



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS**

COLEGIADO DO CURSO DE
ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO - CECAU



CLERISTON OLIVEIRA DE FARIA

APLICAÇÃO DE REDE DE COMUNICAÇÃO BASEADO NO PROTOCOLO *PROFIBUS* EM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO

Ouro Preto, 2019

CLERISTON OLIVEIRA DE FARIA

**APLICAÇÃO DE REDE DE COMUNICAÇÃO BASEADO NO
PROTOCOLO *PROFIBUS* EM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Paulo Marcos de Barros Monteiro

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

F224a Faria, Cleriston Oliveira De .

Aplicação de rede de comunicação baseado no protocolo PROFIBUS em sistema de automação. [manuscrito] / Cleriston Oliveira De Faria. - 2020.
36 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas.

1. Redes industriais. 2. Automação. 3. Instrumentação. 4. Protocolo - Profibus.
I. Monteiro, Paulo Marcos de Barros. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 681.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB:1716

Monografia intitulada **APLICAÇÃO DE REDES DE COMUNICAÇÃO BASEADA NO PROTOCOLO PROFIBUS EM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO** defendida em Ouro Preto, em 16 de Dezembro de 2019, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Paulo Marcos De Barros Monteiro – Orientador



Prof. Dr. Agnaldo José Rocha Reis – Professor Convidado



Prof. Dr. Wolmar Araújo Neto – Professor Convidado

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, sobretudo aos meus pais Pedro e Silvana, ao meu irmão Clóvis e família e aos meus verdadeiros amigos.

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Novembro/2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me abençoou sempre, iluminando e guiando o meu caminho e que nunca permitiu que eu fraquejasse e desistisse perante os momentos difíceis de toda essa jornada.

Agradeço aos meus pais, Pedro e Silvana, que desde sempre me incentivaram e me apoiaram em todos os momentos dessa trajetória e, principalmente, pelos seus exemplos de humildade, perseverança e resiliência durante a minha educação ao decorrer da vida, os quais foram fundamentais para que eu pudesse concluir essa etapa.

Agradeço ao meu irmãos Clóvis, a minha cunhada Heloísa e a meu sobrinho afilhado Felipe, por toda ajuda, conselhos e empatia.

Agradeço a todos os meus verdadeiros amigos e familiares que sempre prestaram apoio e me incentivaram.

Agradeço aos amigos do trabalho, em especial as áreas de Instrumentação e Automação que propiciaram a realização deste trabalho.

Agradeço o professor Paulo Marcos de Barros Monteiro por aceitar a me orientar neste meu trabalho de final de curso. Obrigado pela confiança depositada na minha proposta e por me manter motivado durante todo o processo, além de todo o apoio desde o meu início na UFOP.

RESUMO

Com o crescente nível de automação, cresceu também a demanda de equipamentos inteligentes de campo e, por isso, a comunicação entre equipamentos e sistemas tem se tornado cada vez mais importantes em diversas áreas, seja na residência, nos automóveis, na navegação ou na aviação, mas principalmente na indústria, a troca de informações eficiente entre os ativos tornou-se essencial para a integração de sistemas eletrônicos. Das redes de comunicação industrial disponíveis no mercado, uma das mais utilizadas atualmente é a *Fieldbus* baseada no protocolo *Profibus*. Neste trabalho, tem-se como objetivo aplicar essa rede em uma planta industrial da empresa Samarco Mineração para suprir algumas necessidades que foram surgindo devido a limitação de entradas e saídas de sinais de campo (I/O) e também solucionar alguns problemas existentes do sistema utilizado.

Palavras chave: redes industriais, automação, instrumentação, protocolo *Profibus*.

ABSTRACT

The level of automation is increasing, thus demand for intelligent field equipment is also growing and, as a result, the communication between equipment and systems is becoming increasingly important in several areas, whether in the home, cars, navigation, aviation, but mainly in the industry, hence efficient information exchange among the assets is becoming essential for the integration of electronic systems. From all the networks available in the market, one of the most used today is Fieldbus which is based on the Profibus protocol. This work aims to apply this network in an industrial plant at the Samarco Mining company in order to supply some needs that arose due to the input and output limitations of the field signals (I/O), and also to solve some existing problems of the system used.

Key words: industrial networks, automation, instrumentation, Profibus protocol.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1 – Pelotas de minério de ferro produzidas pela Samarco.....	10
FIGURA 1.2 – Processo produtivo da Samarco.....	11
FIGURA 1.3 – Traçado dos três minerodutos da Samarco.	12
FIGURA 1.4 – Perfil dos minerodutos da Samarco.	13
FIGURA 2.1 – Topologia da rede <i>Profibus DP</i>	17
FIGURA 2.2 – Resistores de terminação da rede <i>Profibus DP</i>	19
FIGURA 2.3 – Configuração do <i>hardware</i> do CLP de uma bomba Principal.....	21
FIGURA 2.4 – Configuração do <i>hardware</i> do CLP de uma bomba Principal.....	22
FIGURA 2.5 – Configuração do <i>PROFIBUS Master</i> e do escravo, o Cube67.....	24
FIGURA 2.6 – Módulos de I/O adicionados na configuração do Cube67.....	26
FIGURA 2.7 – Lista de materiais.....	27
FIGURA 2.8 – <i>As Built</i> da rede.....	27
FIGURA 2.9 – <i>Profibus Tester 3</i> – Certificação da rede.	29
FIGURA 3.1– Diagnósticos dos <i>leds</i> do Cube67.....	31
FIGURA 3.2 – Diagnósticos dos <i>leds</i> do módulo de I/O.....	31
FIGURA 3.3 – Monitoramento <i>on-line</i> da rede via <i>web browser</i>	32
FIGURA 3.4 – Monitoramento <i>on-line</i> da rede via <i>web browser</i>	33

LISTAS DE TABELAS

TABELA 2.1 - Comprimento máximo para o segmento da rede.....	18
TABELA 2.2 – Quantitativo de sinais de entradas e saídas digitais e analógicos	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EB01 – Estação de Bombas 01

EB02 – Estação de Bombas 02

EB03 – Estação de Bombas 03

EB04 – Estação de Bombas 04

EB05 – Estação de Bombas 05

EB06 – Estação de Bombas 06

CCM – Centro de Controle de Motores

CLP – Controlador Lógico Programável

CPU – *Central Processing Unit*

EV01 – Estação de Válvulas 01

EV02 – Estação de Válvulas 02

EV03 – Estação de Válvulas 03

EV04 – Estação de Válvulas 04

EV05 – Estação de Válvulas 05

EV06 – Estação de Válvulas 06

I/O – *Input/Output*

LOC – Licença Operacional Corretiva

Mem. – Memória

TTAC – Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta

VAC – *Voltage Corrent Alternated*

VDC – *Voltage Direct Corrent*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	DESENVOLVIMENTO	15
2.1	Revisão de literatura	15
2.1.1	Rede de comunicação industrial	15
2.1.2	Rede <i>Profibus</i>	16
2.1.3	Rede <i>Profibus DP</i>	17
2.1.4	Topologia da rede <i>Profibus DP</i>	17
2.1.5	Tamanho da rede <i>Profibus DP</i>	18
2.1.6	Resistores de terminação da rede <i>Profibus DP</i>	18
2.2	Material e métodos	19
2.2.1	Controlador lógico programável	19
2.2.2	Cartão MV146 - PDPMV1 – Instalação e interface com o CLP	21
2.2.3	Cartão MV146 - PDPMV1 – Configuração e instalação de arquivos GSD.....	23
2.2.4	Cube67 – Sistema Modular de <i>Fieldbus</i>	24
2.2.5	Montagem do cabo principal, lista de materiais e <i>As Built</i> da rede.....	26
2.2.6	Instalação, implementação e certificação da rede <i>Profibus</i>	28
3	RESULTADOS	30
4	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	34
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

A Samarco Mineração é uma empresa brasileira de capital fechado controlada em partes iguais pelos seus dois acionistas: BHP Billiton Brasil Ltda. e Vale S.A. Destaca-se no setor de minério de ferro pelo pioneirismo e investimento em tecnologia de ponta. A empresa foi a primeira no Brasil a explorar o itabirito, um minério que era descartado como rejeito, por possuir baixo teor de ferro. Seu principal produto são pelotas de minério de ferro produzidas a partir da transformação de minerais de baixo teor em um produto nobre, de alto valor agregado e comercializado para a indústria siderúrgica para países das Américas, Ásia, África, Europa e Oriente Médio. Na figura 1.1 pode se ver as pelotas de minério de ferro produzidas pela Samarco.



FIGURA 1.1 – Pelotas de minério de ferro produzidas pela Samarco.

