta forma, é possível utilizar a mesma para visualizações em celulares e tablets. A dinâmica da tela permite que, ao ser diminuída - o tamanho da janela - os gráficos se alteram de colunas para linhas como é representado na Figura 20 logo a seguir:

FIGURA 20 – REPRESENTAÇÃO DE TELA EM CELULAR OU TABLET.



FONTE: OS AUTORES (2022).

Para a realização do cadastro de cada equipamento, a Figura 21 mostra que tipo e como as configurações de conexão com os equipamentos são inseridas, sendo elas: célula (equipamento) e IP. Um ponto importante a ser citado é que, se deve listar somente os equipamentos que são ativos, porém a possibilidade de alterar ou excluir itens já listados.

FIGURA 21 – CONFIGURAÇÃO E CADASTRAMENTO DE EQUIPAMENTO.

Adicionar novos Equipamentos

Célula:

IP:

Ativada:

Salvar ✓

Equipamentos Cadastrados

id	Célula	IP	Ativada	Ações
1	01	192.168.2.11	Sim	
2	02	192.168.2.12	Não	
3	03	192.168.2.13	Sim	
4	04	192.168.2.14	Não	
5	05	192.168.2.15	Não	
6	06	192.168.2.16	Sim	
7	07	192.168.2.17	Não	

Engenharia Industrial 4.0
UFPR

FONTE: OS AUTORES (2022).

A tela de monitoramento dos equipamentos foi inserida para demonstrar quais estão cadastradas, seus status, data e hora do último valor recebido, entre outros, como pode ser observado na Figura 22, onde os equipamentos ativos e com comunicação ficam destacados, além de todos os itens cadastrados exibidos.

FIGURA 22 – CONFIGURAÇÃO E CADASTRAMENTO DE EQUIPAMENTO.

Status

Célula: 01
IP: 192.168.2.11
Ativa: Sim

Célula: 02
IP: 192.168.2.12
Ativa: Não

Célula: 03
IP: 192.168.2.13
Ativa: Sim

Célula: 04
IP: 192.168.2.14
Ativa: Não

Célula: 05
IP: 192.168.2.15
Ativa: Não

Célula: 06
IP: 192.168.2.16
Ativa: Sim

Célula: 07
IP: 192.168.2.17
Ativa: Não

Último Valor: 23/10/2022 22:28:50

Engenharia Industrial 4.0
UFPR

FONTE: OS AUTORES (2022).

Para facilitar a extração de dados, foi possibilitado a realização de consultas, onde, de forma simples, é possível gerar um arquivo de excel no formato CSV, com as utilizações de dados em sistemas diferentes de análise, sendo eles: Power bi, Orange, entre outros (FIGURA 23).

FIGURA 23 – TELA DE CONSULTA DE DADOS.

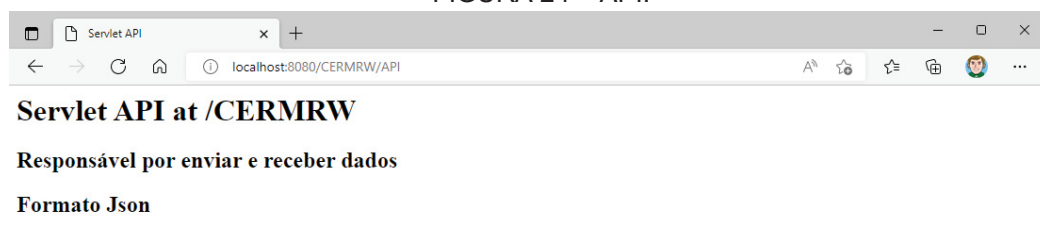
id	data	Equipamento Operador	Serial	Produto	TipoProduto	Lote	StatusProduto	Min	Max	Resultado	ModoOperacao	StatusEquipamento
670690	2022-08-01 00:11:20.000	C3	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
670691	2022-08-01 00:11:50.000	C1	1123891VBD425 A1469	Bomba d'Agua	VBD425	1190	Aprovado	20	40	34	Auto	Em Operação
670692	2022-08-01 00:11:57.000	C3	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
670693	2022-08-01 00:11:57.000	C2	1623881VBA425RL B2356	Bomba d'Agua	VBA425RL	2245	Aprovado	20	40	32	Auto	Em Operação
670694	2022-08-01 00:12:27.000	C1	1123891VBD425 A1470	Bomba d'Agua	VBD425	1190	Aprovado	20	40	24	Auto	Em Operação
670695	2022-08-01 00:12:33.000	C3	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
670696	2022-08-01 00:12:46.000	C2	1623881VBA425RL B2357	Bomba d'Agua	VBA425RL	2245	Aprovado	20	40	25	Auto	Em Operação
670697	2022-08-01 00:13:05.000	C1	1123891VBD425 A1471	Bomba d'Agua	VBD425	1190	Aprovado	20	40	31	Auto	Em Operação
670698	2022-08-01 00:13:09.000	C3	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
670699	2022-08-01 00:13:35.000	C2	1623881VBA425RL B2358	Bomba d'Agua	VBA425RL	2245	Aprovado	20	40	22	Auto	Em Operação
670700	2022-08-01 00:13:43.000	C1	1123891VBD425 A1472	Bomba d'Agua	VBD425	1190	Aprovado	20	40	24	Auto	Em Operação
670701	2022-08-01 00:13:46.000	C3	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

FONTE: OS AUTORES (2022).

