



VITTORIA CASATI GONÇALVES

**ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA DE
AUTOMAÇÃO:
UMA ABORDAGEM SOBRE A IMPORTÂNCIA DA
DOCUMENTAÇÃO**

LAVRAS – MG

2020

VITTORIA CASATI GONÇALVES

**ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA DE AUTOMAÇÃO:
UMA ABORDAGEM SOBRE A IMPORTÂNCIA DA DOCUMENTAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia de Controle
e Automação para a obtenção do título de
Bacharel.

Prof. DSc. Vinicius Miranda Pacheco
Orientador

**LAVRAS – MG
2020**

VITTORIA CASATI GONÇALVES

**ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA DE AUTOMAÇÃO: UMA
ABORDAGEM SOBRE A IMPORTÂNCIA DA DOCUMENTAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia de Controle
e Automação para a obtenção do título de
Bacharel.

APROVADA em 02 de Setembro de 2020.

Prof. DSc. Vinicius Miranda Pacheco UFLA
Profa. DSc. Silvia Costa Ferreira UFLA
Prof. Dsc. Danton Diego Ferreira UFLA

Prof. DSc. Vinicius Miranda Pacheco
Orientador

**LAVRAS – MG
2020**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me deu forças para concluir este projeto, sempre guiando-me com sua mão poderosa não permitindo que eu fraquejasse.

Dedico esse trabalho in memoriam de meus pais Ennio Casati e Rita Gonçalves Lima que sempre me apoiaram e encorajaram meu sonho, que me acompanharam no começo dessa jornada, mas que não puderam vivenciar esse momento.

Agradeço aos meus irmãos, Mariana que sempre incentivou minha educação e sempre me apoiou, e a Felipe que sempre foi sinônimo de força.

Aos meus amigos, antigos e novos que sempre estiveram torcendo por mim.

E por fim, ao meu noivo Ronnei que sempre esteve comigo desde o começo desse sonho, me incentivando diariamente, e dando forças para que eu prosseguisse.

RESUMO

Este trabalho trata de uma abordagem sobre os documentos que são essenciais na criação de um projeto de engenharia de automação. Muitos desses documentos são desenhos que ilustram o uso de Controladores Lógico Programáveis (CLP), transmissores, painéis elétricos com vistas e ligações de bornes, Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD), ligação de sensores fim de curso, além de esquemas elétricos e de inversores de frequência para controle de velocidade de motores. Esses desenhos servem como referência para realização do trabalho prático. Os desenhos vão desde locais de instalação de tubulações, montagem de equipamentos e seus dimensionamentos. Permitindo instalação correta e posterior manutenção de equipamentos. Outro aspecto importante em projetos é a segurança, isto é, deve ser realizada análise de viabilidade e riscos dos projetos. Alguns desenhos ajudam no aspecto de segurança, como por exemplo: representação de intertravamentos em diagramas lógicos, ou ainda, diagramas de causa e efeito. Há também as topologias de redes industriais que são constituintes da automação dos projetos. Os projetos podem ser de implementação de uma planta industrial, mas também pode ser a inserção de novas tecnologias, isto é, uma nova forma de automação. A importância deste trabalho é representada pela escassez de materiais nessa área, dificultando a inserção de jovens profissionais no mercado de trabalho.

Palavras-chave: Desenho na automação. Engenharia de Automação.

ABSTRACT

This work deals with an approach on the documents that are essential in the creation of an automation engineering project. Many of these documents are drawings that illustrate the use of Programmable Logic Controllers (PLCs), transmitters, electrical panels and terminal connections, Digital Distributed Control Systems (SDCD), connection of limit switches, in addition to diagrams and frequency inverters to control motor speed. These drawings serve as a reference for carrying out the practical work. The designs range from pipeline installation locations, equipment assembly and sizing. Allowing for correct installation and subsequent maintenance of equipment. Another important aspect in projects is safety, that is, the feasibility and risk analysis of the projects must be carried out. Some drawings help in the safety aspect, for example: representation of interlocks in logical diagrams, or even, diagrams of cause and effect. There are also the topologies of industrial networks that are part of the automation of projects. The projects may be for the implementation of an industrial plant, but it may also be the insertion of new technologies, that is, a new form of automation. The importance of this work is represented by the scarcity of materials in this area, making it difficult for young professionals to enter the job market.

Keywords: Design in automation. Automation Engineering

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Diagrama de Documentação	13
Figura 2.2 – Válvula Solenoide	16
Figura 2.3 – Válvula Proporcionais	16
Figura 2.4 – Folha de Dados do Termoelemento	18
Figura 2.5 – Folha de Dados do Transmissor de Temperatura	19
Figura 2.6 – Pt100 a 2, 3 e 4 fios	20
Figura 2.7 – Folha de Dados do Transmissor de Pressão	21
Figura 2.8 – Simbologia dos Diagramas P&I - Localização do instrumento	22
Figura 2.9 – Simbologia dos Diagramas P&I - Localização do instrumento com função de controle	22
Figura 2.10 – Simbologia dos Diagramas P&I - Localização de controladores	23
Figura 2.11 – Simbologia dos Diagramas P&I - Localização de controladores lógicos programáveis	23
Figura 2.12 – Simbologia dos Diagramas P&I - Representação de Sinais	24
Figura 2.13 – Simbologia dos Diagramas P&I - Tipos de funções assumidas pelas letras - segunda parte	25
Figura 2.14 – Simbologia dos Diagramas P&I - Exemplo	26
Figura 2.15 – Simbologia dos Diagramas P&I - Válvulas	26
Figura 2.16 – Fluxograma de instrumentação	27
Figura 2.17 – Célula capacitiva na medição de pressão	28
Figura 2.18 – Lista de Interligação de Automação	31
Figura 2.19 – Representação de JBA com Shield	32
Figura 2.20 – Vista interna, frontal e lateral do painel elétrico e pneumático	33
Figura 2.21 – Ampliação nos desenhos do painel: disjuntores e bornes	33
Figura 2.22 – Ampliação nos desenhos do painel: fonte e bornes	34
Figura 2.23 – Ampliação nos desenhos do painel: válvula solenóide	35
Figura 2.24 – Ligação elétrica dos sensores fim de curso para verificação da posição das válvulas (abertas ou fechadas)	36
Figura 2.25 – Ligação elétrica dos bornes	37
Figura 2.26 – Exemplo de cabeçalho e de itens que devem estar contidos na Lista de Materiais	38

Figura 2.27 – Instalação de Transmissor	39
Figura 2.28 – Tipos de suportes para Transmissores	39
Figura 2.29 – Comparação de perspectivas: cartesiana e isométrica	40
Figura 2.30 – Exemplo de desenho Isométrico	40
Figura 2.31 – Desenho de ligação do motor	41
Figura 2.32 – Ampliação da Figura anterior para visualização do esquema de ligação do motor	42
Figura 2.33 – Diagrama de fluxo	45
Figura 2.34 – Diagrama Lógico de Parada de Bomba	46
Figura 2.35 – Diagrama Lógico de Parada de Bomba - Parte 2	47
Figura 2.36 – Diagrama de Causa e Efeito	48
Figura 2.37 – Trecho de Hazop	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	Engenharia de Automação	10
2.1	Gerenciamento de Projetos e Contextualização na Engenharia de Automação	10
2.1.1	Documentos em Projetos de Automação	12
2.2	Folha de Dados de Instrumentos e Instrumentação	13
2.2.1	Válvulas	15
2.2.2	Medição de Temperatura	17
2.2.3	Medição de Pressão	20
2.3	Diagramas de instrumentação - P&I	21
2.3.1	Estudo de Caso: Diagrama P&I de controle de nível e medição de temperatura	26
2.3.2	Outros documentos de instrumentação	28
2.4	Lista de Interligação de Automação	29
2.4.1	Estudo de Caso: Lista de Interligação	30
2.4.2	Estudo de Caso: Desenhos Complementares à Lista de Interligação	31
2.5	Desenhos de Painéis	32
2.6	Lista de Materiais	37
2.7	Desenhos de Montagem	38
2.7.1	Instalação de sensores	38
2.7.2	Desenhos isométricos	39
2.7.3	Desenhos de ligação de motores	41
2.8	Documentos Relacionados à Segurança do Projeto	42
2.8.1	Diagramas Lógicos	42
2.8.2	Estudo de Caso: Diagramas Lógicos	44
2.8.3	Diagramas de Causa e Efeito	47
2.8.4	HAZOP	48
3	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A primeira revolução industrial introduziu o uso de máquinas a vapor para substituir o trabalho manual e o uso do carvão como combustível. Em seguida, com disseminação do uso da eletricidade nas fábricas, na segunda revolução industrial foi possível implantar sistemas de produção em massa. A terceira revolução industrial, que ocorreu entre as décadas de 1950 e 1970, marcou a mudança dos sistemas analógicos para os sistemas digitais e por isso também ficou conhecida como revolução digital.

Dessa forma, ao longo das diferentes fases da revolução industrial, o esforço animal e humano foi sendo progressivamente substituído pela mecanização, visando criar máquinas para todos os tipos de manufatura. Entretanto, até então a qualidade do produto e o tempo de produção ainda eram dependentes dos operadores. Neste contexto, surge o conceito de automação, visando diminuir a dependência do processo em relação ao operador (FILHO, 2014).

A automação é a tecnologia que combina recursos mecânicos, elétricos e computacionais para fazer a operação e controle que até então só eram realizadas pelo homem. Em um contexto histórico, a primeira máquina programável controlada foi um tear. Ele era comandado por cartões reconfiguráveis e foi patentado em 1801 por J. Jacquard. Com o decorrer do tempo, durante as duas grandes guerras, máquinas mais complexas foram sendo construídas, como: aviões, elevadores controlados automaticamente, navios de grande porte, radares, entre outras. Tais concepções foram possíveis graças ao desenvolvimento das primeiras técnicas de automação industrial, por meio de técnicas de segurança e acionamento, que foram baseadas nos primeiros sistemas de comutação magnéticos e mecânicos (AGUIRRE, 2007).

A automação também gera mais segurança no ambiente fabril, uma vez que evita limitações humanas como cansaços ou distrações. Entretanto, os projetos de automação devem ser realizados com cautela, e para desenvolver os projetos com segurança o profissional deve possuir características importantes, tais como, a capacidade de aprendizado constante, uma vez que se trata de uma área tecnológica e com rápidas evoluções (NEVES, 2007).

É de suma importância no contexto de gestão de projetos a existência de colaboradores que compreendam a necessidade de sistemas automatizados na indústria, bem como especificação adequada dos serviços de engenharia e de equipes de trabalho. Pois, sua ausência, pode causar problemas nos processos de implantação, impossibilitando o alcance dos resultados propostos (JUNIOR; CONFORTO; AMARAL, 2009).

Considerando a importância da automação e do gerenciamento de projetos no ambiente industrial, este trabalho visa apresentar os principais documentos utilizados em um projeto de automação. Embora existam diversos tipos de projetos, muitos documentos possuem formato definido, é importante saber analisá-los na engenharia de automação. Tais documentos são, por exemplo: diagrama de instrumentação, folhas de dados (*datasheet*), lista de materiais, lista de entradas e saídas digitais ou analógicas, lista de alarmes, matriz de causa e efeito, diagrama lógico, HAZOP e desenho de painéis. O objetivo com esse trabalho é a disseminação de documentos importantes na engenharia de projetos de automação, mostrando aos jovens profissionais uma série de documentos essenciais na constituição desse tipo de projeto. Este trabalho está dividido em três capítulos. Este Capítulo apresentou uma introdução do trabalho e contextualização histórica da automação em processos industriais. O Capítulo 2 abordará os conceitos de projetos de automação com foco na descrição dos documentos e principais conceitos teóricos envolvidos para entendimento dos mesmos. Por fim, o Capítulo 3 apresentará as conclusões mais relevantes, o que permite que os jovens profissionais da área de automação possam inserirem-se na área de projetos com maior clareza.

2 ENGENHARIA DE AUTOMAÇÃO

2.1 Gerenciamento de Projetos e Contextualização na Engenharia de Automação

Segundo Kerzner (2015), a grande maioria dos executivos acredita que a prevalência dos problemas empresariais estão relacionados com controle e utilização dos recursos corporativos existentes de forma inadequada. Como consequência, as empresas tentam buscar soluções internas ao invés de externas. Como parte da tentativa de conseguir uma solução interna, os executivos estão analisando com mais cautela a gestão de projetos.

Para Kerzner (2015), projetos são atividades que possuem objetivos a serem atingidos a partir de especificações preestabelecidas, prazo definido e limites financeiros, consome recursos humanos e não humanos e são multifuncionais. De forma similar Dym e Little (2010) definem:

“Projeto de engenharia é um processo sistemático e inteligente no qual os projetistas geram, avaliam e especificam estruturas para equipamentos, sistemas ou processos cuja(s) forma(s) e função(ões) atende(m) os objetivos dos clientes e as necessidades dos usuários, enquanto satisfazem um conjunto de restrições especificadas.”

Kerzner (2015) cita em seu trabalho os 5 processos de gerenciamento de projeto definidos no Guia PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), que são listados a seguir:

- Início do Projeto: etapa que contém a seleção do projeto dadas as limitações de recursos, documentos para autorizar o projeto e designação de um gerente;
- Planejamento do Projeto: estágio no qual são definidos os requisitos e recursos necessários, qualidade e quantidade de trabalho, também são feitas as programações de atividades e avaliação de riscos gerais;
- Execução do Projeto: etapa onde são definidos os participantes do projeto e inicia-se um trabalho com a equipe para aperfeiçoamento do mesmo;
- Monitoramento e Controle do Projeto: estágio do projeto onde é feito o rastreamento do progresso comparando o resultado esperado com o realizado, análise de impactos e realização de ajustes;
- Encerramento do Projeto: representa a etapa na qual verifica-se o que foi realizado e há o encerramento do contrato.

Um dos objetivos do planejamento do projeto é definir completamente todo o trabalho necessário. A principal premissa do gerenciamento de um projeto é baseada no fato de que, se a tarefa é bem compreendida antes de ser executada, a maior parte do trabalho pode ser planejada antecipadamente (KERZNER, 2015).

Os projetos de automação também podem seguir as etapas descritas anteriormente. Entretanto, devido a sua complexidade técnica a implantação de sistemas de automação será descrita neste trabalho nas etapas apresentadas nos parágrafos a seguir.

O projeto se inicia com uma reunião onde são levantadas as necessidades do cliente em relação aos requisitos do projeto. Nesta primeira etapa, é feito um memorial descritivo que é o documento que detalha todos os conjuntos de atividades, serviços ou processos que devem ocorrer ao longo do projeto.

Ainda durante a fase inicial do projeto é necessário fazer um levantamento de campo, a fim de verificar os elementos preexistentes. Deve-se considerar que um projeto pode ser de implementação de uma planta industrial ou melhoria de algo existente. Em ambos os casos, é feita lista de elementos preexistentes para verificar os itens remanescentes. A partir de então, é elaborado um esboço inicial dos componentes que atenderão os requisitos do projeto a ser desenvolvido. Em projetos de automação, estes componentes podem compreender: cabos, instrumentos, bornes, prensa-cabos, parafusos, alicates, formas de conexões do instrumento ao que ele será ligado, sensores, atuadores, tipo de comunicação, tipos de controladores programáveis, linguagem de programação, a rede industrial a ser utilizada, entre outros. Em resumo, todos os itens desde a concepção macro a micro para que ao final o projeto possua resultados satisfatórios.

É importante ressaltar que dentro de cada contexto, deve-se analisar viabilidade de instalação de instrumentos e execução de projetos elétricos, medidas de segurança que devem ser adotadas, limitações orçamentárias e prazos estabelecidos, como foi citado por Kerzner (2015).

Finalizada a etapa de especificações é necessário fazer as configurações dos instrumentos e de lógicas. A etapa de lógica é uma etapa muito importante e que deve ser feita com muita cautela. É nesta etapa que são feitos os intertravamentos, isto é, são estabelecidas uma série de condições, ou pré-requisitos, para que a planta industrial atue com segurança.

