

OptiFlow

Obf!E|OM

MONITORAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO

ETS – ENGINEERING TECHNICAL SCHOOL
MECHATRONICS

ESCOLA E FACULDADE SENAI ROBERTO MANGE
CURSO TÉCNICO EM MECATRÔNICA

Júlia Ribeiro da Silva

Karolyne Victoria Cavalcante Ribeiro

Luiz Gustavo Penalves Cagnan

Mateus Pereira de França

DESCRIÇÃO TÉCNICA

Projeto integrador apresentado à Escola e Faculdade SENAI “Roberto Mange” unidade de campinas-SP como parte dos requisitos para obtenção do título de técnico em Mecatrônica.

Orientadores:

Prof. Wenison Santos

CAMPINAS – SP

2025

1 - INTRODUÇÃO.....	6
2 – PERDAS DA LINHA DE PRODUÇÃO.....	7
3 - MODIFICAÇÕES E IMPLEMENTAÇÕES MECÂNICAS	8
3.1 - Silo injetora.....	8
3.2 Esteira – flow rack.....	8
3.3 Caixa – mini estoque	9
4 - IMPLEMENTAÇÃO ELÉTRICA E ELETRÔNICA.....	9
4.1 - Composição elétrica e eletrônica	9
5 - CONSTRUÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE	10
5.1 - API e algoritmo de Machine Learn	10
5.1.1 - Sensores	10
5.1.2 - Regressão Linear	11
5.2 - Banco de dados.....	11
5.3 - Frontend e visualização.....	11
6. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO.....	13
6.1 - Mecânica.....	13
6.1.1 - Bancada	13
6.1.2 - Silo	13
6.1.3 - Mini estoque	13
6.2 - Elétrica	14
6.2.1 - Painel.....	14
6.3 - Programação.....	14
6.3.1 - Entrada de sinais	14
6.3.1.1 - Intertravamento de Sinais.....	14
6.3.1.2- Verificação de ciclo	14
6.3.1.3 – Envio para o algoritmo de regressão	15
6.3.1.4 - Detecção de quebra de ciclo	15
6.3.2 - Regressão linear.....	15
6.3.3 - Injeção dos dados e processo	16
6.3.3.1 - Dados do Silo	16
6.3.3.2 – Dados do Flow Rack	17

6.3.3.3 – Dados dos Conectores	18
6.4 - Telas de exibição	19
6.4.1 - Tela de Monitoramento em Tempo Real (Abastecedor)	19
6.4.2 - Tela de Cadastro.....	20
6.4.3 - Tela de Login.....	20
6.4.4 - Tela de gerenciamento	20
7 - IMPLEMENTAÇÃO NO AMBIENTE INDUSTRIAL	20
7.1 - Modificação mecânica na bancada fabril	20
7.2 - Modificação mecânica no silo.....	21
7.3 - Modificação mecânica no Flow rack.....	21
7.4 - Modificação meio físico de comunicação	21
7.5 - Modificações em sistema	23
7.6 - Modificações elétricas	23
8 - ARQUITETURA DO PROJETO	24
9 – DESENHOS MECÂNICOS.....	25
9.1 - Bancada.....	25
9.1.1 - Bancada detalhada.....	25
9.2 - Caixa	25
9.2.1 - Caixa detalhada	25
9.3 - Esteira	25
9.3.1 - Esteira detalhada	25
9.4 - Painel.....	25
9.4.1 - Fundo do painel	25
9.4.2 - Painel detalhado	25
9.5 - Silo	25
9.5.1 - Silo detalhado	25
9.5.2 - Silo planificado	25
9.6 - Suporte do sensor keyence.....	25
9.6.1 - Suporte de sensor keyence detalhado	25
9.6.2 - Tampa do suporte do sensor keyence.....	25
9.7 - Suporte do sensor	25

9.7.1 - Suporte do sensor detalhado	25
9.7.2 - Tampa do suporte do sensor	25
10 – DIAGRAMA ELÉTRICO	26
10.1 - Diagrama do painel.....	26
11 – DIAGRAMA DO SISTEMA	27
11.1 - Diagrama da programação	27
11.2 - Diagrama do banco de dados	27
12 – RESULTADO ESPERADO	28

1 - INTRODUÇÃO

Diante do contexto dinâmico das operações industriais e do constante avanço tecnológico, é cada vez mais necessário adaptar os processos de trabalho às inovações que visam otimizar a eficiência e a segurança no ambiente produtivo. O uso de tecnologias emergentes, como sensores e inteligência artificial, surge como uma solução para monitorar e controlar processos críticos de produção, garantindo que os trabalhadores possam operar de forma mais segura e eficiente.

No contexto do nosso projeto, a área requisitante identificou a necessidade de monitorar o reabastecimento de uma linha de trabalho que envolve múltiplos processos. Com isso, nossa equipe se comprometeu a desenvolver uma solução tecnológica para monitorar, em tempo real, o processo de reabastecimento por meio da integração de sensores, que serão conectados a uma Raspberry Pi equipada com uma inteligência artificial (IA) para fazer o controle e análise dos dados.

O objetivo principal desse projeto é fornecer aos reabastecedores informações precisas e oportunas sobre o estado do reabastecimento da linha de trabalho, assegurando a continuidade do processo sem interrupções e evitando falhas que possam afetar a produção.

Este documento tem como finalidade esclarecer as etapas e procedimentos envolvidos no projeto, garantindo a correta implementação dos sensores e da Raspberry Pi, assim como a configuração da inteligência artificial que será responsável pela análise dos dados. O manual também busca proporcionar um entendimento completo da operação do sistema, com foco em sua aplicabilidade prática para os reabastecedores.

Esperamos que este projeto contribua de forma significativa para a melhoria da eficiência operacional e da segurança no ambiente de trabalho, proporcionando uma solução tecnológica de monitoramento inteligente que atende às demandas do setor. Ao mesmo tempo, reforçamos que as diretrizes e responsabilidades relacionadas à operação do sistema estão claramente definidas nas etapas do projeto, sendo este manual uma ferramenta para garantir a correta utilização e manutenção do sistema de monitoramento de reabastecimento.

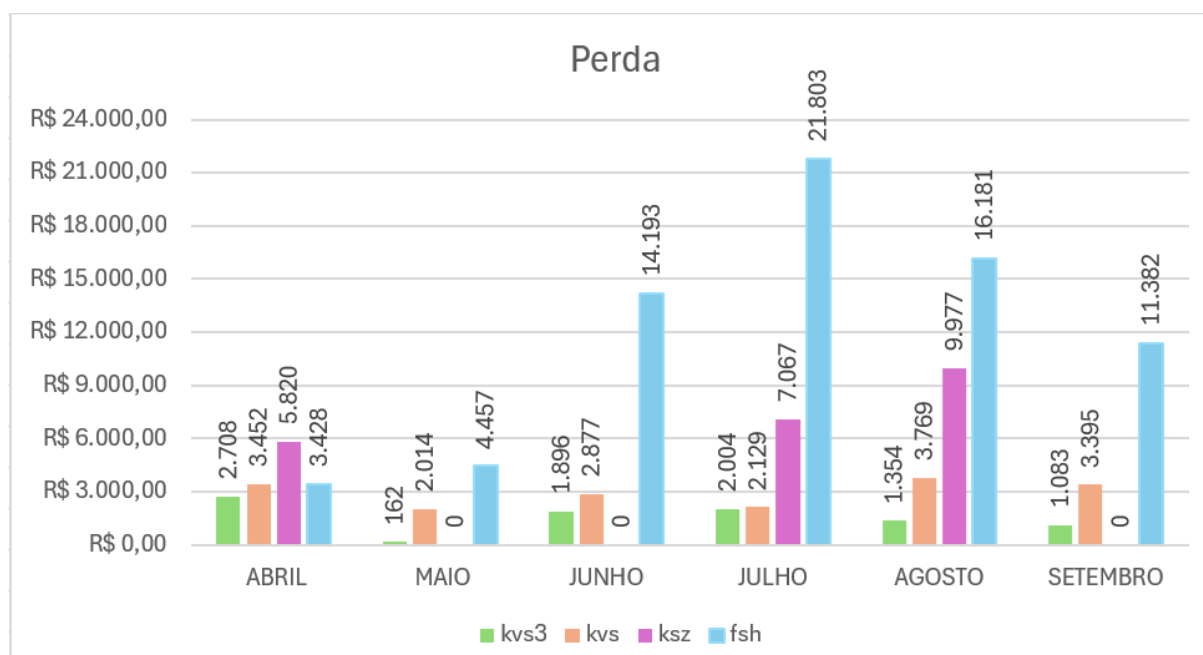
2 – PERDAS DA LINHA DE PRODUÇÃO

A análise dos dados apresentados no gráfico de “Perda de Lucro” evidencia impactos financeiros relevantes decorrentes de falhas no reabastecimento ao longo dos meses monitorados. As colunas representam os valores de perda, em reais, para quatro diferentes linhas ou setores identificados como *kvs3*, *kvs*, *ksz* e *fsh*, permitindo identificar padrões de ineficiência operacional diretamente associados à ausência de monitoramento em tempo real.

Observa-se que os setores *ksz* e, principalmente, *fsh* registraram as maiores perdas, com destaque para o mês de julho, onde o setor *fsh* atingiu o pico de R\$ 21.803,00 em perdas, seguido por R\$ 14.193,00 em junho e R\$ 16.181,00 em agosto. Esse comportamento indica um gargalo crítico no processo de reabastecimento, cuja falha comprometeu significativamente o desempenho produtivo.

Por outro lado, setores como *kvs3* e *kvs* apresentam perdas menores, mas constantes, sinalizando que, mesmo em áreas com impacto financeiro reduzido, ainda há espaço para otimização com a introdução do sistema de monitoramento proposto.

Esses dados reforçam a urgência da implementação de sensores e inteligência artificial embarcada para garantir o fluxo contínuo de materiais na linha de produção. A automação proposta tem potencial para reduzir drasticamente essas perdas ao alertar os reabastecedores em tempo real, prevenindo atrasos e interrupções no fornecimento de insumos essenciais.



3 - MODIFICAÇÕES E IMPLEMENTAÇÕES MECÂNICAS

A fim de visualizar o comportamento desses sensores em conjunção do sistema nos foi passado os ambientes críticos da linha de produção onde três postos com grande potencial de melhoria foram escolhidos.

Ao estudar como seria feitas as modificações necessárias, foi definido que como o projeto se trata de um protótipo, reconstruir os postos de forma fiel seria de certo modo desnecessário e precisaria de um tempo superior ao que nos foi proposto (6 meses). Partindo deste princípio foi elaborado um escopo de uma bancada onde ela é responsável por simular os três postos de trabalho.

3.1 - Silo injetora

O silo da injetora, responsável pelo armazenamento dos polímeros utilizados na fabricação da carcaça de ferramentas elétricas, é atualmente construído em material ferroso de coloração escura. Essa característica dificulta a visualização do nível de insumos em seu interior, ocasionando incertezas quanto ao momento ideal para o reabastecimento.