A Figura 24 traz o API, que é responsável pelo envio e recebimento de dados e informações entre os equipamentos com o servidor. Para o armazenamento em sua base dados, podem ser enviados valores complementares ou consumir seus dados de outras fontes, como um aplicativo.

Para o envio de dados daqueles que não estavam contidos nos sistemas TIA Portal e PLC, é viável o desenvolvimento de um programa em python para envio dos dados através do API.

FIGURA 24 – API.



FONTE: OS AUTORES (2022).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento da produtividade de equipamentos mais antigos foi possível através da realização de uma análise mais próxima. A interligação e coleta dos dados permitiu seu acesso em tempo real, possibilitando acompanhar, comparar e visualizar a performance dos equipamentos, tempo de manutenção, desempenho de funcionários e qualidade do produto. Além da garantia que os dados manipulados estão diretamente sendo alimentados, evitando o retrabalho quando realizado de forma manual, onde é necessário ir até o equipamento, coletar a informação (arredondar valores, anotações rasuradas) e depois digitar novamente para um sistema, ocorreu uma maior confiabilidade na coleta de dados.

As melhorias implementadas, com o auxílio de ferramentas de visualização em tempo real, foram de essencial importância para alcançar os resultados.

Foi possível fornecer alguns gráficos pré-definidos, também disponibilizado a opção de baixar os dados em um arquivo csv para uma consulta mais aprimorada ou focada, utilizando os dados com uma grande gama de ferramentas de BI, como por exemplo Microsoft Power BI, Google Data Studio, BIRT, R, Orange.

A partir das implementações foi possível obter os resultados, conforme detalhado na tabela 5. Além das atividades detalhadas na cronoanálise, as quais puderam ser eliminadas, os ganhos puderam ser observados e quantificados nas atividades as quais anteriormente não eram mapeadas ou controladas de forma detalhada, como tempo de setup, panes, atividades da operação e dados da qualidade de produto. Apesar da precisão dos dados anteriores serem baixos, ainda existiam informações para um controle operacional, e com base nessas informações, foi possível fazer um comparativo entre o antes e com a utilização do protótipo.

TABELA 6 – RESULTADOS DOS TEMPOS

	Antes	Oportunidade	Depois
Setup	2,3h	Redução do tempo total de setup devido a quantidade de informações fornecidas, pelo detalhamento de cada ocorrido.	1,25h
Panes	1,35h p/ dia	Redução do tempo total das panes com a gestão dos tempos das pequenas paradas, com inserção de justificativas em cada parada.	0,65h p/ dia
Atividades da Operação	0,8h p/ dia	Detalhamento das paradas de fabricação.	0,15 p/ dia

Qualidade de Produto	37 unidades refugo/dia	Controle dos parâmetros de linha para apontamentos da capacidade de processo (ganho por controlar os parâmetros, eficiência, não ficar produzindo peças ruins)	15 unidades refugo p/ dia
Coleta de dados no processo	1,63h p/semana	Eliminação da coleta de dados manual no processo (conforme tabela 1).	0h p/ semana

FONTE: OS AUTORES (2022)

Levando em consideração o preço unitário de uma bomba em R\$ 65,00 e a fabricação de 1 bomba/min, temos os ganhos financeiros descritos na tabela 6, por dia.

TABELA 7 – RESULTADOS FINAIS

Atividade	Ganhos (R\$)
Setup	4.095,00
Panes	2.730,00
Atividades da Operação	2.535,00
Qualidade de Produto	1.430,00

FONTE: OS AUTORES (2022)

Considerando os 3 principais equipamentos, os quais apresentavam as maiores perdas, em uma possível implementação, obteve-se o saving conforme descrito na tabela 7.

TABELA 8 – SAVING

Descrição	Valores (R\$)
CUSTO IMPLEMENTAÇÃO PARA 3 EQUIPAMENTOS	68.200,00
BENEFÍCIO (CONSIDERANDO 1 ANO PARA 3 EQUIPAMENTOS)	561.080,00
PAYBACK	1,5 mês
BENEFÍCIO TOTAL	492.880,00

FONTE: OS AUTORES (2022)

5. CONCLUSÕES

A utilização da tecnologia, com a integração de dados possibilita a tomada de decisão de forma mais rápida. A possibilidade de dispor de dados coletados em tempo real alinhados com o tratamento de dados e dashboards que possibilitem a visualização dos mesmos, resultaram em informações de fundamental relevância para o negócio. Foi possível extrair e analisar as informações de modo a identificar os principais tipos de falha, dados de refugo e tempos de parada dos processos.