Após a etapa de especificações, é realizada a montagem, conforme estabelecida nas etapas anteriores. Finalizada a instalação, é realizado o comissionamento e posterior *start-up* da planta. Finalizado o projeto, são entregues os documentos de desenvolvimento do projeto ao

local onde foi prestado o serviço. O projeto deve possuir um prazo de garantia, isto é, devem ser realizadas assistências técnicas por um prazo estabelecido em contrato.

2.1.1 Documentos em Projetos de Automação

Durante todas as etapas de execução de projetos de automação, diversos documentos são gerados visando facilitar a gestão dos mesmos. É importante ao engenheiro de automação conhecê-los e saber interpretá-los. Chama-se a atenção para alguns documentos muito comuns, tais como: o memorial descritivo, a folha de dados, o diagrama de instrumentação também chamado de fluxograma de processo, a lista de interligação, os desenhos de painéis e de montagem, os diagramas lógicos, diagramas de causa efeito e muitos outros dependendo da especificidade do projeto.

O memorial descritivo é um documento que descreve todos os conjuntos de atividades, serviços ou processos que devem ocorrer ao longo do projeto. Já a folha de dados de processo, ou *datasheets*, são documentos que devem apresentar todas as informações de processo necessárias para selecionar e dimensionar os instrumentos.

Uma vez definidos os instrumentos, os diagramas de instrumentação ou ainda fluxograma de processo, por sua vez, é um desenho que deve conter uma representação simplificada das malhas de controle, identificando a variável, função da mesma e sua localização. Esse fluxograma contém as malhas de controle, intertravamentos e alarmes. Além disso, apresenta: a função dos instrumentos (indicador, controlador e/ou transmissor) e sua localização; o tipo do sinal (elétrico, pneumático ou de controle); a forma de instrumentação (CLP, SDCD ou um painel convencional); e as válvulas (solenoides, de controle, de alívio, ou de segurança). Este documento deve conter a representação de equipamentos e linhas principais de processo.

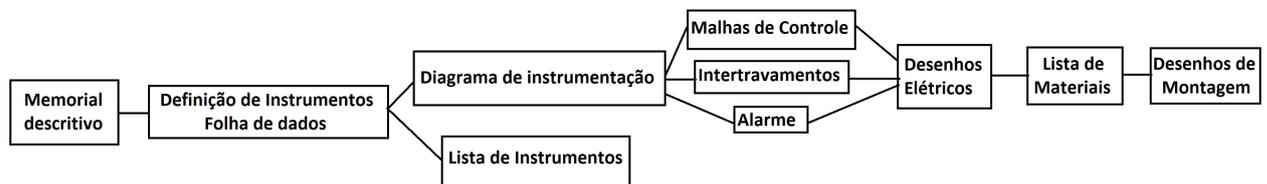
A partir do fluxograma de processos pode surgir a lista preliminar de instrumentos. Esta lista deve agrupar todos os instrumentos da unidade por malha e em ordem crescente, indicando: para que servem, onde são utilizados, onde encontram-se fisicamente (em um painel ou no campo), o tipo de instrumento, entre outras características.

Em sequência são gerados os desenhos elétricos, que são documentos que devem apresentar as formas de ligações elétricas dos instrumentos e equipamentos utilizados no projeto. Um dos documentos que se encaixa nesta categoria é lista de interligação de automação, que pode ser representada por tabelas e complementadas por desenhos. Pode-se citar também os desenhos de painéis e de montagens que apresentam as vistas, dimensões principais, ligações

com bornes, fusíveis, fontes de alimentação, ligações de inversores de frequência para controle de velocidade de motores, entre outros.

Paralelamente à concepção dos documentos citados está a lista de materiais e os desenhos de montagem. A lista de materiais deve conter todos os instrumentos, parafusos e outros equipamentos auxiliares, a fim de realizar o projeto. Já os desenhos de montagem apresentam desenhos que auxiliam na instalação de sensores, desenhos de suporte para instrumentos, e desenhos isométricos. A Figura 2.1 ilustra o processo de concepção dos documentos.

Figura 2.1 – Diagrama de Documentação



Fonte: Do Autor (2020).

Do ponto de vista de segurança, pode-se citar dois documentos relevantes: a matriz de causa e efeito e o digrama lógico. A matriz de causa e efeito é um desenho que mostra a correlação de eventos (causas) e as suas ações (efeitos) que devem acontecer de forma automática. Este documento nem sempre está presente em um projeto, mas ele está diretamente relacionado ao diagrama lógico. O digrama lógico mostra todas as lógicas de controle e de segurança, e ilustra o relacionamento das ações e eventos que devem ocorrer de forma automática e controlada.

Os documentos citados podem possuir uma estrutura completa, contendo várias informações em um único documento, ou podem estar separados em outros documentos como a lista de entradas e saídas digitais ou analógicas, lista de alarmes, dentre outros. Os principais documentos citados anteriormente serão detalhados nas sessões a seguir.

2.2 Folha de Dados de Instrumentos e Instrumentação

SENAI (1999) define instrumentação como: “a ciência que aplica e desenvolve técnicas para adequação de instrumentos de medição, transmissão, indicação, registro e controle de variáveis físicas em processos industriais.”

Nas indústrias de processos a instrumentação permite que os recursos sejam maximizados, pois ao fazer a leitura das informações, seja temperatura, pressão, nível ou vazão, há a

parte de controle e automação que processam esses dados e fazem com que a empresa possua controle das métricas que estão sendo realizadas, e ainda o que pode ser melhorado.

Existem alguns métodos de classificação de instrumentos de medição. São eles:

a) A função que desempenham no processo:

- transdutores que recebem a informação de um sinal em uma grandeza física e fornecem um sinal resultante;
- instrumentos indicadores, que indicam o valor da quantidade medida;
- instrumentos registradores, que registram graficamente valores instantâneos ao longo do tempo;
- os instrumentos transmissores que detectam as variações na variável de processo medida e transmitem à distância;
- os instrumentos controladores que comparam o sinal de uma variável com um valor predefinido (*setpoint*) e fornece um valor de saída a fim de manter a variável dentro de uma determinada faixa;
- elementos finais de controle que variam a quantidade de energia, ou matéria, em resposta ao sinal enviado pelo controlador para que a variável controlada fique estabilizada em um valor ou faixa predeterminada;

b) As características do sinal de saída, que podem ser divididas em:

- tensões padronizadas: -10 a 10V, 0 a 5V, 1 a 5V;
- correntes padronizadas: -20 a 20mA, 0 a 20mA, 4 a 20mA;
- pressões padronizadas: 3 a 15psi;

c) A necessidade de uma fonte de energia externa, onde os instrumentos são classificados como:

- instrumentos passivos que não necessitam de fonte externa;
- instrumentos ativos que necessitam de fonte externa.

As informações mais relevantes dos instrumentos, de acordo com a sua classificação dentro de um projeto, estão presentes nas folhas de dados ou *datasheets*. Folhas de dados

são listas que possuem todas as informações sobre um processo, instrumento ou componente. A partir dela é possível obter informações específicas sobre vários componentes do processo fabril, como especificações de funcionamento, material usado, local de instalação (ALMEIDA, 2019).

Tomando como base os instrumentos mais utilizados em automação, este trabalho descreverá a seguir: as válvulas e seus desenhos, e as folhas de dados de sensores de temperatura e pressão. Também serão apresentados exemplos relativos à medição de pressão e temperatura.

2.2.1 Válvulas

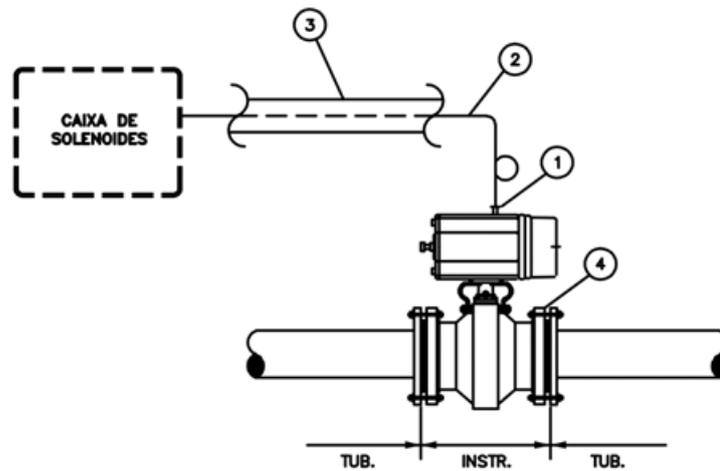
As válvulas são elementos finais de controle que possuem várias funções nas indústrias de processamento como bloquear, direcionar e limitar a pressão de entrada de fluidos em diferentes condições operacionais (FRANCHI, 2015).

Existem diversos modelos de válvulas com diferentes tipos de acionamento, tamanhos e elementos de ligação. As válvulas de comando são aquelas que, quando recebem um impulso, seja ele pneumático, elétrico ou mecânico, permitem que a ocorrência de fluxo de ar pressurizado que alimenta determinados elementos do automatismo (FIALHO, 2011).

Na categoria válvulas de comando destacam-se as válvulas proporcionais, que possuem pressão de trabalho controlada por sinais analógicos. Essas válvulas possuem estados intermediários entre a válvula completamente aberta e completamente fechada. Dois exemplos de válvulas são apresentados nas Figuras 2.2 e 2.3.

A Figura 2.2 apresenta a montagem pneumática de uma válvula solenoide com um atuador. As válvulas solenoides são válvulas de comando elétrico que possuem apenas dois estados: aberto ou fechado. Sua ligação começa em um painel pneumático através da caixa de solenoides, segue pelo campo por meio de um perfilado e chega ao atuador. Em 1, é possível verificar a existência de um conector macho cujo diâmetro deve ser o mesmo do componente 2, que é um tubo de poliuretano usado para fazer alimentação pneumática, também conhecido por *tubing*. Em 3 tem-se um perfilado que será usado para passar o *tubing*. Finalmente, em 4 tem-se uma válvula esfera bipartida. O desenho também ilustra a tubulação em que a válvula bipartida é conectada.

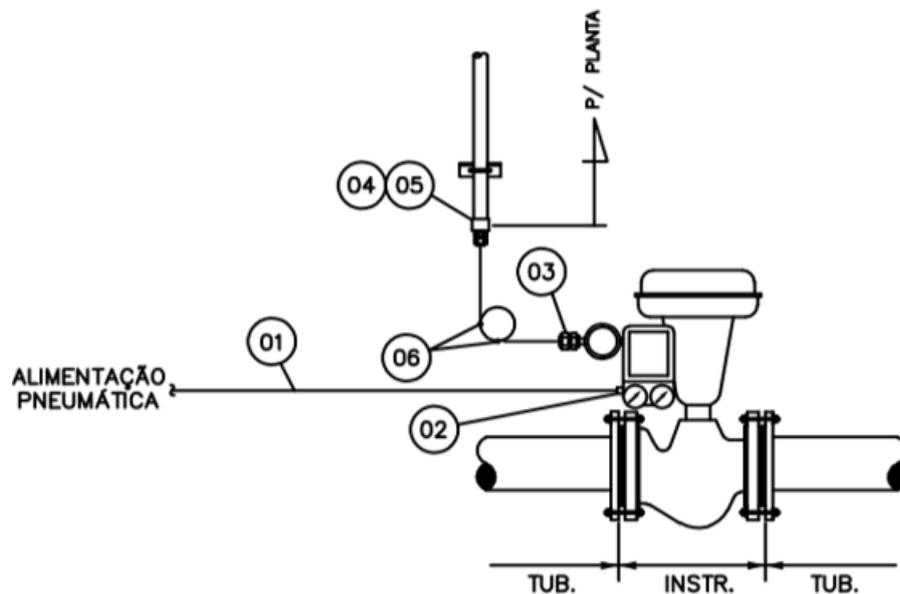
Figura 2.2 – Válvula Solenoide



Fonte: Do Autor (2020).

A Figura 2.3, por sua vez, apresenta o esquema de uma válvula de controle com um posicionador. Trata-se de uma válvula proporcional que, por possuir retroalimentação, pode ser operada em estágios intermediários entre o totalmente aberto e totalmente fechado, permitindo a definição de faixas de trabalho. No desenho desta válvula é possível observar, em 1, o *tubing* de poliuretano e em 2, o conector macho para o *tubing* como já apresentado na Figura 2.2. As demais identificações mostram: em 3, uma prensa cabo; em 4, uma bucha de redução; em 5, uma luva para eletroduto; e em 6, uma abraçadeira de fixação.

Figura 2.3 – Válvula Proporcional



Fonte: Do Autor (2020).

Esses desenhos são essenciais na instalação de plantas industriais, indicando e descrevendo alguns materiais, e mostrando sua forma de conexão. São conhecidos como desenhos de suporte, ou de montagem. Esse documento será abordado posteriormente.

2.2.2 Medição de Temperatura

Os elementos de medição são muito importantes para o correto funcionamento de projetos de automação. A medição de temperatura, por sua vez, é de suma importância em controles industriais, podendo ser realizada por meio de termopares, termorresistências ou termistores.

As termorresistências são muito comuns na indústria. O princípio de medição de temperatura utilizando termômetros de resistência se baseia na variação do valor da resistência elétrica de um condutor metálico em função da temperatura. Diversos metais podem ser utilizados na composição de termorresistências. Um exemplo é o cobre, utilizado para medições na faixa de 193,15K a 533,15K (-80°C a 260°C), e que possui linearidade de 0,1° C em intervalo de 200°C. Entretanto, o cobre possui baixa resistência à oxidação, tendo sua faixa de temperatura limitada. Outro metal muito utilizado é o níquel que mede temperaturas entre 213,15K a 453,15K (-60°C a 180°C) e que possui baixo custo, alta sensibilidade, mas baixa linearidade. Por fim, pode-se citar a platina que mede entre 25K a 1235K (-248°C a 962°C), sendo o metal mais utilizado em termorresistências pela ampla faixa de medição, apresenta boa linearidade, boa resistência à oxidação, boa estabilidade química e é de fácil obtenção na forma pura (FIALHO, 2013).

Como consequência, uma das formas de medições de temperatura mais comuns é a termorresistência de platina do tipo Pt100. Devido as vantagens já citadas da platina, o Pt100 possui linearidade na medição, pode ser usado para amplas faixas de valores e possui baixo valor de aquisição.

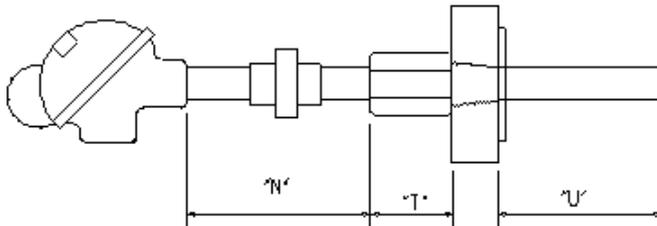
Como documentação de medição de temperatura, podem ser citadas as folhas de dados, também chamadas de *datasheets* que devem possuir todas as informações de processo necessárias para selecionar e dimensionar os instrumentos. Isto é, são listas de informações de diversos equipamentos a fim de obter referências sobre vários componentes do processo fabril (ALMEIDA, 2019).

A Figura 2.4 mostra um modelo de folha de dados que auxilia na escolha do sensor de temperatura a partir das características que são pré-requisitos como: tamanho, material, tipo de isolamento, norma seguida. Também deve-se atentar ao poço termométrico, uma vez que ele deve ser resistente ao material onde será medida a temperatura, por exemplo, fluidos corrosivos

exigem maior proteção que o óleo. Neste documento também está contida a localização do instrumento e faixa de temperatura. Tais dados são importantes de serem armazenados, pois é necessário que os instrumentos possuam calibrações periódicas.

