

**INSTITUTO DOCTUM DE EDUCAÇÃO E  
TECNOLOGIA  
FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA  
ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ESTUDO DE CASO SOBRE IMPLANTAÇÃO DE REDE  
PROFIBUS**

**MARCOS VINÍCIUS ALMEIDA AREDES  
RODRIGO RAMOS TEIXEIRA COSTA**

**CARATINGA**

**2011**

**MARCOS VINÍCIUS ALMEIDA ARÊDES**  
**RODRIGO RAMOS TEIXEIRA COSTA**

**ESTUDO DE CASO SOBRE IMPLANTAÇÃO DE REDE PROFIBUS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel/Licenciado em Engenharia Elétrica orientada pelo Prof. Hudson Matos do Nascimento.

Caratinga

2011

**Marcos Vinícius Almeida Arêdes**  
**Rodrigo Ramos Teixeira Costa**

ESTUDO DE CASO SOBRE IMPLANTAÇÃO DE REDE PROFIBUS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel/Licenciado em Engenharia Elétrica orientada pelo Prof. Hudson Matos do Nascimento.

---

Prof. Hudson Matos do Nascimento  
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia Ltda

---

Prof. Reginaldo Eustaquio  
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia Ltda

---

Prof. Fabrícia Pires Tiola  
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia Ltda

**CARATINGA, 12/12/2011**

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre implantação de rede Profibus em uma planta industrial, tendo em amostra as características principais da rede e suas funcionalidades, para exemplificar este trabalho, foi utilizado como referência o projeto de uma rede utilizando a tecnologia Profibus instalado na Samarco Mineração.

O objetivo principal deste trabalho foi realizar um comparativo entre a implantação de uma rede de automação convencional de 4 a 20mA e a rede Profibus, mostrando a relação de custo-benefício, ou seja, os aspectos técnicos e os aspectos financeiros quanto à utilização de uma rede de campo Profibus.

Para tal comparativo foram realizados acompanhamentos na montagem da rede Profibus na planta industrial da Samarco Mineração. Utilizou-se um orçamento de referência fornecido por uma empresa prestadora de serviços para a Samarco Mineração, para obter-se os comparativos dos valores de instalação citados neste trabalho.

O resultado encontrado mostra uma diferença muito alta em relação a custo-benefício na montagem de uma rede Profibus em relação a montagem de uma rede convencional 4 a 20mA, com isso, pode-se concluir que a utilização da rede Profibus no exemplo apresentado, mostrou-se mais eficiente e com um custo de montagem muito inferior se comparado a uma rede convencional de 4 a 20mA.

Palavras chave: Rede Profibus, rede convencional 4 a 20mA, custo-benefício.

## ABSTRACT

This work presents a case study on implementation of Profibus in an industrial plant, in the sample the main features of the network and its features, to illustrate this work, was used as the reference design of a Profibus network using the technology installed in Samarco Mineração.

The main objective of this study was a comparison between the implementation of an automation network conventional 4 to 20mA and the Profibus network, showing the cost-benefit, in other words, the technical and financial aspects on the use of a network the Profibus.

For this comparison were made in assembling the accompaniments Profibus industrial plant in Samarco. We used a reference budget provided by a service provider to Samarco, to obtain the comparative values of installation cited in this study.

The results show a very high difference in terms of cost-effective assembly of a Profibus network for assembly of a conventional network 4 to 20mA, with that, we can conclude that the use of Profibus in the example shown, showed become more efficient and with a much lower cost of assembling a network compared to conventional 4 to 20mA.

Keywords: Profibus network, conventional network 4 to 20, cost-benefit

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mestre localizado no meio do barramento.....	18
Figura 2 - Medindo a resistência de loop.....	19
Figura 3 - Linha de Equipotencial.....	20
Figura 4 - Scanner Profibus MV156-PDPMV1.....	21
Figura 5 -Cube67 Bus node.....	22
Figura 6 -Cube67 Digital Input/Output.....	22
Figura 7 -Cube67 Analog Input.....	23
Figura 8 -Foto de um painel Profibus completo.....	23
Figura 9 -Mallha de controle de 4 a 20mA.....	26
Figura 10 - Transmissor de pressão Rosemount 2088.....	28
Figura 11 - Transmissor de pressão Rosemount 2088.....	28
Figura 12 -Variáveis de Processo.....	29
Figura 13 -IHM para Configuração do SonarTrac.....	30
Figura 14 -SonarTrac instalado na tubulação.....	30
Figura 15 -Funcionamento do medidor de Densidade Nuclear.....	31
Figura 16 -Medidor de Densidade Nuclear da Ohmart.....	32
Figura 17 -Medidor de Densidade Nuclear da Ohmart.....	32
Figura 18 -Válvula guilhotina ON/OFF.....	33
Figura 19 -Diagrama do projeto implantado na Samarco Mineração.....	35
Figura 20 -Diagrama da rede Profibus.....	39
Figura 21 -Esquema da rede convencional 4 a 20mA.....	40

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Comprimento em função da velocidade de transmissão com cabo tipo A.....	17
Tabela 2- Distancias de separação entre cabeamentos.....	19
Tabela 3- Instrumentos utilizados na montagem da rede Profibus na planta industrial da Samarco Mineração.....	35
Tabela 4- Quantidade de Cabos utilizados para a montagem da rede Profibus.....	36
Tabela 5- Quantidade de Cabos utilizados para a montagem da rede Convencional 4 a 20 mA.....	37
Tabela 6- Valores dos materiais utilizados para montagem da rede Profibus.....	38
Tabela 7- Valores com mão de obra para montagem da rede Profibus.....	38
Tabela 8- Valores dos materiais utilizados para a montagem da rede convencional 4 a 20mA.....	39
Tabela 9- Valores com mão de obra para montagem da rede convencional 4 a 20mA.....	39

## LISTA DE SIGLAS

100F- Cem *fahrenheit*

A – Amperes (unidade de medida de corrente elétrica)

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

AWG- *American Wire Gauge* (Padão Americano para dimensionar bitola de cabos)

Baud rate- Taxa de transmissão

CLP- Controlador Lógico Programável

EDDL- *Electronic Device Description Language* (Linguagem de Descrição de Dispositivos Eletrônicos)

Eletroduto- Tubo por onde se acomodam os cabos elétricos

EN- *European Norms* (Normas Europeia)

FDT/DTM- *Field Device Tool/Device Type Managers*

Fieldbus- Tecnologia utilizada em redes industriais digitais

HART- *Highway Addressable Remote Transducer* (Transdutor Remoto Endereçável de Alta velocidade)

IEC- International Electrotechnical Commission (Comissão)

IHM- Interface Homem-Máquina

Kbyte- Kilo Byte

Kgf/cm<sup>2</sup>- Kilo grama força por centímetro quadrado

Km- Kilo metros

mA- mili Amperes

Mbits/s- Mega Bits por segundo

MHz- Mega Hertz

mm<sup>2</sup> - Milímetros quadrados

ms- Mili segundos

m- Metros

Nrep- Máximo número de repetidores



Ohm- Unidade para dimensionar resistência elétrica

Ohms/Km- Ohms por Kilometro

OSI- *Open Systems Interconnection* (Interconecção de Sistemas Abetos)

PC- *Personal Computer* (Computador Pessoal)

pF/m- Pico Farads por metro

Profibus-DP - *Process Field Bus-Decentralized Peripherals*

Profibus-PA - *Process Field Bus-Process Automation*

RS-485 – Protocolo de Comunicação Serial

SCADA- *Supervisory Control And Data Acquisition* (*Aquisição de Dados e Controle Supervisório*)

Seg- Comprimento máximo de um segundo de acordo com o baud rate.

Shield- Malha de aterramento

V- Volts

ZVEI- *Zentralverband Elektrotechnik* (Associação Central da Industria Elétrica)

1” – Uma Polegada

2” – Duas Polegadas

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 - REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
2.1 -PROFIBUS.....	14
2.1.1 - Profibus DP.....	15
2.1.2 - Vantagens do Profibus DP.....	15
2.1.3 - Características do Profibus DP.....	16
2.1.4 - Componentes da Rede.....	20
2.1.4.1 - Scanner Profibus MV156-PDPMV1.....	20
2.1.4.2 - Cube67 Bus Node.....	21
2.1.4.3 - Cube67 Digital Input/Output.....	22
2.1.4.4 - Cube67 Alanog Input.....	22
2.2 -REDE CONVENCIONAL DE AUTOMAÇÃO.....	24
2.2.1 - Principais Características de uma Rede Convencional de Automação.....	24
2.3 -COMPONENTES DE CAMPO CONTROLADOS PELA REDE.....	26
2.3.1 - Medidor de Pressão.....	27
2.3.2 - Medidor de Vazão.....	28
2.3.3 - Medidor de Densidade.....	31
2.3.4 - Válvulas de Bloqueio ON/OFF.....	33
<b>3 - METODOLOGIA</b> .....	34
3.1 -MONTAGEM DA REDE PROFIBUS.....	35
3.2 - MONTAGEM DA REDE CONVENCIONAL 4 A 20Ma.....	36
<b>4 - ANÁLISE DE RESULTADOS</b> .....	38
<b>5 - CONCLUSÃO</b> .....	42
<b>6 -REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	44
<b>ANEXOS</b> .....	47

## 1 – INTRODUÇÃO

A história da automação industrial começa com a criação das linhas de montagens automobilísticas com Henry Ford, na década de 20. Daí para cá, o avanço tecnológico nas mais diversas áreas da automação Industrial tem sido cada vez maior, proporcionando um aumento na qualidade e quantidade de produção e reduzindo custos.

O avanço de automação está ligado, em grande parte, ao avanço da microeletrônica que se deu nos últimos anos. Os CLPs (Controlador Lógico Programável) que segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais, surgiram na década de 60 e substituíram os painéis de cabine de controle com relés. Diminuindo, assim, o alto consumo de energia, a difícil manutenção e modificação de comandos e as onerosas alterações na fiação.

Nos anos 90, programas de computador foram criados com a tentativa de obter maior produtividade, qualidade e competitividade. Dentro desta visão de integração entre o chão de fábrica e o ambiente corporativo, decisões dentro do sistema organizacional de produção, passam a ser tomadas dentro do mais alto grau do conceito de qualidade, baseado em dados concretos e atuais que se originam nas mais diferentes unidades de controle (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2010).

Os fabricantes de CLPs também compreenderam a inequação básica: software mais hardware e passaram a produzir sistemas SCADA e outros pacotes mais especializados. Segundo BOYER (1993), um sistema SCADA permite a um operador, em uma localização central, controlar um processo distribuído em lugares distantes, como, óleo ou gás natural, sistemas de saneamento, ou complexos hidroelétricos, fazer set-point ou controlar processos distantes, abrir ou fechar válvulas ou chaves, monitorar alarmes, e armazenar informações de processo.

Passaram a concorrer para a solução completa: SCADA mais CLP. Na área de instrumentação a revolução foi mais difícil, foi necessário dotar os instrumentos de mais inteligência e fazê-los se comunicar em rede. O velho padrão 4-20 mA para a transmissão de sinais analógicos tinha que ceder lugar à transmissão digital, a princípio foi desenvolvido um protocolo que aproveitava a própria cablagem já existente, fazendo transitar sinais digitais sobre sinais analógicos 4-20 mA.