Todos os hardwares expostos aqui e metodologias de conectorização tem embasamento na teoria e já foram muito utilizados para aplicar conceitos similares ao proposto no trabalho vigente.

5.1. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos.

A integração de mais de uma ferramenta nos sistemas produtivos, visa a melhoria dos processos de forma que se torne mais ágil e eficaz. Por exemplo, softwares ERP (Enterprise Resource Planning), conhecido também como sistemas de gestão integrados, conseguem conectar as informações das mais diversas áreas do negócio: setor de vendas/marketing, setor de compras e recursos, setor de manufatura, manutenção, qualidade etc. O desenvolvimento de um fluxo de gestão integrado é tão importante quanto o desenvolvimento do software em si. Para isso, diversas áreas do conhecimento, no que tange as metodologias de gestão, são fundamentais para a realização do trabalho. Como sugestão, fica a construção de um modelo onde seja aplicável as ferramentas citadas a seguir:

- Conexão dos demais equipamentos;
- Criação Aplicativo para visualização das informações;
- Aplicação python para envio de dados;
- Conectar aos dados sistema MES;
- Conectar aos dados sistema ERP.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A Maneira Mais Inteligente e Rápida de Programar. Disponível em: < <https://www.oracle.com/br/tools/technologies/netbeans-ide.html> >. Acesso em: 23 out 2022.

ALDRIGHI, Dante Mendes; COLISTETE, Renato Perim. Industrial Growth and Structural Change. **Structural change and industrial development in the BRICS**, Oxford University Press, USA, v. 162, 2015.

ANTONY, Jiju. Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners. **International Journal of Productivity and Performance Management**, Emerald Group Publishing Limited, 2011.

Baixar o SQL Server Management Studio (SSMS). Disponível em: < <https://learn.microsoft.com/pt-br/sql/ssms/download-sql-server-management-studio-ssms?view=sql-server-ver16>>. Acesso em: 20 out 2022.

CAMPENHOUDT, Luc Van; QUIVY, Raymond. Manual de investigação em ciências sociais. **Gradiva Publicações**, 2008.

CLP SIMATIC S7 300. Disponível em: < <https://new.siemens.com/br/pt/produtos/automacao/controladores/simatic-s7-300.html>>. Acesso em: 18 out 2022.

COSTA, Filipe Martins da. **Construção de modelo de simulação de sistema puxado de produção para melhorias de eficiência.** 2011. Tese (Doutorado).

Edições e recursos com suporte do SQL Server 2019 (15.x). Disponível em: < <https://learn.microsoft.com/pt-br/sql/sql-server/editions-and-components-of-sql-server-2019?view=sql-server-ver16>>. Acesso em: 20 out 2022.

FABRO, C. **O que é API e para que serve? Cinco perguntas e respostas.** Disponível em: < <https://www.techtudo.com.br/listas/2020/06/o-que-e-api-e-para-que-serve-cinco-perguntas-e-respostas.ghtml>>. Acesso em: 23 out 2022.

GlassFish - O que exatamente é essa implementação. Disponível em: < <https://www.linuxadictos.com/pt/glassfish-que-es-implementacion.html#:~:text=Peixe%20de%20vidro%20%C3%A9%20um,apps%20que%20suportem%20esta%20especifica%C3%A7%C3%A3o> >. Acesso em: 22 out 2022.

JUNIOR, G. T.; SALTORATO, P. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v. 18, n. 2, p. 743-769, 2018.

LIKER, Jeffrey K; MEIER, David. **O modelo Toyota-manual de aplicação: um guia prático para a implementação dos 4Ps da Toyota.** [S.I.]: Bookman Editora, 2007.

MELO, D. **O que é JavaScript? [Guia para iniciantes].** Disponível em: < <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-javascript-guia-para-iniciantes/>>. Acesso em: 23 out 2022.

MOMBELLI, Elisa. Internet das coisas endereça preocupações com a segurança e a proteção dos dados. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 21, n. 4930, 30 dez. 2016. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/36756>. Acesso em: 17 out. 2022.

O que é HTML? Saiba como esse recurso funciona. Disponível em: < <https://www.totvs.com/blog/developers/o-que-e-html/>>. Acesso em: 23 out 2022.

O que é um Firewall? Definição e explicação. Disponível em: <<https://www.kaspersky.com.br/resource-center/definitions/firewall>>. Acesso em: 17 out 2022.

O que é uma API?. Disponível em: < <https://aws.amazon.com/pt/what-is/api/> >. Acesso em: 23 out 2022.

Os destaques das revoluções industriais e o caminho até o 4.0. Disponível em: <avozdaindustria.com.br>. Acesso em: 24 out 2022.

RITZMAN, LP; KRAJEWSKI, LJ. **Production management and operations**. [S.l.]: São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. **Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. [S.l.]: Lean Institute Brasil São Paulo, 2002.

SAATMAM, V. **OPC DA: Tudo o que você precisa saber sobre OPC Data Access**. Disponível em: <<https://www.logiquesistemas.com.br/blog/opc-da>>. Acesso em: 17 out 2022.