Figura 2.4 – Folha de Dados do Termoelemento

Logotipo		Projeto: Sistema de Automação	Data: 11.03.20	Por: VITTORIA
		Local: LAVRAS-MG	Folha: 01	Ver.:
FOLHA DE DADOS				
BULBO DE RESISTÊNCIA E POÇO TERMOELÉTRICO- PT 100				
GERAL		CABEÇOTE		
1	CONJ. COMPLETO <input checked="" type="checkbox"/> OUTRO: _____	12	TIPO: <input checked="" type="checkbox"/> UNIVERSAL GRANDE <input type="checkbox"/>	
2	FABRICANTE (REFERÊNCIA): _____	13	MATERIAL: <input checked="" type="checkbox"/> ALUMÍNIO FUNDIDO <input type="checkbox"/>	
3	MODELO (REFERÊNCIA): _____	14	<input checked="" type="checkbox"/> TAMPA ROSQ. CI CORRENTE <input type="checkbox"/>	
ELEMENTO		15	CONEXÃO ELÉTRICA: <input type="checkbox"/> 3/4" NPT <input checked="" type="checkbox"/> 1/2" NPT	
4	TIPO: 2 FIOS <input type="checkbox"/> 3 FIOS <input checked="" type="checkbox"/> 4 FIOS <input type="checkbox"/>	16	DIMENSÃO "N": <input checked="" type="checkbox"/> BUCM <input type="checkbox"/> 1/2" NPT X 6mm	
5	SIMPLES <input checked="" type="checkbox"/> DUPLO <input type="checkbox"/>	17	BLOCO TERM.: <input checked="" type="checkbox"/> SIMPLES <input type="checkbox"/> DUPLO MAT: _____	
6	PLATINA <input checked="" type="checkbox"/> NIQUEL <input type="checkbox"/>	18	GRAU DE PROTEÇÃO: (NOTA 1)	
7	RESISTÊNCIA A 0°C: 100 Ohms	POÇO OUTUBO		
8	DIÂMETRO EXTERNO DA BANHA: _____	19	FORNECIM.: <input checked="" type="checkbox"/> INCLUIDO <input type="checkbox"/> POR OUTRO	
9	MATERIAL DA BANHA: AISI 304 <input type="checkbox"/> AISI 316 <input checked="" type="checkbox"/>	20	MATERIAL: <input checked="" type="checkbox"/> A1 316 <input type="checkbox"/> A1 304 <input type="checkbox"/> AÇO LIGA	
10	ISOLAÇÃO: MINERAL	21	CONSTRUÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/> RETO <input type="checkbox"/> CÔNICO <input type="checkbox"/> PADRÃO FABR.	
11	LIMITE DE ERRO: _____ NORMA: DIN 43760	22	<input checked="" type="checkbox"/> TORNEADO EM UMA BARRA <input type="checkbox"/>	
			CONEXÃO AO ELEMENTO: 1/2" NPT	



23	24	25	26	27		28	29	30	31
IDENTIFICAÇÃO	SERVIÇO	FAIXA TEMP. (°C)	PRESSÃO (OPX)/(mm².g)	DIMENSÃO (mm)		COMPRIM. ELEMENTO	CONEXÃO AO PROCESSO	CALIBR. IS. TIPO	NOTAS APLIC.
				"T"	"U"				
AREA1-TE-001	AREA1-TE-001				200 mm	300 mm	3/4" NPT		
AREA1-TE-002	AREA1-TE-002				200 mm	300 mm	3/4" NPT		

NOTAS:
 (1) - OS CABEÇOTES DEVERÃO SER COM GRAU DE PROTEÇÃO MÍNIMO IP-55
 (2) - OS COMPRIMENTOS DOS POÇOS SERÃO DEFINIDOS POSTERIORMENTE APÓS DETALHAMENTO DA TUBULAÇÃO
 (3) - CLASSE DE PRESSÃO DO FLANGE, DEVERÁ SER A MESMA ADOTADA P/ O EQUIPAMENTO

Fonte: Do Autor (2020).

A Figura 2.5 apresenta um modelo de folha de dados que auxilia na escolha do transmissor de temperatura. Neste caso, é crucial atentar-se para a posição de encaixe com o poço no local onde será realizada a medição de temperatura. De forma geral, as conexões são importantes, pois elas estão ligadas a outros elementos que devem ser utilizados. A classe de um instrumento está relacionada com a precisão que ele possui. Vale ressaltar que devem ser analisadas as necessidades em cada projeto, pois quanto maior a precisão requerida, maior o valor agregado ao instrumento.

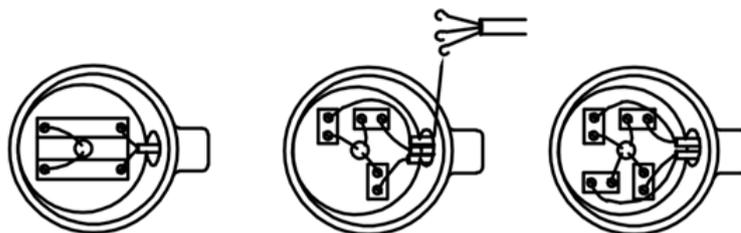
Figura 2.5 – Folha de Dados do Transmissor de Temperatura

LOGO		Automação de Sistema		Doc.Nº		
		Local: Lavras - MG		Data:	23.03.20	Por: Vittoria
		FOLHA DE DADOS		Folha:	2	Ver.:
				Rev:	0	Apr.:
TRANSMISSOR DE TEMPERATURA						
IDENTIFICAÇÃO		A1-TIT-001		A1-TIT-002		
SERVIÇO						
POÇO	1	Tipo	ROSQUEADO RETO		ROSQUEADO RETO	
	2	Material	INOX	diam. int. 6 mm	INOX 6 mm	
	3	Conexão ao processo	3/4" NPT		3/4" NPT	
	4	Comprimento inserção "U"	200 mm		200 mm	
	5	Comprimento extensão "T"	LUVA 1/2" NPT		LUVA 1/2" NPT	
	6	Complemento	BUCIM 1/2" NPT x 6 mm		BUCIM 1/2" NPT x 6 mm	
SENSOR	7	Princípio de Medição	RTD - PT100 3 fios		RTD - PT100 3 fios	
	8	Material	INOX	diam. Ext. 6 mm	INOX 6 mm	
	9	Comprimento inserção	300 mm		300 mm	
	10	Curva característica	CLASSE " A "		CLASSE " A "	
	11					
	12					
TRANSMISSOR	13	Tipo da Eletrônica	Microprocessada		Microprocessada	
	14	Faixa Calibrada	0 ~ 100°C		0 ~ 100°C	
	15	Precisão	Menor que 0.1%		Menor que 0.1%	
	16	Alimentação	24 VDC		24 VDC	
	17	Sinal de Saída	4 ~ 20 mA - HART		4 ~ 20 mA - HART	
	18	Classificação do Invólucro	NEMA4		NEMA4	
	19	Material do Invólucro	Alumínio / Epoxi		Alumínio / Epoxi	
	20	Conexão Elétrica	1/2" NPT		1/2" NPT	
	21	Indicação Local	LCD		LCD	
	22	Configuração	Local / Remota		Local / Remota	
	23					
24						
OPC.	25	Kit de Montagem	Sim		Sim	
	26	Plaqueta de Identificação	Aço Inox		Aço Inox	
	27					
	28					
FABRICANTE:		SIEMENS		SIEMENS		
MODELO DO TRANSMISSOR:		JM70-11-LCD-HART		JM70-11-LCD-HART		
MODELO DO SENSOR:		PT100		PT100		
Notas:						

Fonte: Do Autor (2020).

Para direcionar aos eletricitistas e instrumentistas que farão a manutenção dos equipamentos é importante ter desenhos de apoio, como a Figura 2.6, que mostra as possibilidades de ligação do sensor tipo Pt100.

Figura 2.6 – Pt100 a 2, 3 e 4 fios



Fonte: Do Autor (2020).

A ligação a 2 fios é ruim para grandes distâncias, pois além de medir a resistência do bulbo de temperatura ainda mede a resistência do cabo, então, geralmente para ligações com cabos de mais de 2 metros a resistência do cabo interfere muito, gerando medidas não confiáveis. A ligação com 3 fios é mais usada, uma vez que possui a vantagem de eliminar a resistência do condutor (GRANDO, 2013). O terceiro fio é um curto com outro fio, sendo assim, tem-se a medição da mesma forma mencionada anteriormente, mas com o terceiro fio, é possível saber a resistência dos cabos e fazer a sua eliminação. A ligação a 4 fios possui o curto circuito nos dois condutores, e faz a leitura da resistência dos cabos duas vezes. Vale ressaltar que os cabos em todas as situações devem ser homogêneos, para que a leitura seja feita com precisão.

2.2.3 Medição de Pressão

Quando um fluido está em contato com uma superfície sólida, ele exerce sobre a superfície uma força perpendicular em cada ponto dessa superfície. A força exercida por unidade de área é denominada pressão (TIPLER; MOSCA, 2011).

Dependendo do tipo de projeto, pode ser necessária a medição de pressão absoluta em relação ao vácuo, ou a medição da pressão atmosférica que é a pressão absoluta sobre a superfície terrestre variando com a altitude local e com a temperatura ambiente. A diferença entre pressão absoluta e pressão atmosférica é a pressão relativa, também conhecida por pressão manométrica, pois é medida usando manômetros (FIALHO, 2013). A pressão diferencial, por sua vez, é a diferença entre duas pressões quaisquer, e a pressão a vácuo ocorre quando a pressão absoluta do sistema é inferior à pressão atmosférica, ou seja, é negativa.

De forma análoga à folha de dados de transmissão de temperatura, existe a folha de dados para a transmissão de pressão, como ilustrado na Figura 2.7. Nessa figura, também deve-

se atentar ao material de confecção do instrumento, suas faixas de trabalho, sinais de saída, dimensões e o tipo do sensor, que nesse caso é piezo resistivo.

Figura 2.7 – Folha de Dados do Transmissor de Pressão

		Sistema de Automação		Doc. Nº		
		Local: LAVRAS-MG		Data: 15.04.20	Por: VITTORIA	
		FOLHA DE DADOS		Folha: 2	Ver.:	
				Rev: 0	Apr.:	
		TRANSMISSOR DE PRESSÃO DIFERENCIAL				
IDENTIFICAÇÃO		A2-LIT-001		A2-LIT-002		
SERVIÇO						
GERAL	1	Número da linha/Material				
	2	Diâmetro	Schedule			
	3	Classificação da área				
	4					
TUBO MEDIDOR	5	Tipo do elemento		Cápsula Diafragma	Cápsula Diafragma	
	6	Tipo do sensor		PIEZO RESISTIVO	PIEZO RESISTIVO	
	7	Material do elemento		AISI 316	AISI 316	
	8	Enchimento do sensor		SILICONE DC-200	SILICONE DC-200	
	9	Extensão do sensor		SELO	SELO	
	10	Sobreprensão sem dano				
TRANSMISSOR	12	Tipo da eletrônica		Microprocessada	Microprocessada	
	13	Alimentação		10.5 ~ 30 VDC	10.5 ~ 30 VDC	
	14	Alcance		16 ~ 20000 mbar	16 ~ 20000 mbar	
	15	Faixa calibrada				
	16	Sinal de saída		4 ~ 20 mA / HART	4 ~ 20 mA / HART	
	17	Conexão ao processo		3"	3"	
	18	Mat. do corpo/flanges/paraf.		AISI 316	AISI 316	
	19	Supressão e elevação de ze		Sim	Sim	
	20	Classificação do invólucro		IP-65	IP-65	
	21	Material do invólucro		Alumínio/Epoxy	Alumínio/Epoxy	
	22	Conexão elétrica		1/2" NPT	1/2" NPT	
23	Configuração		LOCAL / REMOTA	LOCAL / REMOTA		
24	Indicação local		LCD	LCD		
25	Montagem		FLANGE TANQUE	FLANGE TANQUE		
ACCESS.	26	Diafragma de selagem		MONTAGEM DIRETA	MONTAGEM DIRETA	
	27	Flange/Classe/Face		4" 150 LBS ASME B16.5	4" 150 LBS ASME B16.5	
	28	Material Diafragma/Flange		INOX 316L/316	INOX 316L/316	
	29	Compr.	Diam	50 mm 4"	50 mm 4"	
	30	Material armadura		inox 316	inox 316	
	31	Bloco equalizador		n/a	n/a	
	32	Plaqueta de identificação		Aço Inox	Aço Inox	
33						

Fonte: Do Autor (2020).

2.3 Diagramas de instrumentação - P&I

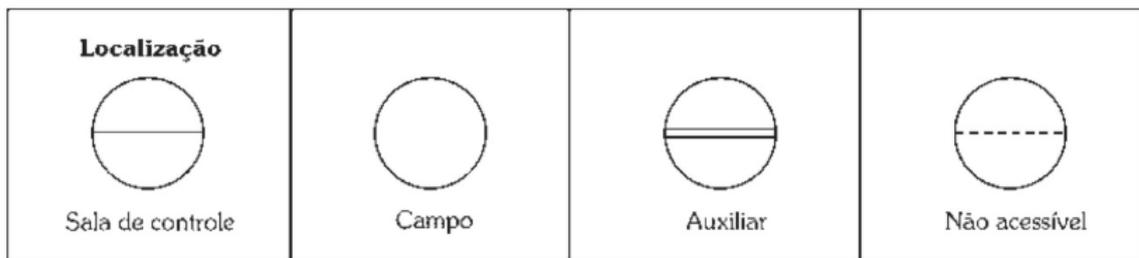
Os diagramas de instrumentação P&I (*Piping and Instrumentation*) têm como finalidade a identificação das malhas de controle. Descrevem os instrumentos de medidas utilizados, tipos de controle e interconexão ao processo. Para a identificação de um instrumento há algumas normas, como por exemplo a norma ISA S5.1 que é a mais adotada na prática e aceita internacionalmente (FRANCHI, 2011).

Na composição de diagrama de instrumentação há círculos, letras, números, linhas e símbolos de processo. Em cada um desses itens há informações sobre os dispositivos dos sis-

temas como suas funções e a maneira que eles estão conectados entre si e com o processo (FRANCHI, 2011).

Círculo representa a medição individual. Quanto a localização, há representação de linha horizontal no meio. Cada tipo de linha indica uma localização. Uma única linha horizontal no centro da forma indica que o instrumento ou função está localizado em uma sala de comando ou controle. Linha dupla indica que o instrumento está em um local auxiliar como um rack de instrumentos. Ausência de linha aponta que o elemento está montado no campo, e a linha tracejada indica que o instrumento é inacessível, por exemplo, ele pode estar colocado atrás da porta de um painel. A Figura 2.8 ilustra a localização de acordo com a simbologia.

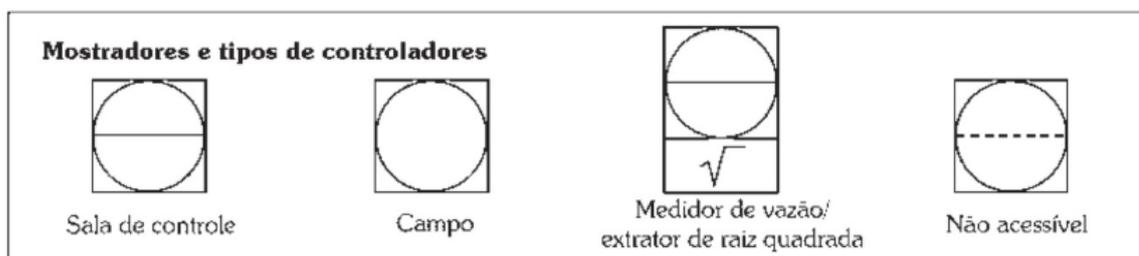
Figura 2.8 – Simbologia dos Diagramas P&I - Localização do instrumento



Fonte: Franchi (2011)

Podem existir instrumentos transmissores que sejam microprocessados, possuindo também funções de controle. Nesse caso, a simbologia é de um quadrado com círculo interno. Sua localização é representada de maneira análoga a que foi explicada anteriormente e está representada na Figura 2.9.