Diante desse desafio, optamos por desenvolver um silo, com dimensões reduzidas, no qual serão instalados dois sensores capacitivos em diferentes níveis. Essa escolha se justifica pela natureza plástica do material armazenado, que apresenta variações de nível durante o processo. A implementação dos sensores permitirá a criação de uma lógica de monitoramento precisa, possibilitando o controle eficaz do nível de insumo e, conseqüentemente, garantindo maior confiabilidade no abastecimento da injetora.

3.2 Esteira – flow rack

A esteira utilizada para o armazenamento e alimentação de componentes na linha de montagem opera por gravidade, contando com trilhos rolantes que facilitam a movimentação dos itens em direção ao operador. Contudo, a ausência de um controle visual preciso dos níveis de peças nos canais da esteira pode acarretar falhas no abastecimento, comprometendo a continuidade do processo produtivo.

Com o objetivo de aprimorar o monitoramento dos níveis de componentes e assegurar a eficiência no abastecimento, foi desenvolvido um novo modelo de esteira, no qual foram implementados sensores ópticos de barreira posicionados estrategicamente no início e no final da estrutura.

3.3 Caixa – mini estoque

Atualmente, a linha de produção não possui um sistema adequado de armazenamento para os conectores utilizados na injeção dos aquecedores dos bicos injetores, sendo que eles são mantidos em uma bandeja sobre a bancada, sem organização específica. Visando otimizar esse processo e melhorar o controle de materiais, foi desenvolvido um mini estoque, projetado para o controle eficiente desses conectores, utilizando uma bandeja metálica de inox, idêntica à utilizada na linha de produção.

O mini estoque é composto por duas repartições: a primeira, identificada pela cor vermelha, é destinada à bandeja quando estiver vazia; a segunda, identificada pela cor verde, é utilizada quando a bandeja estiver cheia, indicando que o material foi reabastecido.

Para garantir um controle preciso do nível de estoque e otimizar o gerenciamento dos conectores, foi integrado um sensor óptico de barreira à estrutura do mini estoque. O sensor é responsável por monitorar a presença ou ausência da bandeja na repartição vermelha, detectando quando a bandeja está vazia e quando os componentes já foram retirados. Essa detecção automatizada garante a sinalização de que o reabastecimento é necessário, sem a necessidade de inspeção visual constante.

4 - IMPLEMENTAÇÃO ELÉTRICA E ELETRÔNICA

4.1 - Composição elétrica e eletrônica

A infraestrutura eletrônica do sistema foi desenvolvida com base na instalação de sensores nos postos de trabalho, conectados a uma unidade Raspberry Pi. Esta unidade é responsável pela coleta, processamento e envio dos dados ao backend do sistema, viabilizando a integração entre os dispositivos físicos e a camada lógica de controle.

A escolha dos sensores foi orientada por critérios técnicos como confiabilidade, tempo de resposta e compatibilidade com o ambiente industrial simulado. Foram utilizados sensores capacitivos, para a detecção do polímero presente no silo, e sensores ópticos, para a identificação das caixas e da bandeja de conectores.

No painel elétrico, foram implementadas duas fontes de alimentação distintas:

Fonte de 5V: destinada exclusivamente à alimentação da Raspberry Pi;

Fonte de 12V: utilizada para alimentar os sensores e os módulos de relé.

A Raspberry Pi opera com sinais de 3,3V em seus terminais de entrada e saída (GPIO), o que limita sua capacidade de interação direta com dispositivos e sensores que operam com

tensões superiores, como os sensores utilizados que são de 12V. Para resolver essa incompatibilidade e garantir a comunicação entre os dispositivos de controle e a placa, tornou-se necessário o uso de módulos de relé para realizar a conversão dos sinais de 12V para 3,3V.

Com o objetivo de aumentar a segurança do sistema e proteger a Raspberry Pi contra possíveis danos, foi adotada a utilização de módulos de relé com optoacoplador. O optoacoplador oferece isolamento elétrico entre os circuitos de controle (de baixo risco e tensão) e os circuitos de potência (de maior risco e tensão), evitando que picos de tensão ou falhas nos circuitos de potência causem danos à placa.

5 - CONSTRUÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE

A fim de possuir dados suficientes que justifiquem sua utilização, a coleta de dados e previsão de desempenho, antes da implementação no ambiente se faz por meio de três estruturas principais a partir da análise do ambiente: a junção de estruturas mecânicas que interligadas a partir de comunicações eletrônicas, são calculadas por um sistema.

5.1 - API e algoritmo de Machine Learn

O sistema conta com uma API desenvolvida com Django Rest Framework para a comunicação entre as camadas de sistemas (entradas de sensores, banco de dados, algoritmo matemático de regressão linear e visualização de dados).

Sendo estruturada em dois apps distintos.

5.1.1 - Sensores

A partir dele lidamos com a lógica de coleta de dados, formatamos entrada a fim de melhor manipulação dos dados, definimos intertravamento de sinais prevenindo uma sobrecarga no banco de dados com a inserção de registros desnecessários para o sistema, e métodos simples de confirmações de sinais, garantindo a veracidade deles. Essa app também é responsável por gerenciar e consultar diretamente os sensores conectados aos pinos GPIO da Raspberry Pi realizando a leitura dos sensores sob demanda, disponibilizando os dados atualizados para o banco de dados.

5.1.2 - Regressão Linear

Nesta app foi feita a implementação de algoritmos matemáticos de regressão linear, seu objetivo é prever valores numéricos contínuos, com base em dados históricos, por meio do ajuste de uma linha reta (ou plano, no caso de múltiplas variáveis) que representa a tendência dos dados.

O modelo de regressão linear foi utilizado neste projeto por sua simplicidade, rapidez de treinamento e bom desempenho em previsões baseadas em dados industriais contínuos. A partir de dados coletados nos postos monitorados, o modelo é capaz de prever variáveis, no nosso caso o tempo até a troca de sinal dos sensores.

Com base na nossa proposta de reduzir a falta de abastecimento onde o maior dos problemas é a pouca visualização da falta de materiais, o algoritmo de machine learn entra como alternativa nesse processo, aprendendo continuamente com a variação dos sinais enviados pelos sensores e conseguindo estabelecer um tempo para a falta, desse modo garantindo ao colaborador um meio de abastecer o posto sem a parada eventual dele.

5.2 - Banco de dados

Neste projeto, optou-se por utilizar o banco de dados MySQL, um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional (SGBDR) amplamente utilizado em ambientes industriais e web. Sua robustez, velocidade e suporte à integridade referencial o tornam ideal para armazenar dados sensoriais de maneira segura e confiável além de sua fácil compatibilidade com o Django e excelente desempenho em ambientes de produção.

A estrutura foi modelada de forma relacional, prevendo tabelas normalizadas e com relações bem definidas. Apesar de o projeto estar sendo executado em um Raspberry Pi, com o objetivo de sua validação, a estrutura de dados foi pensada para ser facilmente escalável e de simples migração para servidores de maior capacidade no futuro.

Ademais, é importante lembrar que para gerenciar o banco de dados de forma mais prática durante o desenvolvimento, foi utilizada a ferramenta gráfica DBeaver, que oferece suporte à conexão remota, modelagem de dados e execução de comandos SQL.

5.3 - Frontend e visualização

A interface de visualização do sistema foi desenvolvida utilizando React, uma biblioteca Javascript moderna voltada para a criação de interfaces de usuário dinâmicas e reativas. Essa escolha foi motivada pela necessidade de um painel visual eficiente, capaz de exibir em tempo

real os dados recebidos dos sensores e os resultados da previsão gerada pelo modelo de regressão linear.

A interface do sistema foi desenvolvida com React, visando entregar uma experiência interativa e visualmente clara para os operadores da linha de produção. O painel principal exibe os dados recebidos dos sensores em tempo real, juntamente com previsões geradas pelo modelo de regressão. O uso de componentes como Dashboard, e gráficos dinâmicos permite uma visualização rápida do status dos postos de trabalho. A comunicação com o backend é feita via requisições REST, garantindo a fluidez e atualização constante dos dados sem a necessidade de recarregar a página.

Durante o desenvolvimento do sistema, foi priorizada a separação das responsabilidades em módulos independentes. O código foi organizado de forma que o processamento dos dados, a previsão por regressão linear e a exibição na interface atuassem como partes desacopladas, comunicando-se apenas por interfaces bem definidas. Essa abordagem garante maior manutenção, estabilidade e robustez para futuras expansões do sistema.

6. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

6.1 - Mecânica

6.1.1 - Bancada

Definimos as dimensões gerais da bancada (altura, comprimento e largura), projetamos no SolidWorks, cortamos os perfis e fizemos a montagem e fixação utilizando cantoneiras e parafusos Torx.

6.1.2 - Silo

Fabricamos o silo utilizando uma chapa de acrílico. Projetamos a vista planificada no SolidWorks, transferimos o desenho para a chapa, cortamos com auxílio de uma serra tico-tico, dobramos com uma dobradeira a quente e, por fim, realizamos a colagem com silicone.

6.1.3 - Mini estoque

Definimos o tamanho da bandeja com base nas dimensões existentes na linha. A partir disso, determinamos o tamanho do mini estoque. Em seguida, projetamos no SolidWorks e utilizamos perfis de 30x30 e 45x45. Cortamos os perfis e realizamos a montagem e fixação com cantoneiras e parafusos Torx.

6.2 - Elétrica

6.2.1 - Painel

Utilizamos uma fonte de 5V para alimentar a Raspberry Pi e uma fonte de 12V para alimentar os sensores e os relés com optoacopladores. Todas as conexões foram direcionadas para bornes, facilitando a troca (caso precise efetuar) e a conexão entre os dispositivos. Como sistemas de proteção, contamos com um fusível. Para o processamento dos dados e execução das lógicas, utilizamos a Raspberry Pi.

6.3 - Programação

6.3.1 - Entrada de sinais

Por se tratar de um sistema de monitoramento em tempo real, a coleta de dados é um componente essencial para o correto funcionamento do software. Garantir que essa coleta ocorra de maneira confiável e contínua é, portanto, uma das etapas mais críticas para a integridade e eficácia de todo o processo.

Para isso, desenvolvemos um script responsável pela captura e verificação dos sinais de entrada dos pinos GPIO da Raspberry Pi, implementado no módulo de sensores. A partir da detecção de um sinal, o sistema executa os seguintes procedimentos:

6.3.1.1 - Intertravamento de Sinais

Foi implementada uma lógica de intertravamento para evitar redundâncias e sobrecarga no banco de dados. O sistema está configurado para ignorar sinais de valor 0 que ocorram antes da detecção de um sinal 1 correspondente, ou seja, ele apenas registra eventos de transição válidos. Essa abordagem evita o acúmulo de dados irrelevantes, reduz a quantidade de registros e melhora a performance do banco.

6.3.1.2- Verificação de ciclo

Após a detecção de um sinal válido, o sistema executa uma verificação de ciclo. Essa função de software foi desenvolvida com base nas características específicas de cada posto de trabalho, e tem como objetivo validar se o sinal faz parte de um ciclo produtivo completo ou se trata-se de uma quebra no processo.

Caso o ciclo esteja completo, os dados referentes a esse ciclo são registrados na tabela RegistroSinal do banco de dados. Essa verificação é fundamental, pois o algoritmo de aprendizado de máquina (machine learning) é treinado exclusivamente com ciclos completos.