Servlets. Disponível em: < <https://www.ibm.com/docs/pt-br/rsas/7.5.0?topic=servlets-> >. Acesso em: 23 out 2022.

SMALLEY, Art. Conectando a Montagem aos Processos em Lotes através de Sistemas Puxados Básicos. **Lean Institue Brasil. Artigo disponivel em <http://www.lean.org.br>**, 2005.

SNEE, Ronald D; HOERL, Roger W. **Integrating lean and Six Sigma-a holistic approach**. In: ASQ, 3. SIX Sigma Forum Magazine. [S.l.: s.n.], 2007.

Tecnologia JSP (JavaServer Pages). Disponível em: < <https://www.ibm.com/docs/pt-br/rsas/7.5.0?topic=files-javascript-pages-jsp-technology> >. Acesso em: 23 out 2022.

Topologia de Rede: Conheça os principais tipos. Disponível em: < <https://www.internationalit.com/post/topologia-de-rede-conhe%C3%A7a-os-principais-tipos>>. Acesso em: 17 out 2022.

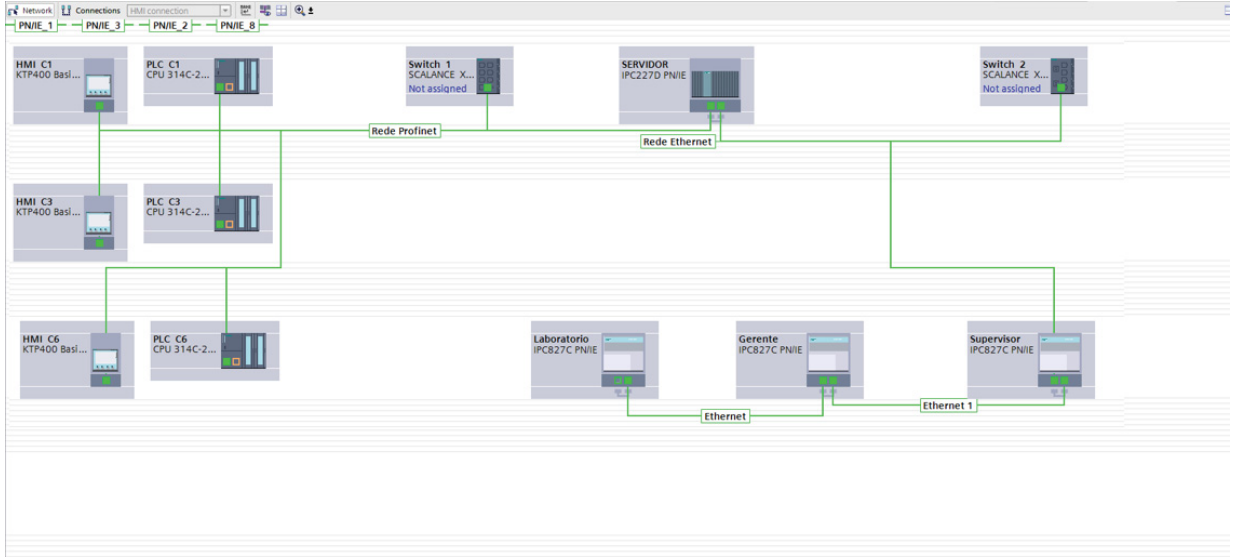
Totally Integrated Automation Portal. Disponível em: < <https://new.siemens.com/br/pt/produtos/software/industria/automacao/tia-portal.html>>. Acesso em: 22 out 2022.

TROPIA, C. E. Z.; SILVA, P. P.; DIAS, A. V. C. Indústria 4.0: uma caracterização do sistema de produção. In: **XVII Congresso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica**, ALTEC 2017, Cidade do México.

WinCC Unified cresce de acordo com os requisitos de sua aplicação. Disponível em: <<https://new.siemens.com/br/pt/produtos/automacao/simatic-hmi/wincc-unified/software.html>>. Acesso em: 22 out 2022.