Este protocolo (HART) não foi mais que um paliativo, embora permaneça até hoje em sua interinidade. De certa forma, representa também uma reação ao avanço das novas tecnologias. Depois surgiu uma profusão de padrões e protocolos que pretendiam ser o único e melhor barramento de campo, atualmente, encontramos CLPs utilizados na implementação

de painéis seqüenciais de intertravamento, controle de malhas, sistemas de controle estatístico de processo, sistema de controle de estações, sistemas de controle de células de manufatura entre outros.

Os CLPs são encontrados em processos de: empacotamento, engarrafamento, enlatamento, transporte e manuseio de materiais, usinagem, geração de energia; em sistemas de controle predial de ar condicionado, sistemas de segurança, montagem automatizada, linhas de pintura e sistemas de tratamento de água, existentes em indústrias de alimentos, bebidas, automotiva, química, têxtil, plásticos, papel e celulose, farmacêutica, siderúrgica e metalúrgica (NATALE, FERDINANDO, 2000).

Surgem então os protocolos digitais de comunicação, onde vários fabricantes começaram a desenvolver seu próprio padrão de rede de campo, mas com essa revolução surgiram também grandes problemas, como por exemplo o instrumento do fabricante A não se comunicava com o instrumento do fabricante B, então surgiu à necessidade de desenvolver um protocolo aberto, ou seja, universal de comunicação para rede de campo, foi então que surgiu a rede Profibus (CÉSAR CASSIOLATO, 2011).

Mesmo nos dias de hoje, existe ainda um certo receio concernente a utilização da tecnologia de rede de campo, algumas empresas tem medo de sair do padrão normal de rede de automação 4 a 20mA, porque não conhecem realmente a funcionalidade da Profibus, ou mesmo pela política de não mudar o que está funcionando. Porém quando há a necessidade de instalar um novo instrumento de medição ou outro dispositivo qualquer a rede, os custos de instalação e as dificuldades de instalação são enormes.

A rede Profibus vem sendo utilizada em diversas plantas industriais com o intuito de aperfeiçoar o funcionamento, diminuir o tempo de instalação, facilitar o acesso a configuração de cada instrumento instalado na mesma e ter melhores resultados.

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre a implantação da rede Profibus em uma planta industrial, e tem como finalidade apresentar um comparativo da instalação desta, e da instalação de uma rede convencional, analisando custo, facilidade de montagem e possibilidades de inserir novos dispositivos a rede.

Para tal comparativo foram realizados acompanhamentos na montagem da rede Profibus na planta industrial da Samarco Mineração. Utilizou-se um orçamento de referência fornecido por uma empresa prestadora de serviços para a Samarco Mineração, para obter-se os comparativos dos valores de instalação citados neste trabalho.

O resultado encontrado mostra uma diferença muito alta em relação a custo-benefício na montagem de uma rede Profibus em relação a montagem de uma rede convencional, com isso,

pode-se concluir que a utilização da rede Profibus no exemplo apresentado, mostrou-se mais eficiente e com um custo de montagem muito inferior se comparado a uma rede convencional de 4 a 20mA.

## **2 – REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 – PROFIBUS**

O PROFIBUS começou com a ousadia de um projeto da associação apoiado por autoridades públicas, que iniciou em 1987 na Alemanha. Dentro do contexto deste projeto, 21 companhias e institutos uniram forças e criaram um projeto estratégico em fieldbus. O objetivo era a realização e estabilização de um barramento de campo bitserial, sendo o requisito básico a padronização da interface de dispositivo de campo, por esta razão, os membros relevantes das companhias do ZVEI (Associação Central da Indústria Elétrica) concordaram em apoiar um conceito técnico mútuo para manufatura e automação de processos (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2010).

Hoje, o PROFIBUS é o barramento de campo líder no mercado mundial e que completou 21 anos de oficialização. no Brasil, desde 1997 algumas empresas já se reuniam com o intuito de se criar uma associação Profibus, e com isto nasceu em 10 de maio de 1999 a Associação PROFIBUS Brasil, hoje também responsável pela América Latina. O seu principal objetivo é o de disseminar informações sobre o padrão PROFIBUS e possibilitar a integração e cooperação entre as empresas que utilizam o protocolo PROFIBUS. São 10 anos de organização e que fortaleceu a presença da tecnologia Profibus no Brasil e na América Latina (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2010).

O PROFIBUS é um padrão de rede de campo aberto e independente de fornecedores, onde a interface entre eles permite uma ampla aplicação em processos, manufatura e automação predial. Esse padrão é garantido segundo as normas EN 50170 e EN 50254. Desde janeiro de 2000, o PROFIBUS foi firmemente estabelecido com a IEC 61158, ao lado de mais sete outros fieldbuses. A IEC 61158 está dividida em sete partes, nomeadas 61158-1 a 61158-6, nas quais estão as especificações segundo o modelo OSI.

Mundialmente, os usuários podem se referenciar a um padrão internacional de protocolo aberto, cujo desenvolvimento procurou e procura a redução de custos, flexibilidade, confiabilidade, segurança, orientação ao futuro, atendimento as mais diversas aplicações, interoperabilidade e múltiplos fornecedores.

Hoje, estima-se que exista, um número próximo há 30 milhões de nós instalados com tecnologia Profibus (SMAR, 2010).

### **2.1.1 – PROFIBUS DP**

O PROFIBUS DP é a solução de alta velocidade do PROFIBUS. Seu desenvolvimento foi otimizado especialmente para comunicações entres os sistemas de automação e equipamentos descentralizados. Voltada para sistemas de controle, onde se destaca o acesso aos dispositivos de entrada/saída distribuídos. É utilizada em substituição aos sistemas convencionais 4 a 20 mA, HART ou em transmissão com 24 Volts (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2010).

Segundo Montebeller (2011, p.52) “[...] O Protocolo Profibus utiliza o par trançado (RS-485) com uma taxa de até 1,5 Mbits/s e o comprimento dos cabos pode chegar a 1200 metros. O Profibus permite que até 32 elementos estejam conectados à rede [...]”.

Atualmente, 90% das aplicações envolvendo escravos Profibus utilizam-se do PROFIBUS DP (CÉSAR CASSIOLATO, 2010)

### **2.1.2 – VANTAGENS DO PROFIBUS DP**

Este é um assunto muito subjetivo, contudo é importante fixar as diferentes características que conduzem a uma escolha. Mas, além da solução técnica, aspectos como custo-benefício devem ser analisados.

Vantagens: (SIEMENS, 2005).

- Redução do custo de fiação, instalação e projeto
- Diminuição no prazo de montagem e start-up
- Aumenta a flexibilidade da planta
- Facilita a manutenção
- Diagnóstico dos elementos de campo
- Integração de diferentes fabricantes
- Permitindo parametrização e diagnóstico

- Distribuição de inteligência
- Armários menores pela eliminação de borneiras

### 2.1.3 – CARACTERÍSTICAS DO PROFIBUS DP

A transmissão RS 485 é a tecnologia de transmissão mais utilizada no PROFIBUS, embora a fibra ótica possa ser usada em casos de longas distâncias (maior do que 80 Km). Seguem as principais características (SMAR, 2010).

- Transmissão Assíncrona NRZ.
- Baud rates de 9.6 kBit/s a 12 Mbit/s, selecionável.
- Par trançado com blindagem.
- 32 estações por segmento, máx. 127 estações.
- Distância dependente da taxa de transmissão.

Normalmente se aplica em áreas envolvendo alta taxa de transmissão, instalação simples a um custo baixo. A estrutura do barramento permite a adição e remoção de estações sem influências em outras estações com expansões posteriores sem nenhum efeito em estações que já estão em operação (IEC 61508, 2011).

Quando o sistema é configurado, apenas uma única taxa de transmissão é selecionada para todos os dispositivos no barramento. Há necessidade da terminação ativa no barramento no começo e fim de cada segmento, sendo que, para manter a integridade do sinal de comunicação, ambos terminadores devem ser energizados (BENDER, 1993).

Para casos com mais de 32 estações ou para redes densas, devem ser utilizados repetidores. Segundo a EN50170, um máximo de 4 repetidores são permitidos entre duas estações quaisquer, dependendo do fabricante e das características do repetidor, mais de 4 repetidores é possível. Podemos ter até 9 repetidores em cascata, lembrando que não se recomenda um número maior devido ao atrasos embutidos na rede e o comprometimento com o slot time (máximo tempo que o mestre irá esperar por uma resposta do slave), o comprimento máximo do cabeamento depende da velocidade de transmissão (CÉSAR CASSIOLATO, 2010).



Tabela 1-Comprimento em função da velocidade de transmissão com cabo tipo A.

Baud rate (kbit/s)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Comprimento / Segmento (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100

Fonte: Associação Profibus Brasil

Pode-se concluir com a tabela 1 que a velocidade de transmissão de dados da rede Profibus varia de acordo com o comprimento do cabo.

O padrão Profibus considera a capacitância máxima que pode ser considerada para cada taxa de comunicação.

A recomendação é que se coloque um repetidor onde se quer criar braços além do tronco principal. Certamente na prática pode-se ter uma margem de 5% destes comprimentos máximos e não há a necessidade de se comprar um repetidor quando se ultrapassa os limites dentro desta proporção. Observa-se sempre que o repetidor é um elemento que deve ser alimentado.

Pode-se utilizar a seguinte regra para determinar a máxima distância entre duas estações conforme a taxa de comunicação, considerando-se o número de repetidores:

$(N_{rep}+1)*seg$ , onde  $N_{rep}$  é o máximo número de repetidores em série e  $seg$  é o comprimento máximo de um segmento de acordo com o baud rate (SMAR, 2010).

Por exemplo, suponha que estejamos a uma taxa de 1500 kbit/s, temos distância máxima de 200 m e o fabricante de um determinado repetidor recomende que se utilize no máximo 9 repetidores em série:

$(9+1)*200 = 2000$  m (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2011).

Outro detalhe a ser observado na prática, é o uso dos terminadores de barramento, onde preferencialmente o mestre está localizado no início do barramento com um terminador ativo e o último escravo, o mais distante do mestre, também possui terminador ativo. Isto significa que o último escravo deve permanecer alimentado o tempo todo e, por exemplo, durante sua manutenção ou reposição, pode haver comunicação intermitente com os outros *devices* (Dispositivos) (BENDER, 1993).

Quando devido à arquitetura e/ou topologia tem-se algo como a Figura 1, onde se tem o mestre no meio do barramento, devem-se colocar os terminadores no primeiro escravo (o mais à esquerda do mestre) e no último (o mais distante), mantendo-os sempre energizados. Durante a manutenção ou reposição, pode haver comunicação intermitente com os outros dispositivos (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2011).

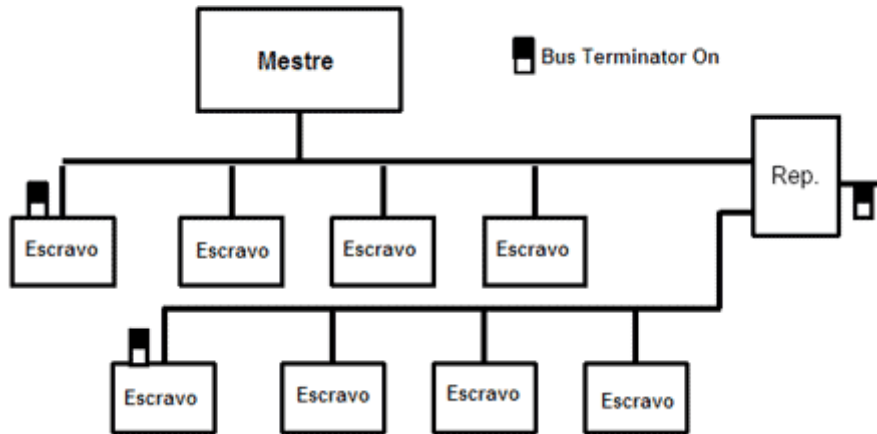


Figura 1: Mestre localizado no meio do barramento. (Fonte: SMAR)

A figura 1 nos mostra o ponto exato onde deve ser instalado um repetidor na rede Profibus e seus devidos terminadores.