A inserção de ciclos incompletos poderia introduzir inconsistências matemáticas, comprometendo a acurácia das previsões.

6.3.1.3 – Envio para o algoritmo de regressão

Com a coleta do primeiro sinal de um ciclo, o registro é imediatamente enviado ao módulo de regressão, onde é processado por um algoritmo de regressão linear previamente treinado. Com base nos dados históricos, o algoritmo é capaz de prever o tempo restante até o término do ciclo atual. As previsões incluem, por exemplo:

- O momento em que o flowrack atingirá a superlotação (capacidade máxima de quatro caixas);
- A necessidade de reposição de conectores na bancada;
- O próximo abastecimento necessário do silo.

6.3.1.4 - Detecção de quebra de ciclo

Se durante o monitoramento o sistema detectar uma quebra de ciclo (por exemplo, interrupção do fluxo esperado de sinais), é feito um reset automático da previsão anterior. Um novo valor de tempo é calculado e enviado com base na última entrada válida, garantindo que o sistema mantenha sua precisão preditiva mesmo diante de falhas operacionais.

6.3.2 - Regressão linear

O algoritmo de regressão linear trata-se de um modelo de regressão linear supervisionado que tem como objetivo prever uma variável Y, a partir da entrada de variáveis X. Ele se baseia na seguinte equação matemática:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \times X + e$$

Onde Y é a variável dependente, ou seja, a variável que vai prevista, no nosso caso o tempo completo do ciclo.

O intercepto β_0 é onde a reta toca o eixo Y. Ele representa o valor inicial de Y, antes de qualquer influência de X.

β_1 é o impacto de cada variável explicativa X na variável resposta, é o efeito de X em Y.

Também chamada de variável independente, o X é o fator que usamos para prever e explicar a variável resposta, no nosso caso, o valor inicial da primeira entrada.

e representa o erro aleatório, ou ruído, associado à previsão. Ele captura as variações em Y que não são explicadas por X .

6.3.3 - Injeção dos dados e processo

Para o treinamento do algoritmo, levamos em consideração diversos fatores. Como o sistema ainda não está implementado na área produtiva, não dispomos dos dados reais necessários para a realização do treinamento. Uma de nossas principais preocupações era garantir que os dados utilizados fossem representativos do comportamento real esperado. Caso contrário, a divergência entre os dados simulados e os dados reais poderia comprometer a eficácia do modelo, tornando-se um fator crítico para falhas futuras.

Para evitar esse risco, optamos por utilizar dados simulados cuidadosamente elaborados, de modo a refletir com fidelidade o funcionamento do sistema em operação. Essa simulação foi desenvolvida com extremo rigor, considerando variáveis estruturais, operacionais e dinâmicas do processo. O objetivo era garantir que o modelo fosse treinado com dados altamente representativos, reduzindo ao máximo a discrepância entre o ambiente de simulação e o ambiente real.

6.3.3.1 - Dados do Silo

Os dados fornecidos indicavam que o silo levava, em média, 3 horas para ser completamente esvaziado. No entanto, devido à estrutura do silo — cuja inclinação final impossibilita o monitoramento completo com sensores fixos — optamos por desconsiderar os 15% finais desse tempo ao realizar nossa simulação. Assim, definimos o tempo efetivo de esvaziamento como 2 horas e 40 minutos.

Com esse tempo ajustado, foi necessário também definir o momento de mudança de estado do sensor posicionado na parte superior do silo. Considerando sua localização, estabelecemos um valor médio de 30 minutos para essa mudança.

Sabemos que existe uma relação proporcional entre o tempo de ativação desse sensor superior e o tempo total de esvaziamento. Por isso, variações no tempo de mudança de estado do sensor impactam diretamente o tempo total do processo. Para refletir esse comportamento em nossos dados, aplicamos uma lógica de aleatoriedade controlada: levando em consideração que a mudança de part number.

Esse valor ajustado era então passado a um script que calculava o impacto proporcional dessa variação no tempo total de esvaziamento, garantindo que os dados inseridos no banco

mantivessem consistência com o comportamento real do sistema. Além disso, essa abordagem preserva um grau desejado de aleatoriedade, representando variações naturais, como aquelas ocasionadas por mudanças de part number, ou turno.

Exemplo de ciclo do silo:

Nome Sensor	Sinal
Sensor Inferior - Silo	1
Sensor Superior - Silo	1
Sensor Superior - Silo	0
Sensor Inferior - Silo	0

6.3.3.2 – Dados do Flow Rack

Para o Flow Rack, foi adotada uma estratégia distinta de simulação de dados, considerando a forma como as entradas de caixas ocorrem no processo produtivo. Nesse contexto, identificamos dois fatores principais que determinam o tempo entre entradas de caixas:

1. Tempo médio de confecção de cada peça;
2. Quantidade de peças por caixa.

Com base nesses parâmetros, definimos a lógica de geração dos dados simulados da seguinte forma:

- Cada peça leva, em média, 38,3 segundos para ser confeccionada.
- Cada caixa é preenchida com exatamente 12 peças.
- Sendo assim, o tempo médio para o preenchimento de uma caixa seria de aproximadamente 459,6 segundos ($12 \times 38,3 \text{ s}$).

No entanto, considerando a variabilidade natural da produção manual, foi incorporado um fator de aleatoriedade controlada ao processo. Para isso, aplicamos uma variação aleatória por turno simulando oscilações reais no tempo de produção. Dessa forma, o tempo total para o preenchimento de uma caixa é calculado como a soma dos tempos individuais das 12 peças, cada uma com seu respectivo desvio aleatório.

A partir dessa abordagem, o sistema consegue gerar tempos de entrada realistas para as caixas no Flow Rack, mantendo a coerência com a dinâmica observada no ambiente de produção.

Por fim, considerando a capacidade mecânica do Flow Rack, que comporta exatamente quatro caixas simultaneamente, o tempo total correspondente à entrada dessas quatro caixas é o que define um ciclo completo no contexto desse sistema.

Exemplo de ciclo do Flow Rack:

Nome Sensor	Sinal
Sensor Entrada	1
Sensor Entrada	0
Sensor Saida	1
Sensor Entrada	1
Sensor Entrada	0
Sensor Entrada	1
Sensor Entrada	0
Sensor Saida	1

6.3.3.3 – Dados dos Conectores

Considerando o processo produtivo dos terminais, recebemos as seguintes informações: atualmente, são produzidas 450 peças por hora, e cada peça utiliza 2 terminais, totalizando 900 terminais por hora. A reposição do insumo é feita por pacotes contendo 5.000 conectores.

Cada caneta no processo consome 2 terminais. A máquina opera com 4 canetas por ciclo, resultando no uso de 8 terminais por ciclo. O tempo necessário para realizar todas as etapas — pegar, posicionar, processar e devolver as canetas — é de 25 segundos por ciclo. Para fins de simulação, consideramos que são realizados 2 ciclos por minuto, totalizando 16 terminais processados por minuto.

Os dados apresentados são utilizados exclusivamente para fins de simulação, permitindo incorporar variações humanas no processo produtivo. O objetivo do treinamento do modelo é trabalhar com o ciclo de variação do tempo dos ciclos de produção, inicialmente fixados em 1 minuto, que poderão sofrer alterações ao longo do processo.

O treinamento deve considerar a soma da utilização dos terminais ao longo desses ciclos, até que seja atingida a quantidade total de 5.000 conectores consumidos — momento em que será necessária a reposição do insumo.

Exemplo do ciclo dos conectores:

Nome Sensor	Sinal
Sensor Lateral	1
Sensor Lateral	0

Para garantir a segurança e a qualidade do treinamento, somente ciclos completos são considerados para inserção no banco de dados. Caso um ciclo seja interrompido ou não seja concluído conforme especificado, seus dados não são inseridos, pois a inclusão de ciclos incompletos poderia comprometer o treinamento do modelo de IA.

Nessas situações de ciclo interrompido, o sistema apenas recalcula os valores para o monitoramento em tempo real, sem registrar os dados no banco. Somente quando o ciclo é finalizado completamente, seus dados são armazenados e utilizados para o treinamento.

6.4 - Telas de exibição

A construção de interfaces modernas, responsivas e intuitivas é essencial para garantir uma boa experiência do usuário em sistemas de monitoramento industrial. Neste contexto, optou-se pela utilização do React.js com Vite como framework principal. Vite é uma ferramenta moderna que agiliza o desenvolvimento com carregamento instantâneo, atualizações em tempo real e builds otimizados. É fácil de configurar e integra bem com tecnologias como React e aliado ao Tailwind CSS, um framework utilitário que permite estilizar componentes de forma ágil e consistente. O projeto exige diferentes telas, cada uma com um propósito específico, voltadas tanto para operadores (abastecedores) quanto para gestores com níveis distintos de acesso. A seguir, detalharemos a implementação dessas interfaces com foco técnico e funcional.

6.4.1 - Tela de Monitoramento em Tempo Real (Abastecedor)

Essa tela principal possui a função de apresentar o status atualizado do nível de material no silo, com base nos dados dos sensores e o cálculo da IA. Oferece uma visualização clara, com os indicadores, para que o abastecedor saiba quando agir.

- Exibição de valores de sensores em tempo real.

- Animações/gráficos que representam o nível de abastecimento.
- Notificações visuais como exemplo: a mudança de cor ao atingir determinado nível.

6.4.2 - Tela de Cadastro

Apenas a usuários com perfil de gerenciamento são aceitos para o cadastro. Com isso a partir dela passando para tela de login onde a verificação dessas credenciais levaria para a tela de informações mais detalhadas.

6.4.3 - Tela de Login

Esta interface acessada pelo usuário. Tem como objetivo validar as credenciais e direcionar cada perfil de usuário ao local correto da aplicação, redirecionamento para tela de gerenciamento (gestor) em caso de acesso permitido.

6.4.4 - Tela de gerenciamento

O painel administrativo é uma área exclusiva para gestores, onde são exibidas informações estratégicas e operacionais que permitem análise, tomada de decisão e gerenciamento de usuários. Ele atua como o centro de controle do sistema, com funcionalidades mais avançadas em comparação à tela de monitoramento.

A implementação das telas propostas atende aos diferentes perfis de usuários, separando claramente as informações necessárias entre operadores e gestores. A combinação entre React e Tailwind CSS permite construir um sistema leve, moderno e de fácil manutenção. A divisão lógica entre monitoramento, cadastro, login e gerenciamento garante clareza na navegação e escalabilidade futura da aplicação. Com uma base bem estruturada, o projeto pode ser facilmente expandido com novos recursos visuais ou funcionalidades de backend, mantendo a consistência visual e técnica.

7 - IMPLEMENTAÇÃO NO AMBIENTE INDUSTRIAL

7.1 - Modificação mecânica na bancada fabril

Para otimizar a instalação na linha de produção, desenvolvemos o mini estoque projetado para ser instalado diretamente na bancada de trabalho. Essa abordagem permite o reaproveitamento integral da estrutura existente, incluindo sensores e suportes, promovendo eficiência e sustentabilidade.