FONTE: Site da Samarco (2014)

A empresa mantém unidades industriais em dois estados brasileiros, com operações realizadas de forma integrada e simultâneas. Em Minas Gerais, situada nos municípios de Mariana e Ouro Preto, localiza-se a unidade industrial de Germano, que possui três concentradores que beneficiam o minério e aumentam seu teor de ferro. No Espírito Santo, no município de Anchieta, está instalada a unidade industrial de Ponta Ubu, que possui quatro usinas de pelotização e um terminal marítimo próprio, por onde escoada toda produção. As duas unidades industriais são interligadas por três dutos, com aproximadamente 398 Km de extensão cada, que transportam a polpa de minério de ferro entre os dois estados passando por vários

municípios. A Samarco é pioneira neste tipo de transporte. Na figura 1.2, ilustra-se o processo produtivo da Samarco.

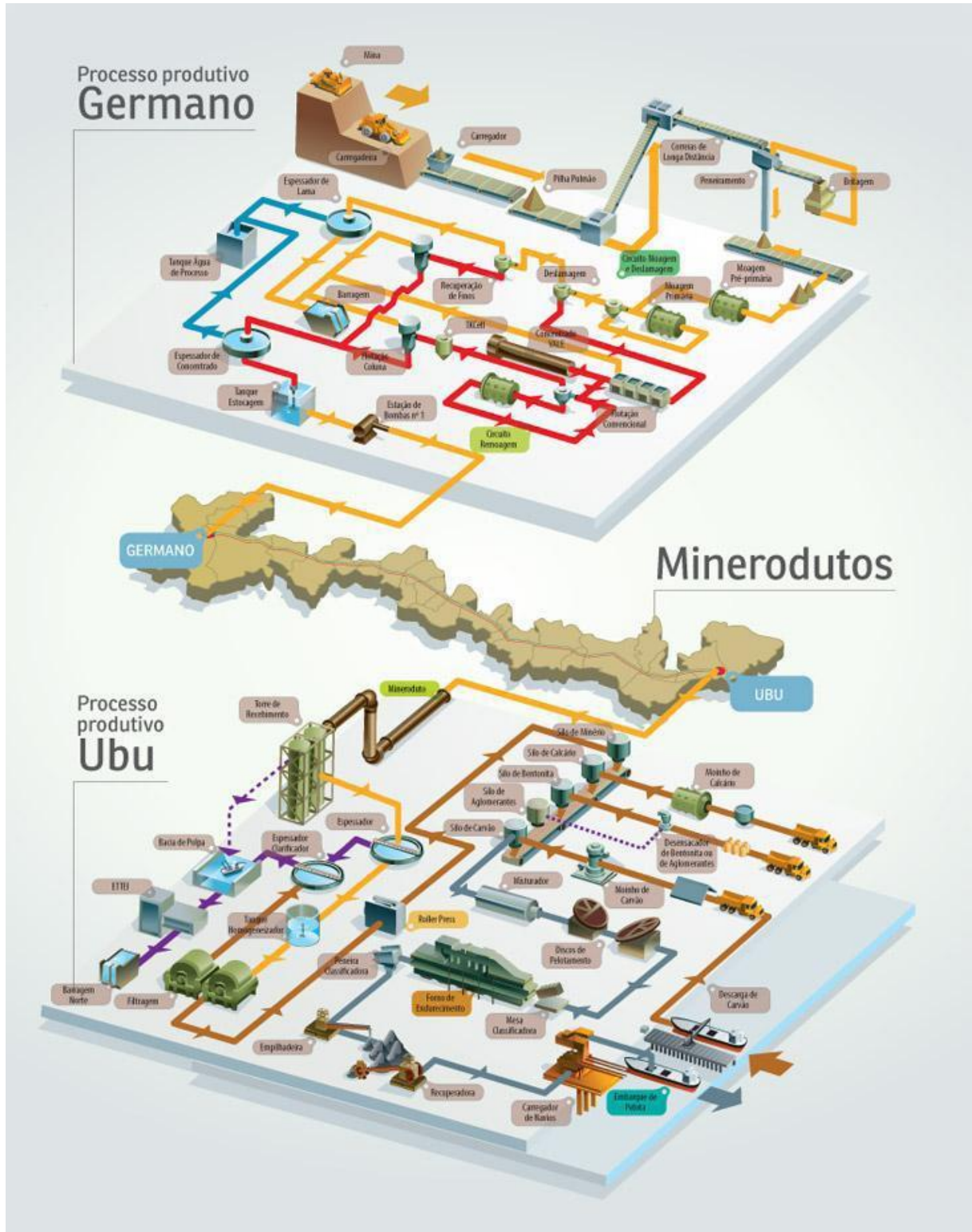


FIGURA 1.2 – Processo produtivo da Samarco.

FONTE: Site da Samarco (2012)

De acordo com a figura 1.2, a primeira etapa consiste na lavra de mina, seguido do beneficiamento do minério que, por meio de operações unitárias (britagem, peneiramento, moagem, flotação, espessamento), garantem as especificações da polpa de minério de ferro para seu bombeamento, através dos dutos, para a etapa de pelotização e em seguida estocagem e embarque do produto final.

Conforme já mencionado anteriormente, o transporte do minério de ferro entre as duas unidades da Samarco é realizado através de dutos, os quais, neste caso, são chamados de minerodutos. O transporte por mineroduto é um dos grandes diferenciais da Samarco. Esse sistema opera com baixos custos operacionais e elevada confiabilidade. A empresa possui três minerodutos. A figura 1.3 ilustra o traçado dos três minerodutos, que interliga a unidade de Germano, em Minas Gerais, à unidade de Ponta Ubu, no Espírito Santo, onde é feita a pelotização do concentrado de minério, estocagem e embarque para a exportação.



FIGURA 1.3 – Traçado dos três minerodutos da Samarco.

FONTE: Site da Samarco (2012)

Cada mineroduto possui duas estações de bombeamento, uma na unidade de Germano em Mariana – MG (EB01/EB04/EB06) e outra em Matipó – MG (EB02/EB05/EB07), além de duas estações de válvulas, uma em Guaçuí (EV01/EV03/EV05) e outra em Alegre (EV02/EV04/EV06), no estado de Espírito Santo. Pode se ver na figura 1.4 o perfil da faixa de servidão dos minerodutos indicando a localização de cada estação e sua elevação.



FIGURA 1.4 – Perfil dos minerodutos da Samarco.

FONTE: Site da Samarco (2012)

Dos três minerodutos existentes, o mais antigo é o Mineroduto 1, que foi construído no início das atividades da Samarco. Com o decorrer dos anos, os equipamentos de automação utilizados nessa planta “sofreram” os efeitos da rápida evolução tecnológica, tornando-se um sistema parcialmente obsoleto e de, certa forma, limitado. Para melhorar a eficiência do monitoramento e operação do Mineroduto 1, faz-se necessário realizar melhorias no sistema de automação e de instrumentação da planta. Para isso, é necessário realizar a instalação de novos pontos de medições de variáveis importantes para o processo produtivo como, por exemplo, temperatura, pressão, vazão etc. No entanto, a possibilidade de expansão de I/O, sejam digitais ou analógicas, no sistema atual, está limitada, pois na configuração atual do CLP não existem *Slots* disponíveis nos *Racks* para inserção de novos cartões de I/O, para receber os sinais dessas novas variáveis.

Além disso, devido a uma infraestrutura mais antiga da planta, tem-se o problema de ocorrência da presença de roedores que danificam os vários cabos elétricos que fazem a interface dos instrumentos atuais com o CLP, ao longo dos bandeamentos da galeria que fica em uma área classificada como espaço confinado. Isso dificulta muito a identificação dos problemas correntes, o que causa uma demora significativa na solução desses problemas, impactando, significativamente, no processo produtivo, gerando perdas, gargalos e elevados prejuízos financeiros para a empresa.

Para esse tipo de cenário, uma tecnologia indicada é aplicação de rede de comunicação baseado no protocolo *Profibus*. Segundo o Presidente e Diretor de Qualidade da *Vivace Process Instruments*, Cassiolato (Cassiolato, 2007),

o *Profibus* é um protocolo digital utilizado em sistemas de controle que permite a conexão com interoperabilidade de diversos equipamentos e fabricantes. Possui uma série de vantagens em relação à tecnologia 4-20 mA onde, resumidamente, pode-se citar, dentre outras:

- Fácil cabeamento com redução de custos;
- Simples operação, por meio de uma sala de controle;
- Aplicações em área classificadas;
- Altas taxas de comunicação no *Profibus-DP*;
- Poderosas ferramentas de configuração/parametrização dos ativos;
- Tecnologia aberta e em contínua evolução;

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão de literatura

2.1.1 Rede de comunicação industrial

Define-se rede de comunicação industrial como uma interconexão física entre dispositivos, que possibilita o compartilhamento de dados entre os ativos no ambiente industrial utilizando protocolo digital. No cenário atual da indústria, a troca de informações é um fator fundamental e de extrema importância para o controle, segurança, aumento de produção e da perenidade da eficiência de seu processo produtivo.

Com a utilização das tecnologias inovadoras de automação e comunicação, a troca de dados pode ser realizada através de um meio físico, que pode ser pela utilização de fios de cobre, fibra ótica ou *wireless*.