Orienta-se não colocar estações baseadas em PC como último elemento da rede, pois durante o reset, a linha de +5 V no conector 9-in sub D fica desabilitada e pode causar comunicação intermitente. Neste caso, use terminação ativa (SMAR, 2010).

As características desejáveis de um cabo Profibus DP, são (SMAR, 2010).

- Área condutora: 0.34 mm<sup>2</sup> (AWG 22).
- Impedância: 35 a 165 Ohms (nominal 150 Ohms) nas frequências de 3 a 20 Mhz.
- Capacitância: < 30 pF/m.
- Resistência de Loop: < 110 Ohms/km.

Para determinar a resistência de loop realiza-se um curto entre os conectores em uma extremidade do cabo e com um multímetro, é feito a medida da resistência entre os dois conectores na outra extremidade, após obter os valores utiliza-se a seguinte fórmula, ver Figura 2.

Resistência de loop (Rs O/km) = Valor Medido (O) \* 1000 m / comprimento do cabo tomado como referência (m) (SMAR, 2010).

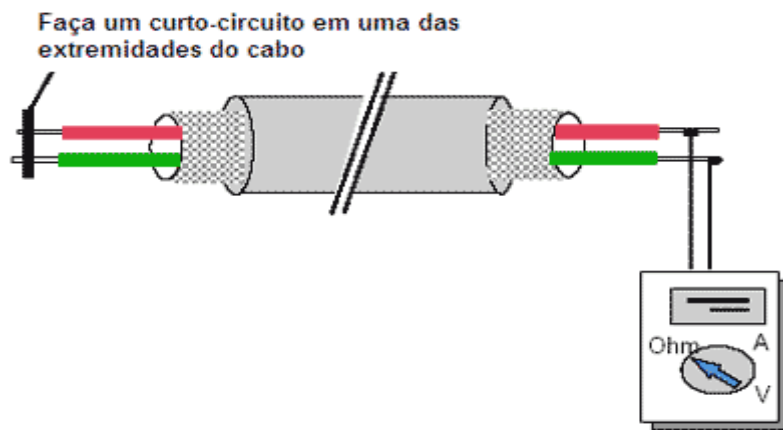


Figura 2: Medindo a resistência de loop.(Fonte: Associação Profibus Brasil)

A figura 2 apresenta como deve ser realizado a medição da resistência de loop do cabo de rede.

Os cabos com capacitâncias maiores podem deformar as bordas e formas do sinal de comunicação com a taxa de comunicação e, a comunicação intermitente pode prevalecer. Cabos nos quais a resistência de loop é muito alta e a capacitância for menor que 30 pF/m podem ser utilizados, tomando cuidado com a atenuação do sinal.

Existem algumas regras que devem ser seguidas em termos do cabeamento e a separação entre outros cabos, quer sejam de sinais ou de potência. Se bandejamentos ou calhas metálicas não estão sendo usadas, observam-se as distâncias conforme Tabela 2. Não se deve passar o cabo Profibus ao lado de linhas de alta potência; a indução é uma fonte de ruído que afetará o sinal de comunicação (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2011).

Tabela 2 – Distâncias de separação entre cabamentos.

<b>X</b>	Cabo de comunicação	Cabos com e sem shield: 60Vdc ou	Cabos com e sem shield: > 400Vac	Qualquer cabo sujeito a
Cabo de comunicação Profibus	<b>X</b>	10 cm	20 cm	50 cm
Cabos com e sem shield: 60Vdc ou 25Vac e < 400Vac	10 cm	<b>X</b>	10 cm	50 cm
Cabos com e sem shield: > 400Vac	20 cm	10 cm	<b>X</b>	50 cm
Qualquer cabo sujeito a exposição de raios	50 cm	50 cm	50 cm	<b>X</b>

Fonte: Associação Profibus Brasil

A tabela 2 nos mostra as distâncias mínimas que devem ser obedecidas entre o cabo de comunicação Profibus e os cabos energizados com tensões Vdc e Vac, Por exemplo, um cabo de comunicação Profibus deverá ser instalado a uma distância mínima de 10cm de um cabo que estiver energizado com tensões abaixo de 400Vac.

O *shield* (a malha, assim como a lâmina de alumínio) deve ser conectado ao terra funcional do sistema em ambas as extremidades do cabo, de tal forma a proporcionar uma ampla área de conexão com a superfície condutiva aterrada.

Ao passar o cabo, deve-se ter o cuidado de que o shield somente esteja aterrado nestes dois pontos, conforme Figura 3. A mais efetiva proteção se dá com os dois pontos aterrados, onde se proporciona um caminho de baixa impedância aos sinais de alta frequência (CÉSAR CASSIOLATO,2010).

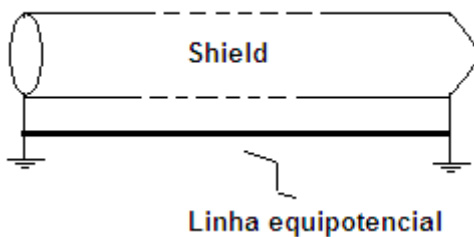


Figura 3– Linha de Equipotencial. (Fonte: Associação Profibus Brasil)

## 2.1.4 – COMPONENTES DA REDE

Depois de se conhecer o funcionamento da rede na teoria, será apresentado os módulos de rede utilizados no projeto.

Basicamente a rede é composta de quatro componentes: Cartão Scanner para comunicar com PLC Rockwell Controllogix, Cube67 Bus Node, Cube67 entrada/saída digital e Cube67 entrada analógica.

### 2.1.4.1– SCANNER PROFIBUS MV156-PDPMV1

Em primeiro lugar será apresentado o Módulo Scanner, que comunica com o PLC da Rockwell Controllogix, este módulo é fabricado pela americana Prosoft. A função deste é a de receber as informações dos nós da rede “Cube67 Bus node” que vem do campo, tratar estas informações e enviá-las ao CLP, ou seja, este módulo é quem faz a interface entre o Controlador lógico CLP e os dispositivos de campo.

Na Figura 4 é apresentado o Módulo Scanner Profibus.

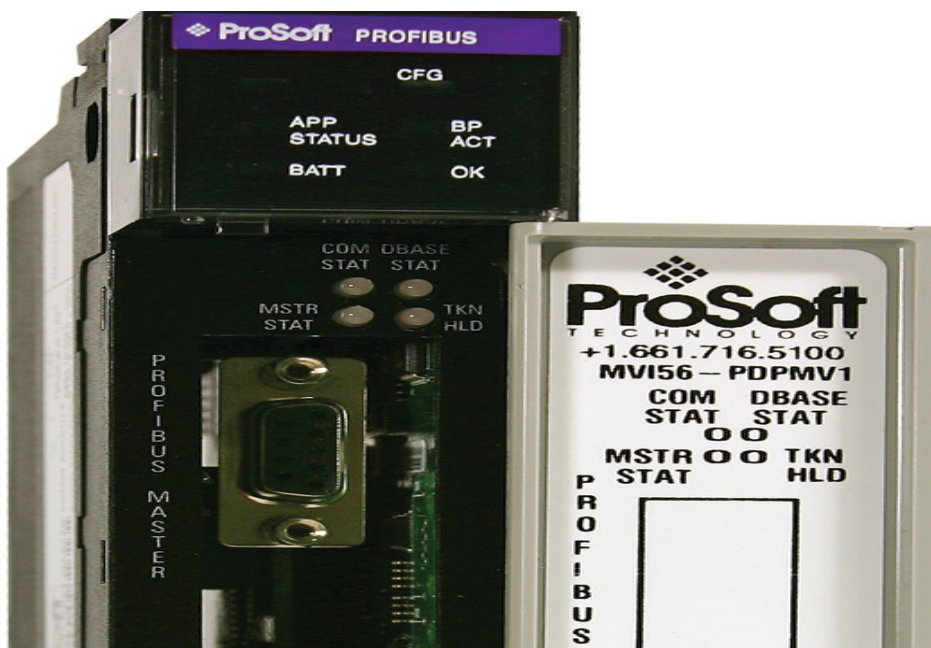


Figura 4: Scanner Profibus MV156-PDPMV1. (Fonte: Prosoft)

#### 2.1.4.2 – CUBE67 BUS NODE

A seguir, será apresentado na Figura 5, o Módulo mestre da rede, o Cube67 *Bus node*, através deste módulo é realizada a configuração dos nós da rede. Este módulo tem a função de receber as informações dos módulos de entrada/saída, trata estas informações e as envia de forma digital através do cabo de rede principal.

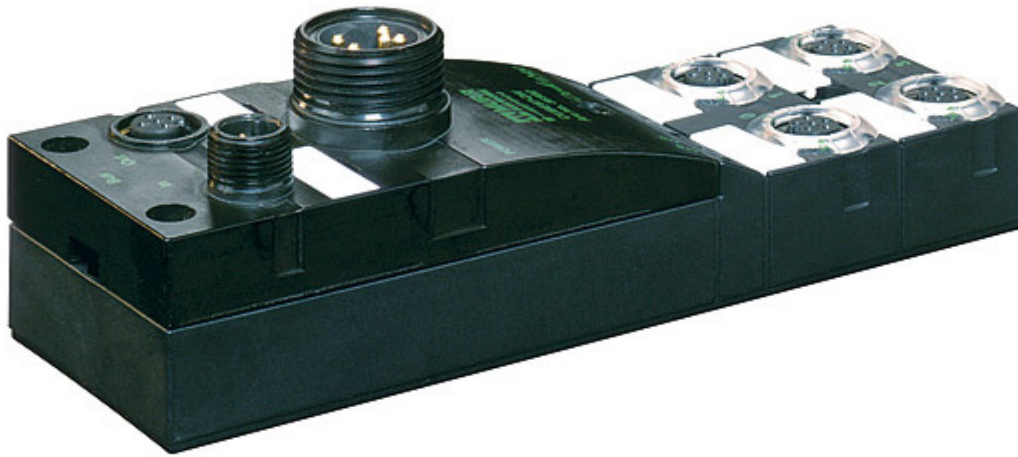


Figura 5: Cube67 *Bus node* (Fonte: Murr Elektronik)

#### 2.1.4.3 – CUBE67 DIGITAL INPUT/OUTPUT

Este é o módulo que recebe os sinais digitais do campo, ele é quem manda abrir e fechar as válvulas, e também verifica se as mesmas estão abertas ou fechadas.