7.2 - Modificação mecânica no silo

Como mencionado anteriormente, o protótipo do silo foi desenvolvido em escala reduzida, o que limitou sua aplicação direta no processo produtivo. No entanto, conseguimos reaproveitar os sensores instalados, caso necessário, para futuras implementações.

Nossa estratégia para a implementação no silo industrial envolve a utilização de sensores de menor porte em comparação aos utilizados no protótipo. Essa abordagem visa otimizar o aproveitamento do espaço interno do silo, permitindo maior eficiência no armazenamento e monitoramento dos materiais.

Além disso, a miniaturização dos sensores contribui para a redução de custos e facilita a instalação em ambientes com restrições de espaço, sem comprometer a precisão e confiabilidade das medições.

Essa estratégia está alinhada às tendências atuais de automação e monitoramento inteligente, proporcionando uma gestão mais eficiente e sustentável dos processos industriais.

7.3 - Modificação mecânica no Flow rack

O flow rack foi inicialmente desenvolvido como um protótipo em escala reduzida, visando testar conceitos e funcionalidades. Devido às limitações de tamanho, não foi possível integrá-lo diretamente ao processo produtivo. No entanto, os suportes dos sensores e os próprios sensores foram projetados com a flexibilidade necessária para facilitar sua instalação e utilização no flow rack industrial.

Essa abordagem permite uma transição suave do protótipo para a implementação em larga escala, garantindo que os investimentos realizados no desenvolvimento inicial sejam plenamente aproveitados. Além disso, a padronização dos suportes e sensores facilita a manutenção e futuras expansões do sistema.

7.4 - Modificação meio físico de comunicação

Durante a implementação, utilizamos uma Raspberry Pi como plataforma central de processamento. Apesar de ser um dos microcontroladores mais poderosos disponíveis no mercado, encontramos limitações previsíveis em termos de capacidade de processamento e robustez. O dispositivo foi responsável simultaneamente pela aquisição de dados dos sensores, execução da API de comunicação, aplicação da lógica de entrada, processamento do algoritmo de machine learning, manutenção do banco de dados e renderização do frontend para exibição

das informações. Tal concentração de funções sobrecarregou a Raspberry Pi, evidenciando suas limitações em comparação a computadores industriais robustos.

Além disso, identificamos que a Raspberry Pi não é ideal para uso em ambientes fabris, devido à sua sensibilidade a ruídos, limitações de dissipação térmica e suscetibilidade a superaquecimento. Essas condições comprometem sua confiabilidade e durabilidade em operações contínuas sob condições industriais severas.

Para a estruturação do sistema visando uma implementação em larga escala no ambiente fabril, propomos as seguintes melhorias:

Substituição da Raspberry Pi por um Controlador Lógico Programável (CLP), o que mitigaria problemas relacionados a capacidade de processamento, robustez e resistência a ambientes hostis.

Após pesquisa de viabilidade técnica e considerando os requisitos específicos do projeto, selecionamos duas opções de CLPs adequados:

MODELO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
ctrlX CORE (Bosch Rexroth)	<ul style="list-style-type: none">- Comunicação nativa via REST API- Suporte a OPC UA, MQTT e WebSocket- Arquitetura baseada em Linux, com alta escalabilidade- Facilidade de integração com sistemas web modernos	<ul style="list-style-type: none">- Custo mais elevado em relação a CLPs tradicionais- Necessidade de configuração inicial para aplicações específicas
IndraControl XM (Bosch Rexroth)	<ul style="list-style-type: none">- Comunicação industrial padrão via OPC UA, Modbus TCP e Ethernet/IP- Equipamento robusto e amplamente utilizado em aplicações industriais	<ul style="list-style-type: none">- Ausência de comunicação nativa via HTTP REST- Necessidade de desenvolvimento de camada intermediária para comunicação web-friendly

7.5 - Modificações em sistema

Adaptação do software para comunicação com o CLP: o sistema passaria a realizar requisições HTTP GET a uma API ou diretamente a um protocolo industrial, visando a leitura dos estados das entradas conectadas aos sensores. A partir dessa leitura, o sistema manteria seu fluxo de operação, com a necessidade apenas de outro dispositivo para hospedar a aplicação principal (servidor de sistema).

7.6 - Modificações elétricas

O CLP requer uma fonte de alimentação de 24V para seu funcionamento. No entanto, os sensores utilizados no protótipo operam em uma faixa de tensão de 10V a 30V, permitindo que sejam alimentados pela mesma fonte de 24V destinada ao CLP. Isso elimina a necessidade de uma fonte adicional, otimizando o espaço e os custos no painel elétrico.

Os módulos de entrada do CLP são compatíveis com a tensão de operação dos sensores, permitindo a conexão direta sem a necessidade de relés intermediários. Essa configuração simplifica o sistema, reduzindo o número de componentes e aumentando a confiabilidade da instalação.

Caso optemos por manter a Raspberry Pi no sistema, o painel elétrico atual pode ser utilizado integralmente, sem necessidade de modificações significativas. Essa abordagem preserva os investimentos já realizados e facilita a continuidade das operações sem interrupções.

A escolha entre CLP e Raspberry Pi deve considerar aspectos como custo, complexidade de implementação, flexibilidade e requisitos específicos do processo produtivo. Enquanto o CLP oferece robustez e conformidade com padrões industriais, a Raspberry Pi proporciona flexibilidade e facilidade de integração com sistemas modernos.

8 - ARQUITETURA DO PROJETO

Esta seção apresenta os diagramas essenciais para o entendimento completo do projeto, abrangendo suas três principais áreas de desenvolvimento: eletrônica, mecânica e programação. A finalidade desses diagramas é fornecer uma visão clara e integrada da estrutura e do funcionamento do sistema como um todo.

Os diagramas eletrônicos ilustram a disposição dos sensores, relés e componentes de controle, destacando as conexões e fluxos de sinal. Os diagramas mecânicos apresentam os aspectos físicos do projeto, como estrutura, suportes, e disposição dos elementos no ambiente fabril. Por fim, os diagramas de programação representam a lógica do sistema, o fluxo de dados entre os módulos, a estrutura do software e a comunicação entre os componentes físicos e virtuais.

Esses diagramas têm papel fundamental tanto na documentação técnica quanto na manutenção e futuras expansões do sistema.

9 – DESENHOS MECÂNICOS

9.1 - Bancada

9.1.1 - Bancada detalhada

9.2 - Caixa

9.2.1 - Caixa detalhada

9.3 - Esteira

9.3.1 - Esteira detalhada

9.4 - Painel

9.4.1 - Fundo do painel

9.4.2 - Painel detalhado

9.5 - Silo

9.5.1 - Silo detalhado

9.5.2 - Silo planificado

9.6 - Suporte do sensor keyence

9.6.1 - Suporte de sensor keyence detalhado

9.6.2 - Tampa do suporte do sensor keyence

9.7 - Suporte do sensor

9.7.1 - Suporte do sensor detalhado

9.7.2 - Tampa do suporte do sensor

10 – DIAGRAMA ELÉTRICO

10.1 - Diagrama do painel

11 – DIAGRAMA DO SISTEMA

11.1 - Diagrama da programação

11.2 - Diagrama do banco de dados

12 – RESULTADO ESPERADO

O projeto de monitoramento do processo de reabastecimento da linha de produção visa implementar uma solução tecnológica que integre sensores e inteligência artificial para garantir maior eficiência e segurança operacional.

Com a instalação dos sensores conectados a uma Raspberry Pi, a inteligência artificial será capaz de monitorar em tempo real o nível de insumos na linha de trabalho, fornecendo alertas imediatos aos reabastecedores sobre a necessidade de intervenção. Espera-se, assim, evitar paradas não planejadas e falhas que atualmente geram perdas financeiras significativas.

A análise dos dados históricos de perdas financeiras evidência que setores como ksz e fsh são os mais impactados por falhas no reabastecimento, atingindo picos de perdas superiores a R\$ 20 mil em determinados meses. Com a implementação do sistema, é esperado um controle mais rigoroso e eficiente destes processos, reduzindo drasticamente essas perdas e otimizando a produção.

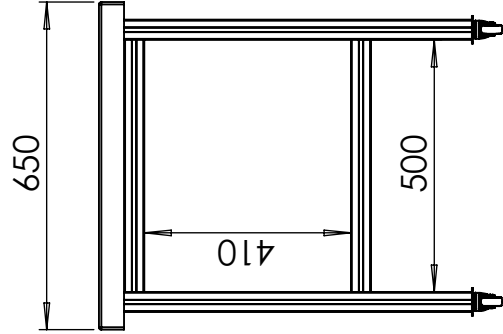
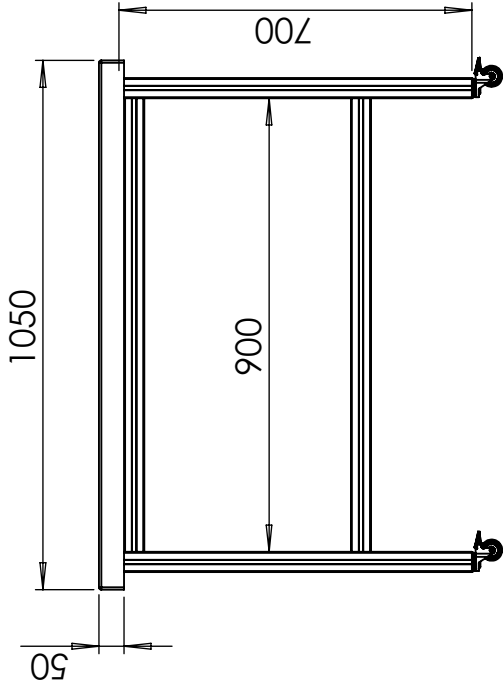
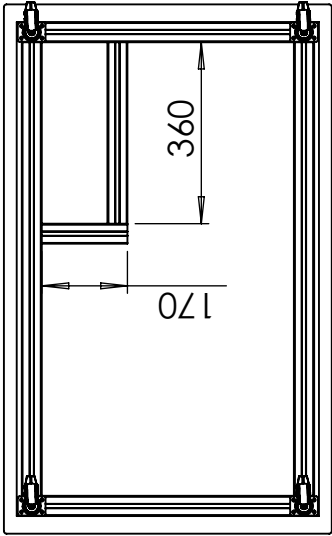
Além disso, setores com perdas menores, como kvs3 e kvs, também se beneficiarão com o monitoramento contínuo, promovendo uma melhoria geral na produtividade e minimizando desperdícios.

Portanto, o resultado esperado é a obtenção de um sistema de monitoramento inteligente que:

- Garanta o abastecimento contínuo da linha de produção;
- Reduza significativamente os custos associados a falhas e paradas;
- Proporcione dados precisos para tomada de decisão rápida e eficiente;
- Aumente a segurança e a eficiência dos operadores e do processo produtivo.

Este avanço tecnológico representará um ganho expressivo para a empresa, alinhando os processos produtivos às melhores práticas de automação industrial e monitoramento inteligente.