Por causa da imensa carga de dados que são gerados e compartilhados a todo instante, principalmente entre computadores, controladores lógicos programáveis, sensores e atuadores de campo, as redes de comunicação industrial são de extrema importância para as indústrias poderem processar com rapidez e segurança as informações geradas durante o processo produtivo, garantindo mais confiabilidade no gerenciamento e na tomada de decisões do negócio da empresa. Além disso, as redes industriais apresentam as seguintes vantagens:

- Interconexão de dispositivos de forma distribuída;
- Facilidade de instalação;
- Redução e organização de cabos e painéis;
- Alta capacidade de informações dos equipamentos;
- Uso de ferramentas de diagnósticos;
- Facilidade de manutenção;

Tratando-se de redes industriais em geral, é fundamental compreender dois conceitos básicos e importantes, ou seja, saber a diferença entre padrão e protocolo. Padrão é o tipo de conexão

física e a característica elétrica da rede de comunicação. Já o protocolo, refere-se a linguagem digital para a troca de dados entre os dispositivos de uma rede.

2.1.2 Rede *Profibus*

O *Profibus* é um protocolo aberto e independente que utiliza o padrão RS-485, que permite a interconexão de dispositivos de diversos fabricantes em uma mesma rede, isto é, garante a interoperabilidade e intercabiabilidade. A interoperabilidade ocorre porque em uma rede *Profibus* podem estar interligados equipamentos de fabricantes diferentes, onde todos se comunicam com eficácia devido a padronização do protocolo. Já a intercabiabilidade significa que se for retirado um dispositivo da rede de um fabricante, um transmissor de temperatura por exemplo, e colocado o mesmo dispositivo de um outro fabricante no lugar, ele será capaz de realizar as mesmas atividades que o anterior.

No final da década de 1980, aproximadamente em 1987, algumas empresas e institutos uniram-se e criaram um projeto estratégico. O principal objetivo era de realizar e estabilizar um barramento de campo bitserial, tendo como premissa a padronização da interface entre os dispositivos de campo. Atualmente o padrão *Profibus* atende as exigências das normas IEC61158/EN50170, e funciona principalmente em três tipos diferentes de tecnologias: *Profibus DP* (*Distributed Peripherals*), *Profibus FMS* (*Fieldbus Message Specification*) e *Profibus PA* (*Process Automation*). A seguir, tem-se uma definição sucinta sobre cada uma dessas tecnologias, visto que, mais adiante, será enfatizado com mais detalhes somente a tecnologia *Profibus DP*, isto porque, essa será a tecnologia a ser utilizada no desenvolvimento deste trabalho (SOUZA, 2012).

- *Profibus DP*: é uma rede especializada que é utilizada para realizar a comunicação entre sistemas de automação e periféricos distribuídos.
- *Profibus FMS*: é uma rede de grande capacidade para realizar a comunicação de dispositivos inteligentes como computadores, CLPs ou outros sistemas inteligentes que necessitam de alta demanda de transmissão de dados.
- *Profibus PA*: é uma rede utilizada para a interligação de instrumentos analógicos inteligentes de campo, tais como transmissores de pressão, vazão, temperatura etc.

2.1.3 Rede Profibus DP

O *Profibus DP* é uma rede de comunicação industrial que foi projetada como uma solução de alta velocidade dentro da categoria do *Profibus*. Tem como objetivo ser utilizado especialmente na realização da comunicação entre dispositivos/equipamentos descentralizados na área de Automação Industrial. Sua implementação destaca-se na substituição aos sistemas convencionais que, de certa forma, já estão sendo considerados obsoletos, principalmente para grandes distâncias, como, por exemplo, o 4 a 20 mA, transmissão de 24 volts etc. Atualmente, cerca de 90% das aplicações do *Profibus* são da categoria *Profibus DP* (CASSIOLATO, 2019).

2.1.4 Topologia da rede Profibus DP

O *Profibus DP* utiliza o padrão RS-485 como meio elétrico de transmissão. Neste padrão, pode existir em cada segmento no máximo 32 dispositivos ativos. Quando há a necessidade de instalação de um número maior de dispositivos na rede, faz-se necessário utilizar repetidores de sinal. Por meio dos repetidores, é possível gerar novos segmentos na rede, onde pode-se instalar até 32 novos dispositivos. No entanto, no *Profibus DP*, o número máximo de dispositivos é de 126. Na figura 2.1, pode-se ver um exemplo da topologia da rede *Profibus DP* (SILVA, 2019).

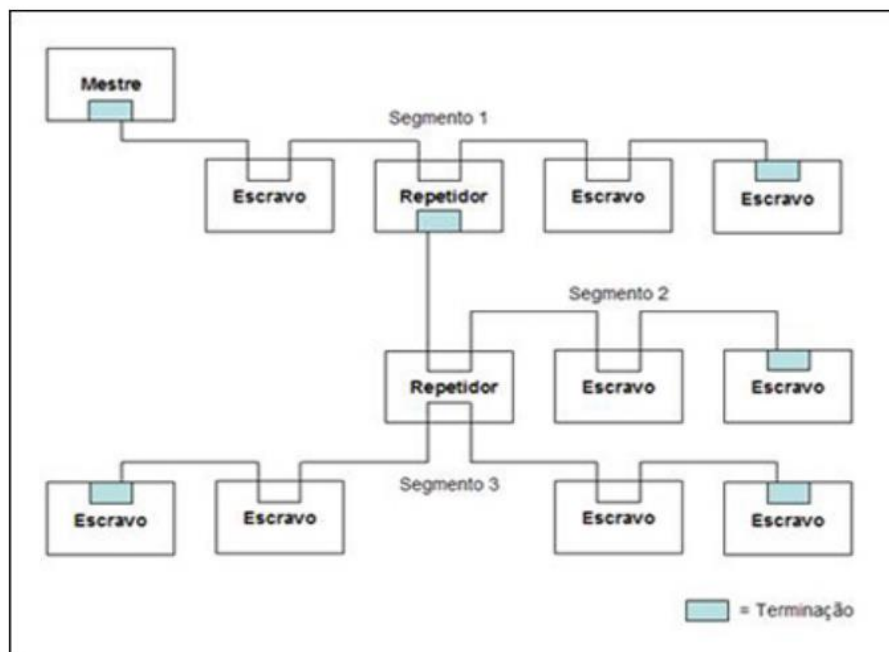


FIGURA 2.1 – Topologia da rede *Profibus DP*.

FONTE: http://www.profibus.org.br/artigos_tecnicos/diretrizes-para-projeto-e-instalacao-de-redes-profibus-dp

2.1.5 Tamanho da rede *Profibus DP*

Para definir o comprimento máximo do cabo em um segmento da rede é preciso levar em consideração a velocidade da transmissão da rede. Em altas velocidades o sinal da rede tem uma atenuação maior do que com relação a comunicação em baixas velocidades. Portanto, em baixas velocidades, é possível chegar a uma maior distância máxima do cabeamento. Na tabela 2.1, é possível analisar a variação do comprimento máximo do segmento com relação a velocidade de comunicação da rede.

TABELA 2.1 - Comprimento máximo para o segmento da rede.

FONTE: http://www.profibus.org.br/artigos_tecnicos/diretrizes-para-projeto-e-instalacao-de-redes-profibus-dp

Velocidade de Transmissão [Kbit/s]	Tamanho máximo de segmento [m]
9,6	1200
19,2	1200
93,75	1200
187,5	1000
500	400
1500	200
3000	100
6000	100
1200	100

2.1.6 Resistores de terminação da rede *Profibus DP*

Devido às possíveis alterações de resistência, impedância ou da capacitância do cabo da rede *Profibus DP*, sejam elas causadas por qualquer natureza, isso pode gerar reflexões no sinal e comprometer a qualidade do sinal elétrico que passa por esse condutor. Esse tipo de efeito deve ser evitado e a qualidade do sinal elétrico não pode ser comprometida, pois ela é a responsável pela a eficiência da comunicação da rede. Essas reflexões são chamadas de distúrbios ou de “ruídos” na rede e para tentar mitigar esses ruídos são utilizados os resistores de terminação.

Os resistores de terminação têm como objetivo “casar” a impedância do cabo do segmento da rede. Eles são instalados em paralelo com as linhas de sinal e nas extremidades dos segmentos.

Normalmente são de 220 Ω e sua função é de garantir a impedância ideal do cabo. Eles também, ajudam a absorver a energia induzida no sinal e dessa forma, evitam que ocorra a reflexão do sinal na rede. Na figura 2.2, tem-se o diagrama de ligação dos resistores de terminação.