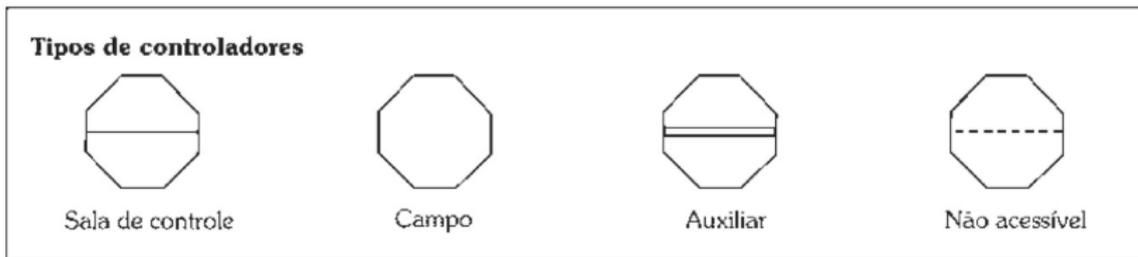
Figura 2.9 – Simbologia dos Diagramas P&I - Localização do instrumento com função de controle



Fonte: Franchi (2011)

Octógonos ou hexágonos representam a medição de uma variável. Quanto a localização, há representação de linhas como já descritas anteriormente, em que cada tipo de linha indica uma localização. Na Figura 2.10 são representadas as possíveis localizações dos controladores de acordo com essa simbologia.

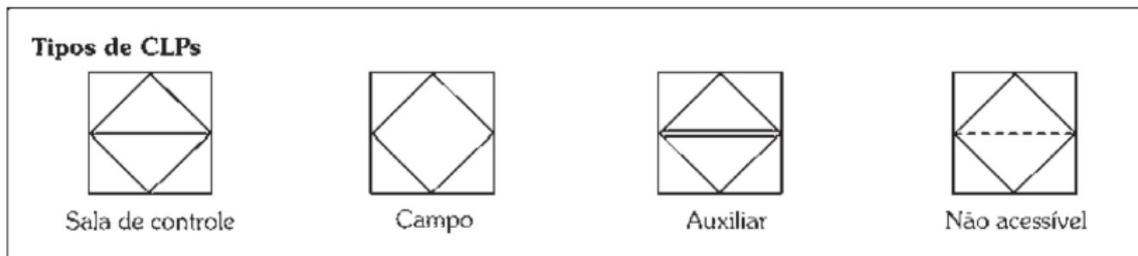
Figura 2.10 – Simbologia dos Diagramas P&I - Localização de controladores



Fonte: Franchi (2011)

Quadrados com losangos em seu interior representam controladores lógicos programáveis. As linhas contínuas, duplas, tracejadas ou ausentes representam a localização, como já explicado. Na Figura 2.11 são representadas as localizações para os tipos de controladores.

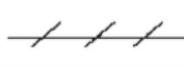
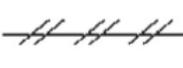
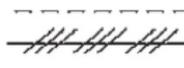
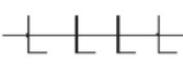
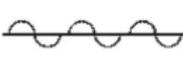
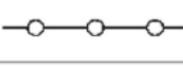
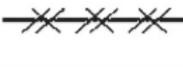
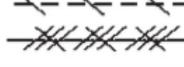
Figura 2.11 – Simbologia dos Diagramas P&I - Localização de controladores lógicos programáveis



Fonte: Franchi (2011)

Linhas representam o tipo de sinal que está sendo ligado a um instrumento. Na Figura 2.12 estão representados os diferentes tipos de sinais que podem estar em um diagrama P&I, sendo elas de suprimento ou impulso, sinal pneumático, sinal hidráulico, sinal eletromagnético ou sônico guiado, ligação por software, sinal binário pneumático, sinais não definidos, sinais elétricos, tubo capilar, sinal eletromagnético ou sônico não guiado, ligação mecânica, sinal binário elétrico.

Figura 2.12 – Simbologia dos Diagramas P&I - Representação de Sinais

	Suprimento ou impulso		Sinal não definido
	Sinal pneumático		Sinal elétrico
	Sinal hidráulico		Tubo capilar
	Sinal eletromagnético ou sônico guiado		Sinal eletromagnético ou sônico não guiado
	Ligação por software		Ligação mecânica
	Sinal binário pneumático		Sinal binário elétrico

Fonte: Franchi (2011)

As letras de identificação na simbologia ISA indicam:

- a) a variável medida: temperatura, força, pressão;
- b) a função do dispositivo: transmissor, válvula, controlador;
- c) os elementos modificadores: alto, baixo, diferencial, segurança.

Na Figura 2.13 é apresentada uma tabelas com as diferentes funções que as letras assumem, sendo a letra inicial a variável medida e as outras duas letras representam modificadores ou funções assumidas.

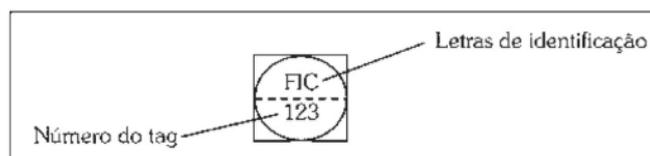
Figura 2.13 – Simbologia dos Diagramas P&I - Tipos de funções assumidas pelas letras - segunda parte

Primeira Letra			Letras sucessivas		
	Variável medida	Letra de modificação	Função de leitura passiva	Função de saída	Letra de modificação
A	Analizador	Alarme	Alarme		
B	Queimador (chama)	Balão de pressão			
C	Condutibilidade elétrica			Controlador	
D	Densidade ou peso específico	Diferencial			
E	Tensão (fem)		Elemento primário		
F	Vazão	Relação			
G	Medida dimensional		Visor		
H	Comando manual	Entrada manual			Alto
I	Corrente elétrica		Indicador		
J	Potência	Varredura			
K	Tempo ou programa		Cálculos em sistema digital		
L	Nível		Lâmpada piloto		
M	Umidade		Média		Médio ou intermediário
N	Vazão molar				
O	Orifício ou restrição				
P	Pressão	Percentual	Tomada de impulso		
Q	Quantidade	Integração			
R	Remoto		Registrador		
S	Velocidade ou frequência	Velocidade/chave de segurança		Interruptor ou chave	
T	Temperatura			Transmissor	
U	Multivariável		Cálculo por computador	Multifunção	
V	Vibração			Válvula	
W	Peso ou força		Poço		
X ou Y	Escolha do usuário		Solenóide/ conversor de sinal	Relé ou computador	
Z	Posição/ Deslocamento			Elemento final de controle	

Fonte: Adaptado de Franchi (2011)

A Figura 2.14 mostra um exemplo de simbologia adotada nos diagramas P&I. O quadrado com círculo dentro e linha tracejada no meio representa que o instrumento possui função de controle e não está acessível ao operador. FIC representa que o instrumento é indicador e controlador de fluxo, o número da tag mostra que o instrumento é associado a malha 123.

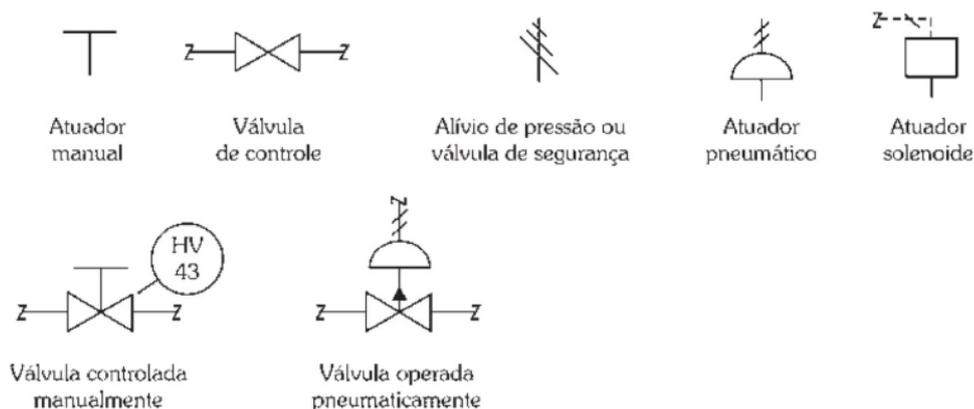
Figura 2.14 – Simbologia dos Diagramas P&I - Exemplo



Fonte: Franchi (2011)

A Figura 2.15 ilustra as simbologias de alguns tipos de válvulas, como atuadores manuais, válvulas de controle, válvulas de alívio de pressão ou válvulas de segurança, atuador pneumático, atuador solenoide, válvula controlada manualmente e válvula operada pneumaticamente.

Figura 2.15 – Simbologia dos Diagramas P&I - Válvulas



Fonte: Franchi (2011)

2.3.1 Estudo de Caso: Diagrama P&I de controle de nível e medição de temperatura

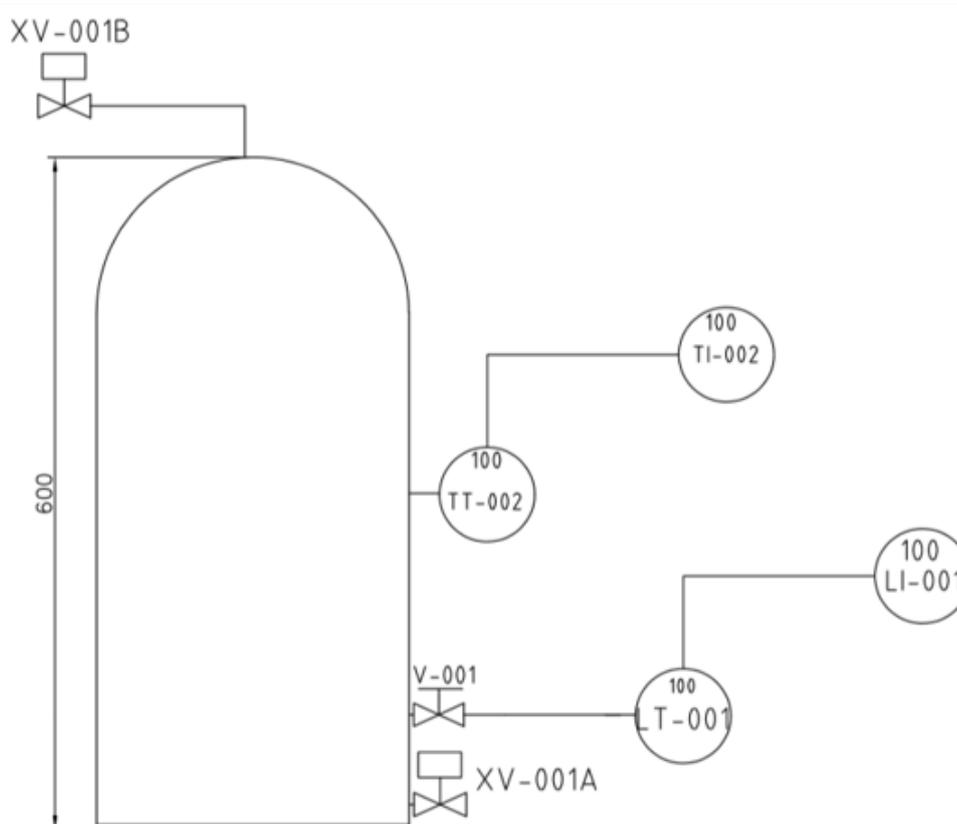
A Figura 2.16 apresenta um projeto para medição de nível e temperatura de um tanque. Para isso são utilizadas duas válvulas atuadoras uma no fluxo de entrada (XV-001B) e outra na saída (XV-001A), e a válvula V-001 que serve para a inserção de flange. O uso dessa válvula é importante para permitir a retirada do instrumento de nível para calibração ou manutenção sem precisar esvaziar o tanque.

As válvulas seguem as regras de nomenclatura das tabelas das Figuras 2.12 e 2.13 onde XV mostra que é uma válvula ativada por solenoide e V é apenas uma válvula simples. Os desenhos das válvulas também são representados de acordo com a simbologia apresentada na Figura 2.15. A válvula ativada por solenoide possui um quadrado na parte superior e a parte inferior demonstram que elas são válvulas de controle.

Medições de temperatura e nível e suas transmissões são representadas por círculos simples indicando que tanto os instrumentos indicadores quanto os transmissores estão no campo e são pertencentes a área 100. As nomenclaturas dos círculos também seguem as regras das Figuras 2.12 e 2.13, onde LT-001 representa o transmissor de nível que é da malha 001 assim como LI representa o indicador de nível. De forma análoga, TT-002 representa o transmissor de temperatura da malha 002, e o TI representa a indicação de temperatura.

Vale ressaltar que um instrumento pode ser indicador e transmissor, nesse caso, ao invés dos círculos separados poderia haver apenas um círculo contendo a sigla LIT e TIT.

Figura 2.16 – Fluxograma de instrumentação



Fonte: Do Autor (2020).

Caso fosse desejado realizar o controle de nível, ele pode ser feito usando um CLP que faz a análise do nível desejado (*setpoint*) e o valor atual (PV-Valor de Processo), informado pelo transmissor. Com base nos dois valores o controlador verifica se o nível está abaixo do desejado, a válvula XV-001B é aberta e a XV-001A é fechada, até que o *setpoint* seja atingido. O processo inverso também pode ser feito, isto é, caso o nível esteja acima do desejado, é aberta a válvula XV-001A e fechada a XV-001B.

A seguir será exemplificado um sensor que pode ser usado para a medição de nível do tanque da Figura 2.16.

O sensor da Figura 2.17 possui como princípio de medição uma célula capacitiva. Nele há duas câmaras de referência. Uma câmara de alta pressão (H), onde é inserida a pressão P1 e outra de baixa (L) onde é inserida a pressão P2. CH é a capacitância medida entre a placa fixa do lado de P1 e o diafragma sensor; CL é a capacitância medida entre a placa fixa do lado de P2 e o diafragma sensor, d é distância entre as placas fixas de CH e CL. Como resultado final, a variação de nível gera uma variação de pressão, que é dada por:

$$\Delta P = \frac{CL - CH}{CL + CH} = 2 \frac{\Delta d}{d} \quad (2.1)$$

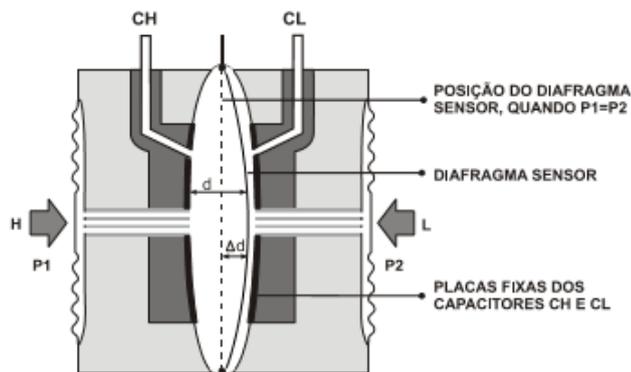
Pelo Teorema de Stevin, a variação da pressão é igual a densidade do que está sendo medido multiplicado pela altura.

$$\Delta P = \rho * g * h \quad (2.2)$$

Como o objetivo é encontrar o nível, isto é, h, basta isolá-lo na equação.

$$h = \frac{\Delta P}{\rho * g} \quad (2.3)$$

Figura 2.17 – Célula capacitiva na medição de pressão



Fonte: SMAR (2020)

2.3.2 Outros documentos de instrumentação

Como mencionado, há documentos que podem vir completos, isto é, contendo várias informações em um só documento. Entretanto, as informações também podem vir dispostas

em outros documentos, como por exemplo, a lista preliminar de instrumentos que agrupa todos os instrumentos da unidade fabril por malha e em ordem crescente, indicando para que servem, onde são utilizados e onde se encontram fisicamente. Também podem existir outros documentos como lista de entradas e saídas digitais ou analógicas, lista de alarmes. Isto é, há documentos que podem concentrar várias informações, ou essas informações podem estar em documentos separados.

2.4 Lista de Interligação de Automação

A lista de interligação de automação ilustra o caminho percorrido pelos cabos, mostrando os itens por equipamento no campo até a sua chegada nos cartões do controlador lógico programável. Esse documento também é conhecido como diagrama “de para”, e é importante desde o momento de montagem dos cabos no instrumento até em manutenções onde são feitos testes de continuidade identificando cabos que possam estar rompidos e precisam ser substituídos.

Um conceito importante para a compreensão das planilhas e desenhos das listas de interligação é o de multicabo. O multicabo nada mais é do que a junção de vários cabos em um cabo maior. Ou seja, ao invés de serem necessários passar 4 pares de cabos isoladamente, isto é, um par de cada vez, é possível fazer a passagem de vários pares simultaneamente. Esse recurso, nesse projeto em que possuem apenas quatro instrumentos não parece ser necessário, mas em projetos mais complexos, em que são inseridos mais instrumentos, torna-se extremamente vantajoso, pois gera facilidade e economia de tempo na passagem de cabos, e torna o projeto mais organizado. É importante ressaltar que deve-se levar em conta a capacidade humana e o tempo que leva para passar esses multicabos, além de ergonomia.