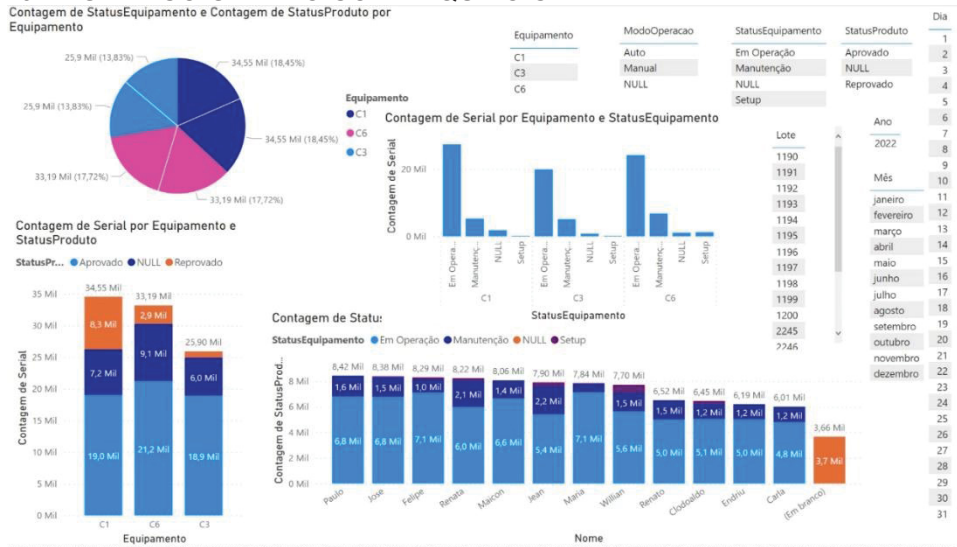
7. APÊNDICE

APENDICE 01 – DIAGRAMA DE REDE MÁQUINAS



FONTE: OS AUTORES (2022).

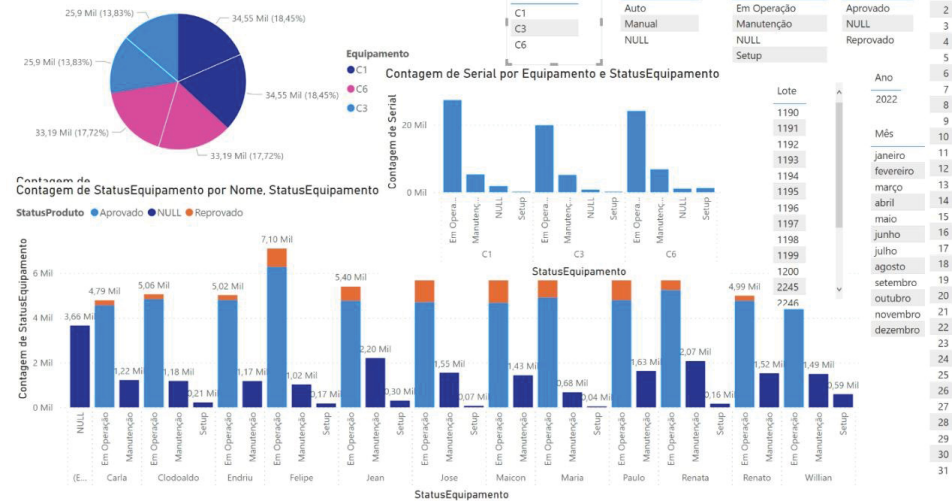
APENDICE 02 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV



FONTE: OS AUTORES (2022).

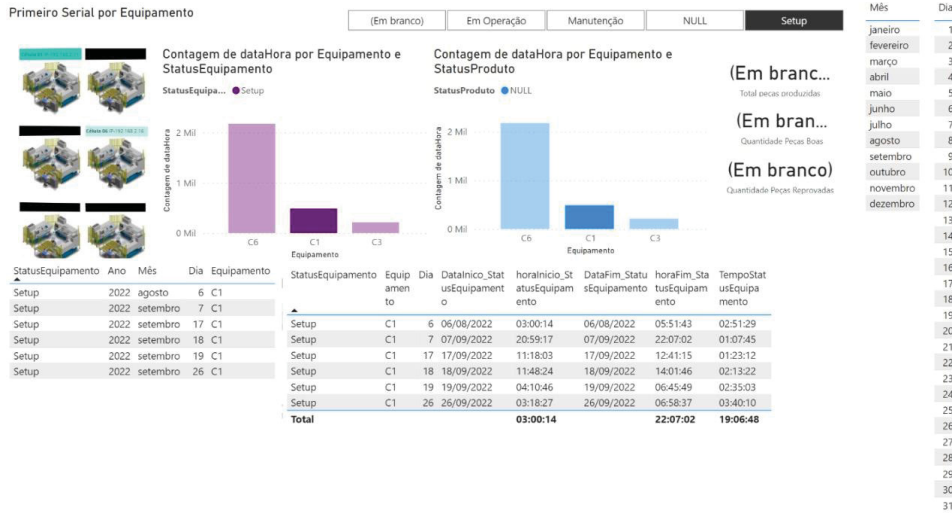
APENDICE 03 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV