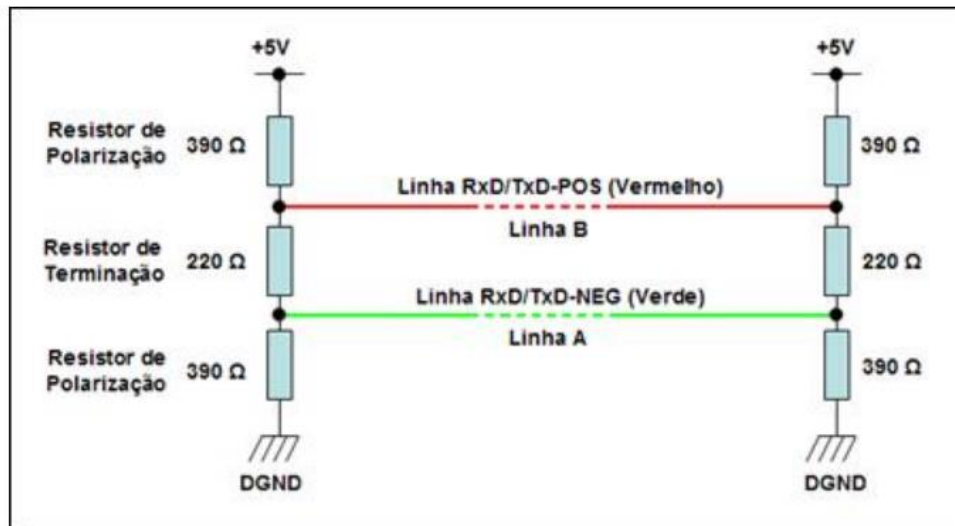


FIGURA 2.2 – Resistores de terminação da rede *Profibus DP*.

FONTE: http://www.profibus.org.br/artigos_tecnicos/diretrizes-para-projeto-e-instalacao-de-redes-profibus-dp

2.2 Material e métodos

2.2.1 Controlador lógico programável

O controlador lógico programável é muito utilizado nas indústrias para controlar, comandar e monitorar os processos produtivos de diversos tipos e grau de complexidade. De maneira sucinta, o CLP é um tipo de computador projetado para executar funções específicas por meio de um *software* onde o usuário realiza uma programação adequada ao processo.

O controlador lógico programável existente no sistema de automação do Mineroduto 1 é do fabricante *Rockwell Automation*. São utilizados dois modelos de CLPs, um dos modelos é o SLC 5/05 e o outro é o ControlLogix. Em cada estação de bombeamento, isto é, tanto na EB01 da unidade de Germano, bem como na EB02 da unidade de Matipó, existem oito CLPs que são responsáveis pelo controle da automação da planta industrial do mineroduto.

O CLP ControlLogix é o controlador geral de cada uma das estações de operação, pois ele é o responsável por controlar todos os equipamentos auxiliares que garantem a alimentação de

polpa de minério para as bombas Principais, que são as responsáveis pelo bombeamento da polpa no mineroduto. Já os outros sete CLPs SLC 5/05 são responsáveis pelo controle de operação das bombas Principais de bombeamento da polpa de minério de ferro, ou seja, cada uma das sete bombas Principais possui seu próprio CLP. Essa arquitetura de CLPs onde se tem um CLP geral para os equipamentos auxiliares da planta e dos outros sete CLPs, sendo um para cada bomba Principal, existe para que se possa garantir uma melhor eficiência quando se tem a necessidade de realizar alguma manutenção nas bombas Principais, pois, geralmente, a operação do bombeamento é realizada com os equipamentos auxiliares da planta e com seis bombas Principais, onde uma delas sempre fica em *stand by* ou em manutenção. Quando está em manutenção, ela pode ser totalmente bloqueada de suas fontes de energia. Como seu CLP é dedicado, ele pode ser desligado sem comprometer o processo de bombeamento de minério de ferro pelo mineroduto.

Neste trabalho, a implementação da rede *Profibus DP* será aplicada em todos os controladores das 14 bombas Principais existente na planta do Mineroduto 1, sendo que sete bombas Principais ficam em EB01 e as outras sete ficam em EB02. Como as bombas Principais são iguais, ou seja, são do mesmo modelo, então possuem o mesmo quantitativo e o mesmo tipo de sinais de campo e por isso, o que será feito em uma bomba será replicado nas outras. Para fins didáticos, neste trabalho será apresentado detalhadamente apenas a implementação de uma bomba Principal.

Como já foi citado, o controlador da bomba Principal é o SLC 5/05 e sua CPU é o modelo 1747-L553C – 5/05 – 64k de memória. A configuração deste controlador contém o seguinte hardware:

- Um *rack* de 13 *Slots*;
- Um cartão de CPU 5/05 – 64 Mem.;
- Um cartão de entrada analógica VDC de oito canais;
- Um cartão de saída analógica 4 a 20 mA de quatro canais;
- Um cartão de entrada analógica 4 a 20 mA de quatro canais;
- Seis cartões de entradas digital 100/120 VAC de 16 entradas;
- Dois cartões de saídas digital 240 VAC de 16 saídas;

A distribuição desses 11 cartões no *Rack* está de forma sequencial do *Slot* 0 ao *Slot* 11 estando vago e disponível apenas o *Slot* 12. Na figura 2.3, é possível ver melhor a configuração do *hardware* e a posição de cada cartão nos *Slots* do *Rack*:

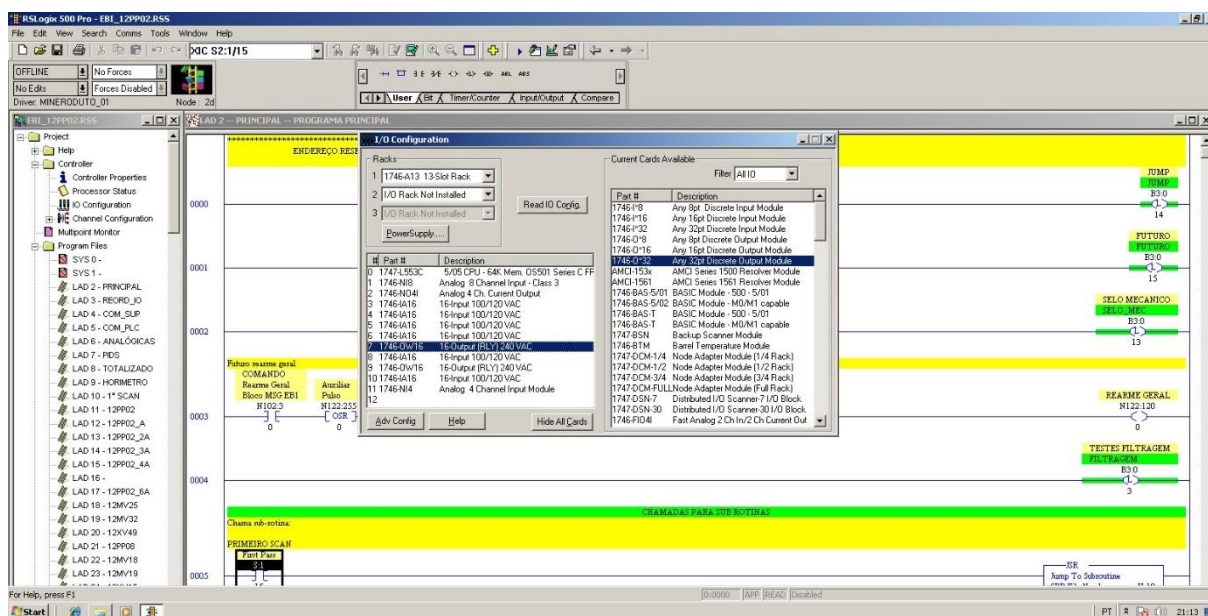


FIGURA 2.3 – Configuração do *hardware* do CLP de uma bomba Principal.

FONTE: Foto do autor

Após uma pesquisa de mercado, foi identificado que a empresa *ProSoft Technology* desenvolveu e fornece o cartão MV146 – PDPMV1 que realiza a interface da comunicação da rede *Profibus DP* para o CLP da *Rockwell* da família SLC. E esse cartão que será utilizado e instalado no *Slot* 12, que é o único que está disponível.

2.2.2 Cartão MV146 - PDPMV1 – Instalação e interface com o CLP

O cartão MV146-PDPMV1 é um módulo eletrônico que foi desenvolvido para realizar a troca de dados com processadores da família SLC. Para essa interface, ele atua como um módulo de entrada e saída entre o processador SLC 5/05 e a rede *Profibus DP* realizando, na função de mestre, a transferência de dados de forma cíclica na rede. Quando inserido em um *Slot* do *Rack* e adicionado no *software* de programação do CLP SLC 5/05, o RS logix 500, ele é reconhecido como um módulo de entrada e saída e faz acesso a memória do processador utilizando o espaços de memória M0 e M1 que deverão ser criadas.

Como esse módulo foi desenvolvido em concordância com a *Rockwell Automation*, uma lógica *ladder* (MV146-PDPMV1 *Sample Ladder*) padrão é disponibilizada pelo fabricante para a realização da transferência de dados entre o cartão MV146 e o processador do SLC 5/05. Nessa lógica, os dados enviados pelos escravos no endereço M1 são copiados para outro endereço de memória do SLC 5/05, para que possa ser utilizado com mais facilidade pelo programador. Da mesma maneira, ela copia os dados que devem ser enviados para os escravos, do endereço de memória do SLC 5/05 que foram utilizados pelo programador, para o endereço M0. No caso deste trabalho, os dados de entrada da rede para o CLP SLC 5/05 são copiados da área M1 para a área N151 e os dados de saída do CLP SLC 5/05 para a rede são copiados da área N152 para a área M0. Na figura 2.4, pode-se verificar que o módulo eletrônico foi inserido e adicionado no *Slot* 12 e que as áreas M0 e M1 foram criadas. Também está ilustrado como exemplo, a função COP, que está copiando os dados da área M1 para a área N151. Apesar de não estar ilustrado, o mesmo acontece da área N152 para a área M0.