Outro conceito presente nas listas de interligações é a JBA que é abreviação de *Junction Box Analogic* que é uma caixa de junção analógica. Essas caixas passam todos os cabos do projeto da parte analógica, que depois são ramificados para cada instrumento. As JBDs (*Junction Box Digital*), por sua vez, são caixas de junção digitais que funcionam de maneira análoga à caixa de junção analógica. É uma boa prática separar cabos analógicos e digitais e passá-los por diferentes encaminhamentos (leitos, calhas, ou eletrodutos). Sinais digitais e analógicos trabalham de formas diferentes, se estiverem juntos, os sinais digitais podem gerar ruídos nos sinais analógicos. Entretanto, mesmo sendo inadequado é recorrente a passagem de cabos digitais e analógicos juntos até grandes indústrias.

Um dos fatores importantes em projetos elétricos e de automação são os equipamentos reservas. É preciso saber dimensionar as manutenções e expansões que ocorrerão no futuro, em equipamento elétricos ou eletrônicos muitas vezes o dimensionamento de bornes ou entradas reservas pode facilitar muito a manutenção ou a expansão fabril.

2.4.1 Estudo de Caso: Lista de Interligação

A Figura 2.18 apresenta um documento que é uma extensão do projeto apresentado na Figura 2.16. Entretanto, além das malhas de indicação de temperatura e nível agora há também uma malha de controle de temperatura (malha 003), onde TI-003 representa a indicação de temperatura do trocador de calor bem como a TCV-003, que é a válvula de controle de temperatura do trocador de calor.

A lista de interligação deste projeto é exemplificada na Figura 2.18. Pode-se observar que todos os equipamentos são analógicos, uma vez que possuem valores contínuos no tempo. Os três primeiros equipamentos são entradas, isto é, estão sendo feitas aquisições desses dados, e o último é uma saída, uma vez que atuará modulando a quantidade de elemento que atuará na troca de calor. Isto é apresentado na lista de interligação por meio da coluna de “terminal” pertencente a classe de cartão. Os elementos que são entradas estão no mesmo cartão (SLOT 1), enquanto o de saída está no em outro cartão (SLOT 2).

Pode-se notar que o instrumento LI-001 possui dois terminais um positivo outro negativo, isto é, possui duas vias de cabeamento. O mesmo acontece para o TI-002, TI-003 e TCV-003. Esses cabos pertencem ao multicabo da caixa de junção 001 (MC-JBA-001), que é um multicabo com 16 pares, isto é, duas vias, 1mm^2 de área de seção transversal e cujo tamanho é de 200 metros. No tipo de cabo escolhido há o dreno, que é um aterramento dos cabos analógicos para evitar a interferência magnética que pode ocorrer na passagem de muitos cabos pelo mesmo leito, ou até pelos cabos que passam pelo mesmo multicabo.

As nomenclaturas da categoria Cartão são específicas de um Sistema Digital de Controle Distribuído da Yokogawa, em que: FCS representa a *Field Control Station* que é onde está a CPU do Sistema e NIU representa a *Node Interface Unit*. Na NIU são feitas as conexões para entrar na CPU. Cada NIU contém 8 slots e o slot representa os cartões de I/O (*Input/Output*). Por fim, os canais fazem parte da quantidade de entradas ou saídas que cada cartão possui.

Figura 2.18 – Lista de Interligação de Automação

LISTA DE INTERLIGAÇÕES DE AUTOMAÇÃO											DATA: 06.02.20	
Medição de Nível e Temperatura											REVISÃO: 2	
TAG DO EQUIPAMENTO	INSTRUMENTO		CABO				CARTÃO					OBSERVAÇÃO
	Régua	TERMINAL	N° COND.	TAG	TIPO	COMPR.	FCS	NIU	SLOT	CANAL	TERMINAL	
LI-001	x1	1	1BR+	MC-JBA-001	16p x 2 x 1,0 mm ² + dreno	200 m	101	1	1	1	A1	
		2	1PT-								B1	
TI-002		3	2BR+							A2		
		4	2PT+							B2		
TI-003		5	3BR+						A3			
		6	3PT-						B3			
TCV003		7	4BR+						A1			
		8	4PT-						B1			

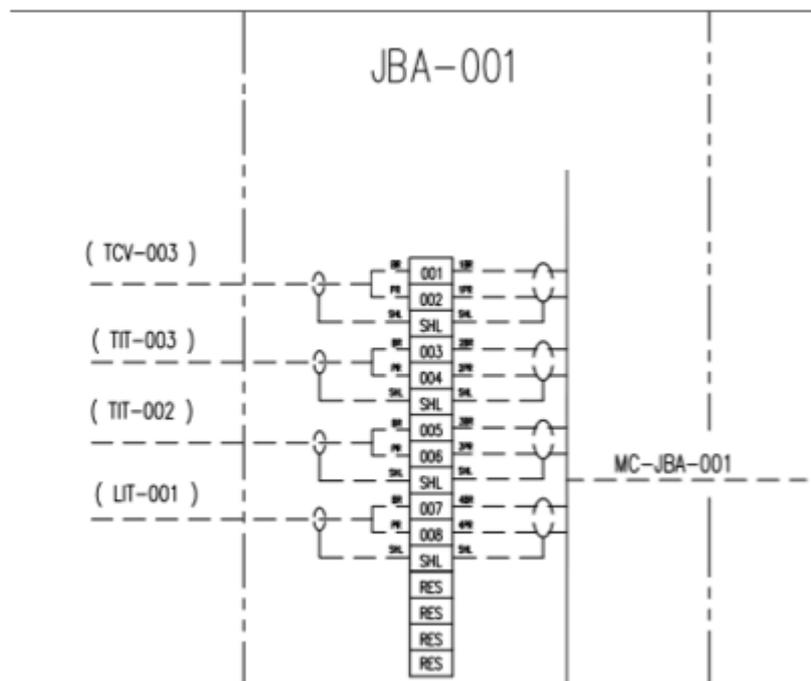
Fonte: Do Autor (2020).

2.4.2 Estudo de Caso: Desenhos Complementares à Lista de Interligação

A Figura 2.19 é uma extensão da Figura 2.18, nela há a representação da JBA, que mostra que os instrumentos estão ligados individualmente, mas juntam-se na junção denominada MC-JBA-001. Ela mostra a ligação de cada cabo com sua correspondência em cada instrumento.

É possível observar a ligação de polos positivos, representado por BR+ na Figura 2.18 ou BR na Figura 2.19, que significam a cor branca dos fios e PT- ou PT para polos negativos indicando cor preta nos fios, para áreas classificadas as cores são invertidas, polos positivos são pretos e polos negativos são brancos. O multicabo está representando 4 instrumentos ligados, usando 4 pares de cabos além dos 4 *shields*. *Shield* é outra nomenclatura para dreno, representado por SHL, e os outros cabos que são reservas. Na Figura 2.19 só há 4 fios por motivos didáticos. Mas se fosse seguir a lógica anterior de 16 pares com *shields*, deveriam estar descritos mais 36 espaços, sendo 12 pares de cabos e 12 *shields*, para que o desenho ficasse mais ilustrativo foram representados apenas 4 campos de reserva (RES).

Figura 2.19 – Representação de JBA com Shield



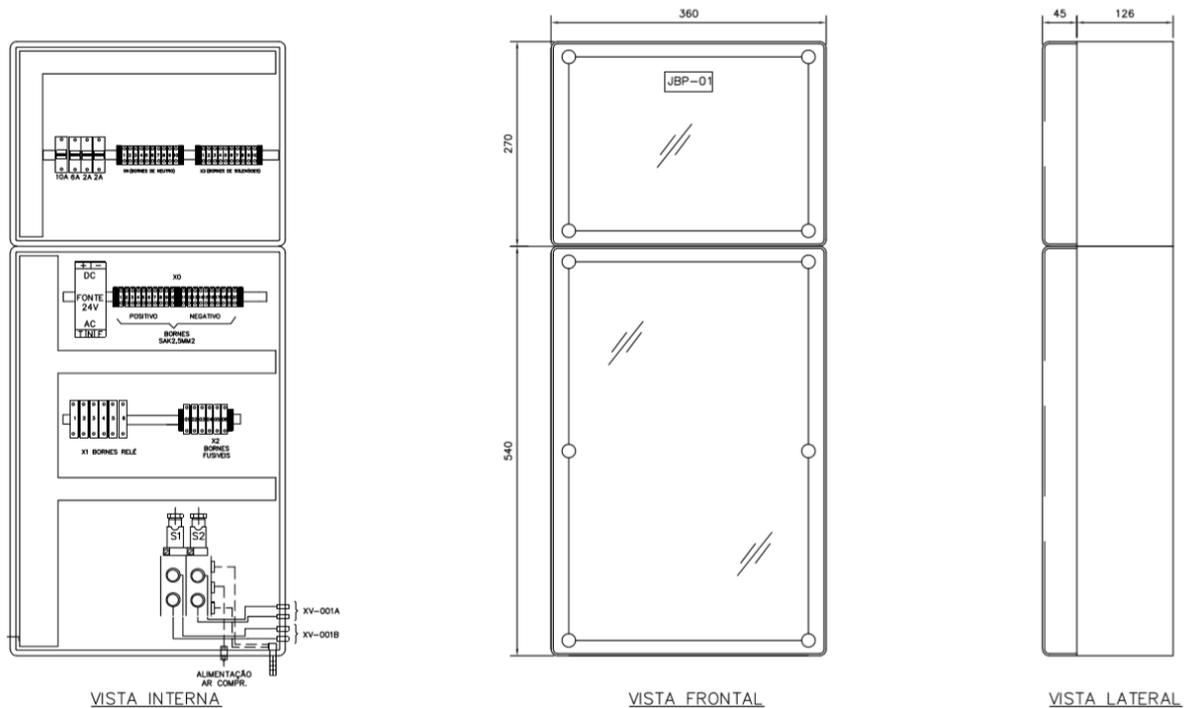
Fonte: Do Autor (2020).

2.5 Desenhos de Painéis

Na Engenharia, o desenho serve como ferramenta de trabalho, que acompanha um novo componente desde a fase inicial de projeto, passando pela oficina onde vai ser fabricado até a fase final de montagem desse componente na máquina. Embora o desenho do componente não seja, necessariamente, o mesmo em cada uma das fases enumeradas, ele deve conter uma grande variedade de informações para a pessoa que o lê e interpreta. Um desenho técnico deve ser, geralmente, acompanhado de muitas anotações e explicações, como, por exemplo, dimensões, material de que deve ser fabricado, normas que o enquadram, notas de montagem, escalas, etc., que o complementam e sem as quais não seria possível sua fabricação (SILVA et al., 2004).

Na Figura 2.20 estão representadas as vistas de um painel elétrico-pneumático. Ele contém as dimensões de largura, altura e profundidade, além de componentes internos do painel. Os desenhos devem ser sempre bem descritivos. Quanto mais detalhes houverem mais bem sucedido é um projeto. No desenho da Figura 2.20 tem-se as vistas do painel contendo suas dimensões e equipamentos que devem ser inseridos internamente. JBP é a sigla referente à caixa de junção pneumática.

Figura 2.20 – Vista interna, frontal e lateral do painel elétrico e pneumático



Fonte: Do Autor (2020).

A Figura 2.21 apresenta uma ampliação da Figura 2.20, com a ilustração de disjuntores com as descrições de correntes suportadas, bornes de neutro e bornes que fazem a ligação de válvulas solenoides.

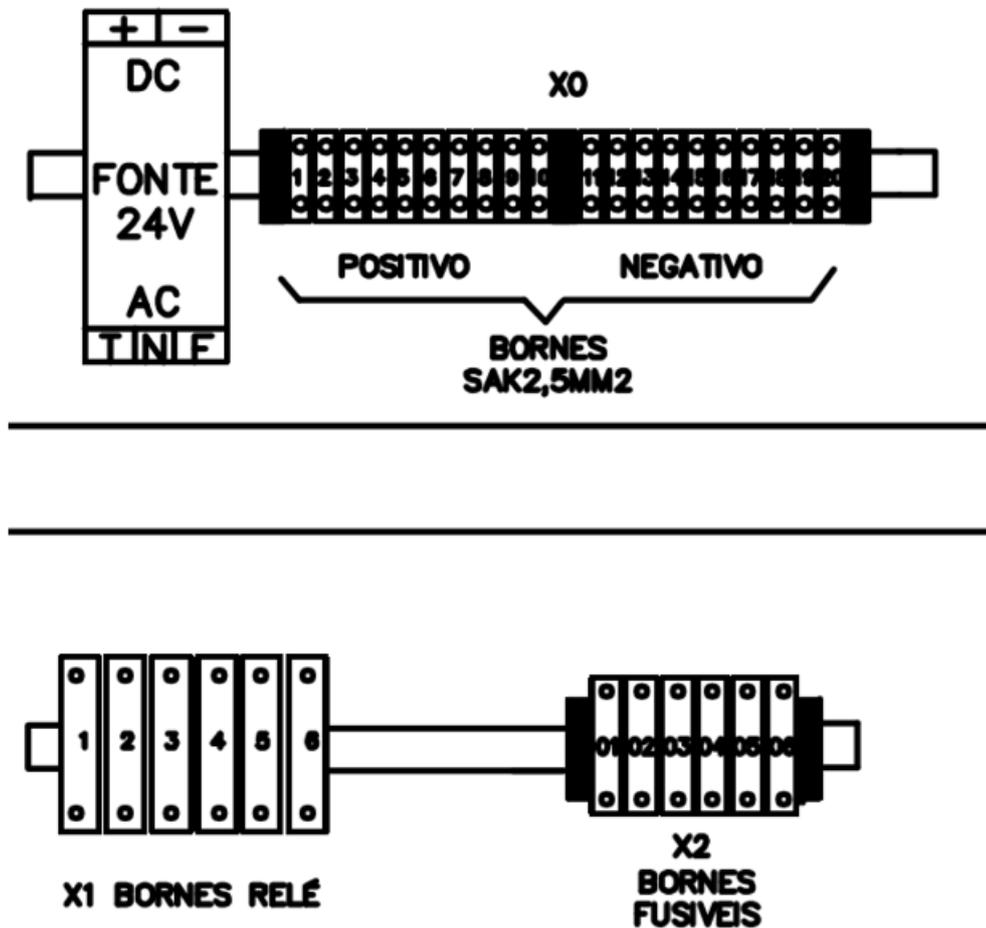
Figura 2.21 – Ampliação nos desenhos do painel: disjuntores e bornes



Fonte: Do Autor (2020).

A Figura 2.22, também uma ampliação da Figura 2.20, apresenta uma fonte de 24 V e bornes para a ligação da parte positiva e da parte negativa. Há também os bornes relé e bornes fusíveis. É uma boa prática a utilização de fusíveis. Os fusíveis são uma proteção elétrica, muitos componentes em indústrias ficam inutilizáveis por não os possuírem. E como a quantidade de harmônicos presentes nas indústrias é considerável, não são raros os picos de energia e com eles, os equipamentos danificados.

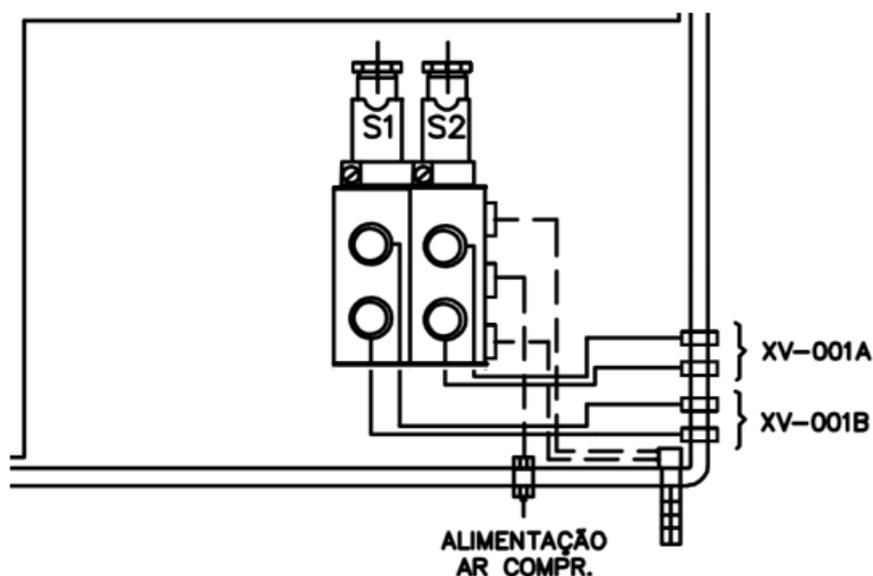
Figura 2.22 – Ampliação nos desenhos do painel: fonte e bornes



Fonte: Do Autor (2020).