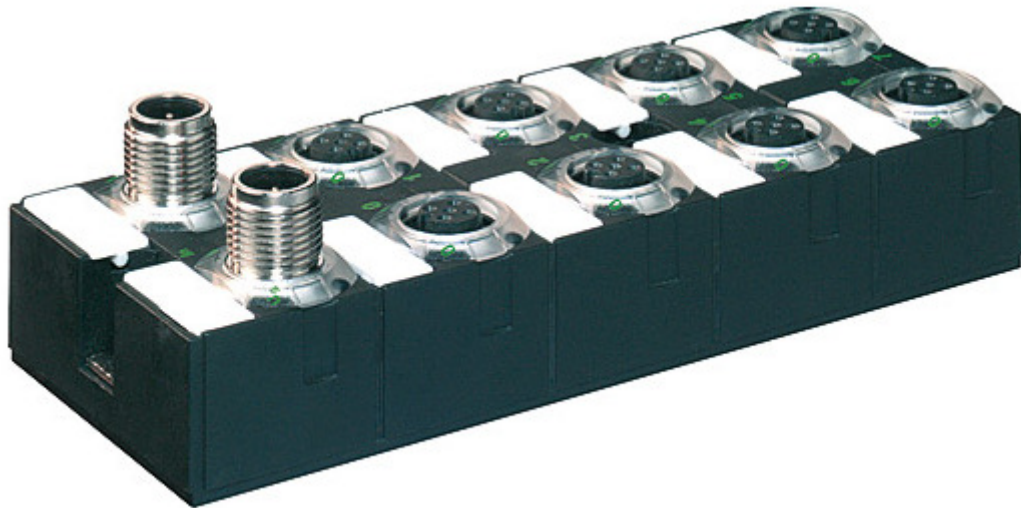


Figura 6: Cube67 *digital input/output*. (Fonte: Murr Elektronik)

#### 2.1.4.4 – CUBE67 ANALOG INPUT



O *Cube67 Analog input* é o módulo que recebe as informações dos instrumentos analógicos de campo, então, todos os instrumentos de medição de variáveis de processo de forma analógica são ligados neste módulo. Este modelo disponibiliza 4 entradas analógicas com padrão 4 a 20mA.



Figura 7: *Cube67 Analog input*. (Fonte: Murr Elektronik)



Figura 8: Foto de um painel profibus completo (Fonte: Samarco Mineração)

A figura 8 mostra um painel montado contendo um módulo *Cube67 bus node*, um módulo *Cube67 Digital input/output* e um módulo *analog input*

## **2.2 – REDE CONVENCIONAL DE AUTOMAÇÃO**

Este tópico tem o intuito de mostrar o padrão convencional de automação, ou seja, sem o protocolo digital de comunicação Profibus DP.

O padrão 4-20mA foi elaborado em 1972 na tentativa de padronizar as redes industriais, é um padrão antigo, quando comparado com outros padrões, porém ainda muito utilizado (NETO, 2003).

È um padrão analógico que faz uso de um sinal de corrente na faixa de 4mA a 20mA. Sua utilização promove uma independência no que refere ao comprimento dos cabos e também oferece uma boa imunidade ao ruído eletromagnético (NETO, 2003).

Mesmo em sistemas mais novos como em plataformas da Petrobras ainda encontra-se, no projeto de instalação, redes que utilizam o padrão 4-20mA devido ao alto nível de segurança exigido nas plataformas marítimas de petróleo e o alto grau de segurança comprovado do padrão, embora hoje exista uma tendência de substituição pelo sistema Fieldbus. Tal substituição deverá ser gradual e muito cautelosa, para tanto faz-se necessário um tempo de aplicação das novas tecnologias no mercado, onde pode-se obter considerações e avaliações em situações reais (NETO, 2003).

### **2.2.1 – PRINCIPAIS CARACTERISTICAS DE UMA REDE CONVENCIONAL DE AUTOMAÇÃO**

Existem inúmeros dispositivos utilizados na indústria, que fazem a conversão de grandezas mecânicas em grandezas elétricas. As grandezas mecânicas podem ser convertidas nas mais variadas formas, ou grandezas elétricas, tais como:

- Sinais de Tensão;
- Sinais de Corrente;
- Sinais de Potência;
- Medidas de Resistividade;



A utilização de padrões de tensão é uma maneira mais simples, do ponto de vista de entendimento, de transmissão de informação, não obstante, vários padrões de tensão já foram elaborados e utilizados na indústria, tais como: 0-5V, 0-10V, 1-5V, 2-10V. Em especial o padrão 0-5V tornou-se mais conhecido devido a sua aplicabilidade em sistemas micro processados onde essa tensão é mais utilizada na alimentação do microprocessador. (CÉSAR CASSIOLATO, 2010).

Vários padrões de corrente também foram elaborados e utilizados: 1-5mA, 0-20mA, 4-20mA e 10-50mA.

A utilização dos padrões acima citados se dava da seguinte forma: Para a medição por exemplo, de uma faixa de temperatura de 0F até 100F, seriam associados 0V e 5V, respectivamente. Em tais aplicações observa-se que um rompimento no circuito que transmite a informação de tensão (ou corrente, quando a mesma for 0A) pode causar um erro de leitura do valor da temperatura, assim quando o valor de tensão (ou corrente) nos terminais atingir o valor 0V (ou 0A) não se saberia de antemão se isso corresponde a 0F ou a uma falha no circuito. Daí surge a idéia de um padrão que utiliza o "zero elevado", ou seja, o valor mais baixo medido deverá refletir no conversor em um valor diferente de 0 (SMAR, 2010).

A utilização de padrões de corrente tornou-se mais atraente do que o de tensão, embora um pouco mais complicado de entender, tal padrão trouxe inúmeras vantagens que serão descritas mais adiante (SMAR 2010).

O Padrão 4-20mA pode ser caracterizado pela malha de corrente utilizada para a interconexão dos dispositivos de campo, ver Figura 9. Nesta configuração tem-se que cada dispositivo deve ser interconectado com a fonte e o dispositivo de controle, onde se tem: de um lado o conversor A/D, utilizado para decodificar a informação que trafega na malha através da corrente que circula pela mesma; na outra extremidade encontra-se o dispositivo sensor ou atuador que deverá controlar fluxo de corrente (sensor) ou fazer uso do seu valor para ajustar seu parâmetros (atuador) (CÉSAR CASSIOLATO, 2010).

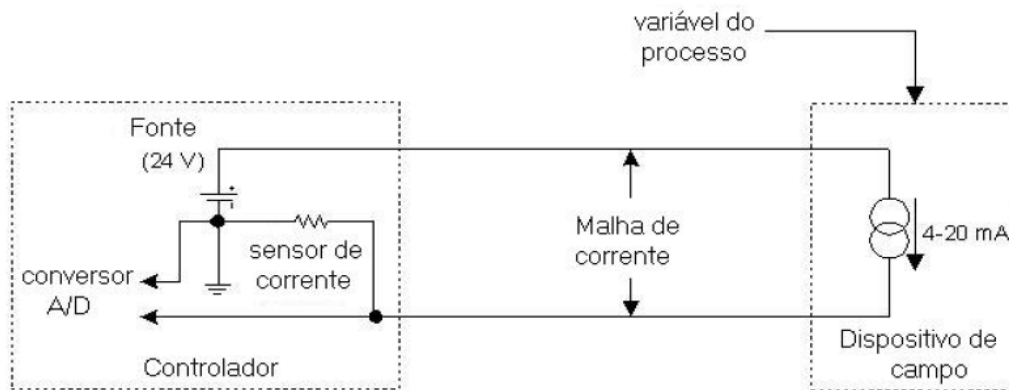


Figura 9: malha de controle de 4 a 20mA (Fonte: Smar)

A figura 9 nos mostra como é o funcionamento de um instrumento de campo 4 a 20mA ligado a um controlador.

De acordo com (HELSON, 2011), pode-se listar as seguintes características sobre os sinais de 4-20mA:

- Os primeiros 4mA do sinal de 4-20mA é utilizado para a alimentação do dispositivo sensor/atuador. A porção de sinal, correspondente ao sinais de controle é referido principalmente aos 16mA restante do sinal.
- Cada dispositivo possui uma faixa de operação, pode-se afirmar que tipicamente os dispositivos projetos para as redes de 4-20mA fazem uso dessa faixa para a transmissão da informação de forma linear.
- Imunidade ao ruído. Como a transmissão através da passagem de corrente por um par de fios, campos magnéticos que atingirem o cabo, induzirão correntes de mesma intensidade, porém com sentidos opostos, no cabo.

### 2.3 – COMPONENTES DE CAMPO CONTROLADOS PELA REDE

A principal característica das redes de campo é a de controlar algum tipo de processo, neste projeto não será diferente, pois existem várias variáveis de processo que serão monitoradas, que são: Pressão, Vazão, Temperatura, Densidade e válvulas de bloqueio ON/OFF (DADOS DA PESQUISA, 2011).

### 2.3.1 – MEDIDOR DE PRESSÃO

A princípio será apresentado o Transmissor de pressão, a variável pressão é a mais utilizada na indústria, o transmissor utilizado foi o Rosemont 2088, fabricado pela empresa Emerson Process, este instrumento trabalha em uma faixa de pressão entre 0 a 10 Kgf/cm<sup>2</sup> (DADOS DA PESQUISA, 2011).

Abaixo se apresenta as principais características do transmissor de pressão (SMAR, 2010).

- Sinal digital de saída;
- Interface de comunicação digital (HART/4-20mA, Foundation Fieldbus, Profibus- PA);
- Compensação de pressão e de temperatura;
- Estabilidade;
- Auto Diagnósticos;
- Fácil instalação e calibração;
- Alta confiabilidade;
- Baixos custos e curtos tempos de instalação e manutenção;
- Redução na intrusão/penetração (processo);
- Economizar espaços na instalação;
- Permitir *upgrades* para a tecnologia Foundation Fieldbus e Profibus PA.
- Recursos de interface EDDL e FDT/DTMs.
- Protetor de transiente, sem polaridade de alimentação,

A Figura 10 e a Figura 11 apresentam o Transmissor de Pressão instalado na planta industrial da Samarco Mineração.



Figura 10: Transmissor de Pressão Rosemount 2088 (fonte: Samarco Mineração)



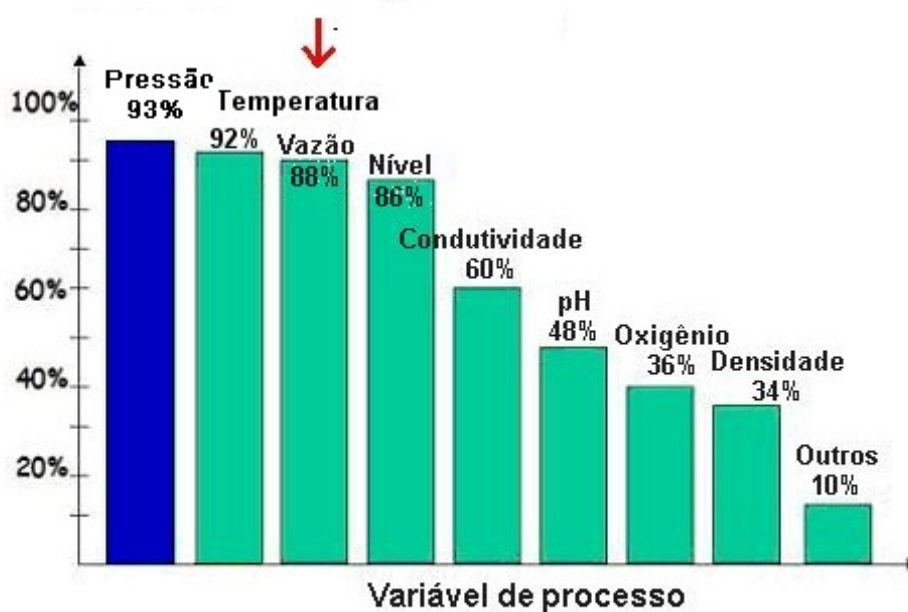
Figura 11: Transmissor de Pressão Rosemount 2088 (fonte: Samarco Mineração)

### 2.3.2 – MEDIDOR DE VAZÃO

A vazão é a terceira grandeza mais medida nos processos industriais, as aplicações são muitas, indo desde aplicações simples como a medição de vazão de água em estações de tratamento e residências, até medição de gases industriais e combustíveis, passando por

medições mais complexas. A escolha correta de um determinado instrumento para medição de vazão depende de vários fatores (SMAR, 2010). Dentre estes, pode-se destacar:

- Exatidão desejada para a medição;
- Tipo de fluido: líquido ou gás, limpo ou sujo, número de fases, condutividade elétrica, transparência, etc;
- Condições termodinâmicas: por exemplo, níveis de pressão e temperatura nos quais o medidor deve atuar;
- Espaço físico disponível;
- Custo, etc.