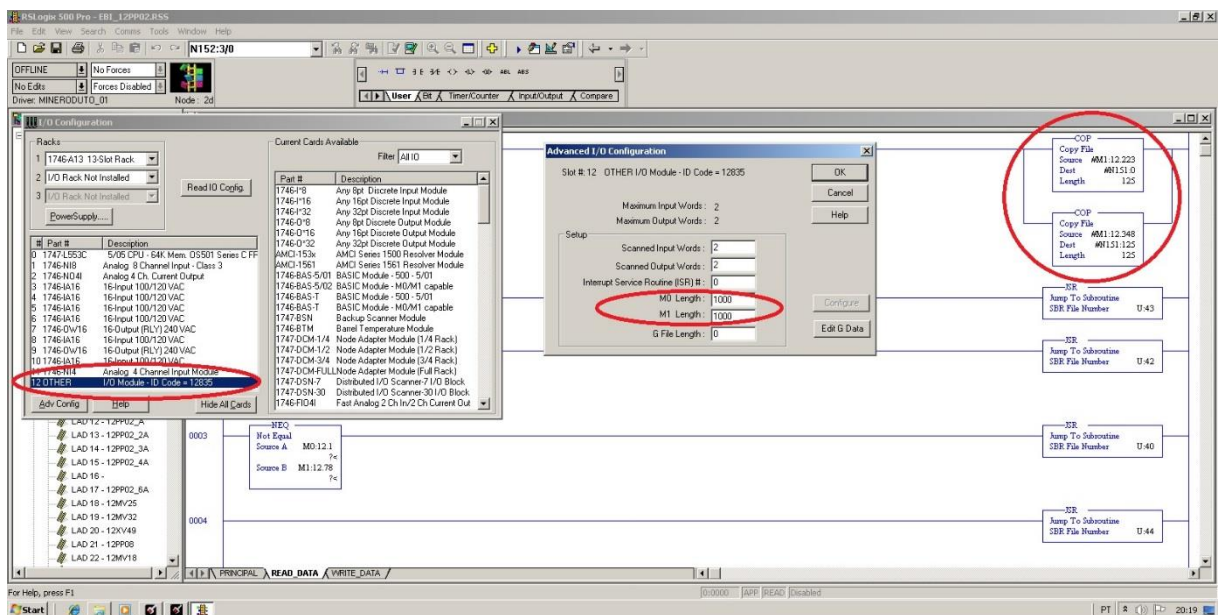


FIGURA 2.4 – Configuração do *hardware* do CLP de uma bomba Principal.

FONTE: Foto do autor

Todas as informações e procedimentos necessários para a instalação do cartão MV146-PDPMV1 no *Rack*, de como adiciona-lo no *software* RS logix 500 e criar as áreas M0 e M1, bem como, a lógica MV146-PDPMV1 *Sample Ladder* e as etapas para sua implementação estão disponíveis no manual do cartão e podem ser baixados pelo site do fabricante disponível nas referências deste trabalho.

2.2.3 Cartão MV146 - PDPMV1 – Configuração e instalação de arquivos GSD

Depois que o cartão MV146 já foi instalado no *rack* e que o mesmo já esteja energizado, ele precisa ser configurado. Para isso, é necessário fazer a conexão/comunicação de um computador utilizando o cabo RJ45-DB-9, que o fabricante fornece junto com o módulo eletrônico. A partir daí, com *ProSoft Configuration Builder Software*, deve-se fazer a configuração necessária e o *download* da mesma para o cartão. Para instalar o *ProSoft Configuration Builder Software*, basta acessar o site do fabricante com o link disponível na referência deste trabalho e fazer o *download*. Todas as informações e procedimentos para a configuração de um projeto, bem como a configuração da função do cartão MV146 como mestre, ou seja, a configuração do **PROFIBUS Master** estão disponíveis no manual do cartão.

Para que o mestre possa se comunicar e trocar informações com o escravo, é preciso que ele obtenha as informações básicas de configurações dos escravos que irão contemplar a rede. Portanto, faz-se necessário instalar, utilizando-se *ProSoft Configuration Builder Software*, o arquivo de extensão GSD do escravo em questão. O arquivo de extensão GSD é basicamente um *DataSheet* eletrônico contendo todas as informações básicas necessárias que o mestre precisa saber para se comunicar com o escravo corretamente. Esses arquivos geralmente são fornecidos pelos fabricantes dos dispositivos escravos. Para este trabalho, o escravo a ser utilizado para receber e enviar os sinais de campo da bomba Principal é o Cube67 do fabricante *Murreletronik*, e será instalado o seu arquivo GSD. Todas as informações e procedimentos para a instalação do arquivo GSD estão também disponíveis no manual do cartão. Na figura 2.5, pode-se ver a configuração realizada do **PROFIBUS Master** e o Cube67 adicionado como escravo, utilizando o seu arquivo GSD. Note que, o **PROFIBUS Master** foi configurado como o **nó 1** e o escravo foi configurado como o **nó 5** da rede.

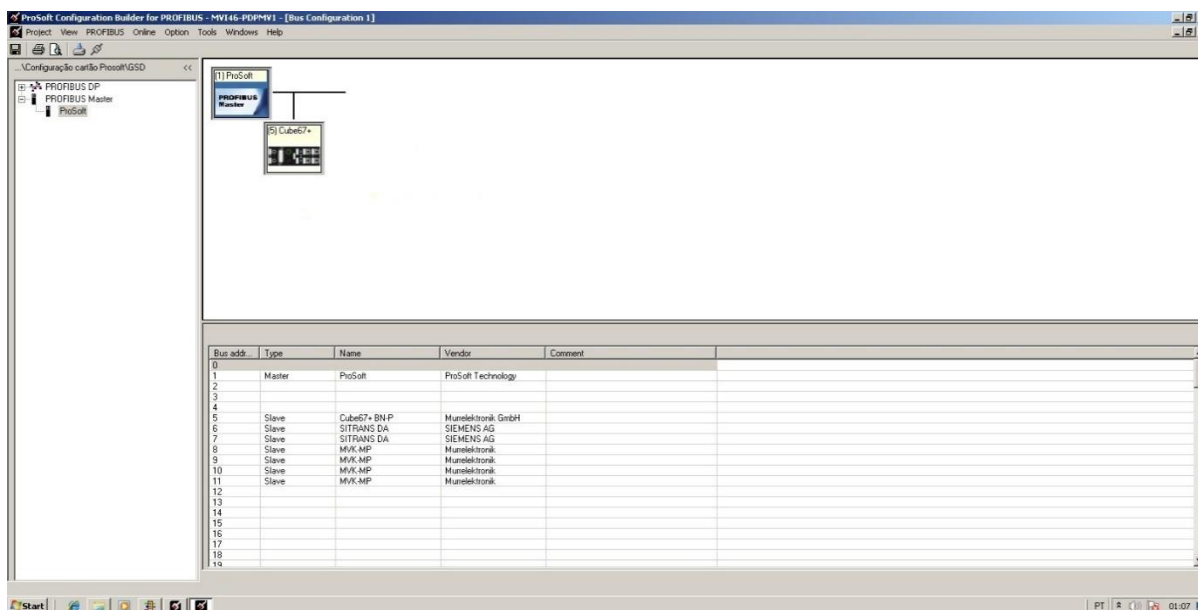


FIGURA 2.5 – Configuração do *PROFIBUS Master* e do escravo, o Cube67.

FONTE: Foto do autor

2.2.4 Cube67 – Sistema Modular de *Fieldbus*

O Cube67 é o sistema *Fieldbus* descentralizado ideal para instalações industriais. Trata-se de uma solução flexível que pode utilizar vários módulos funcionais de I/O que foram projetados para atender as necessidades de coletar e aplicar “informações”, bem como realizar comandos em uma planta industrial automatizada. Utiliza apenas um cabo para realizar a alimentação e a comunicação com os módulos de I/O e possuem funções de diagnósticos que reduzem o tempo de inatividade do sistema. Pode conectar até 16 módulos de I/O a um **nó** do barramento e permite a instalação de diferentes tipos de módulos, garantindo a máxima flexibilidade. Possui um circuito integrado que monitora a corrente do sistema e, caso ocorra um erro, apenas o canal referido ao erro será desligado e o diagnóstico poderá ser enviado para o CLP, além da indicação visual por *led*.