A Figura 2.23, a última ampliação da Figura 2.20, apresenta a ligação pneumática, através de ar comprimido, das válvulas solenoides contendo também os sensores fim de curso indutivos. S1 é o sensor fim de curso da válvula XV-001B e S2 é o sensor fim de curso da válvula XV-001A. Os sensores fim de curso servem para verificar se as válvulas estão abertas ou fechadas. Esses sensores servem para as lógicas de intertravamento, uma vez que elas são a confirmação de que não houve problemas no curso das válvulas e essas estão na sua posição inicial ou final do curso.

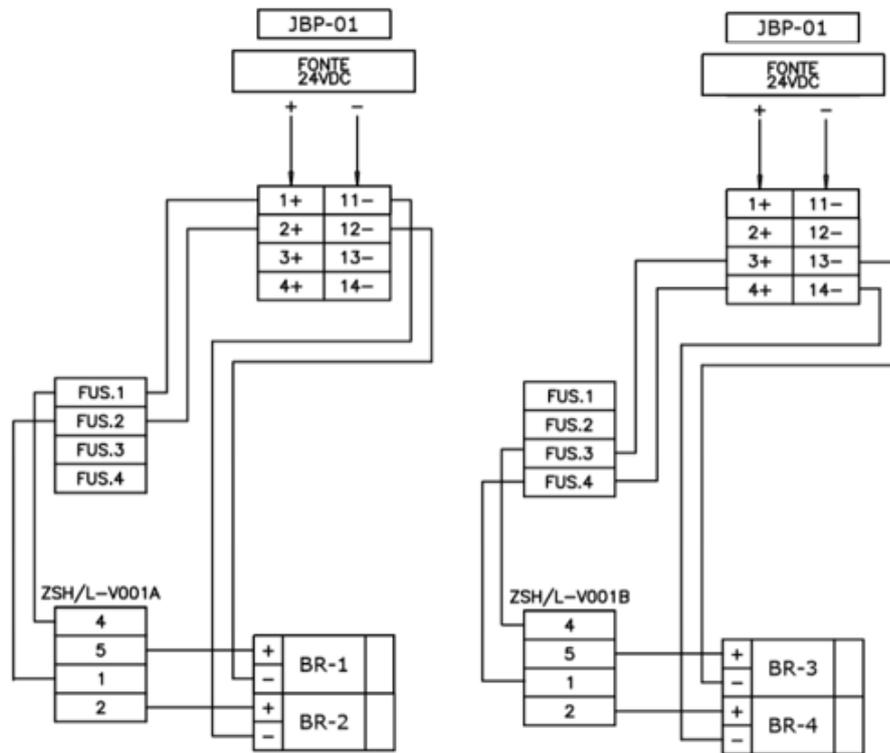
Figura 2.23 – Ampliação nos desenhos do painel: válvula solenóide



Fonte: Do Autor (2020).

A Figura 2.24 mostra a representação da ligação elétrica de dois sensores indutivos, fim de curso contendo bornes relés, fusíveis e uma fonte. Tal ligação foi baseada no modelo NBN3-F31K-Z8-K que pode ser consultada no manual (FUCHS, 2020). A ligação dos pontos 4 e 1 dos sensores devem estar na parte positiva da fonte. O sensor S1, da válvula XV-001B, está ligado nos pontos +1 e +2 da fonte, enquanto o sensor S2, da válvula XV-001A, está nos pontos +3 e +4 da mesma fonte. Os desenhos foram separados para que não ficassem muitas linhas atravessadas. A parte positiva está protegida por um borne fusível, protege o sensor de queimar em casos de sobrecorrente. A parte negativa está sendo ligada usando quatro bornes relés. Ao comparar a Figura 2.24 com a Figura 2.22 percebe-se que há 2 bornes relés e 2 bornes fusíveis disponíveis.

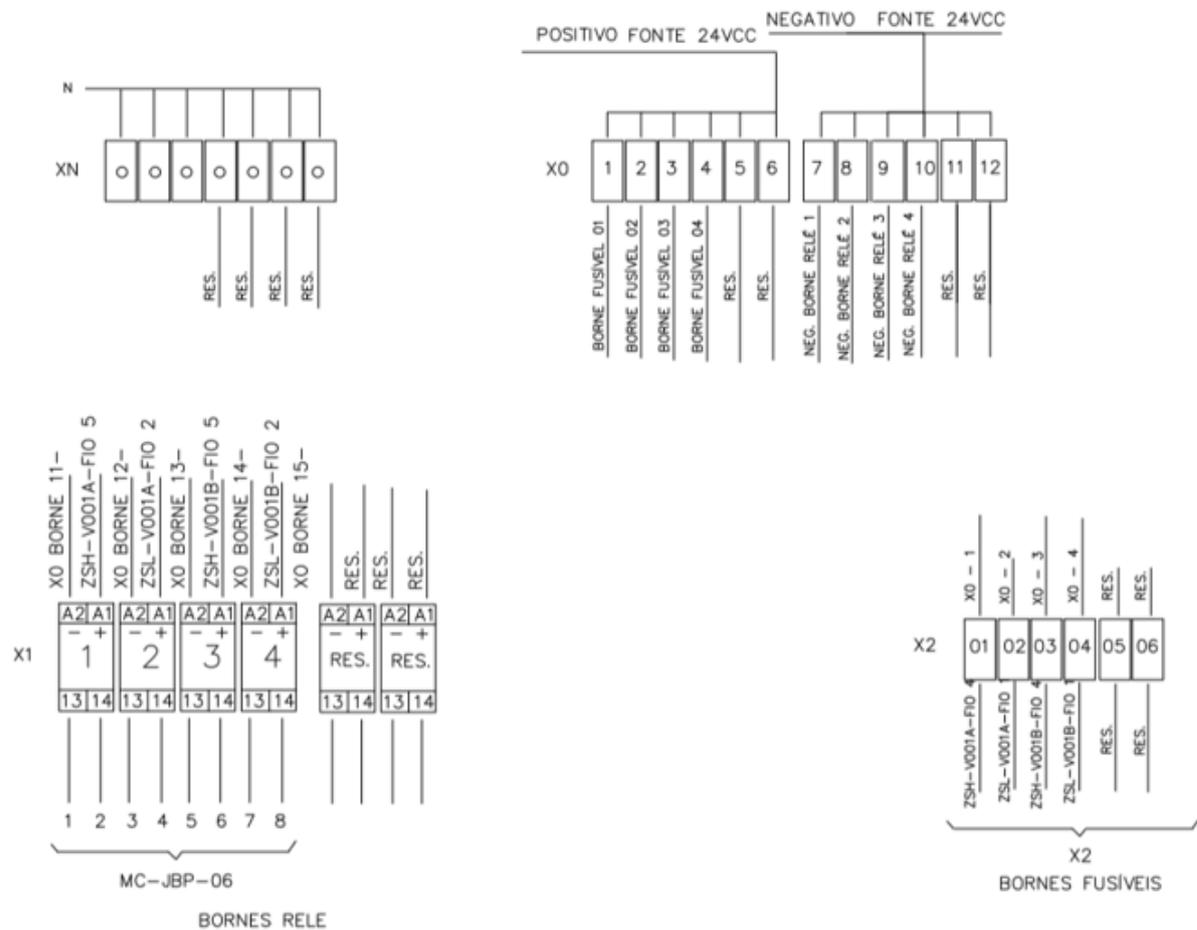
Figura 2.24 – Ligação elétrica dos sensores fim de curso para verificação da posição das válvulas (abertas ou fechadas)



Fonte: Do Autor (2020).

Na Figura 2.25 há a representação de bornes de neutro, bornes positivos e negativos com relação a fonte de 24V. É apresentada a caixa de junção pneumática (JBP-06), na qual é realizada a passagem de um Multicabo contendo 4 pares que mostra a ligação dos sensores fim de curso. Aqui, novamente é ilustrada a importância de equipamentos reservas para expansão fabril.

Figura 2.25 – Ligação elétrica dos bornes



Fonte: Do autor (2020).

2.6 Lista de Materiais

Outro documento importante em projetos são as listas de materiais, que como nome sugere é onde são descritos os itens que serão compostos no projeto. A primeira impressão é de que esse documento parece simples, mas em um projeto a lista de materiais torna-se complexa, tendo que dimensionar desde os instrumentos e sua localização na planta até quantidade e tipo de parafusos, porcas, flanges, poços termométricos. Em instrumentação, muitas vezes há uma lista separada aos tipos de cabos, pois a quantidade e variedade pode tornar isso necessário, por exemplo há situações como em áreas classificadas que não permitem a passagem de multicabos, ou ainda cabos para motores de grande potência que devem ser de maior espessura para suportar alta corrente. O ideal é ir fazendo a lista junto com os outros documentos e revisá-los ao final.

Como pode ser visto na Figura 2.26 há um exemplo de cabeçalho e itens que devem conter em uma lista de materiais.

Figura 2.26 – Exemplo de cabeçalho e de itens que devem estar contidos na Lista de Materiais

LOGOTIPO		Unidade: LAVRAS - MG				
		AUTOMAÇÃO DO SISTEMA			ELAB.	VERIF.
		Lista de Materias de Instrumentação			DATA: 11/03/20	REV.: 0
ITEM	DESCRIÇÃO	FABRIC./ CÓD.	UNID.	QTD.	OBS.	
1	Tubo flexível em poliuretano diâmetro ext. 8mm , azul	Cód. PUN-8 Festo	MT	200		
2	Tubo flexível em poliuretano diâmetro ext. 6mm , azul	Cód. PUN-6 Festo	MT	300		
3	Conexão niple duplo 1/2"x1/2" , latão , rosca gás	Cód. E-1/2-1/2 Festo	PC	110		

Fonte: Do Autor (2020).

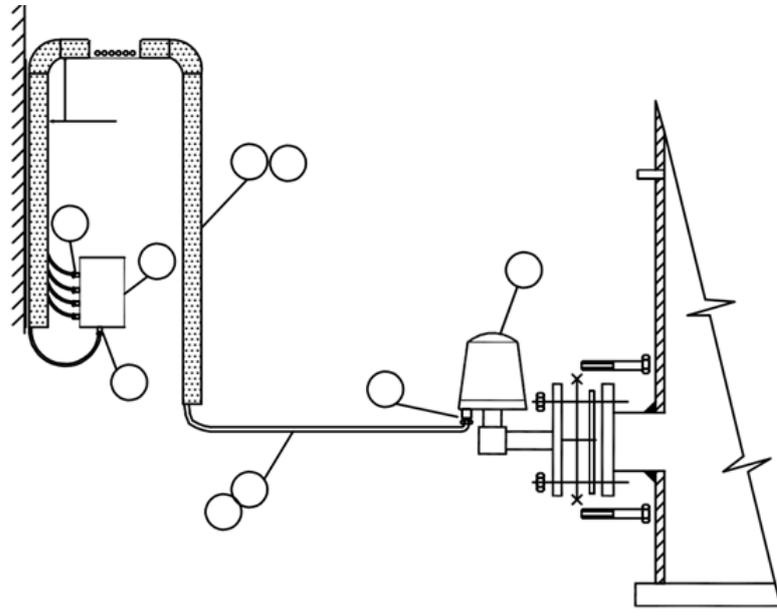
2.7 Desenhos de Montagem

Os desenhos típicos de montagem mostram como os instrumentos, válvulas, tubulações, dentre outros, devem ser montados e dispostos no campo.

2.7.1 Instalação de sensores

Na Figura 2.27 tem-se a instalação de um transmissor. Esse tipo de desenho é típico de montagem uma vez que ele mostra com detalhes locais de instalação de parafusos em flanges, interligação nas caixas de junção, prensa cabos. É possível perceber também a JBA, a caixa à esquerda que possuem entrada de um cabo e a saída de 4 outros cabos.

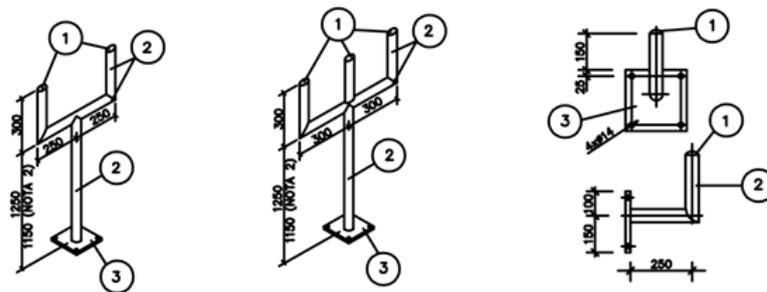
Figura 2.27 – Instalação de Transmissor



Fonte: Do autor (2020)

Exemplos de suportes para dois e três instrumentos e suas dimensões são apresentados na Figura 2.28. Estes também são considerados desenhos típicos de montagem. No próprio documento do desenho pode vir contida a descrição dos materiais, como exemplo: em 2 é mostrado um tubo de aço carbono de um diâmetro de duas polegadas, e em 1 é mostrada uma tampa boleada de mesma dimensão que o tubo especificado em 2.

Figura 2.28 – Tipos de suportes para Transmissores



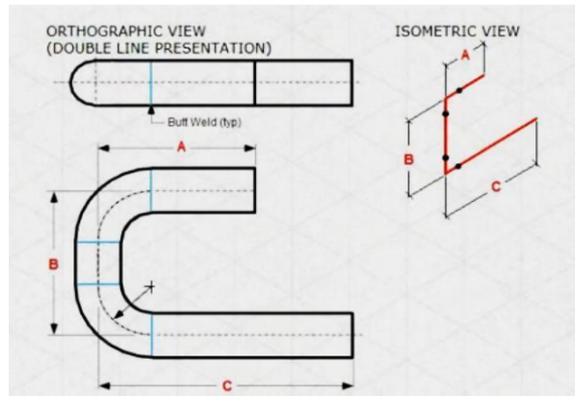
Fonte: Do Autor (2020).

2.7.2 Desenhos isométricos

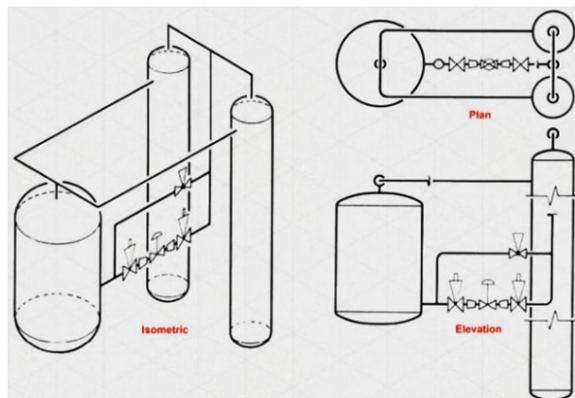
Os desenhos isométricos representam tubos a serem instalados, localização de equipamentos e infraestruturas em perspectiva isométrica, isto é, fornece dimensões e elevações da unidade industrial (ALMEIDA, 2019).

Pela Figura 2.29 é possível perceber que ao usar perspectiva cartesiana não é possível a visualização clara da localização das tubulações quando comparada com a perspectiva isométrica.