Fonte: revista Control Engineering 2002. Pesquisa sobre utilização futura de transmissores em controle de processos. Os valores totais são maiores que 100% devido às múltiplas respostas.

Figura 12: Variáveis de Processo

De acordo com a Figura 12, foi possível concluir que a variável pressão é a mais utilizada nas indústrias, seguida das variáveis temperatura e vazão.

Neste projeto foi utilizado um transmissor de vazão do tipo sonar, este equipamento é fabricado pela Norte Americana CIDRA.

Moderno equipamento para medição de vazão por tecnologia sonar. O Sonartrac utiliza princípios de medição distintos das tecnologias convencionais e faz medições não-intrusivas, precisas e confiáveis numa ampla gama de vazões monofásicas e multifásicas. Utilizado principalmente em processos com fluídos muito abrasivos como polpa de fibras, polpa de minério (que é o caso da Samarco), entre outros (DADOS DA PESQUISA, 2011).





Figura 13: IHM para configuração do SonarTrac.(Fonte: Samarco Mineração)



Figura 14: SonarTrac instalado na Tubulação (Fonte: Samarco Mineração)

### 2.3.3 – MEDIDOR DE DENSIDADE

Para a medição da densidade, foi utilizado um medidor do tipo nuclear, assim chamado por utilizar uma fonte de Césio137 para realizar a medição da densidade, apesar de parecer complexo, seu funcionamento é bem simples, basicamente ele consiste em uma fonte de Césio137 que fica instalada no tubo emitindo os raios GAMMA, do outro lado do tubo fica a unidade eletrônica receptora, ou seja, quanto mais denso for o líquido dentro do tubo, menos “radiação” chegará ao outro lado na unidade eletrônica receptora e vice-versa, esta converte a intensidade de raios GAMMA recebidos em um sinal elétrico, no nosso caso temos uma saída de 4 a 20mA, a Figura 15 ilustra este processo (DADOS DA PESQUISA, 2011).

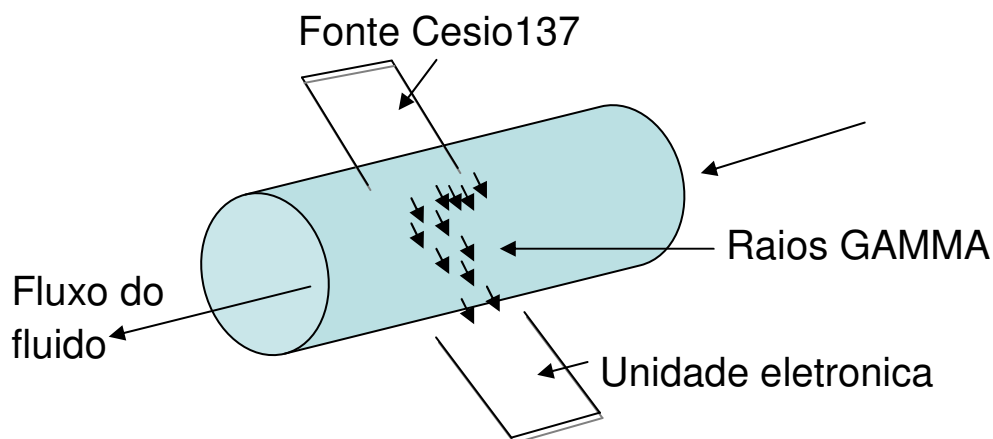


Figura 15: Funcionamento do medidor de densidade nuclear (Fonte: Dados da Pesquisa)

A figura acima nos mostra como é o funcionamento do medidor de Densidade radioativo, onde, de um lado se encontra a fonte de Césio e do outro a unidade eletrônica que converte o sinal eletromagnético emitido pela fonte em sinal de corrente elétrica.

Disponível com protocolo HART para programação e calibração. Terminais ou Calibradores portáteis e 1 modem, eliminam-se a necessidade de transmissores e processadores adicionais, com um sinal de saída de 4 a 20 mA gerado pelo detector. O invólucro do equipamento é feito com pintura em Epoxy de alta resistência e durabilidade, com um dos métodos mais avançados de eletrodeposição. Apresenta excelente desempenho em áreas agressivas, química ou físicas. A engenharia de detecção e processamento de sinal é

integral em um módulo de montagem em plástico de engenharia injetado, de fácil acesso e manutenção, imune a danos por vibração (INSTRUMENTOS LINCE, 2011).



Figura 16: Medidor de densidade nuclear da OHMART (Fonte: Samarco Mineração)

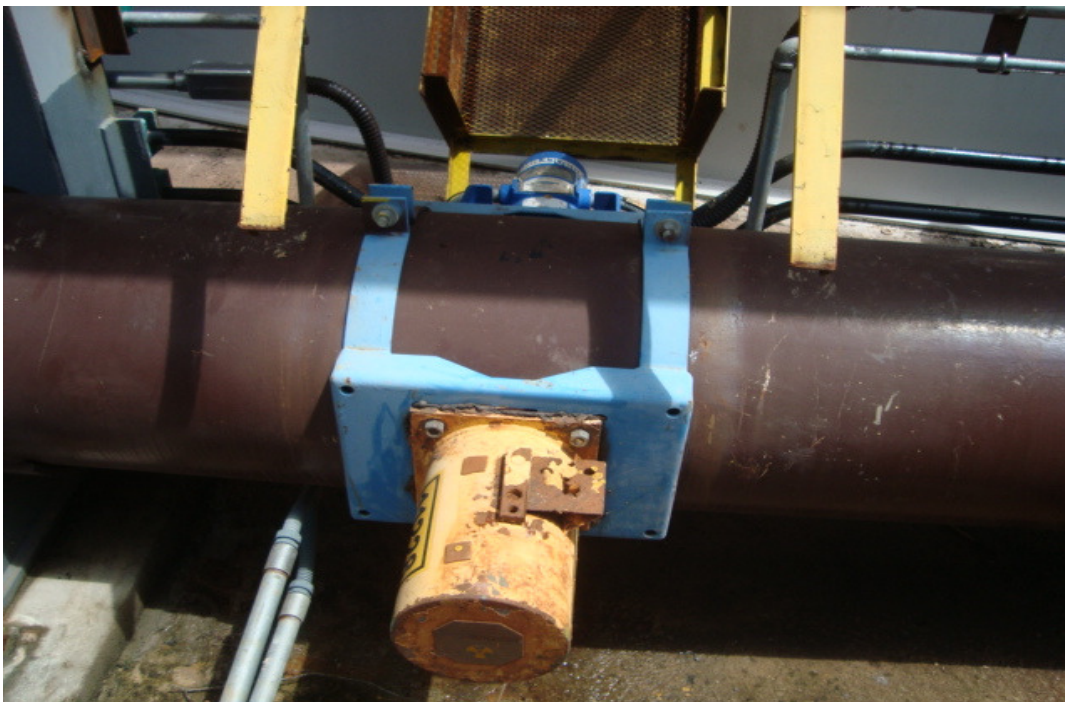


Figura 17: Medidor de densidade nuclear da OHMART (Fonte: Samarco Mineração)



As figuras acima nos mostram um medidor de densidade radioativo instalado na tubulação da Samarco Mineração.

### 2.3.4 – Válvulas de bloqueio ON/OFF

Válvula cujo acionamento não depende da força humana. São válvulas utilizadas para controle on-off, ou para acionamento remoto através de um sistema supervisorio (utilizado para monitoramento e controle remoto das funções de uma planta industrial), Pode assumir posições totalmente aberta, totalmente fechada, ou manter posições intermediárias.

Neste projeto foram instaladas 3 Válvulas do tipo ON/OFF, essas válvulas são totalmente automatizadas pela rede profibus, sendo possível sua operação através do supervisorio, essas válvulas tem por objetivo realizar o bloqueio do fluxo da polpa de minério no processo (DADOS DA PESQUISA, 2011).



Figura 18: Válvula guilhotina ON/OFF (Fonte: Samarco Mineração)

### 3 – METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na Samarco Mineração em sua unidade de Matipó Minas Gerais, o objetivo principal deste trabalho foi comparar os detalhes de instalação das duas redes, a convencional 4 a 20mA e a Profibus, os detalhes aqui apresentados foram bem objetivos, com intuito de demonstrar que o custo benefício de se instalar uma rede Profibus é bem mais atraente que a rede convencional 4 a 20mA.

O projeto em questão foi utilizado como base dos cálculos de instalação de ambas as redes, ou seja, foram apresentados os valores de instalação do projeto nas duas modalidades, Convencional 4 a 20mA e Profibus.

A escolha dos participantes se deu pela experiência no setor industrial na área abordada, pois entende-se que para facilitar as discussões no âmbito técnico, essas características foram de suma importância para que o trabalho fosse desenvolvido.

É importante ressaltar que os cálculos foram realizados tomando como base um orçamento exemplo fornecido pela empresa LEILI que presta serviços terceirizados dentro da Samarco Mineração, e que levou em consideração a instalação tendo em vista que toda a parte de processamento já estivesse instalada, então os custos com PLC e outros periféricos não entraram nos cálculos.

Todos os dados foram coletados na Samarco Mineração em Matipó Minas Gerais, pelos próprios integrantes do trabalho, no período de Janeiro de 2011 a novembro de 2011.

A Figura 19 apresenta um desenho exemplificando como ficou o projeto implantado na Samarco, não foi mencionado o funcionamento da planta, pois o objetivo foi falar apenas da rede Profibus, uma vez que o processo produtivo não entrou em discussão, e sim os componentes da rede.