Para definir a quantidade mínima e o tipo dos módulos de I/O a ser instalados no Cube67, primeiramente, foi realizado o levantamento da quantidade de sinais de entradas e saídas digitais e analógicos já existentes e dos novos que seriam instalados, para serem migrados para a rede. Os dados levantados são apresentados na tabela 2.2:

TABELA 2.2 – Quantitativo de sinais de entradas e saídas digitais e analógicos

FONTE: Levantamento do Autor

Tipo de entrada	Quantidades
Entradas digitais 24 VCC	28
Saídas digitais 24 VCC	11
Entradas analógicas 4 ~ 20 mA	11
Saídas analógicas 4 ~ 20 mA	1
Entrada RTD	10

A partir desses dados, foi especificado a seguinte configuração dos módulos a serem utilizados:

- Três módulos **56601** (módulo de 16 entradas/saídas digitais 24 VCC) configurados como entradas;
- Um módulo **56601** (módulo de 16 entradas/saídas digitais 24 VCC) configurado como saída;
- Quatro módulos **56731** (módulo de quatro entradas 4 ~ 20 mA);
- Três módulos **56740** (módulo de quatro entradas RTD);
- Um módulo **56721** (módulo de quatro saídas 4 ~ 20 mA);

Com relação a parte de configuração dos módulos de I/O, como o arquivo de extensão GSD do Cube67 já foi instalado no *ProSoft Configuration Builder Software*, basta apenas inserir os módulos utilizando os códigos mencionados acima em negrito e, caso necessário, fazer a configuração de acordo com a sua função pois, esses módulos também são do fabricante *Murreletronik* e foram desenvolvidos para serem utilizados no Cube67 e, por isso, o arquivo GSD já contempla esses módulos. Segue, na figura 2.6, os módulos de I/O adicionados na configuração do Cube67:

ProSoft Configuration Builder for PROFIBUS - MV146-PDPMV1 - [Bus Configuration 1]

Project View PROFIBUS Online Option Tools Windows Help

Configuração cartão PhoenixSD

ProSoft
PROFIBUS Master
Cube67

Slave:	(5) Cube67-BN-P	Device path:	PROFIBUS DP1/0\Murekel.honk.GmbH\Cube67-BN-P	
Slot	CFG data	Order number/ designation	Input address	Output address
0	0x03, 0x0C, 0xC3, 0x0A	56521 BN-P		
1	0x01, 0x00	Branch 0		
2	0xC3, 0x01, 0x01, 0x00, 0x19, 0x08	56601 DI016 E 8xM12	0..1	0..1
3	0xC3, 0x01, 0x01, 0x00, 0x19, 0x08	56601 DI016 E 8xM12	2..3	2..3
4	0x43, 0x43, 0x00, 0x96, 0x12	56731 AI4 E 4xM12 (I)	4..11	
5	0x43, 0x43, 0x00, 0x64, 0x05	56740 AI4 C 4xM12 RTD	12..19	
6	0x01, 0x01	Branch 1		
7	0x43, 0x43, 0x00, 0x96, 0x12	56731 AI4 E 4xM12 (I)	20..27	
8	0x43, 0x43, 0x00, 0x96, 0x12	56731 AI4 E 4xM12 (I)	28..35	
9	0x43, 0x43, 0x00, 0x64, 0x05	56731 AI4 E 4xM12 (I)	36..43	
10	0x43, 0x43, 0x00, 0x64, 0x05	56740 AI4 C 4xM12 RTD	44..51	
11	0x01, 0x00	Branch 2		
12	0xC3, 0x01, 0x01, 0x00, 0x19, 0x08	56601 DI016 E 8xM12	52..53	4..5
13	0xC3, 0x01, 0x01, 0x00, 0x19, 0x08	56601 DI016 E 8xM12	54..55	6..7
14	0x63, 0x43, 0x00, 0x91, 0x10	56721 AI4 E 4xM12 (I)		8..15
15	0x43, 0x43, 0x00, 0x64, 0x05	56740 AI4 C 4xM12 RTD	56..63	
16	0x01, 0x00	Branch 3		
17				
18				

FIGURA 2.6 – Módulos de I/O adicionados na configuração do Cube67.

FONTE: Foto do autor

2.2.5 Montagem do cabo principal, lista de materiais e *As Built* da rede

A montagem do cabo principal da rede e de seus componentes, isto é, o cabo que faz a comunicação do cartão MV146-PDPMV que está instalado no *Slot 12* do *Rack* do CLP 5/05 que fica dentro da sala elétrica, com o Cube67 que está instalado em um painel próximo a bomba Principal tem aproximadamente 96 metros de comprimento, visto que, a rede *Profibus* está configurada para uma velocidade de comunicação de 500 Kbits/s, bem como, os cabos e os componentes que interligam o Cube67 aos seu módulos de I/O no interior do painel foram dimensionados e especificados de acordo com a norma IEC61158/EN50170. A partir daí, foi gerada uma lista de matérias para a construção do painel onde ficam o Cube67 e seus módulos de I/O, como também um *As Built* da rede. Nas figuras 2.7 e 2.8 a seguir, está ilustrado a lista de materiais que foram utilizados e o *As Built* da rede que foi implementada.

ITEM	QUANT.	POSIÇÃO	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA	FABRICANTE
1	1	-	CONECTOR DE REDE M12 PROFIBUS FÊMEA RETO.	7000-14025-000 0000	MURR
2	1	-	CUBE67 BN-P+ PROFIBUS.	ME56521	MURR
3	4	-	CUBE67 DIO16 E 8xM12.	ME56601	MURR
4	4	-	CUBE67 AI4 E 4xM12 4...20mA.	ME56731	MURR
5	1	-	CUBE67 AO4 E 4xM12 4...20mA.	ME56721	MURR
6	3	-	CUBE67 AI4 C 4xM12 RTD.	ME56740	MURR
7	6	-	CABO DE EXPANSÃO SISTEMA CUBE67 MACHO 90G + FÊMEA 90G 6P 0,30m.	7000-46061-802 0030	MURR
8	4	-	CABO DE EXPANSÃO SISTEMA CUBE67 MACHO 90G + FÊMEA 90G 6P 0,60m.	7000-46061-802 0060	MURR
9	1	-	TERMINADOR ATIVO IP67	PDP-TRA	TURCK
10	1	-	RESISTOR DE TERMINAÇÃO M12 PROFIBUS BT.	7000-14041-000 0000	MURR
11	38	-	CONECTOR M12 MACHO 90G 4P À PARAFUSO.	7000-12861-000 0000	MURR
12	1	-	TAMPÃO CEGO M12 (20 UNIDADES).	58627	MURR
13	1	-	KIT FONTE DE ALIMENTAÇÃO IP67 4A + CONECTORES.	MK000988	MURR
14	1	-	CAIXA DE MÉDIO PORTE 1200x900x300 EM CHAPA DE AÇO, PINTURA ELETROSTÁTICA EM PÓ POLIESTER PADRÃO CINZA RAL (7032).	EE268	TAUNUS
15	1	-	TETO CHAPÉU PARA CAIXA EE268 TAUNUS.	E1062	TAUNUS
16	1	-	SUPORTE PARA FIXAÇÃO DO PAINEL.	E1240	TAUNUS

FIGURA 2.7 – Lista de materiais.

FONTE: Foto do autor

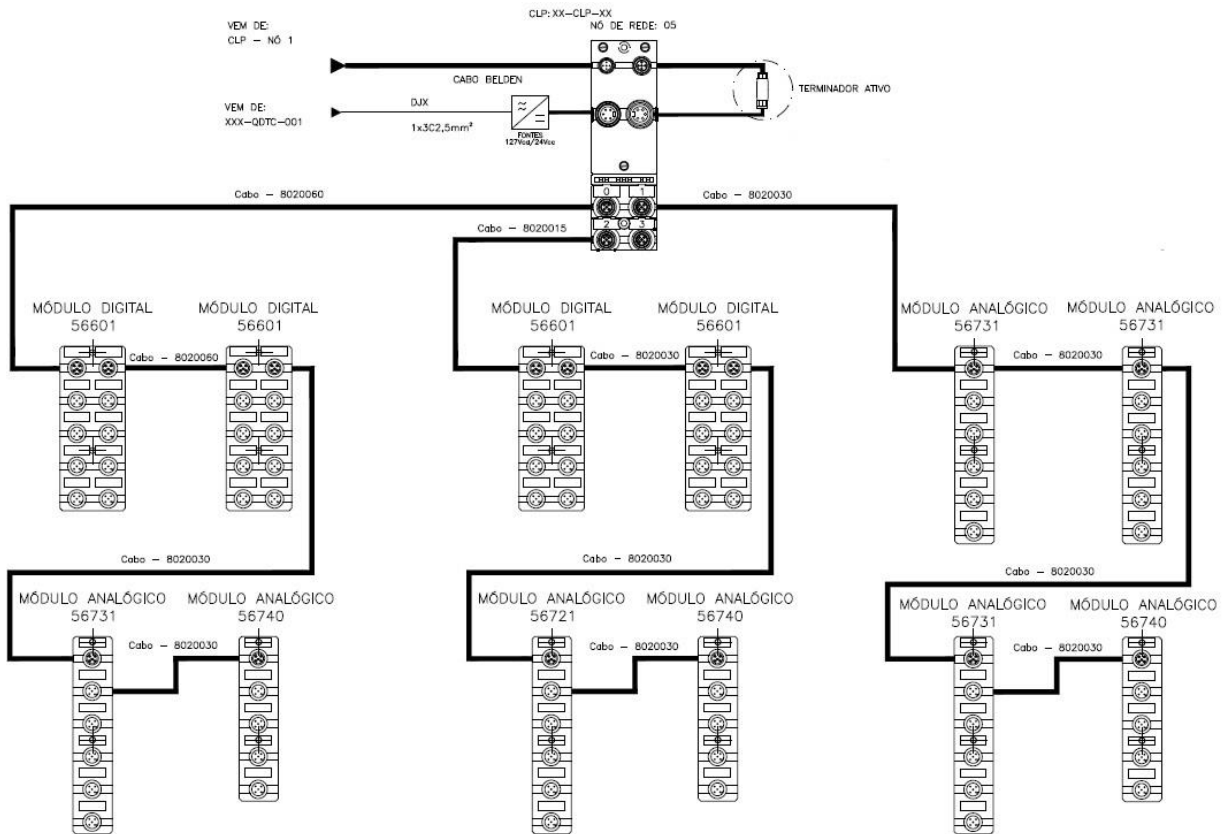


FIGURA 2.8 – As Built da rede.