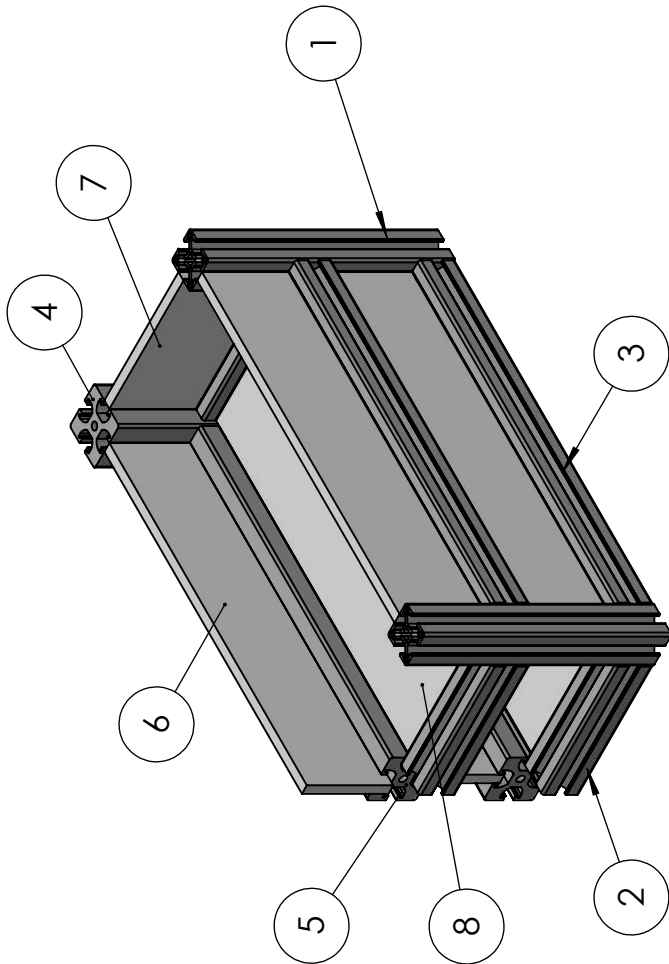



BANCADA					
SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE					
DIN-ISO 1302	$\sqrt{\text{bruto}}$	$\sqrt{Rz63}$	$\sqrt{Rz16}$	$\sqrt{Rz4}$	$\sqrt{Rz1}$
DIN 3142	\sim	∇_{Rz63}	∇_{Rz16}	∇_{Rz4}	∇_{Rz1}
QUANDO NÃO INDICADO VALE $\sqrt{Rz16}$					
Para medida sem tolerância vale:					
0,2 ... 6	6 ... 30	30 ... 120	> 120		
$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$		
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS					
0,2 ... 0,5	0,5 ... 3	3 ... 6	6 ... 30	30 ... 120	> 120
$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	± 1	± 2	± 4
ONDE INDICADO VALE $\begin{matrix} +0,02 \\ -0,02 \end{matrix}$					
CONFORME NI 2A B42, DIN 6784					
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm.					
... 10	10 ... 50	50 ... 120	120 ... 400	> 400	Tol.
$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	$\pm 10'$	$\pm 5'$	
CENTRO NECESS. DIN 332-B4x8,5	CENTRO OPCIONAL DIN 332-B4x8,5	SEM CENTRO			
Parafuso					
Pino de guia					

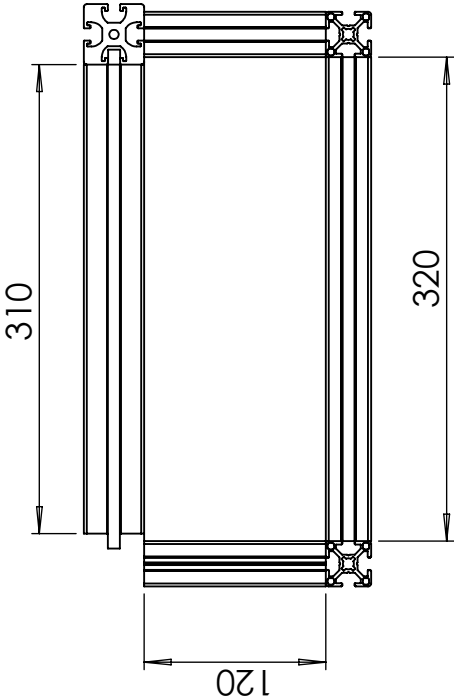


BANCADA					
SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE					
DIN-ISO 1302					
DIN 3142					
QUANDO NÃO INDICADO VALE					
Para medida sem tolerância vale:					
0,2 ... 6 ± 0,1	6 ... 30 ± 0,2	30 ... 120 ± 0,3	> 120 ± 0,5		
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS					
0,2 ... 0,5 ± 0,1	0,5 ... 3 ± 0,2	3 ... 6 ± 0,5	6 ... 30 ± 1	30 ... 120 ± 2	> 120 ± 4
ONDE INDICADO VALE					
CONFORME NI 2A B42, DIN 6784					
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm:					
... 10 ± 1°	10 ... 50 ± 30'	50 ... 120 ± 20'	120 ... 400 ± 10'	> 400 ± 5'	Tol.
CENTRO NECESS. DIN 332-B48,5			SEM CENTRO		
Parafuso					
Pino de guia					

Qtd.: 1	Material :	Tempo:		DIN
Des.:	Data: 13/05/2025	Denominação:		A4
Escola: 1:15				(SW)
Aprendizagem e Treinamento Industrial		BANCADA		
Nº.: 1.1		Folha 1		1 Folhas





						CAIXA								
Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA					SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE								
						DIN-ISO 1302	$\sqrt{\text{bruto}}$	$\sqrt{Rz63}$	$\sqrt{Rz16}$	$\sqrt{Rz4}$	$\sqrt{Rz1}$			
						DIN 3142	~	∇ Rz63	$\nabla\nabla$ Rz16	$\nabla\nabla\nabla$ Rz4	$\nabla\nabla\nabla\nabla$ Rz1			
						QUANDO NÃO INDICADO VALE $\sqrt{Rz16}$								
						Para medida sem tolerância vale:								
0,2 ... 6 6 ... 30 30 ... 120 > 120														
$\pm 0,1$ $\pm 0,2$ $\pm 0,3$ $\pm 0,5$														
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS														
0,2 ... 0,5 0,5 ... 3 3 ... 6 6 ... 30 30 ... 120 > 120														
$\pm 0,1$ $\pm 0,2$ $\pm 0,5$ ± 1 ± 2 ± 4														
ONDE INDICADO VALE $\begin{matrix} +0,02 \\ -0,02 \end{matrix}$														
CONFORME N12A B42 .DIN 6784														
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm.														
... 10 10 ... 50 50 ... 120 120 ... 400 > 400 Tol.														
$\pm 1^\circ$ $\pm 30'$ $\pm 20'$ $\pm 10'$ $\pm 5'$														
CENTRO NECESS. DIN 332-B48,5														
CENTRO OPCIONAL DIN 332-B48,5														
SEM CENTRO														
														
														
														