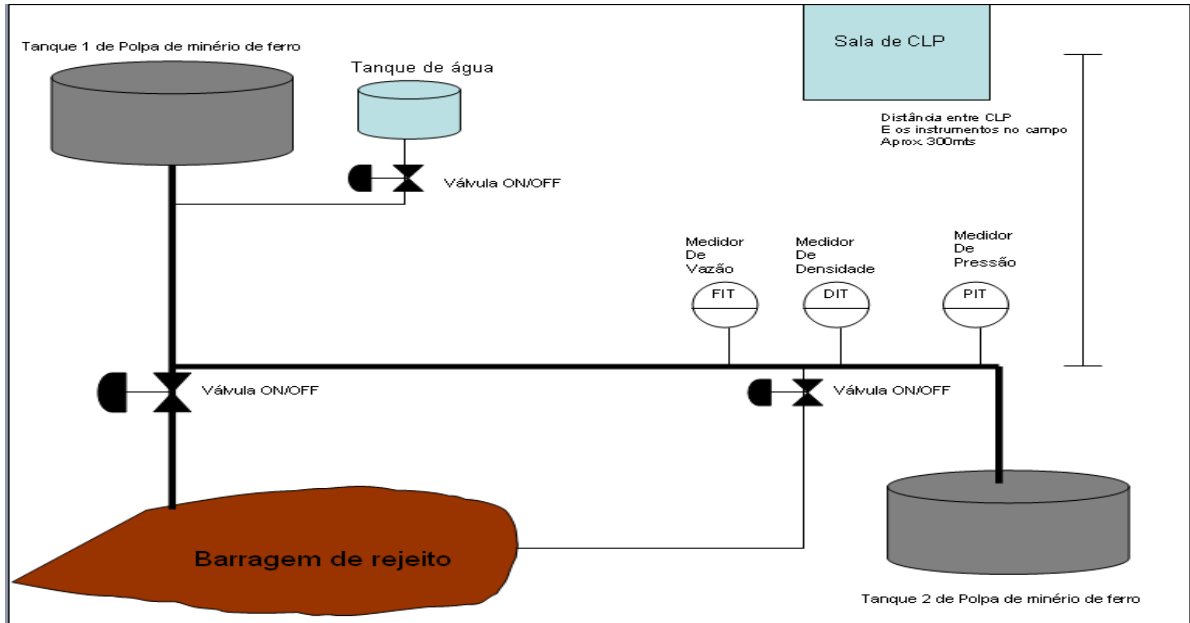


Figura 19: Diagrama do projeto implantado na Samarco Mineração (Fonte: Samarco Mineração)

### 3.1 – MONTAGEM DA REDE PROFIBUS

Adiante foram expostos os detalhes para a confecção da rede, concernente aos custos para a instalação deste projeto, foi utilizada uma tabela fornecida pela empresa LEILI como base para cálculo dos preços (ver anexos). Esta empresa fornece serviços terceirizados para a Samarco Mineração. Desta maneira seguem os materiais necessários para a montagem da rede.

A Tabela 3 apresenta a relação dos instrumentos utilizados, e assim foi possível saber quanto de cabo e eletrodutos foram necessários para a instalação.

Tabela 3: Instrumentos utilizados na montagem da rede Profibus na planta industrial da Samarco Mineração.

Instrumentos	Quantidade
Transmissor de pressão	01
Transmissor vazão	01
Transmissor de Densidade	01
Válvulas ON/OFF	03
Painéis de rede Profibus	03

Fonte: Samarco Mineração.

Para a instalação dos componentes relacionados na Tabela 3, foi necessária a seguinte quantidade de cabeamento.

Tabela 4: Quantidade de Cabos utilizados para a montagem da rede Profibus.

<b>Quantidade de Instrumentos</b>	<b>Quantidade de Cabos</b>
01 Transmissor de pressão	5 m de cabo 2x1,5mm <sup>2</sup>
01 Transmissor de Vazão	5 m de cabo 2x1,5mm <sup>2</sup> + 5 m de cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>
01 Transmissor de Densidade	5 m de cabo 2x1,5mm <sup>2</sup> + 5 m de cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>
03 Valvulas ON/OFF	30 m de cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>
03 Painéis Profibus	300 m de cabo de rede + 300 m de cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>

Fonte: Samarco Mineração.

Para a montagem foram utilizados dois lances de 300 m cada de eletroduto de 1”.

### **3.2 – MONTAGEM DA REDE CONVENCIONAL 4 a 20mA**

Depois de analisados os materiais e mão de obra para a instalação da rede Profibus, realizou-se a análise para a instalação da mesma rede, porém agora, para a instalação de uma rede convencional 4 a 20mA, os dados possibilitaram realizar a análise de quanto se gastou para montar o mesmo projeto em uma rede convencional.

Os instrumentos utilizados continuam os mesmos, o que alterou foi a quantidade de cabos e eletrodutos que foram utilizados para a instalação da rede.

A Tabela 5 apresenta a quantidade de cabos utilizados para instalar os mesmos instrumentos de uma forma convencional.

Tabela 5: Quantidade de Cabos utilizados para a montagem da rede Convencional 4 a 20 mA.

<b>Quantidade de Instrumentos</b>	<b>Quantidade de Cabos</b>
01 Transmissor de pressão	300 m de cabo 2x1,5mm <sup>2</sup>
01 Transmissor de Vazão	300 m de cabo 2x1,5mm <sup>2</sup> + 300 m de cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>
01 Transmissor de Densidade	300 m de cabo 2x1,5mm <sup>2</sup> + 300 m de cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>
03 Valvulas ON/OFF	1200 m de cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>

Fonte: Samarco Mineração.

Para a montagem foram utilizados dois lances de 300 m cada de eletroduto de 2”;

#### 4 - ANÁLISE DE RESULTADOS

De acordo com os dados obtidos foi possível chegar a uma conclusão sobre os custos de instalação das duas redes, seguem abaixo as tabelas com os valores obtidos com materiais e mão de obra para a instalação das duas redes, ou seja, a convencional 4 a 20mA e a Profibus.

Primeiramente são apresentados nas tabelas 6 e 7 os valores para a montagem da rede Profibus, seguem abaixo os preços dos materiais:

Tabela 6: Valores dos materiais utilizados para a montagem da rede Profibus

Descrição	Qtd (m)	Valor unitário (m)	Valor total
Cabo instrumento 2x1,5mm <sup>2</sup>	15	R\$ 2,94	R\$ 44,10
Cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>	340	R\$ 1,90	R\$ 646,00
Cabo de rede profibus (Bobina 305mts)	300	R\$ 1.440,64	R\$ 1.440,64
Eletroduto 1" (Vara de 3 mts cada)	200	R\$ 38,08	R\$ 7.616,00
		<b>Total</b>	<b>R\$ 9.746,74</b>

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a tabela acima, pode-se concluir que foi gasto um valor de R\$9.746,74 com materiais.

Agora seguem os preços da mão de obra para lançamento dos cabos e confecção dos eletrodutos.

Tabela 7: Valores com mão de obra para montagem da rede Profibus

Descrição	Qtd (m)	Valor unitário (m)	Valor total
Lançamento de Cabo instrumento 2x1,5mm <sup>2</sup>	15	R\$ 2,56	R\$ 38,40
Lançamento de Cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>	340	R\$ 2,56	R\$ 870,40
Lançamento de Cabo de rede profibus	300	R\$ 9,52	R\$ 2.856,00
Montagem Eletroduto 1"	600	R\$ 48,79	R\$ 29.274,00
		<b>Total</b>	<b>R\$ 33.038,80</b>

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a tabela acima, pode-se concluir que foi gasto um valor de R\$33.038,80 com mão de obra.

Após as análises de materiais e de mão de obra, foi possível definir um total de R\$42.785,54. Estes foram os custos para a montagem da rede profibus.

No próximo tópico foram analisados os custos para a montagem da rede convencional, segue um diagrama para demonstrar como ficou a rede depois de instalada.

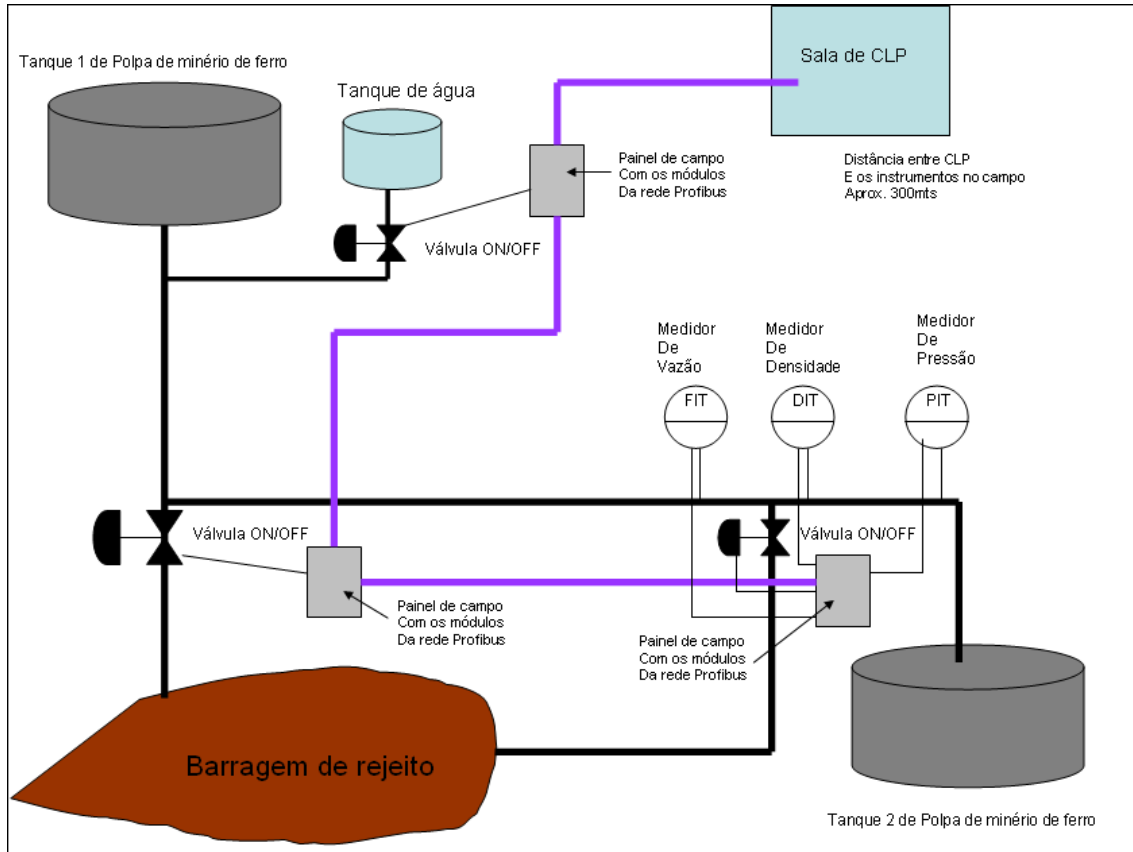


Figura 20: Diagrama da rede Profibus (Fonte: Samarco Mineração)

Agora seguem os preços dos materiais necessários para a montagem da rede convencional 4 a 20mA.

Tabela 8: Valores dos materiais utilizados para a montagem da rede Convencional 4 a 20mA

Descrição	Qty (m)	Valor unitário (m)	Valor total
Cabo instrumento 2x1,5mm <sup>2</sup>	900	R\$ 2,94	R\$ 2.646,00
Cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>	2100	R\$ 1,90	R\$ 3.990,00
Eletroduto 2" (Vara de 3 mts cada)	200	R\$ 88,30	R\$ 17.660,00
		<b>Total</b>	<b>R\$ 24.296,00</b>

Fonte: Dados da Pesquisa

De acordo com a tabela acima, pode-se concluir que foi gasto um valor de R\$24.296,00 com materiais.

Abaixo seguem os preços da mão de obra para lançamento dos cabos e confecção dos eletrodutos.

Tabela 9: Valores com mão de obra para montagem da rede convencional 4 a 20mA

Descrição	Qty (m)	Valor unitário (m)	Valor total
Lançamento de Cabo instrumento 2x1,5mm <sup>2</sup>	900	R\$ 2,56	R\$ 2.304,00
Lançamento de Cabo 3x1,5mm <sup>2</sup>	2100	R\$ 2,56	R\$ 5.376,00
Montagem Eletroduto 2"	600	R\$ 53,55	R\$ 32.130,00
		<b>Total</b>	<b>R\$ 39.810,00</b>

Fonte: Dados da Pesquisa

De acordo com a tabela acima, pode-se concluir que foi gasto um valor de R\$39.810,00 com materiais.