FONTE: Foto do autor

2.2.6 Instalação, implementação e certificação da rede *Profibus*

Após a compra dos materiais necessários para a implementação da rede, do lançamento e montagem do cabo principal entre o painel de CLP e o painel com o Cube67 e seus módulos de I/O, que foi fixado próximo a bomba Principal, foi realizado um planejamento para a execução da migração dos sinais de campo. Para isso, foi programado juntamente com as equipes da operação e manutenção, que a bomba Principal precisaria ficar sete dias bloqueada em modo de manutenção, ou seja, sem poder ser operada. Esse período era necessário para que fosse realizada a alteração dos cabos de todos os sinais de campo que estavam anteriormente indo nos cartões de I/O do CLP para os novos módulos de I/O da rede, no painel próximo a bomba Principal. Além disso, precisaria realizar a alteração dos endereços de entrada e saída do I/O convencional antigo para os novos endereços de I/O da rede no programa (*LADDER*) operacional do equipamento no CLP 5/05, bem como, fazer os testes de comissionamento do equipamento e verificação dos sinais de campo na nova rede implementada.

No entanto, os testes de comissionamento do equipamento e verificação dos sinais de campo na nova rede implementada não foram suficientes para garantir a integridade e o bom funcionamento da rede *Profibus*. Para isso, foi necessário realizar a certificação da rede, isto é, realizar um teste na qualidade do sinal de comunicação da rede, com o intuito de identificar falhas na rede, visto que, caso ocorra alguma instalação de má qualidade, como por exemplo, tipo de cabos inadequados, conectores montado errados, cabo da rede lançado próximo a outros cabos energizados, falta de resistor de terminação etc, podem causar “ruídos” e distúrbios na comunicação comprometendo sua eficiência, fazendo com que os ativos da rede não funcionem de forma ideal comprometendo o processo produtivo.

Uma rede com qualidade de sinal ruim, na maioria das vezes, apenas pode ter suas causas detectadas perante a uma análise antecipada e/ou regular. No caso da análise antecipada, isso ajuda a identificar a fonte do problema para que ele possa ser solucionado antes que isso cause falhas na linha de produção. Neste caso, o teste de certificação da rede foi realizado utilizando-se o *Profibus Tester 3*. Esse equipamento verifica com eficiência a rede *Profibus DP* e irá localizar as falhas e suas causas. Todas as informações necessárias para utilizar o *Profibus Tester 3*, bem como entender suas funcionalidades e seus diagnósticos de análise de rede estão disponíveis no manual do equipamento. Para fazer o *download* do manual, basta acessar o site do fabricante com o *link* disponível na referência deste trabalho. Na figura 2.9, pode-se ver a

ótima qualidade do sinal dos nós 1 e 5 da rede *Profibus* implementada, onde o nó 1 é o mestre da rede, ou seja, o cartão MV146-PDPMV1 e o nó 5 é o escravo da rede, isto é, o Cube67. Note que os valores estão dentro da faixa de ideal, que é entre 4 e 7 volts.

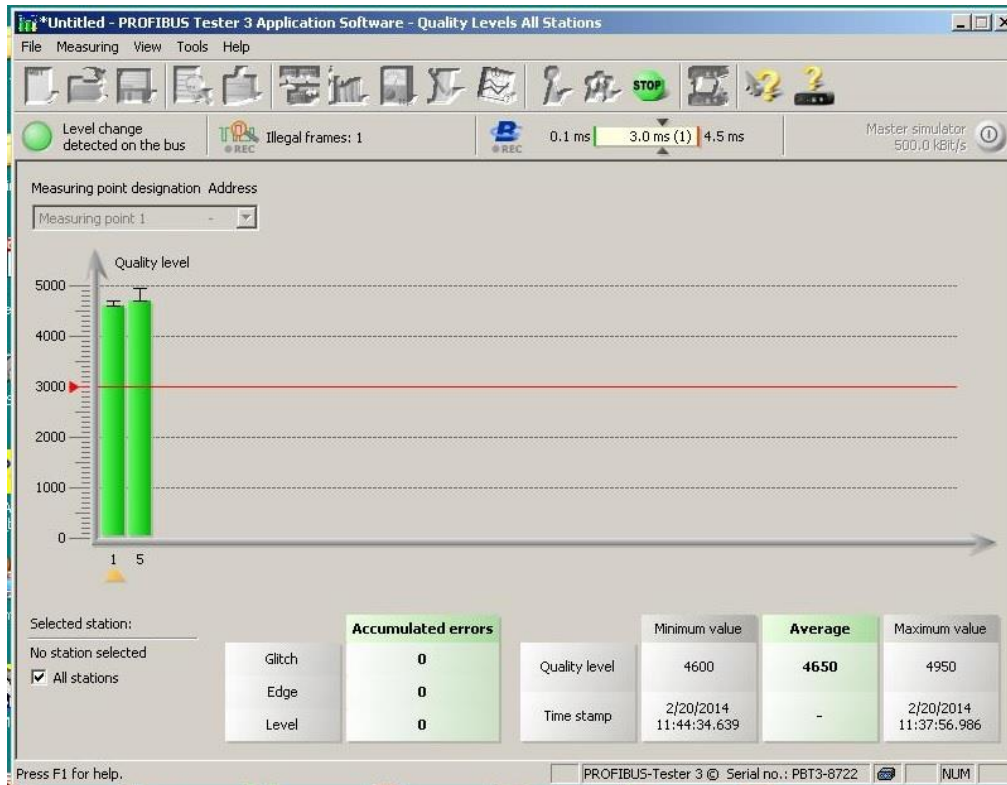


FIGURA 2.9 – *Profibus Tester 3* – Certificação da rede.

FONTE: Foto do autor

3 RESULTADOS

A implementação da solução proposta, isto é, a implementação da rede *Profibus DP* no sistema de automação de todas as bombas Principais do Mineroduto 1, permitiu um aumento significativo da disponibilidade I/O da planta, possibilitando uma maior flexibilidade para a instalação de novos dispositivos de instrumentação para que possam ser realizadas novas medições de variáveis importantes para o processo produtivo como, por exemplo, temperatura, pressão, vazão etc, conforme o surgimento de demanda e necessidade das equipes da operação e de manutenção, garantindo assim, uma melhora na eficiência do monitoramento e na operação do Mineroduto 1. Isto porque, com apenas um **nó** da rede, o Cube67, foi possível instalar todos os módulos de I/O necessários para a migração dos sinais existentes, lembrando que, como visto no capítulo 2.1.4 deste trabalho, a rede *Profibus DP* pode possuir até 32 dispositivos (**nós**) **sem repetidor** de sinal. Em outras palavras, para a migração de todo o sistema de uma bomba Principal foi utilizado menos de 4% da disponibilidade oferecida pela a rede *Profibus DP* **sem repetidor** de sinal, estando ainda disponível mais de 96% da rede para instalação de novos dispositivos.

Além disso, como o painel com o Cube67 e seus módulos de I/O foi instalado próximo as bombas Principais, a equipe de manutenção, ao ter a necessidade de verificar um problema em algum instrumento ou até mesmo de instalar um novo dispositivo de medição, não mais precisar adentrar na sala elétrica onde fica o painel de CLP, evitando assim, ficar exposto a riscos de acidentes com eletricidade.

Em caso de problemas, a equipe de manutenção conta também com a facilidade de identificação de falhas ou defeitos com a indicação dos *leds* no Cube67 e de seus módulos. Por eles, é possível ter informações sobre configuração, comunicação, defeitos de canal dos módulos etc, que auxiliam a identificação das causas dos problemas. Nas figuras 3.1 e 3.2, estão demonstrados, como exemplos, alguns dos diagnósticos informados pelos *leds*.