Figura 2.29 – Comparação de perspectivas: cartesiana e isométrica



(a) Perspectiva cartesiana

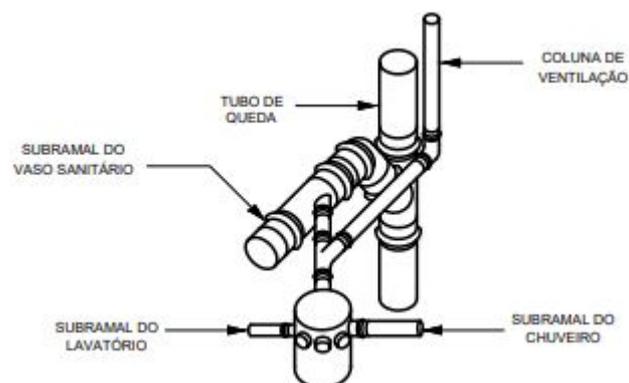


(b) Perspectiva isométrica

Fonte: Giesecke et al. (2016)

Na Figura 2.30 está sendo ilustrado um desenho isométrico de uma tubulação de esgoto.

Figura 2.30 – Exemplo de desenho Isométrico



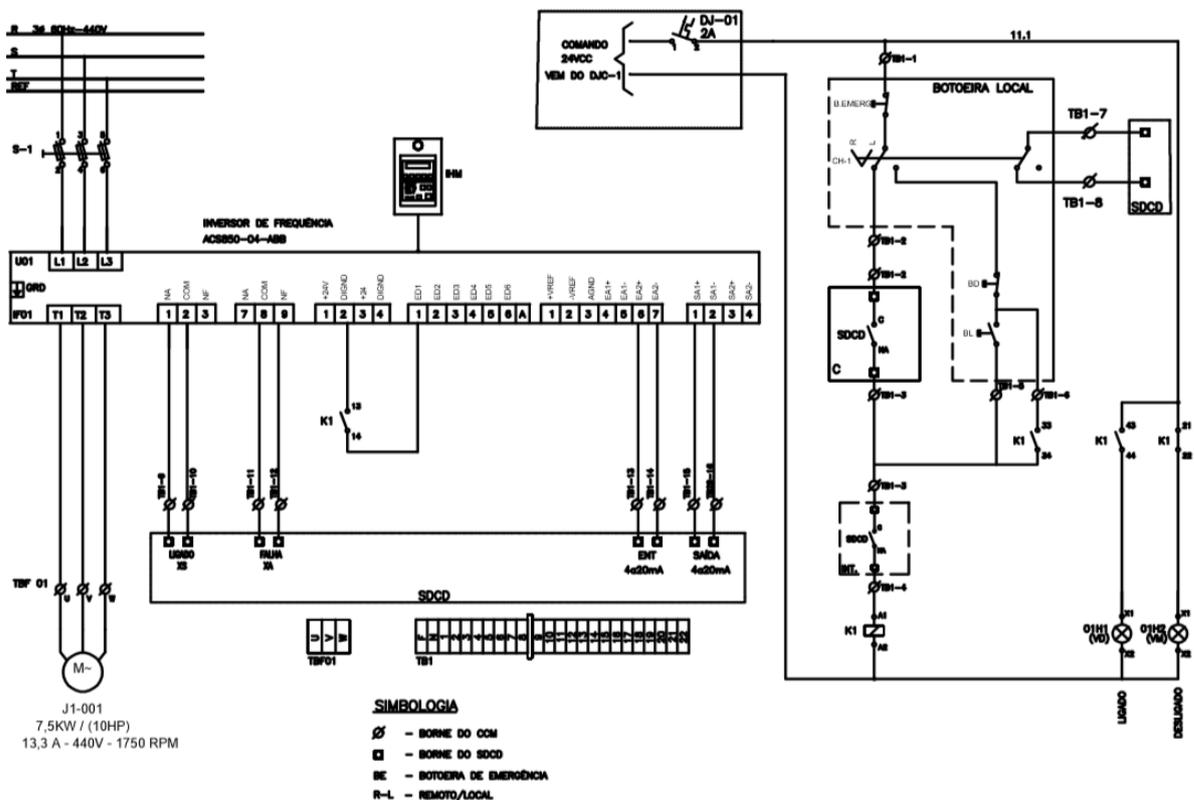
Fonte: (CORRÊA, 2017).

2.7.3 Desenhos de ligação de motores

Os motores são os equipamentos que transformam energia elétrica em movimento. Eles estão presentes em diversas funções. Nas indústrias o tipo mais comum é motor de indução trifásico. Em muitos momentos é necessário controlar a velocidade desses motores. Um dos equipamentos mais comuns para esta função é o inversor de frequência que realiza a variação de velocidade motores de indução por meio do controle da amplitude e da frequência da tensão aplicada ao mesmo.

Na Figura 2.31 e sua ampliação na Figura 2.32 há um esquema de ligação do inversor de frequência no motor de tag J1-001. Para tais ligações foi usado um inversor ACS850-04-014A-5 do fabricante ABB. O motor possui 7,5 KW, 1750rpm, K1 representa o contator. O SDCD é o sistema digital de controle distribuído. A figura também mostra as ligações no campo e que vão até a sala de comando. IHM é interface homem máquina, que permite ao operador faça alterações de forma amigável, como, por exemplo, diminuir a velocidade do motor. A parte da direita mostra o acionamento do motor, que pode ser por R (remoto) ou L (local).

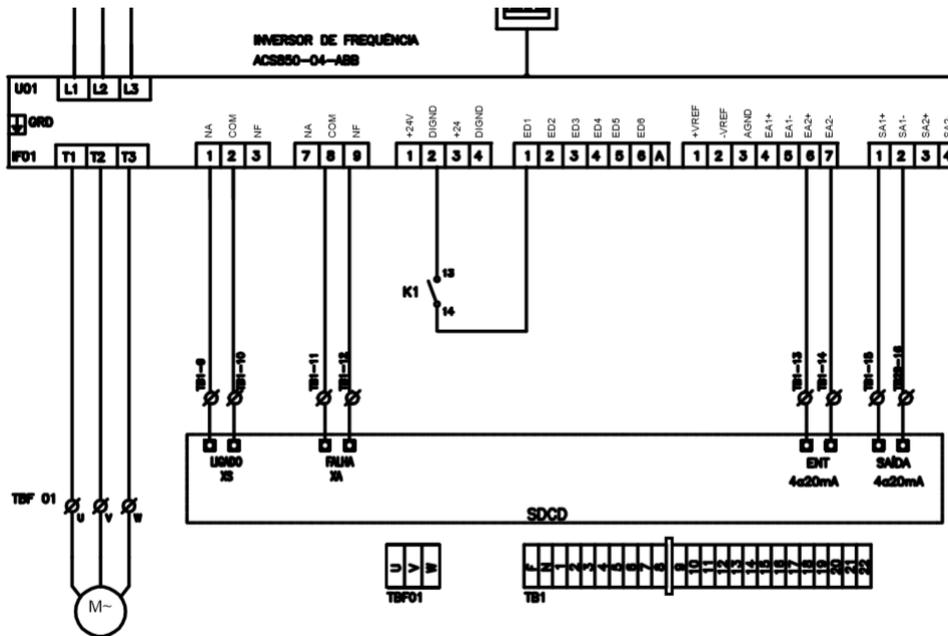
Figura 2.31 – Desenho de ligação do motor



Fonte: Do Autor (2020).

Os diagramas de ligação são muito importantes para acompanhar o correto funcionamento do equipamento, e depois que já está funcionando, é importante para a identificação e correção de problemas.

Figura 2.32 – Ampliação da Figura anterior para visualização do esquema de ligação do motor



Fonte: Do Autor (2020)

2.8 Documentos Relacionados à Segurança do Projeto

Alguns documentos refletem diretamente na segurança dos projetos, como, por exemplo, os diagramas lógicos. Esses diagramas possuem as lógicas de intertravamentos, que definem quais condições que devem ser satisfeitas para impedir que dado problema ocorra, por exemplo, limitam pressões de trabalho, níveis e temperaturas.

Ainda dentro dos documentos relativos à segurança podem ser citados os diagramas de causa e efeito que auxiliam à encontrar a causa raiz de um problema. Por fim, o último documento discutido é o HAZOP que visa identificar possíveis problemas que podem gerar cenários perigosos. Cada um desses, estarão descritos nos próximos tópicos.

2.8.1 Diagramas Lógicos

Para definir os diagramas lógicos é preciso descrever primeiro os Controladores Lógicos Programáveis (CLP) e sua funções. O CLP é um dispositivo digital que controla processos e

máquinas. Os CLPs utilizam memória programável, dentre outros tipos de memória que armazena instruções e funções. As funções podem ser uma simples energização ou desenergização, temporização, contagem, operações matemática, manipulação de dados e outros (MORAES, 2010).

Segundo Franchi e Camargo (2009) um Controlador Lógico Programável é definido pelo IEC (*International Electrotechnical Commission*) como:

“Sistema eletrônico operado digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O controlador programável e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas suas funções previstas.”

Outra citação de Franchi e Camargo (2009) define um CLP de acordo com a normas da NEMA (National Electrical Manufacturers Association), como:

“Um equipamento eletrônico que funciona digitalmente e que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, registro e controle de tempos, contadores e operações aritméticas para controlar, através de módulos de entrada/saída digitais (LIGA/DESLIGA) ou analógicos (1-5 Vcc, 4-20 mA etc.), vários tipos de máquinas ou processos.”

Dadas as definições, segundo Moraes (2010) um CLP é constituído por: fonte de alimentação, unidade central de processamento (UCP ou CPU), memórias dos tipos voláteis e fixos, dispositivos de entrada e saída e terminal de programação.

Como tipos de memórias tem-se: a memória EEPROM que faz o *start-up* do controlador, porém não é acessível ao usuário, e a memória do usuário, a qual é armazenada o programa do usuário, a CPU processa tal programa e faz a atualização da memória de dados internos e a de imagem E/S. A memória do usuário possui dois estados: PROG quando está parada fazendo o carregamento do programa para o CLP e o estado de RUN quando está em operação, fazendo continuamente a varredura cíclica. Tem-se também a memória de dados que é uma espécie de tabela com valores a serem atualizados a cada ciclo de varredura. A memória-imagem das entradas e saídas que reproduz o estado dos periféricos de entrada e saída.

Os dispositivos de entrada são os quais são lidos seus estados. Um exemplo de dispositivo de entrada são os sensores, por exemplo o sensor de nível adquire um sinal e o computador

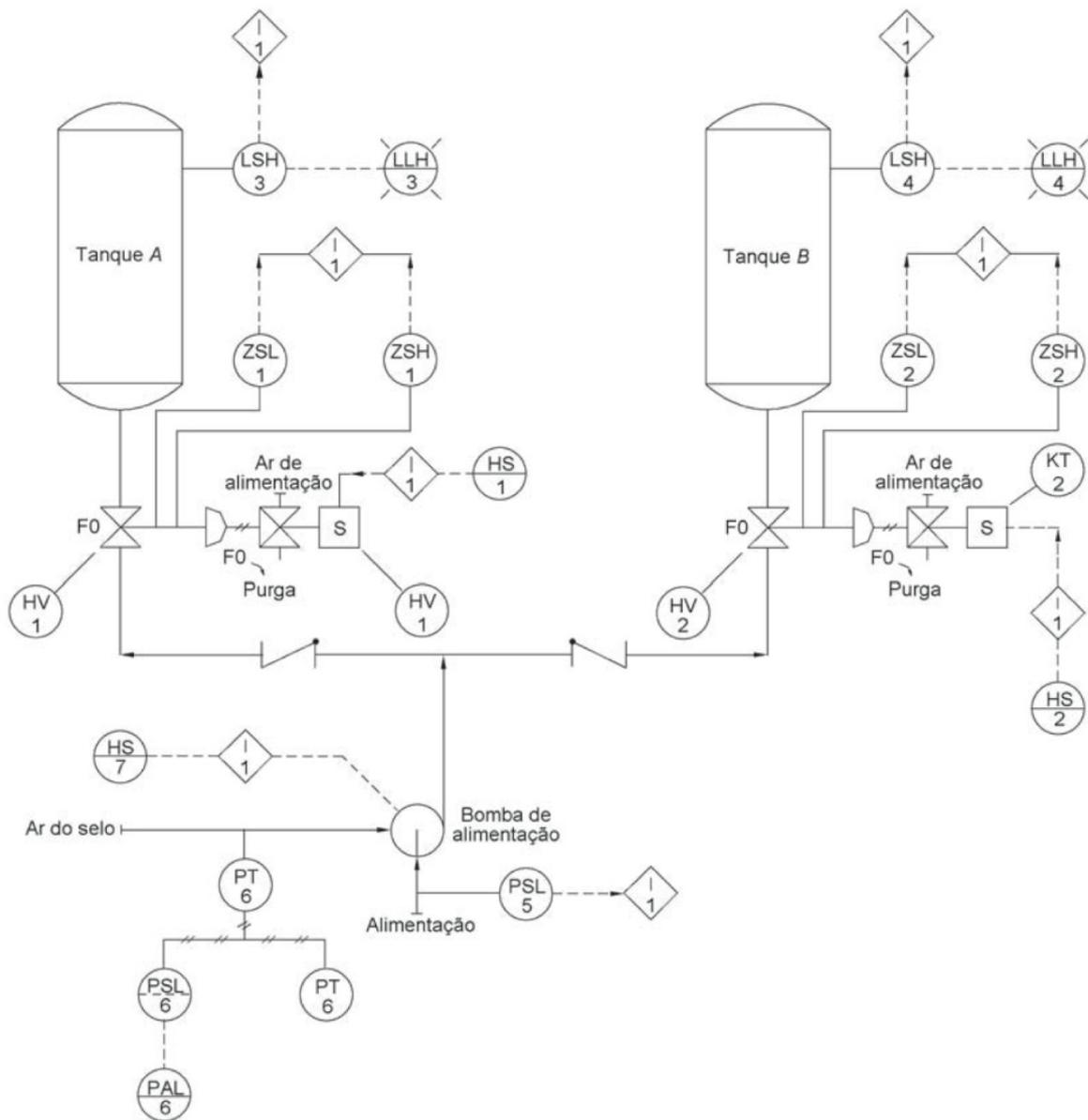
lógico programável lê esse sinal. Já os dispositivos de saída são os quais são escritos os estados. Um exemplo de dispositivo de saída são as válvulas solenoides, em que o CLP escreve os estados de aberto ou fechado. Para fazer a leitura e escrita dessas informações são realizados programas com linguagem de alto nível, isto é, são linguagem mais amigáveis ao programador.

Dentro deste contexto, o diagrama lógico é o desenho que ilustra o relacionamento das ações e eventos que devem ocorrer de forma automática e controlada. Isto é, o sistema deve responder aos eventos externos ou internos de acordo com o desejável. Incluindo, o intertravamento, onde são gerados os alarmes. Em partida e parada das plantas industriais, os diagramas lógicos devem conter especificações das operações que ocorrem em condições normais ou de emergência.

2.8.2 Estudo de Caso: Diagramas Lógicos

Na Figura 2.33 é detalhado um estudo de caso de Moraes (2010) que apresenta o enchimento de dois tanques e as condições para realizar partida e parada da bomba. O tanque A e B são bombeados com material. Após a partida, a bomba permanece em funcionamento até que a seja realizado o comando para parada ou até que a fonte de alimentação seja ceifada. O tanque A é enchido pela válvula HV-1 e o tanque B é enchido pela válvula HV-2. Somente um tanque é enchido de cada vez. As chaves HS-1 e HS-2 começam as operações de enchimento do tanque A e do tanque B, respectivamente.