Depois de analisar os custos com materiais e mão de obra foi possível definir um valor total de R\$64.106,00.

Segue abaixo um diagrama da montagem da rede convencional 4 a 20mA.

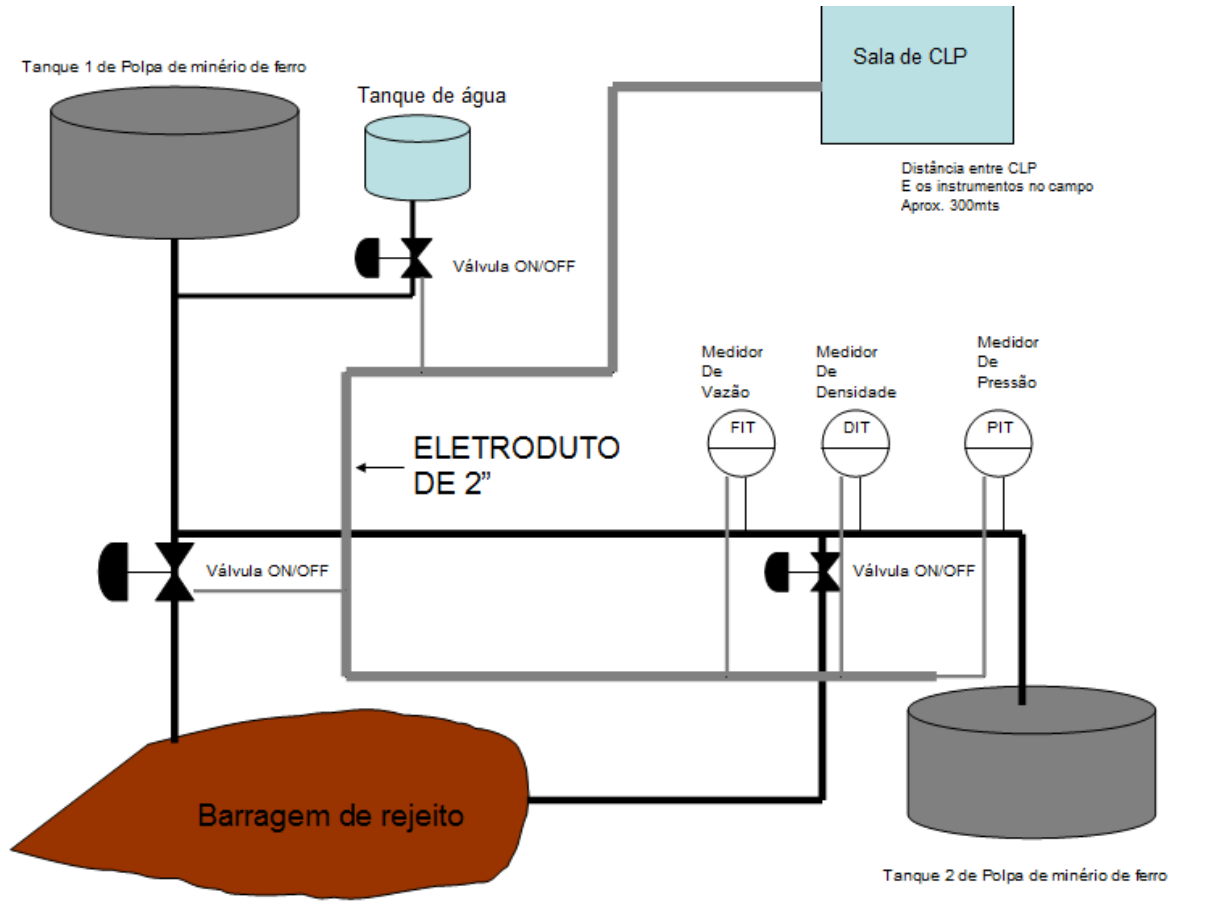


Figura 21: Esquema da rede Convencional 4 a 20mA (Fonte: Samarco Mineração)

Com os dados obtidos até aqui, pode-se verificar que os custos para a montagem da rede convencional 4 a 20mA são bem superiores quando comparado a montagem da rede Profibus, tanto com mão de obra quanto com materiais, onde nos exemplos citados acima obteve-se uma diferença de 49,8% a mais nos custos referentes a materiais e mão de obra para a montagem da rede convencional de 4 a 20mA em relação a rede Profibus.

Uma das grandes vantagens de se utilizar uma rede de campo Profibus é a facilidade para se instalar um novo instrumento à sua rede, ou seja, caso necessite adicionar um novo instrumento a rede Profibus, não é necessário realizar lançamento de cabos e confecção de eletrodutos desde o seu instrumento de medição no campo até o seu controlador, basta apenas ligá-lo ao seu painel de rede mais próximo, então seu instrumento já está conectado ao seu



sistema, enquanto que para adicionar este mesmo instrumento a uma rede convencional 4 a 20mA, seria necessário lançar cabos desde o instrumento no campo até o seu CLP, por isso para comprovar essa facilidade, será apresentado a seguir uma situação onde foi simulada a adição de mais um medidor de vazão a rede.

Para adicionar este medidor à rede Profibus, seria necessário a utilização de 5 metros de cabo 3x1,5mm<sup>2</sup> , mais 5 metros de cabo 2x1,5mm<sup>2</sup>, o que resultaria um valor de R\$17,15 com material, e para realizar a ligação do instrumento teria um gasto de R\$25,60 com mão de obra, com isso foi possível definir um valor total de R\$42,75.

No entanto para adicionar este mesmo instrumento a uma rede convencional de 4 a 20mA, é necessário 300 metros de cabo 3x1,5mm<sup>2</sup>, mais 300 metros de cabo 2x1,5, mais 300 metros de eletroduto de 1 polegada, o que resulta em um valor de R\$4.829,00 com material, e para realizar a ligação do instrumento teria um gasto com mão de obra de R\$16.173,00, desta maneira foi possível definir um valor total de R\$21.002,00.

Tomando o exemplo acima como referência foi possível analisar as vantagens em se utilizar a rede Profibus, além de diagnósticos mais precisos e confiáveis, além de os valores para realizar a adição de um instrumento na planta é muito superior quando se está trabalhando com uma rede convencional de 4 a 20mA.

## 5- CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um estudo de caso sobre implantação de rede Profibus em uma planta industrial, onde o seu principal objetivo foi realizar um comparativo entre uma rede de campo Profibus e uma rede convencional de 4 a 20mA, a proposta foi mostrar as vantagens em se utilizar a rede Profibus, principalmente no aspecto financeiro, onde foi possível mostrar os valores para montagem das duas redes, Profibus e convencional 4 a 20mA.

Conclui-se através da análise dos resultados obtidos durante toda a pesquisa realizada em campo, que a utilização da rede Profibus se mostrou mais viável em relação a uma rede convencional de 4 a 20mA, pois apresentou resultados mais satisfatórios em relação a custo-benefício e também quanto ao quesito de modificações na estrutura da rede.

Com o trabalho apresentado foi possível observar as seguintes características de uma rede Profibus em relação a de uma rede convencional de 4 a 20mA, tais como: Redução do custo de fiação, instalação e projeto, Diminuição no prazo de montagem e start-up, Aumenta a flexibilidade da planta, Facilita a manutenção, Diagnóstico dos elementos de campo, Armários menores pela eliminação de borneiras.

Quando se diz redução do custo de fiação, ficou nítido quando foi dito na análise de resultados mediante as tabelas apresentadas, pois como se tem painéis remotos espalhados na planta, não se faz necessário a utilização de inúmeras quantidades de cabos para a instalação dos dispositivos de campo, foi possível definir uma diferença de 49,8% a mais nos custos referentes a materiais e mão de obra para a montagem da rede convencional de 4 a 20mA em relação a rede Profibus, certamente esta é uma quantia considerável, permitindo que o dinheiro economizado com cabos, eletrodutos e mão de obra seja investido em outros projetos e outros instrumentos de campo.

Concluiu-se também que com a redução dos cabos e eletrodutos, o tempo de montagem de uma rede Profibus também se faz menor, pois se tem menos cabos para lançar, menos eletrodutos para confeccionar, desta maneira, o tempo de montagem sofre uma redução considerável, facilitando o Start-up e o comissionamento.

Com o estudo apresentado, pode-se comprovar uma grande característica da rede Profibus, que é a flexibilidade que a rede oferece para a planta, o estudo comprovou que esta flexibilidade se deve a necessidade de aperfeiçoamento e instalação de novos dispositivos de

campo à rede Profibus, no exemplo apresentado, foi mostrado a adição de um transmissor de vazão á rede, pode-se concluir que depois que a rede estiver montada, adicionar um novo instrumento de campo à rede, se mostrou muito mais barato e eficaz na rede Profibus.

Mediante os fatos apresentados, pode-se concluir que a instalação de uma rede Profibus no projeto apresentado se mostrou mais eficiente, pois o custo-benefício da rede Profibus foi mais evidente que na rede convencional de 4 a 20mA.

## 6- REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Pedro Urbano de; ALEXANDRIA, Auzuir Ripardo de. **Redes Industriais: Aplicações em Sistemas Digitais de Controle**. Fortaleza: Edições Livro Técnico, 2007.

ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL. **Uma visão de Profibus, desde a instalação até a configuração básica**. Disponível em: < <http://www.profibus.org.br> > Acesso em Agosto de 2011.

BENDER, Klaus. **Profibus: The Fieldbus for Industrial Automation**. Hertfordshire: Hanser, 1993.

BOYER, S. A. **SCADA: supervisory control and data acquisition**, USA, ISA – Instrument Society of America, 1993.

CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos**. São Paulo: Érica, 2006.

CEFET SÃO PAULO. **Profibus: Para todas as exigências**. Disponível em: < [http://www.cefetsp.br/edu/brinca/tr01sem2\\_10.PDF](http://www.cefetsp.br/edu/brinca/tr01sem2_10.PDF)> Acesso em Junho de 2011.

CÉSAR CASSIOLATO. **O que é Profibus?**. Disponível em: < <http://www.smar.com/brasil2/profibus.asp>> Acesso em Agosto de 2011.

CÉSAR CASSIOLATO. **Profibus-DP e Repetidores**. Disponível em: < <http://www.smar.com/newsletter/marketing/index31.html>> Acesso em Agosto de 2011.

COSTA, }Isabele Moraes; LISBOA, Stella Neves Duarte; SANTOS, Talita Pitanga. **Automação Industrial**. Natal: UFRN, 2002. 4 p. Disponível em: <<HTTP://www.dca.ufrn.br/~affonso/DCA447/>> . Acesso em: Agosto de 2011.

DIN 19245. **Profibus Standard**. Germany: 1991. 144 p.

EMERSON PROCESS. **Produtos**. Disponível em: < [http://www.emersonprocess.com.br/scripts/cgiip.exe/WService=webdesk203/layout/layout\\_e\\_pm\\_secundario.p?WDDocto=15716](http://www.emersonprocess.com.br/scripts/cgiip.exe/WService=webdesk203/layout/layout_e_pm_secundario.p?WDDocto=15716)> Acesso em Junho de 2011.