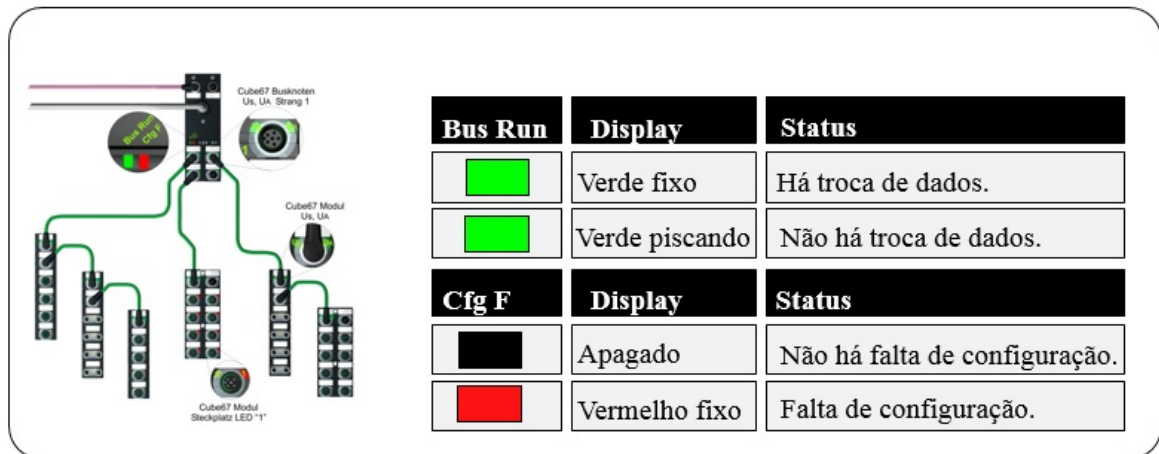


FIGURA 3.1– Diagnósticos dos *leds* do Cube67.

FONTE: <https://app.emaze.com/@AOOROOQLL#26> e adaptado pelo autor



FIGURA 3.2 – Diagnósticos dos *leds* do módulo de I/O.

FONTE: <https://app.emaze.com/@AOOROOQLL#26> e adaptado autor

Além dos diagnósticos fornecidos pelos *leds* do Cube67 e dos módulos ligados a ele, uma outra facilidade para ajudar na identificação de falhas na rede *Profibus DP* é a possibilidade de se realizar o monitoramento *on-line* do funcionamento da rede. Utilizando se a plataforma *Procetec Combrix* com o módulo *Scope* é possível de forma remota, via *web browser*, realizar

o monitoramento da performance da rede e de receber notificações por e-mail, caso ocorra alguma falha na rede. Nas figuras 3.3 e 3.4, está ilustrado o acesso remoto feito ao equipamento instalado, para realizar o monitoramento da qualidade do sinal por meio da função do osciloscópio embutido no equipamento. Nas imagens, tem-se os desenhos da forma de onda referentes aos nós 1 e 5 da rede *Profibus DP*. A primeira, ilustra que a rede que foi implementada está conforme, isto é, a rede não possui defeitos ou qualquer tipo de falha.



FIGURA 3.3 – Monitoramento *on-line* da rede via *web browser*

FONTE: Foto do autor

Já a segunda, ilustra que a rede está não conforme, ou seja, ela possui uma falha, que neste caso, foi gerada pelo autor, apenas para exemplificação. O defeito simulado foi a retirada de um dos resistores de terminação da rede. Observa-se que, a falta do resistor causou distúrbios na forma de onda da rede.



FIGURA 3.4 – Monitoramento *on-line* da rede via *web browser*

FONTE: Foto do autor

Note que, para esse fim, a plataforma *Proctec Combricks* com o módulo *Scope* é instalada na rede de forma “transparente”, ou seja, não é referenciado um **nó** de rede para esse equipamento.

Todas as informações necessárias para utilizar a plataforma *Proctec Combricks* com o módulo *Scope*, bem como entender suas funcionalidades e seus diagnósticos de análise de rede estão disponíveis no manual do equipamento. Para fazer o *download* do manual, basta acessar o site do fabricante com o link disponível na referência deste trabalho.

Um outro benefício da implementação da rede *Probibus DP* foi a eliminação do contato de roedores com o cabo da rede. Isto porque o cabo principal da rede *Probibus DP*, ao contrário dos cabos elétricos antigos, foi lançado dentro de um eletroduto anti-roedor, que garante a integridade do cabo, evitando-se assim, que ele seja danificado, minimizando-se a ocorrência de falhas e paradas do equipamento para a manutenção, e conseqüentemente aumentando-se sua disponibilidade de operação.

4 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho possibilitou entender que a aplicação de uma rede de comunicação industrial, isto é, uma *Fieldbus* baseada no protocolo *Profibus* em uma área industrial, traz grandes benefícios com relação do I/O convencional de um sistema de automação. A implementação da rede *Profibus DP* nas bombas Principais possibilitou recursos para melhorar a eficiência do monitoramento e operação do Mineroduto 1, isto porque se tratar de uma tecnologia mais inovadora, saindo da obsolescência e da limitação do sistema anterior.

Como pode-se ver no capítulo anterior, todo sistema de I/O de uma bomba Principal foi migrado utilizando se uma porcentagem muito pequena da disponibilidade oferecida pela a rede *Profibus DP sem repetidor* de sinal. Isto tratou com eficiência a questão da limitação de expansão de I/O que existia anteriormente, por não ter mais *slots* disponíveis para a inserção de novos cartões de I/O para a instalação de novos instrumentos.

Além disso, a implementação da rede *Profibus DP* utilizando se o *Cube67* e seus módulos possui uma alta capacidade de informações dos equipamentos, por meio do uso de ferramentas de diagnósticos. Elas proporcionam muita facilidade para a identificação de defeitos na rede, seja pelos *leds* do *Cube67* e/ou nos módulos, ou pelo monitoramento remoto. Isto faz com que se tenha uma grande agilidade no tratamento de defeitos pela equipe de manutenção, diminuindo se os tempos de paradas e aumentando se a disponibilidade e a eficiência do equipamento para a equipe de operação.

Outro fator a ser considerado é que a rede *Profibus DP* instalada utiliza apenas um cabo do painel do CLP até o painel instalado próximo da bomba Principal, substituindo assim, os vários cabos do I/O convencional anterior e, também, facilitando e diminuindo o tempo de tratativa de falhas, além de possuir uma melhor organização dos cabos dentro do painel que interligam os módulos ao *Cube67*.

Como sugestão a trabalhos futuros, fica a análise da possibilidade de realizar a migração para a rede *Profibus DP* já instalada, a parte de acionamento dos motores auxiliares (de lubrificação) e do motor principal no CCM de cada bomba Principal, no interior da sala elétrica, utilizando se como escravos, relés inteligentes e/ou inversores de frequência, garantindo, assim, que todo

o equipamento, ou seja, a bomba Principal por completo, tenha seu sistema de automação, instrumentação e acionamento elétrico em rede *Profibus DP*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASSIOLATO, C. TECNOLOGIA PROFIBUS. **VIVACE**, 2007.
2. SOUZA, R. Automação Industrial. **Automação Industrial**, 2012. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/o-protocolo-profibus-parte-i/>>. Acesso em: Setembro 2019.
3. CASSIOLATO, C. SMAR AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. **SMAR AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**, 2019. Disponível em: <<http://www.smar.com/brasil/artigo-tecnico/tecnologia-profibus>>. Acesso em: 2019.
4. SILVA, W. L. Associação PROFIBUS BRASIL. **PIBRASIL**, 2019. Disponível em: <http://www.profibus.org.br/artigos_tecnicos/diretrizes-para-projeto-e-instalacao-de-redes-profibus-dp>. Acesso em: Novembro 2019.
5. PROSOFT TECHNOLOGY - MV146-PDPMV1. **ProSoft TECHNOLOGY**. Disponível em: <https://www.prosoft-technology.com/content/download/902/7488/version/8/file/MVI46_PDPMV1_User_Manual>. Acesso em: Agosto 2019.
6. PROSOFT TECHNOLOGY - MV146-PDPMV1 Sample Ladder. **ProSoft TECHNOLOGY**. Disponível em: <<https://www.prosoft-technology.com/Products/Rockwell-Automation-In-chassis/Platform/SLC/PROFIBUS-DP-V1-Master-Network-Interface-Module-for-SLC>>. Acesso em: Agosto 2019.
7. PROSOFT TECHNOLOGY. **ProSoft TECHNOLOGY**. Disponível em: <<https://www.prosoft-technology.com/Products/ProSoft-Software/ProSoft-Configuration-Builder>>. Acesso em: Agosto 2019.
8. SOFTING. **Site da Softing**. Disponível em: <http://plc4good.org.ua/files/02_materials/pbt3/PBT3%20User%20Manual.pdf>. Acesso em: Julho 2019.
9. PROCENEC. **Procentec**. Disponível em: <<https://procentec.com/>>. Acesso em: Janeiro 2019.
- 10 SAMARCO. **Samarco**, 2018. Disponível em: <<https://www.samarco.com/>>. Acesso em: 2018.