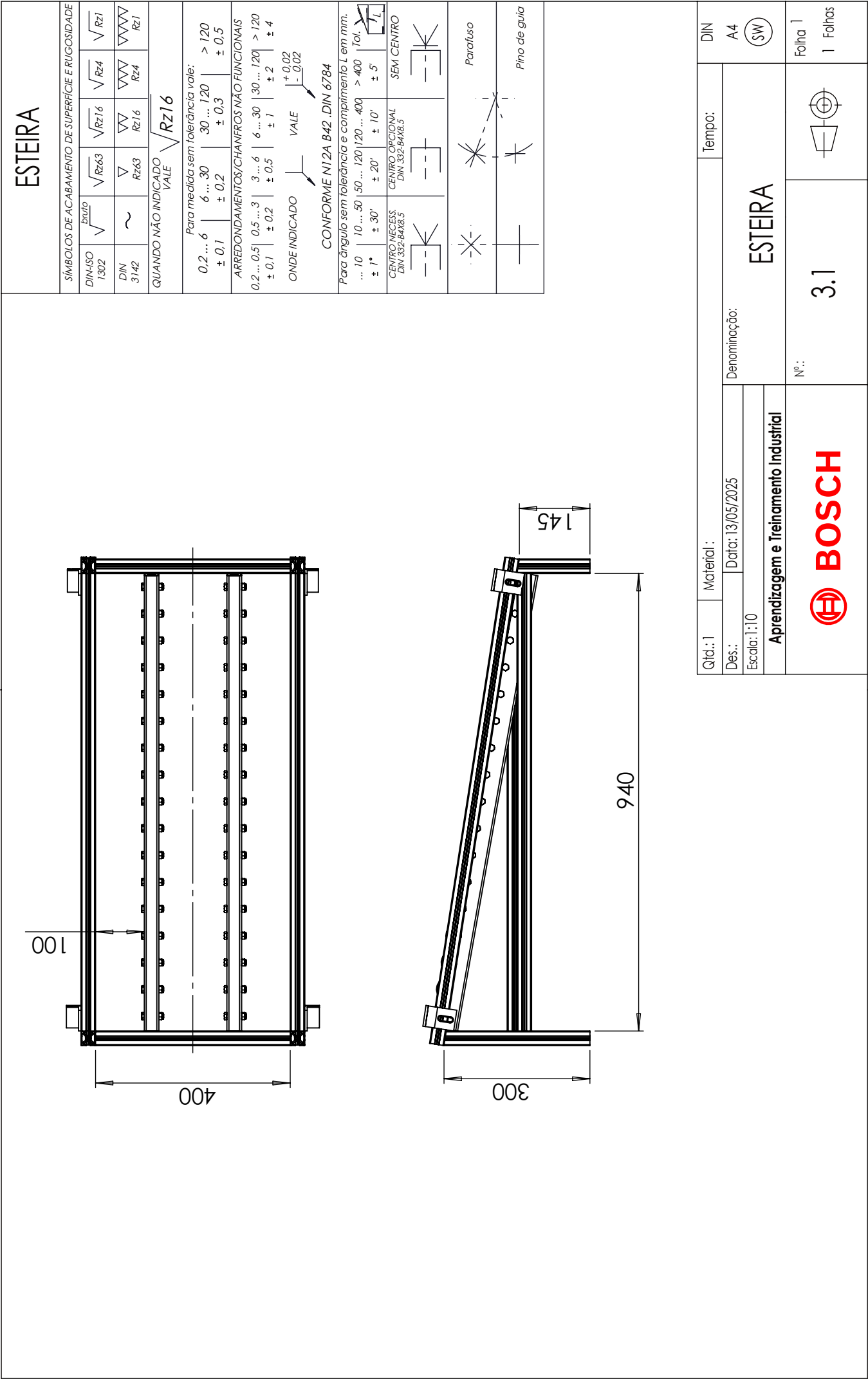


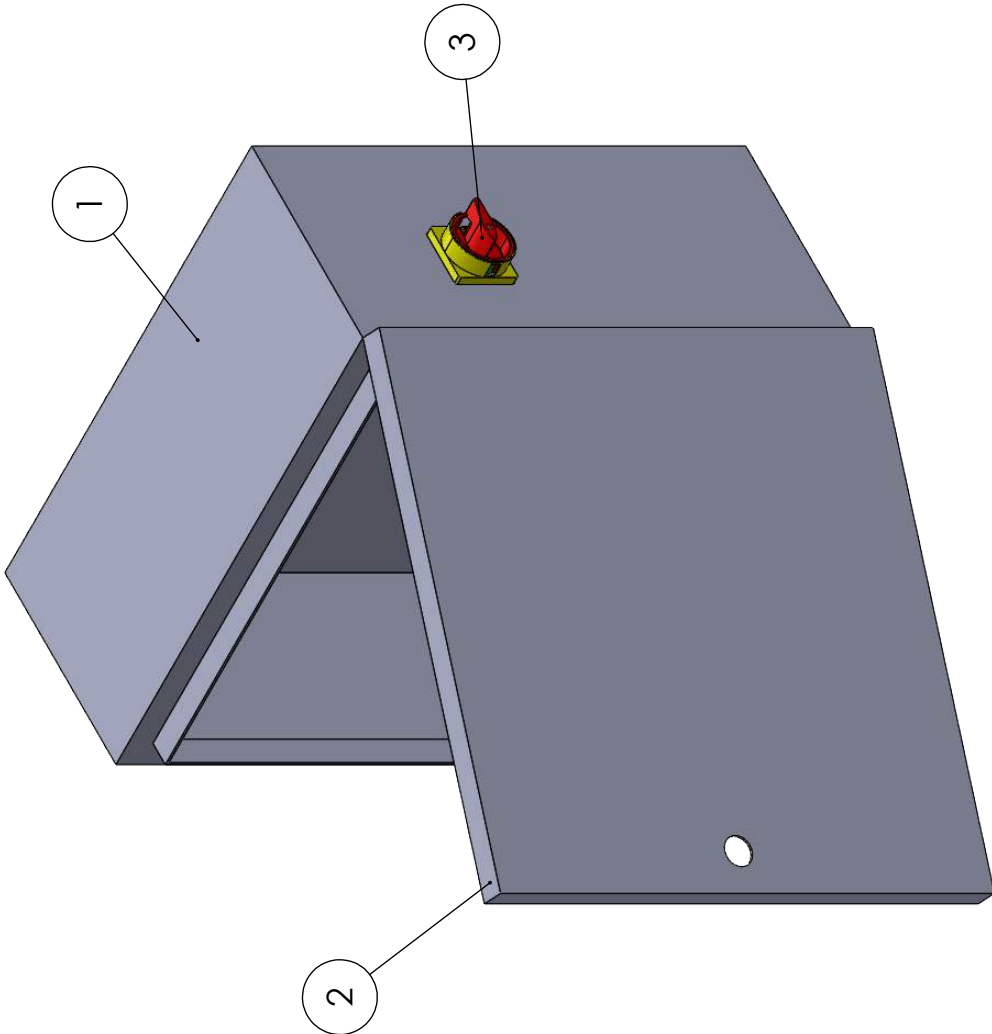
CAIXA

SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE					
DIN-ISO 1302					
DIN 3142					
QUANDO NÃO INDICADO VALE					
Para medida sem tolerância vale:					
0,2 ... 6 ± 0,1	6 ... 30 ± 0,2	30 ... 120 ± 0,3	> 120 ± 0,5		
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS					
0,2 ... 0,5 ± 0,1	0,5 ... 3 ± 0,2	3 ... 6 ± 0,5	6 ... 30 ± 1	30 ... 120 ± 2	> 120 ± 4
ONDE INDICADO VALE					
CONFORME NI 2A B42, DIN 6784					
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm.					
... 10 ± 1°	10 ... 50 ± 30'	50 ... 120 ± 20'	120 ... 400 ± 10'	> 400 ± 5'	Tol.
CENTRO NECESS. DIN 332-B48,5		CENTRO OPCIONAL DIN 332-B48,5		SEM CENTRO	
Parafuso					
Pino de guia					

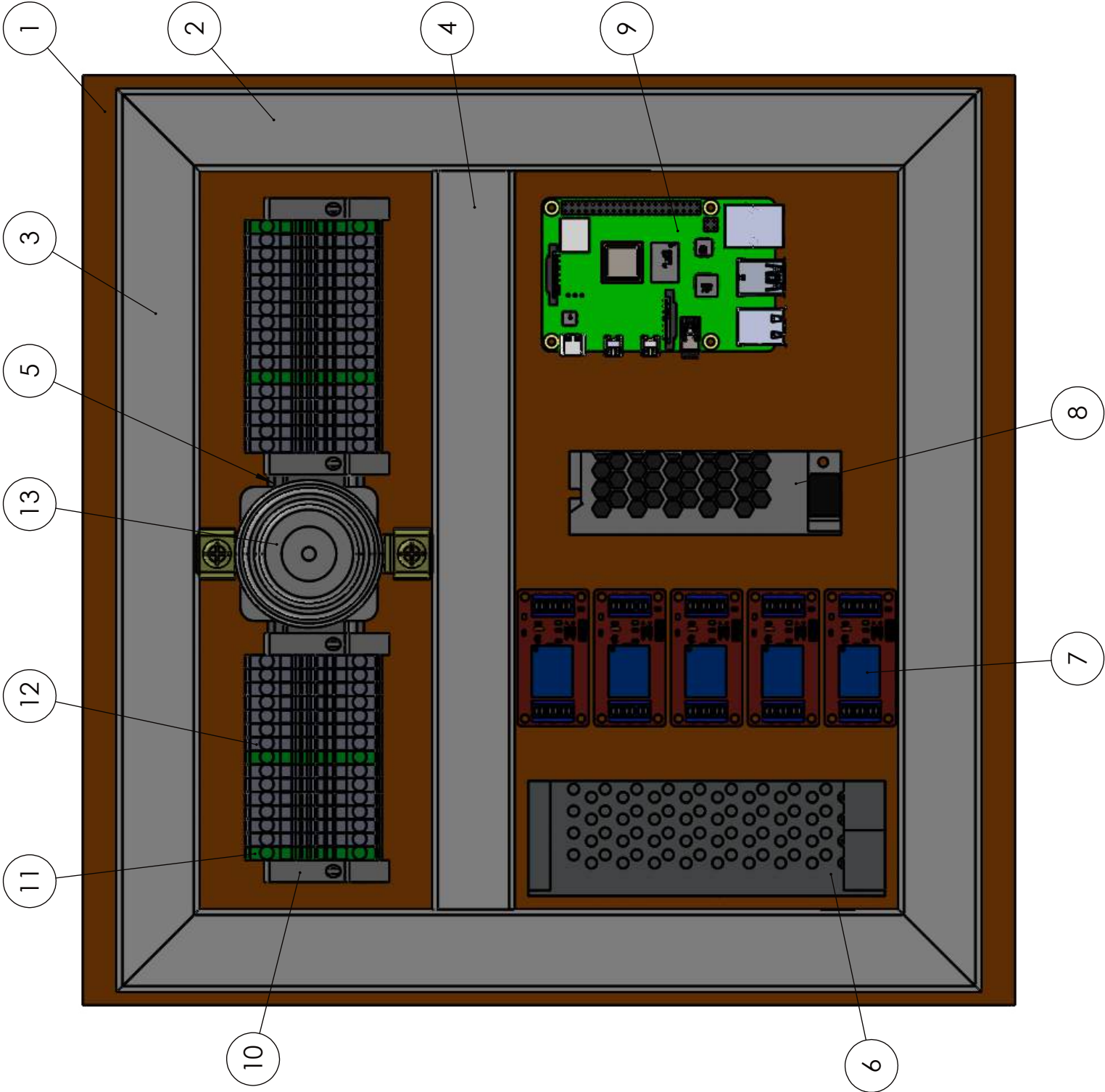
Qtd.: 1		Material :		Tempo:		DIN
Des.:		Data: 13/05/2025		CAIXA		
Escala: 1:5						
Aprendizagem e Treinamento Industrial				Nº.: 2.1		Folha 1 1 Folhas
 BOSCH						

ESTEIRA									
SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE									
DIN-ISO 1302									
DIN 3142									
QUANDO NÃO INDICADO VALE									
Para medida sem tolerância vale:									
0,2 ... 6 ± 0,1	6 ... 30 ± 0,2	30 ... 120 ± 0,3	> 120 ± 0,5						
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS									
0,2 ... 0,5 ± 0,1	0,5 ... 3 ± 0,2	3 ... 6 ± 0,5	6 ... 30 ± 1	30 ... 120 ± 2	> 120 ± 4				
ONDE INDICADO VALE $\begin{matrix} +0,02 \\ -0,02 \end{matrix}$									
CONFORME NI 2A B42, DIN 6784									
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm.									
... 10 ± 1°	10 ... 50 ± 30'	50 ... 120 ± 20'	120 ... 400 ± 10'	400 ... 630 ± 5'	Tot. > 630 ± 5'				
CENTRO NECESS. DIN 332-B4x8,5		CENTRO OPCIONAL DIN 332-B4x8,5		SEM CENTRO					
Parafuso									
Pino de guia									



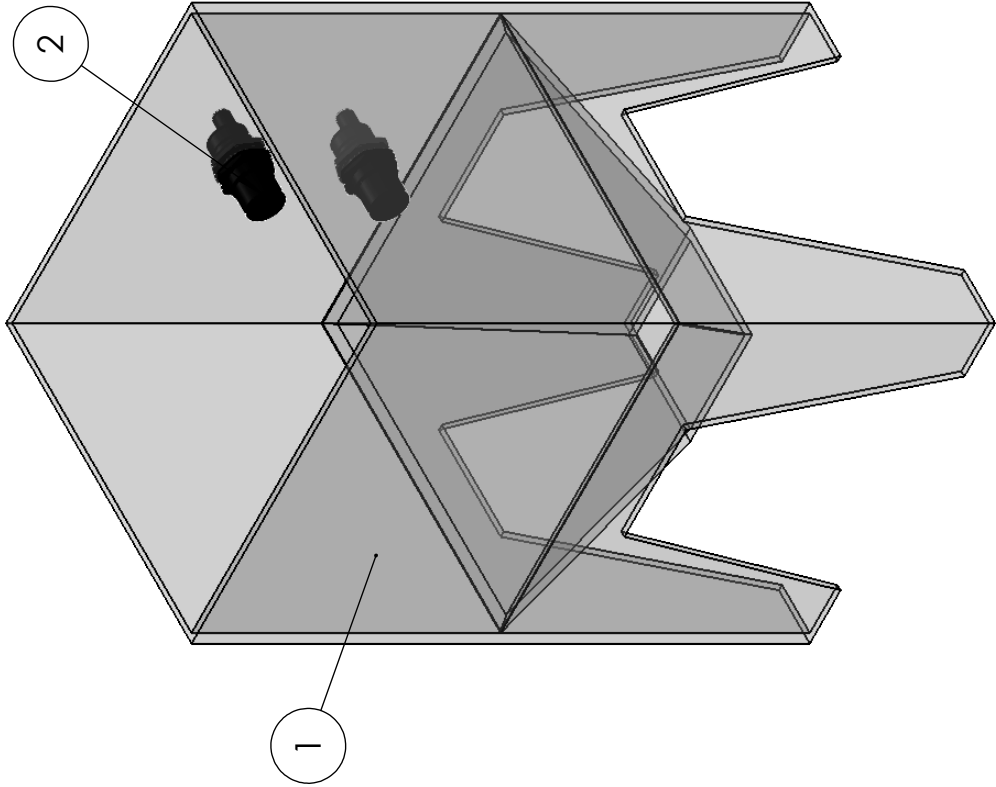
<div></div>				PAINEL					
SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE				SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE					
DIN-ISO 1302	$\sqrt{\text{bruto}}$	$\sqrt{Rz63}$	$\sqrt{Rz16}$	$\sqrt{Rz4}$	$\sqrt{Rz1}$				
DIN 3142	~	∇_{Rz63}	∇_{Rz16}	∇_{Rz4}	∇_{Rz1}				
QUANDO NÃO INDICADO VALE				$\sqrt{Rz16}$					
Para medida sem tolerância vale:				Para medida sem tolerância vale:					
0,2 ... 6 ± 0,1				6 ... 30 ± 0,2					
				30 ... 120 ± 0,3					
				> 120 ± 0,5					
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS				ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS					
0,2 ... 0,5 ± 0,1				0,5 ... 3 ± 0,2					
				3 ... 6 ± 0,5					
				6 ... 30 ± 1					
				30 ... 120 ± 2					
				> 120 ± 4					
ONDE INDICADO VALE				ONDE INDICADO VALE					