Figura 2.33 – Diagrama de fluxo



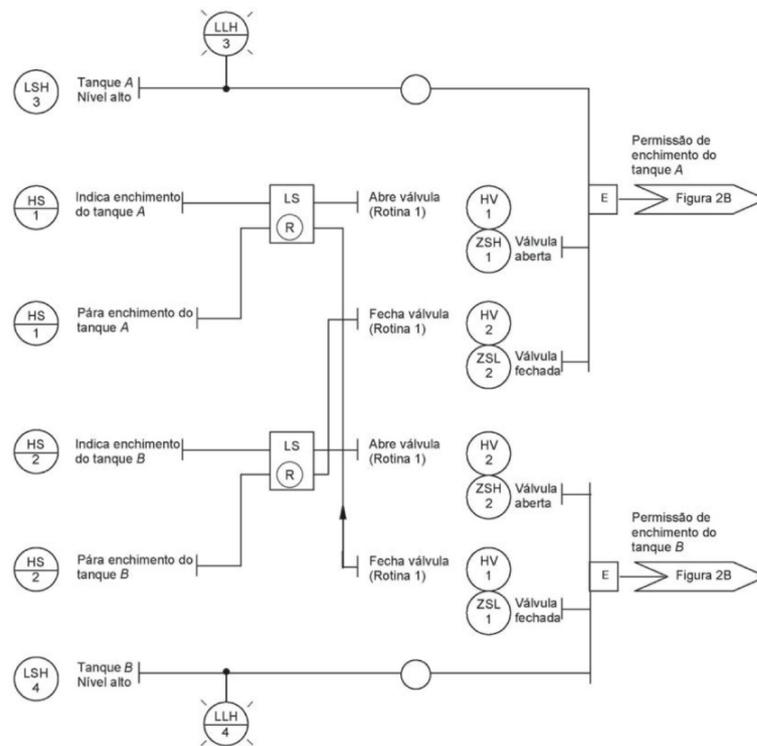
Fonte: Moraes (2010)

Nas Figuras 2.34 e 2.35, se a bomba está ligada, a condição HS-7 é ativada. Havendo as permissões necessárias para o enchimento de um tanque, a lâmpada vermelha L-8A acende, indicando funcionamento da bomba, do contrário a lâmpada verde L-8B acende. Focando nas condições de parada da bomba, tem-se:

- a) Se o tanque estiver cheio, ele não permite que transborde. Essa condição para o tanque A implica em LSH-3 não permite o enchimento do tanque A, de forma análoga LSH-4 não permite o enchimento do tanque B;

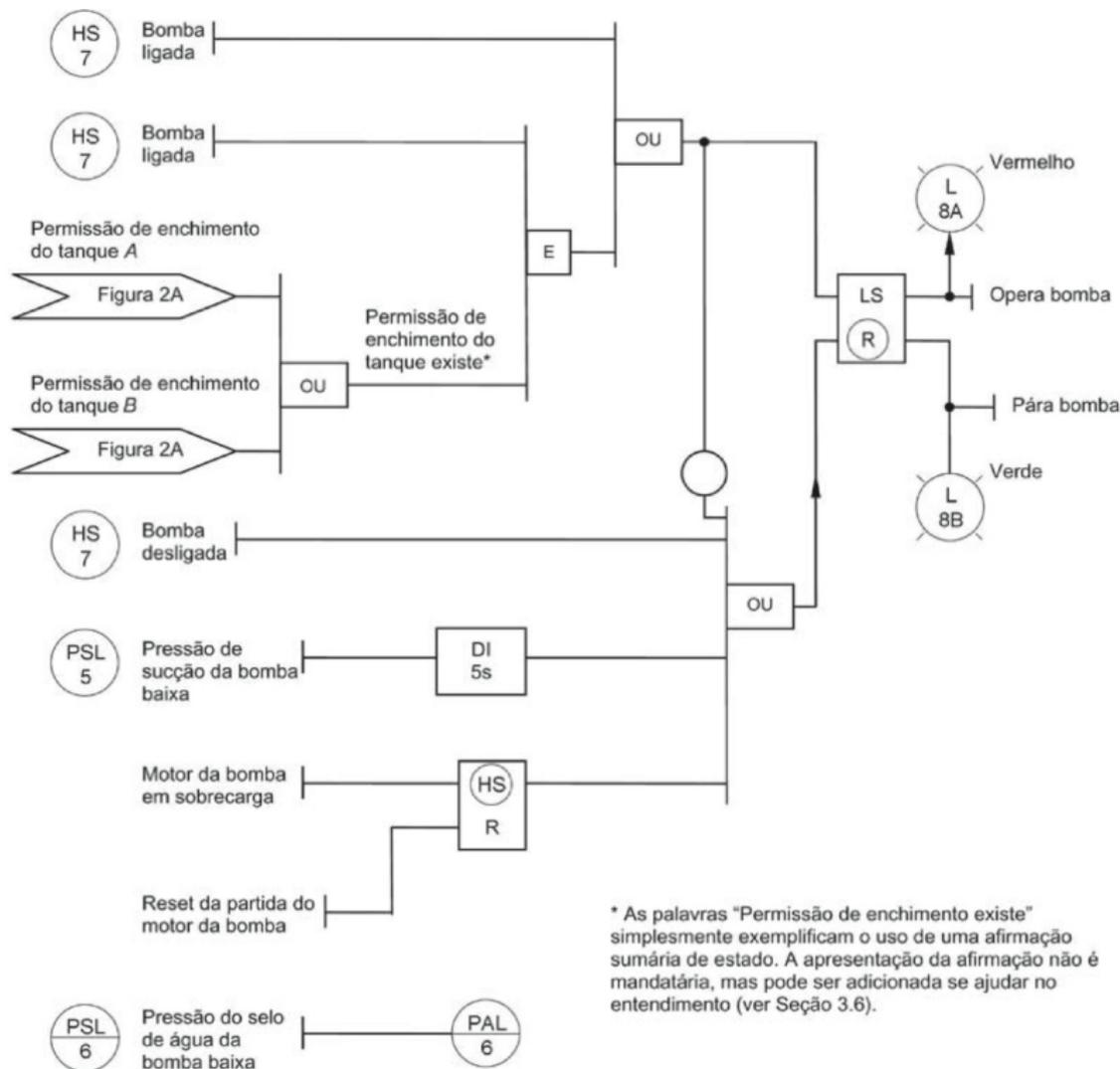
- b) Caso a pressão de sucção da bomba permaneça baixa, condição dada por PSL-5, por cinco segundos;
- c) Se o motor que aciona a bomba esteja sobrecarregado. Condição que pode ser restaurada pelo *reset* da bomba, porém se a sobrecarga permanecer, ainda haverá o impedimento de partida da bomba;
- d) Caso a pressão do selo de água da bomba torne-se baixa, condição representada por PSL-6. Porém, tal condição não está intertravada, o que representa que não é uma condição que está na lógica de automação, requerendo intervenção manual para parada da bomba.

Figura 2.34 – Diagrama Lógico de Parada de Bomba



Fonte: Moraes (2010)

Figura 2.35 – Diagrama Lógico de Parada de Bomba - Parte 2



Fonte: Moraes (2010)

2.8.3 Diagramas de Causa e Efeito

Outro documento importante referente à segurança é a matriz de causa e efeito, representada na Figura 2.36. Trata-se de um desenho que mostra a relação de eventos (causas) e as suas ações (efeitos) que devem acontecer de forma automática. Este documento nem sempre é elaborado, mas ele está diretamente relacionado ao diagrama lógico. Essa matriz é muito útil no diagnóstico de falhas, uma vez que, é possível encontrar as diversas causas de uma falha e ir analisando cada uma pontualmente até obter a causa raiz de um problema. Um exemplo ilustrado na Figura 2.36 na primeira linha é se houver um nível baixo no DL-27001A isso gera

como efeitos corte de fornecimento de energia elétrica no próprio DL-27001A e desliga a B-27001-A/B. Já na terceira linha, uma alta corrente elétrica no DL-27001A gera como efeitos corte de fornecimento de energia elétrica no próprio DL-27001A, e desliga a B-122208A/B e B-27001-A/B, fecha as válvulas XV-020 e XV-022, além de abrir a válvula XV-021.

Figura 2.36 – Diagrama de Causa e Efeito

Número		45	46	47	48	49	50	51
Fluxograma DE-XYZ-3404)		006	006	006	006	006	006	006
Efeito	Tag	-	-	-	-	XY-020	XY-021	XY-022
	Evento	Corte de forn. de ener. elét. (DL-2700 1A)	Corte de forn. de ener. elét. (DL-2700 1B)	Desliga A B- 122 208 A/B (notas 4 E8)	Desliga A B-27001 A/B	Fecha XV-020 (nota 5)	Abre XV-021 (nota 5)	Fecha XV-022 (nota 5)
Evento		Tag						
Nível muito baixo de HC no DL-27001A	LSLL-004	X			X			
Nível muito baixo de HC no DL-27001B	LSLL-006		X		X			
Corrente elétrica alta no DL-27001A	ISHH-001	X		X	X	X	X	X
Corrente elétrica alta no DL-27001B	ISHH-002		X	X	X	X	X	X
Pressão muito alta a jusante da PDV-003	PSHH-004							
Pressão muito alta a jusante da PDV-005	PSHH-006							

Fonte: Moraes (2010)

2.8.4 HAZOP

Hazard and Operability Study ou HAZOP é uma técnica de estudo de perigos e operabilidade que visa identificar possíveis em um sistema que pode evoluir para panoramas perigosos. (NONOSE, 2017). Na Figura 2.37 há um exemplo de HAZOP, na primeira linha há o desvio da pressão ser maior do que o desejado, que pode ser causado por um nível excedido aos parâmetros normais do tanque isso gera como consequência danos aos equipamentos, nesse caso não há uma maneira de detecção, não foram descritas recomendações e a descrição do cenário é o líquido contido no tanque transbordando. Esse cenário pode ser perigoso em diversos aspectos,

os danos aos equipamentos ainda podem ter várias consequências, e o líquido transbordando pode ser tóxico. O que geraria uma série de outras análises para cada um desses cenários. Um exemplo de detecção seria se nesse tanque tivesse um sensor de nível. Em outras linhas podem ser observados casos de contaminação que é outro exemplo de cenário que pode tornar-se perigoso.

Figura 2.37 – Trecho de Hazop

HAZOP - ESTUDO DE PERIGOS E OPERABILIDADE				Data:	05/2017
Unidade:	LEEM	Processo:	UEEM	Página:	1 de 2
Nó:	T2	Documento (com revisão):			1
Desvio	Causas	Consequências	Deteção (D) Salvaguardas (S)	Recomendações Observações	Cenário
PRESSÃO MAIOR	NIVEL MAIOR; tanque <i>overflow</i>	Danos aos equipamentos	N/P		Nível sobe pressionando tampa superior do tanque; Líquido transborda
PRESSÃO MENOR	N/A				
TEMPERATURA MAIOR	temperatura do fluido	N/R		#O004	
TEMPERATURA MENOR	temperatura do fluido	N/R		#O004	
FLUXO MAIOR	Rotação das bombas acima do especificado	T4 e T5 recebem os líquidos misturados	(D) SSC indicador de fluxo da linha de água; (D) N/P para linha de óleo	#R002	Com 100% de rotação de cada bomba, água e óleo não se separam em T2; dinâmica moderada
FLUXO MENOR	N/R				
FLUXO NULO ENTRADA	Falha do SSC de pressão ou nível de T1	N/R	N/P	#R001; #R002	Fluido não consegue chegar à T2; desvios em T1
	Tubulação de entrada obstruída	N/R			Fluido não consegue chegar à T2; desvios em T1
	Válvula de seleção na entrada de T2 falha CLOSED	N/R		#R001; #R002	Seleção de operação Água-Óleo
FLUXO REVERSO	N/R				
CONTAMINACAO	Tampa do tanque T2 aberta	Partículas externas podem vir a obstruir ou danificar a tubulação		#R013	Erro Operacional
NIVEL MAIOR	Obstrução de saída de óleo		(S) SIS	#R001; #R002; #R003	Acumulo da camada de óleo; óleo transborda
NIVEL MENOR	Erro na malha de controle de nível de interface	Contaminação do tanque T4 por óleo		#R001; #R002; #R003	Tanque esvazia; camada de óleo alcança a saída de água

Fonte: Nonose (2017)

3 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram identificados e descritos documentos que são essenciais na concepção de engenharia de automação. Os engenheiros dessa área devem saber interpretar e conceber esses documentos. Tais documentos podem ser planilhas, como as listas de materiais ou listas de interligação ou folha de dados. Esses documentos também podem ser desenhos, como os típicos de montagem, desenhos de suporte, esquemas de interligação, diagramas lógicos. Como mencionado, é de extrema importância criar documentos para a segurança de uma planta como foi mostrado nas lógicas de intertravamento, diagramas de causa e efeito ou HAZOP, uma vez que nas plantas industriais haverá pessoas trabalhando e é dever do engenheiro de automação fazer o projeto cautelosamente, a fim de garantir a integridade dos trabalhadores. Como foi ilustrado, muitos dos sensores como os usados para medição de temperatura ou pressão precisam que os conhecimentos de instrumentação estejam sólidos. Pois para realizar sua programação é importante conhecer as faixas em que eles trabalham e saber dimensioná-los corretamente. Os documentos precisam ser bem detalhados a fim de que os mecânicos, eletricitas ou instrumentistas possam realizar instalações e, posteriormente, manutenções apenas analisando os documentos da área. Tais documentos aqui mostrados e explicitados podem auxiliar jovens profissionais a inserirem-se na área de projetos de engenharia de automação.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, L. A. **Enciclopédia de Automática - Controle e Automação**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.
- ALMEIDA, A. R. Elaboração de projetos de engenharia de processo: Introdução ao autocad plant 3d. I, n. 1, p. 1–111, set. 2019. Disponível em: <https://eg.uc.pt/bitstream/10316/88025/1/Elaboracao_de_projetos_de_processo_introducao_ao_AutoCAD_Plant_3D%20Final.pdf>.
- CORRÊA, R. M. Desenho de instalações hidráulicas prediais. II, n. 2, p. 1–36, 2017. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/8126/3/apostila%2017%20DTC%20instala%C3%A7%C3%B5es%20hidr%C3%A1ulicas.pdf>>.
- DYM, C. L.; LITTLE, P. **Introdução à Engenharia - uma abordagem baseada em projeto**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- FIALHO, A. B. **Automação Pneumatica Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuito**. 7. ed. São Paulo: Érica, 2011.
- FIALHO, A. B. **Instrumentação Industrial: Conceitos, Aplicações e Análises**. 7. ed. São Paulo: Érica, 2013.
- FILHO, G. F. **Automação de Processos e de Sistemas**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.
- FRANCHI, C. M. **Controle de Processos Industriais - Princípios e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.
- FRANCHI, C. M. **Instrumentação de Processos Industriais - Princípios e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2015.
- FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. de. **Controladores Lógico Programáveis - Sistemas Discretos**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica, 2009.
- FUCHS, P. **Inductive Sensor - NBN3-F31K-Z8-K**. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/pds/282689_eng.pdf?v=20200806184019>.
- GIESECKE, F. et al. **Technical Drawing with Engineering Graphics**. 15. ed. Estados Unidos da América: LTC, 2016.
- GRANDO, F. L. Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dado sem ambiente labview para aquecedores solares. I, n. 1, p. 1–75, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5729/1/PB_COELT_2013_1_03.pdf>.
- JUNIOR, A.; CONFORTO, E.; AMARAL, D. Maturity project management in small software development firm's of the technological pole of são carlos. **Gestão Produção**, v. 17, p. 181–194, 12 2009.
- KERZNER, H. **Gerenciamento de Projetos**. 11. ed. Nova Iorque: Editora Bluchter, 2015.
- MORAES, C. C. d. **Engenharia de Automação Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- NEVES, C. Os dez maiores desafios da automação industrial: As perspectivas para o futuro. p. 1–8, 2007. Disponível em: <https://www.voltimum.pt/sites/www.voltimum.pt/files/pdflibrary/05_nl_voltitech_07062016.pdf>.

NONOSE, H. Projeto do sistema instrumentado de segurança para a unidade de experimentação de escoamento multifásico da ufsc baseado nas técnicas hazop e lopa. I, n. 1, p. 1–109, ago. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/197608/PFC%20Helio%20Nonose_2017-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SENAI, S. N. d. A. I. Instrumentação básica i - pressão e nível. I, n. 1, p. 1–123, set. 1999. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/gustavosouza/2012.2/3-qui-int-1v/Instrumentacao%20Basica%20I%20-%20Pressao%20e%20Nivel%20-%20SENAI.pdf>>.

SILVA, A. et al. **Desenho técnico moderno**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

SMAR, N. **LD301 - Transmissor Inteligente de Pressão com Controle PID incorporado**. [S.l.], 2020. Disponível em: <<https://www.smar.com/PDFs/manuals/LD301MP.pdf>>.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros - volume 1 - mecânica, oscilações e ondas**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.