Contagem de StatusEquipamento e Contagem de StatusProduto por Equipamento



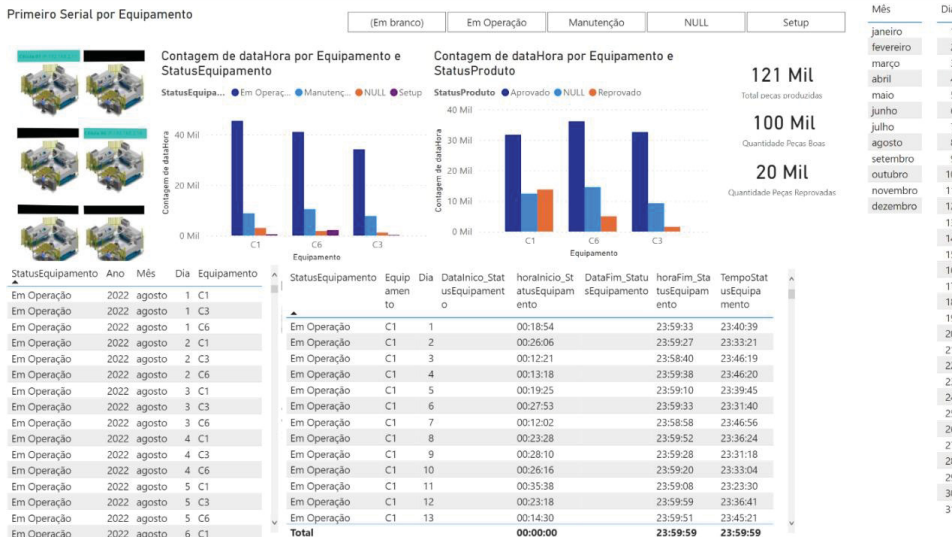
FONTE: OS AUTORES (2022).

APENDICE 04 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV



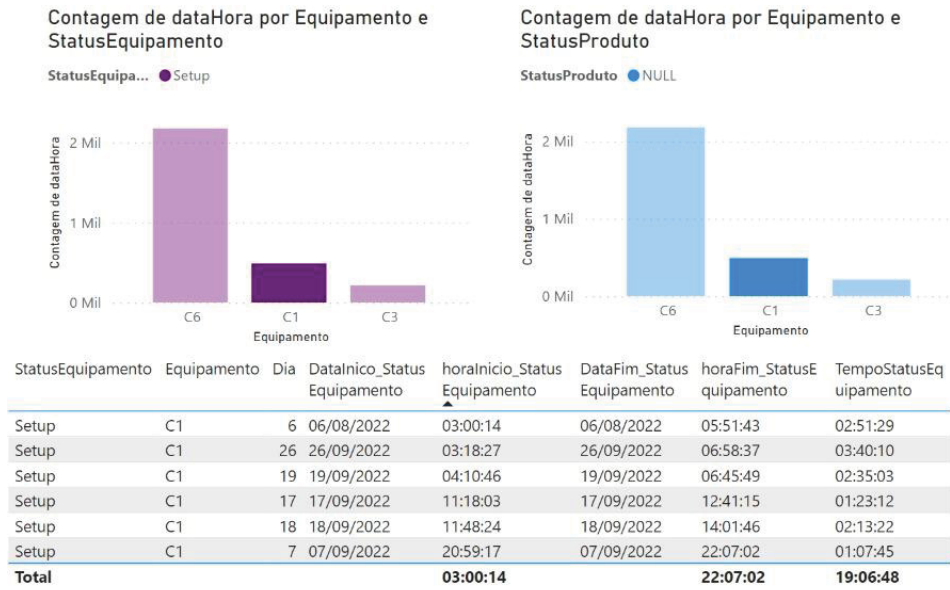
FONTE: OS AUTORES (2022).

APENDICE 05 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV



FONTE: OS AUTORES (2022).

APENDICE 06 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV



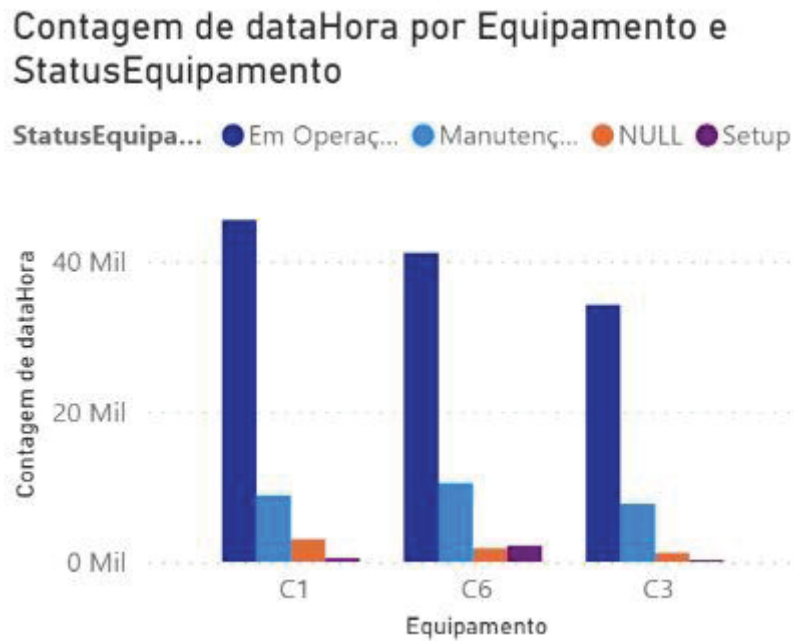
FONTE: OS AUTORES (2022).