FUNDO PAINEL													
SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE													
DIN-ISO 1302													
DIN 3142													
QUANDO NÃO INDICADO VALE													
Para medida sem tolerância vale:													
0,2 ... 6	6 ... 30	30 ... 120	> 120										
± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5										
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS													
0,2 ... 0,5	0,5 ... 3	3 ... 6	6 ... 30	30 ... 120	> 120								
± 0,1	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	± 4								
ONDE INDICADO VALE						VALE	$\begin{matrix} +0,02 \\ -0,02 \end{matrix}$						
CONFORME N12A B42 .DIN 6784													
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm:													
... 10	10 ... 50	50 ... 120	120 ... 400	> 400	Tol.								
± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'									
CENTRO NECESS. DIN 332-B4X8,5					CENTRO OPCIONAL DIN 332-B4X8,5		SEM CENTRO						
										Parafuso			
										Pino de guia			



















Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.
1	fundo	1
2	Canaleta DIN 30x30 315mm	2
3	Canaleta DIN 30x30 330mm	2
4	Canaleta DIN 30x30 270mm	1
5	TrilhoDIN_Liso 250mm	1
6	Fonte 12V	1
7	rele 5V.step	5
8	Fonte 5V.step	1
9	Raspberry Pi 4 Model B	1
10	Separador de borne	4
11	Borne TERRA	4
12	Borne COMUM	28
13	Fusivel	1



Qtd.:1	Material :	DIN
Des.:	Data: 13/05/2025	A3
Escala: 1:2	Denominação:	
Aprendizagem e Treinamento Industrial		FUNDO PAINEL
	Nº.:	Folha 1
	4.1	1 Folhas

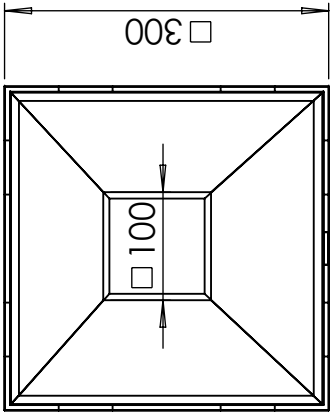
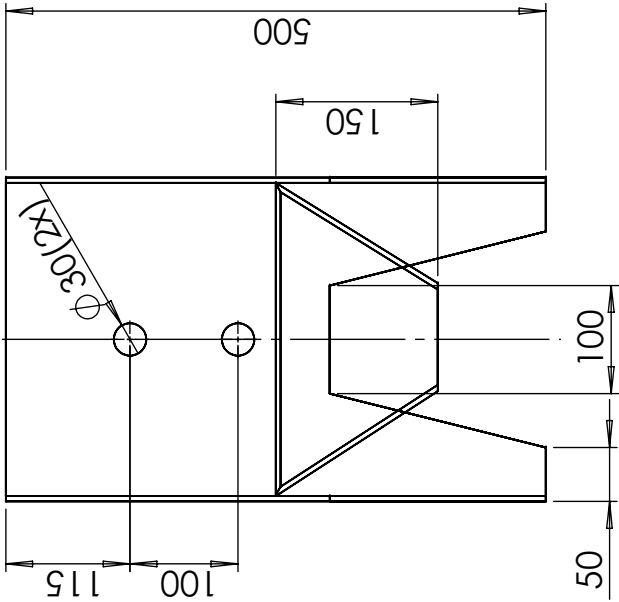


SILO

SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE					
DIN-ISO 1302					
DIN 3142					
QUANDO NÃO INDICADO VALE 					
Para medida sem tolerância vale:					
0,2 ... 6	6 ... 30	30 ... 120	> 120		
± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5		
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS					
0,2 ... 0,5	0,5 ... 3	3 ... 6	6 ... 30	30 ... 120	> 120
± 0,1	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	± 4
ONDE INDICADO  VALE 					
CONFORME NI 2A B42, DIN 6784					
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm:					
... 10	10 ... 50	50 ... 120	120 ... 400	> 400	Tol.
± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'	
CENTRO NECESS. DIN 332-B48,5					
CENTRO OPCIONAL DIN 332-B48,5					
SEM CENTRO					
					
Parafuso					
					
Pino de guia					



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.
1	Silo	1
2	BALLUFF BCS M30BBE2-PSC25H-S04K	2

Qtd.: 1		Material :		Tempo:		DIN
Des.:		Data: 13/05/2025		Denominação:		
Escala: 1:5						
Aprendizagem e Treinamento Industrial				SILO		
Nº.:				5		Folha 1
 BOSCH						1 Folhas

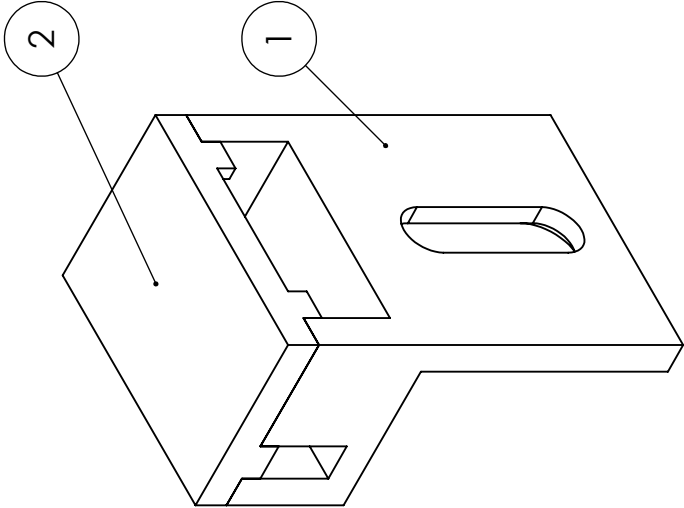


SILO

SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE					
DIN-ISO 1302					
DIN 3142					
QUANDO NÃO INDICADO VALE					
Para medida sem tolerância vale:					
0,2 ... 6 ± 0,1	6 ... 30 ± 0,2	30 ... 120 ± 0,3	> 120 ± 0,5		
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS					
0,2 ... 0,5 ± 0,1	0,5 ... 3 ± 0,2	3 ... 6 ± 0,5	6 ... 30 ± 1	30 ... 120 ± 2	> 120 ± 4
ONDE INDICADO VALE $\begin{matrix} +0,02 \\ -0,02 \end{matrix}$					
CONFORME NI 2A B42, DIN 6784					
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm.					
... 10 ± 1°	10 ... 50 ± 30'	50 ... 120 ± 20'	120 ... 400 ± 10'	> 400 ± 5'	Tol.
CENTRO NECESS. DIN 332-B48,5			CENTRO OPCIONAL DIN 332-B48,5		

Qtd.: 1		Material :		Tempo:		DIN
Des.:		Data: 13/05/2025		Denominação:		
Escala: 1:7						
Aprendizagem e Treinamento Industrial				SILO		
 BOSCH				Nº.: 5.1		Folha 1
						

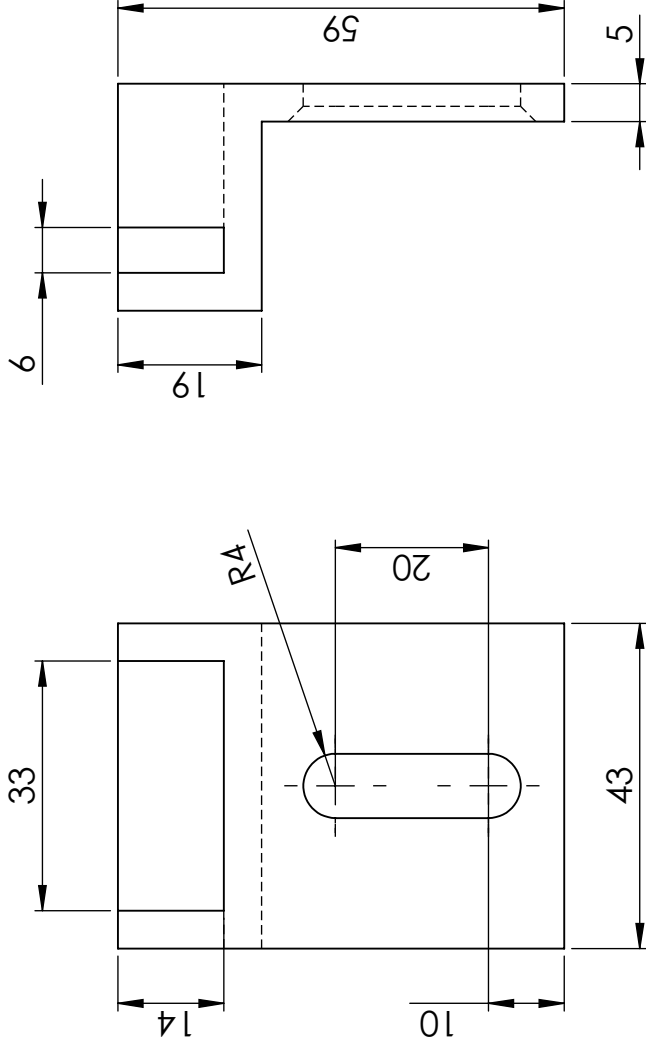
SUPORTE SENSOR KEYENCE					
SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE					
DIN-ISO 1302					
DIN 3142					
QUANDO NÃO INDICADO VALE					
Para medida sem tolerância vale:					
0,2 ... 6 ± 0,1	6 ... 30 ± 0,2	30 ... 120 ± 0,3	> 120 ± 0,5		
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS					
0,2 ... 0,5 ± 0,1	0,5 ... 3 ± 0,2	3 ... 6 ± 0,5	6 ... 30 ± 1	30 ... 120 ± 2	> 120 ± 4
ONDE INDICADO VALE $\begin{matrix} +0,02 \\ -0,02 \end{matrix}$					
CONFORME NI 2A B42, DIN 6784					
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm.					
... 10 ± 1°	10 ... 50 ± 30'	50 ... 120 ± 20'	120 ... 400 ± 10'	> 400 ± 5' Tol.	
CENTRO NECESS. DIN 332-B48,5		CENTRO OPCIONAL DIN 332-B48,5			
				SEM CENTRO	
Parafuso					
Pino de guia					






















Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.
1	suporte sensor keyence	1
2	tampa do suporte keyence	1


Qtd.: 1	Material:	Tempo:	DIN
Des.:	Data: 13/05/2025		
Des.: 1:1	Denominação:		
Aprendizagem e Treinamento Industrial			SUPORTE SENSOR KEYENCE
Nº.: 6			Folha 1 1 Folhas

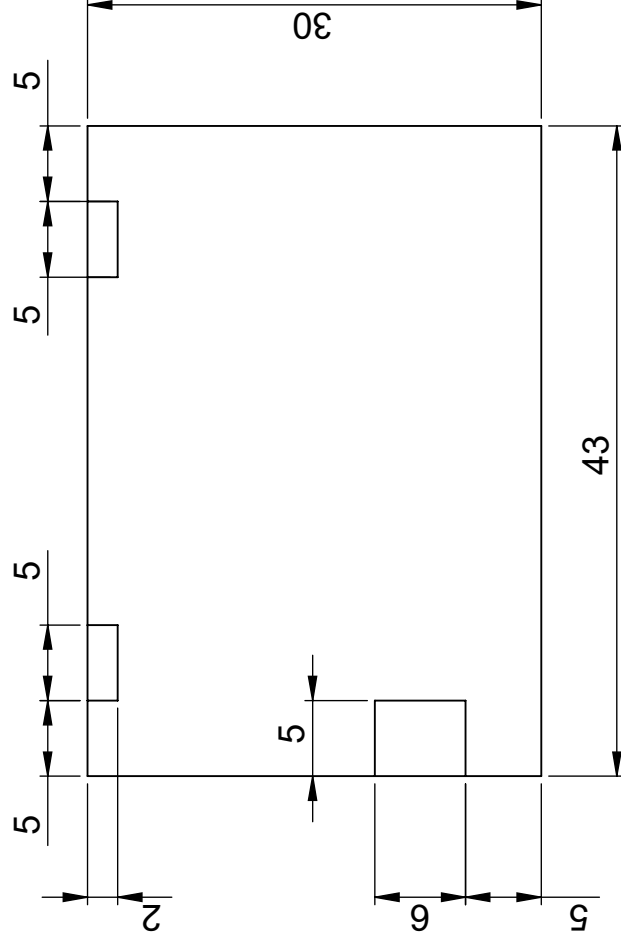






SUPORTE SENSOR KEYENCE

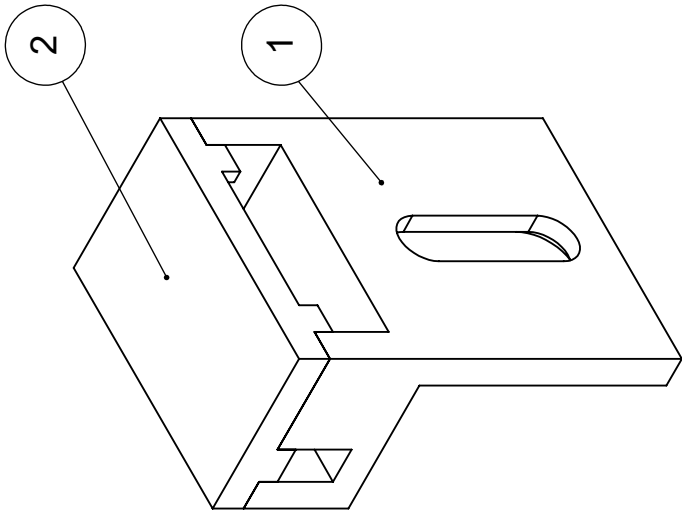
SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE					
DIN-ISO 1302					
DIN 3142					
QUANDO NÃO INDICADO VALE 					
Para medida sem tolerância vale:					
0,2 ... 6	6 ... 30	30 ... 120			
± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5		
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS					
0,2 ... 0,5	0,5 ... 3	3 ... 6	6 ... 30	30 ... 120	> 120
± 0,1	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	± 4
ONDE INDICADO  VALE 					
CONFORME NI 2A B42 .DIN 6784					
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm.					
... 10	10 ... 50	50 ... 120	120 ... 400	> 400 Tol.	
± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'	
CENTRO NECESS. DIN 332-B48.5			SEM CENTRO 		
Parafuso 					
Pino de guia 					





















Qtd.: 1		Material :		Tempo:		DIN
Des.:		Data: 13/05/2025		Denominação: SUPORTE SENSOR KEYENCE		
Escala: 1:1						
Aprendizagem e Treinamento Industrial						
<div>BOSCH</div>				Nº.: 6.1		Folha 1 1 Folhas





TAMPA SUPORTE KEYENCE

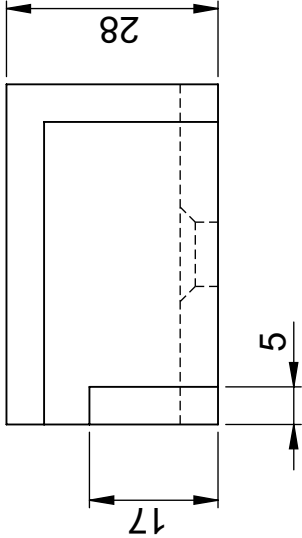
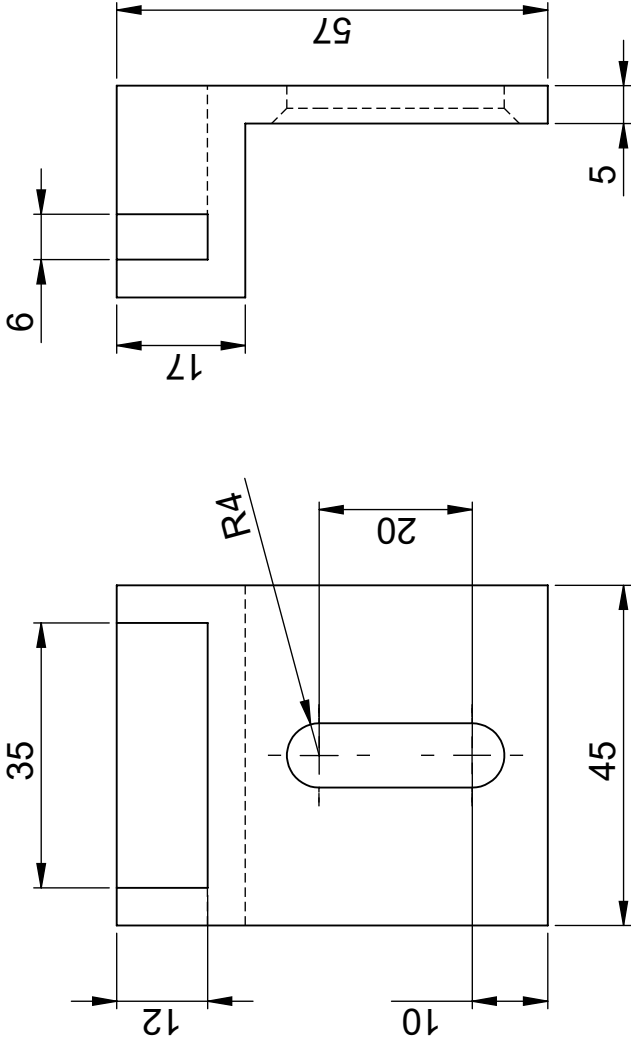
Qtd.: 1	Material:	Tempo:		DIN
Des.: 1	Data: 13/05/2025	Denominação:		
Escala: 1:1	TAMPA SUPORTE KEYENCE			
Aprendizagem e Treinamento Industrial		Nº.: 6.2		
		Folha 1 1 Folhas		




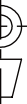
SUPORTE SENSOR					
SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE					
DIN-ISO 1302					
DIN 3142					
QUANDO NÃO INDICADO VALE 					
Para medida sem tolerância vale:					
0,2 ... 6 ± 0,1	6 ... 30 ± 0,2	30 ... 120 ± 0,3	> 120 ± 0,5		
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS					
0,2 ... 0,5 ± 0,1	0,5 ... 3 ± 0,2	3 ... 6 ± 0,5	6 ... 30 ± 1	30 ... 120 ± 2	> 120 ± 4
ONDE INDICADO  VALE  $\begin{matrix} +0,02 \\ -0,02 \end{matrix}$					
CONFORME NI 2A B42, DIN 6784					
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm.					
... 10 ± 1°	10 ... 50 ± 30'	50 ... 120 ± 20'	120 ... 400 ± 10'	> 400 ± 5'	Tol. 
CENTRO NECESS. DIN 332-B48,5			CENTRO OPCIONAL DIN 332-B48,5		
					
					
					
			Parafuso		
			Pino de guia		

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	QTD.
1	suporte sensor	1
2	tampa do suporte	1

Qtd.: 1		Material :		Tempo:		DIN
Des.:		Data: 13/05/2025		Denominação: SUPOORTE SENSOR		
Escala: 1:1						
Aprendizagem e Treinamento Industrial				Nº.: 7		Folha 1 1 Folhas
 BOSCH						



SUPORTE SENSOR					
SÍMBOLOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE E RUGOSIDADE					
DIN-ISO 1302	$\sqrt{\text{bruto}}$	$\sqrt{Rz63}$	$\sqrt{Rz16}$	$\sqrt{Rz4}$	$\sqrt{Rz1}$
DIN 3142	~	∇_{Rz63}	∇_{Rz16}	∇_{Rz4}	∇_{Rz1}
QUANDO NÃO INDICADO VALE $\sqrt{Rz16}$					
Para medida sem tolerância vale:					
0,2 ... 6 ± 0,1	6 ... 30 ± 0,2	30 ... 120 ± 0,3	> 120 ± 0,5		
ARREDONDAMENTOS/CHANFROS NÃO FUNCIONAIS					
0,2 ... 0,5 ± 0,1	0,5 ... 3 ± 0,2	3 ... 6 ± 0,5	6 ... 30 ± 1	30 ... 120 ± 2	> 120 ± 4
ONDE INDICADO VALE $\begin{matrix} +0,02 \\ -0,02 \end{matrix}$					
CONFORME NI 2A B42, DIN 6784					
Para ângulo sem tolerância e comprimento L em mm.					
... 10 ± 1°	10 ... 50 ± 30'	50 ... 120 ± 20'	120 ... 400 ± 10'	> 400 ± 5'	Tol.
CENTRO NECESS. DIN 332-B4x8,5			CENTRO OPCIONAL DIN 332-B4x8,5		
					SEM CENTRO
					Parafuso
					Pino de guia

Qtd.: 1		Material :		Tempo:		DIN
Des.:		Data: 13/05/2025		Denominação: SUPORTE SENSOR		
Escala: 1:1						
Aprendizagem e Treinamento Industrial				Nº.:	Folha 1	
 BOSCH				7.1		1 Folhas