HELSON, Ron. **Comunicação Hart**. Disponível em: < [http://www.hartcomm.org/protocol/training/resources/tech\\_resources/Driving\\_New\\_Product\\_Development.pdf](http://www.hartcomm.org/protocol/training/resources/tech_resources/Driving_New_Product_Development.pdf)> Acesso em Setembro de 2011.

IEC61158 / EN50170. **Profibus According**. Disponível em: < <http://www.koneksis.com/urunler/PLC/siemens/siemens1.pdf>> Acesso em Outubro de 2011.

INSTRUMENTOS LINCE. **Catálogo Ohmart**. Disponível em: < [http://www.instrumentos-lince.com.br/pdf/CATALOGO\\_OHMART.pdf](http://www.instrumentos-lince.com.br/pdf/CATALOGO_OHMART.pdf)> Acesso em Junho de 2011.

KRUG, Margrit Reni. **Avaliação de Confiabilidade em Barramentos Industriais**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. 66 p.

KRUG, Margrit Reni. **Implementação de Auto-Verificação e Tolerância a Falhas em um Controlador Escravo Profibus**. Poto Alegre: UFRGS, 2000. 105 p.

MONTEBELLER, Sidney José. **Sensores sem fios, Avaliação e Emprego na Automação de Sistemas Prediais**. São Paulo: Biblioteca24horas, 2011. 150 p.

MURR ELEKTRONIK. **Cube67**. Disponível em: < [http://onlineshop.murrelektronik.com/mediandoweb/index.php?ID\\_O\\_TREE\\_GROUP=71&xtree=1&BEGIN=1&sLanguage=English&pageturning=10](http://onlineshop.murrelektronik.com/mediandoweb/index.php?ID_O_TREE_GROUP=71&xtree=1&BEGIN=1&sLanguage=English&pageturning=10)> Acesso em Junho de 2011.

NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. São Paulo: Érica, 2000.

NETO, José Alves do Nascimento. **Padrão 4 a 20mA e Protocolo Hart**. Disponível em: < <http://www.dee.ufcg.edu.br/~alves/4-20texto.pdf>> Acesso em Agosto de 2011.

NORMA IEC 61158. **Industrial communication networks - Fieldbus specifications - Part 2: Physical layer specification and service definition**. International Electrotechnical Commission, 2011.

PEIXOTO, João Alvarez. **Microcontroladores: Família MCS51**. Gravataí: SENAI, 2000, 144 p.

ROSÁRIO, João Maurício. **Automação industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009. 514 p.

SIEMENS. **Drives em redes Profibus e USS**. Disponível em: < [http://www.siemens.com.br/medias/FILES/2439\\_20050623102011.pdf](http://www.siemens.com.br/medias/FILES/2439_20050623102011.pdf)> Acesso em Agosto de 2011.

SILVEIRA, Paulo R.;SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle discreto**. 2. Ed. São Paulo: Érica, 1998.

SMAR. **Tecnologia Profibus**. Disponível em: <  
<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index162.html>> Acesso em Agosto de 2011.

TANENBAUM, Andrew s. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

WILD, Rafael. **Proposta de Ferramenta para Validação Temporal em Barramentos de Campo**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 90 p.

## ANEXO I

Interface com a análise do preço do cabo de rede Profibus.

**Análise do preço do material**

Cockpit do cálculo de custos Definir execução do cálculo de custos

Material: 331857 CABO COMUNIC RED;BELDEN/307-9A VIOL 305M  
 Centro: MGER Planta Germano  
 Tipo de avaliação:   
 Estoque p/ordem cliente/projeto  
 Período/ano: 12 2011 Status período:  Período aberto:   
 Moeda/avaliação: Moeda da empresa BRL  
 Visão: Histórico de preços

Preços e valores do estoque

Operação	Empres.	Objeto	Unida...	Modif.qt...	Mod.val...	Preço mov.	Pr...	Estq.total	Val.total	Prç.(novo)	Nº doc.	Op...
Abertura de período			UND	0.000	0.00	0.00	1	0.000	0.00	1.440.64		

Não foi encontrado nenhum doc.p/material 331857 no período 012 no ano 2011

## ANEXO II

Interface com a análise do preço do eletroduto de 2”.

**Análise do preço do material**

Cockpit do cálculo de custos Definir execução do cálculo de custos

Material: 303815 ELETRODUTO RIGIDO;ACO CARB;2BSP  
 Centro: MGER Planta Germano  
 Tipo de avaliação:   
 Estoque p/ordem cliente/projeto  
 Período/ano: 12 2011 Status período:  Quantidades e valores entrados:   
 Moeda/avaliação: Moeda da empresa BRL  
 Visão: Histórico de preços

Preços e valores do estoque

Operação	Empres.	Objeto	Unida...	Modif.qt...	Mod.val...	Preço mov.	Pr...	Estq.total	Val.total	Prç.(novo)	Nº doc.	Op...
Abertura de período			UND	0.000	0.00	0.00	1	0.000	0.00	88.30		

## ANEXO III

Interface com a análise do preço do eletroduto de 1”.

**Análise do preço do material**

Cockpit do cálculo de custos    Definir execução do cálculo de custos

Material: 003810    ELETRODUTO RIGIDO,ACO CARB;1BSP  
 Centro: M6ER    Planta Germano  
 Tipo de avaliação:   
 Estoque p/ordem cliente/projeto  
 Período/ano: 12 2011    Status período:     Quantidades e valores entrados:   
 Moeda/avaliação: Moeda da empresa    BRL  
 Visão: Histórico de preços

Preços e valores do estoque

Operação	Empres.	Objeto	Unida...	Modif.qt...	Mod.val...	Preço mov.	Pr...	Estq.total	Val.total	Prç.(novo)	Nº doc.	Op...
Abertura de período			UND	0.000	0.00	0.00	1	0.000	0.00	38.08		



## ANEXO IV

Interface com a análise do preço do cabo 3x1,5mm<sup>2</sup>.

The screenshot shows the SAP 'Análise do preço do material' (Material Price Analysis) interface. The material is '303026 CABO POT CU;3X1,5MM2;0,6/1KV;ENC CL5' from plant 'MGER'. The period is 12/2011. The currency is BRL. The view is 'Histórico de preços'. The table below shows the price history for the 'Abertura de período' (Period Opening) operation.

Operação	Empres.	Objeto	Unida...	Modif.qt...	Mod.val...	Preço mov.	Pr...	Estq.total	Val.total	Prç.(novo)	Nº doc.	Op...
Abertura de período			M	0	0.00	0.00	1	786	1.489.54	1.90		

## ANEXO V

Interface com a análise do preço do cabo de 2x1,5mm<sup>2</sup>

The screenshot shows the SAP 'Análise do preço do material' (Material Price Analysis) interface. The material is '302988 CABO CONTR CU;2X1,50MM2;0,75KV;ENC CL5' from plant 'MGER'. The period is 12/2011. The currency is BRL. The view is 'Histórico de preços'. The table below shows the price history for the 'Abertura de período' (Period Opening) operation.

Operação	Empres.	Objeto	Unida...	Modif.qt...	Mod.val...	Preço mov.	Pr...	Estq.total	Val.total	Prç.(novo)	Nº doc.	Op...
Abertura de período			M	0	0.00	0.00	1	0	0.00	2.94		

At the bottom of the interface, a message states: 'Não foi encontrado nenhum doc.p/material 302988 no período 012 no ano 2011' (No document was found for material 302988 in period 012 in the year 2011).

## ANEXO VI

Orçamento referência fornecido pela empresa LEILI, este orçamento foi enviado para a Samarco para a realização de um serviço de rotina, os valores utilizados para cálculo de mão de obra neste trabalho foram retirados deste orçamento como referência.

---

	<b>PROPOSTA TÉCNICA</b>	N/Ref: 140-2010
	<b>SAMARCO MINERAÇÃO SA</b>	Consulta: Verbal
		Página: 50/52

---

João Monlevade, 02 de setembro de 2010.

**SAMARCO MINERAÇÃO S.A.**

Prezado Rodrigo,

Apresentamos proposta técnica para a prestação de serviço de “Montagem de painéis pneumáticos e infra-estrutura de rede no EB 2”, a ser realizado na EB 2 da Samarco, no município de Matipó/MG.

Agradecendo a confiança demonstrada e na expectativa de que esta proposta atenda a seus interesses, colocamo-nos à disposição para qualquer esclarecimento que se fizer necessário.

Atenciosamente,

**Gustavo de Moura Barbosa**

Coordenador Comercial

9252.9895 / 86025571

[gustavo@leili.com.br](mailto:gustavo@leili.com.br)

**Gérber Lúcio Leite**

Coordenador Geral

9252.9940

[gerber@leili.com.br](mailto:gerber@leili.com.br)

LEILI – Empresa que integra em suas atividades,  
práticas de responsabilidade social na cadeia de negócios.

**1. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Número da proposta: 140/2010

Consulta: verbal.

Cliente: SAMARCO MINERAÇÃO S.A.

**2. OBJETIVO**

Esta proposta tem por finalidade apresentar a SAMARCO MINERAÇÃO S.A., as condições pelas quais a Leili se propõe a executar o serviço de “Montagem de painéis pneumáticos e infra-estrutura de rede no EB 2”, a ser realizado na EB 2 da Samarco, no município de Matipó/MG.

**3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIAS**

Todas as informações contidas nesta proposta não têm como base nenhum documento de referência.

#### 4. ESCOPO E PREÇO DOS SERVIÇOS

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QTDE.	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
8	conexões M12 e 7/8" em módulos IP67	UN	100	R\$ 19,34	R\$ 1.933,64
15	Lançamento de cabo 2x1,5 / 2x2,5 / 2x4 / 3x1,5 / 3x2,5 / 3x4 / 4x1,5 / 4x2,5 / 4x4 / 5x1,5 / 6x1,5 e 8x1,5mm <sup>2</sup> .	MT	1100	R\$ 2,56	R\$ 2.814,19
22	Lançamento de cabo rede profibus, fieldbus e fibra óptica.	MT	500	R\$ 9,52	R\$ 4.759,74
30	Montagem de eletroduto metálico com extremidade aberta de 3/4" e 1".	MT	400	R\$ 48,79	R\$ 19.514,91
32	Montagem de eletroduto metálico com extremidade aberta de 1 1/2" e 2".	MT	100	R\$ 53,55	R\$ 5.354,70
46	Montagem de tubos flexíveis SPTF 1/2, 3/4 e 1".	MT	20	R\$ 13,39	R\$ 267,74
54	Fabricação e montagem de suportes e ferragens (chapas, cantoneiras, viga U e barra chata).	Kg	300	R\$ 8,92	R\$ 2.677,35
61	Montagem de painéis pneumáticos para dois acionamentos caixa 800X1000	PÇ	3	R\$ 169,57	R\$ 508,70
65	Montagem de painéis pneumáticos para seis acionamentos caixa 800X1400	PÇ	3	R\$ 169,57	R\$ 508,70
67	Lançamento de mangueiras para comando pneumático	MT	200	R\$ 11,30	R\$ 2.260,87
83	Montagem botão comando e sinaleiros c/ lâmpada 30,5 e 22 mm <sup>2</sup> , chave emergência, chave seletora e chave comutadora.	Cj	20	R\$ 169,57	R\$ 3.391,31

#### Valor total dos serviços:

R\$ 43.991,85 (quarenta e três mil novecentos e noventa e um reais e oitenta e cinco centavos)