APENDICE 07 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV

StatusEquipamento	Equipamento	Dia	Datalnico_Status Equipamento	horalnicio_Status Equipamento	DataFim_Status Equipamento	horaFim_StatusE quipamento	TempoStatusEq uipamento
Setup	C1	6	06/08/2022	03:00:14	06/08/2022	05:51:43	02:51:29
Setup	C1	26	26/09/2022	03:18:27	26/09/2022	06:58:37	03:40:10
Setup	C1	19	19/09/2022	04:10:46	19/09/2022	06:45:49	02:35:03
Setup	C1	17	17/09/2022	11:18:03	17/09/2022	12:41:15	01:23:12
Setup	C1	18	18/09/2022	11:48:24	18/09/2022	14:01:46	02:13:22
Setup	C1	7	07/09/2022	20:59:17	07/09/2022	22:07:02	01:07:45
Total				03:00:14		22:07:02	19:06:48

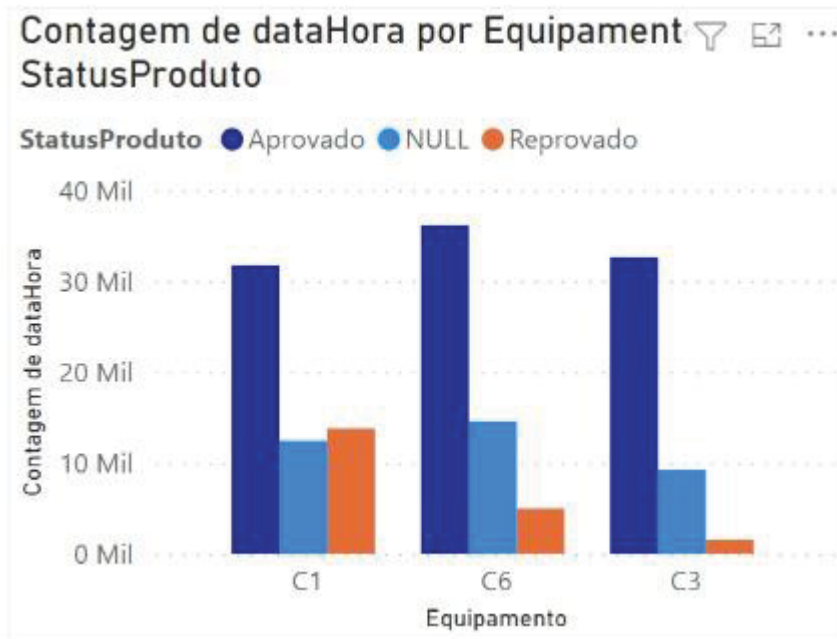
FONTE: OS AUTORES (2022).

APENDICE 08 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV



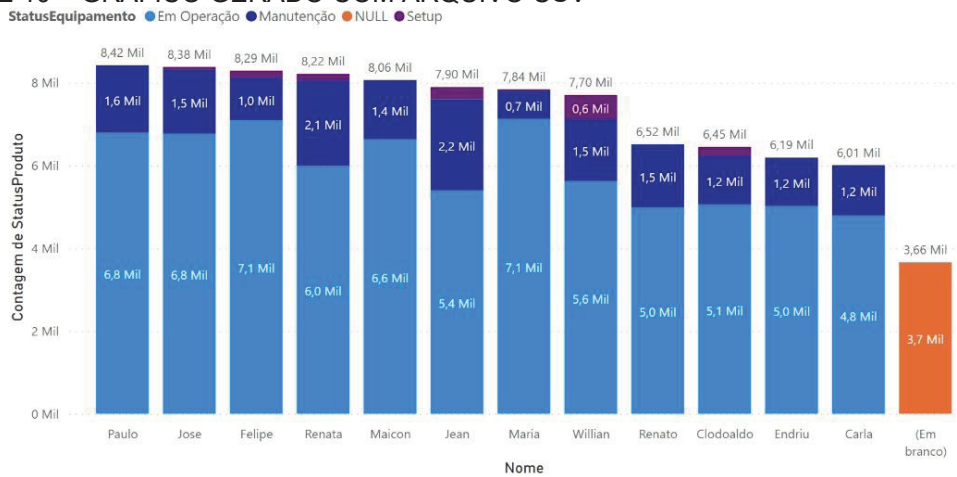
FONTE: OS AUTORES (2022).

APENDICE 09 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV



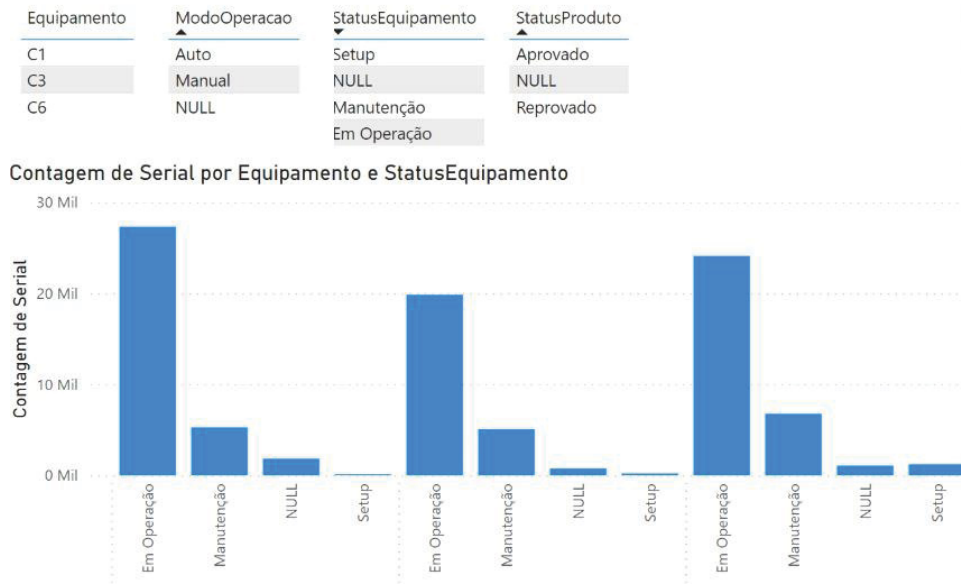
FONTE: OS AUTORES (2022).

APENDICE 10 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV



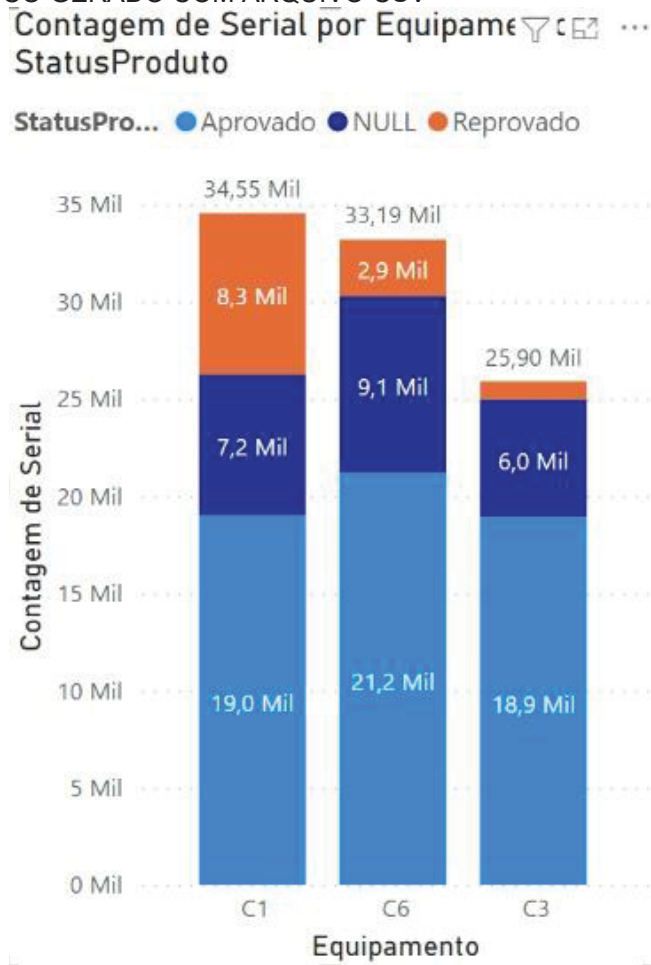
FONTE: OS AUTORES (2022).

APENDICE 11 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV



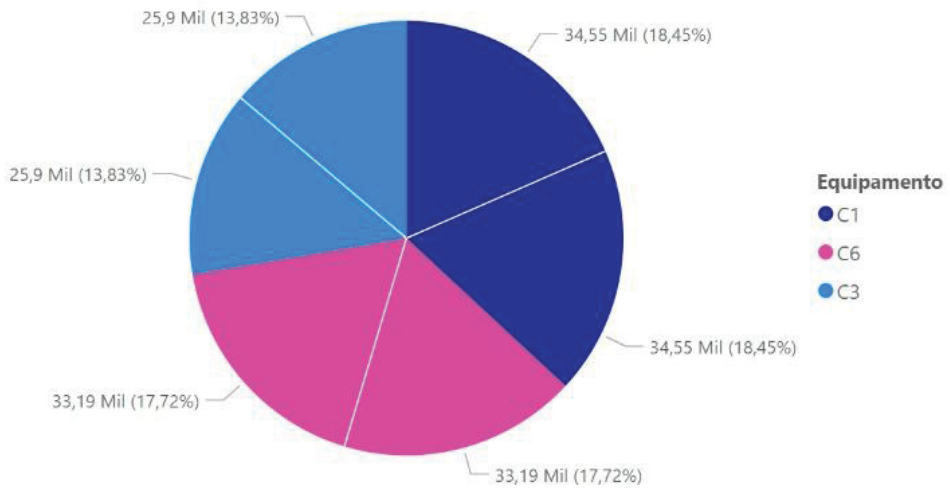
FONTE: OS AUTORES (2022).

APENDICE 12 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV



FONTE: OS AUTORES (2022).

APENDICE 13 – GRÁFICO GERADO COM ARQUIVO CSV
Contagem de StatusEquipamento e Contagem de StatusProduto por Equipam



FONTE: OS AUTORES (2022).