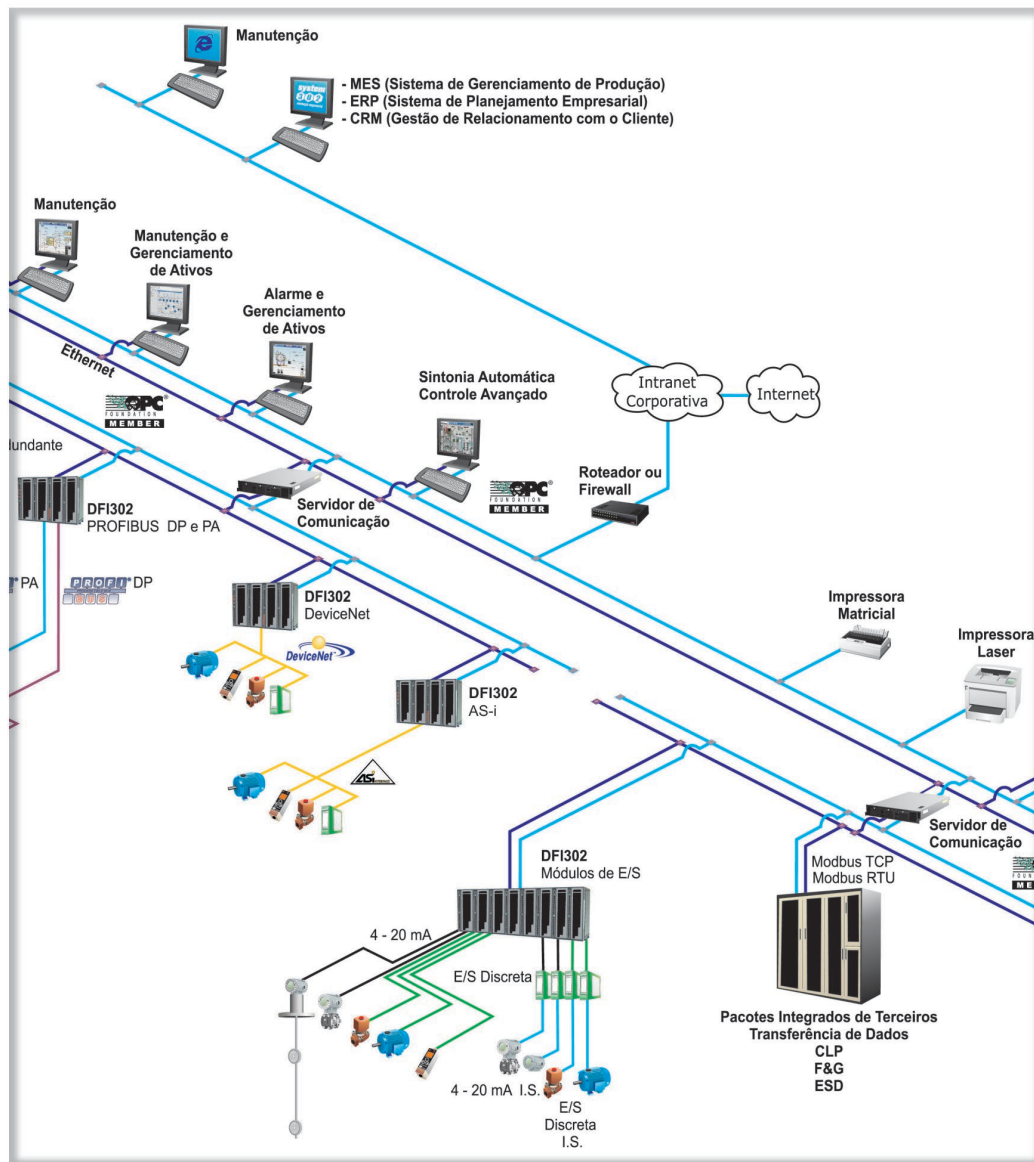


Guia de Instalação Elétrica



SYS3021 EGP



Especificações e informações estão sujeitas a modificações sem prévia consulta.
Informações atualizadas dos endereços estão disponíveis em nosso site.

web: www.smar.com/brasil/faleconosco

INTRODUÇÃO

Este manual destina-se a todos os usuários dos serviços e plataformas do System302 e tem como objetivo fornecer os **Procedimentos Gerais para a Instalação Elétrica de Sistemas de Automação Industrial da SMAR**, incluindo Equipamentos de Campo, Controladores Programáveis, Módulos de Entradas e Saídas (E/S), Terminais de Interface com o Operador e Redes de Comunicação.

Este manual é um guia de instalação elétrica e aborda os cuidados necessários para evitar Interferências Eletromagnéticas (EMI) e transientes, que podem causar perturbações indesejáveis em um sistema de automação industrial. As características funcionais e específicas de um determinado produto devem ser consultadas no seu manual específico.



IMPORTANTE

Estes procedimentos não têm a intenção de substituir as regulamentações elétricas locais. Embora estas regras se apliquem à maioria das instalações, alguns ambientes eletricamente severos podem necessitar de precauções adicionais.

Recomendações para evitar problemas com Descarga Eletrostática (ESD):

- É necessário aterrar-se antes de tocar o circuito eletrônico, a fim de evitar descarga eletrostática, que pode danificar o equipamento;
- Deve-se manter as portas dos módulos fechadas quando estiver em operação;
- A manutenção do equipamento, quando este estiver energizado, deve ser realizada somente por técnicos treinados.

Esta seção também apresenta categorias de equipamentos e condutores e o posicionamento e classificação de cabos, visto que fazem parte da instalação geral do sistema e não são dependentes de nenhuma rede e/ou equipamento específico.

Estrutura do Guia de Instalação Elétrica

Este guia é subdividido em seções. Cada uma delas aborda um determinado assunto que muitas vezes pode ser aplicado de uma forma geral ao sistema.

No caso da seção de **Redes Digitais** é apresentada uma abordagem mais específica e detalhada das instalações elétricas e boas práticas para as redes de automação industrial presentes na arquitetura do System302.

A estruturação de cada seção é descrita a seguir.

Seção 0: contém a capa, introdução, lista de símbolos e abreviações e o índice geral deste guia.

Seção 1: apresenta informações sobre o Aterramento da Planta (aterramento equipotencial, flutuante, isolado etc.).

Seção 2: refere-se à instalação, montagem, aterramento e distribuição de energia de painéis.

Seção 3: apresenta uma visão mais detalhada e específica de Redes Digitais.

Categoria dos Condutores

Todos os fios e cabos devem ser agrupados nas três categorias descritas na Tabela 1. Refira-se às especificações individuais de cada módulo de entradas e saídas para sua classificação individual da categoria de condutores.

CATEGORIAS	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS
Categoria 1	Controle e Alimentação AC: Cabos de alta potência que são mais tolerantes a ruídos elétricos que os condutores da Categoria 2. Podem também gerar mais ruído a ser induzido nos cabos adjacentes.	- Linhas de alimentação AC para fontes de alimentação e circuitos de entradas e saídas (E/S); - Linhas de E/S digital de alta potência AC: Para conectar módulos de E/S AC, classificados para alta potência e alta imunidade a ruído; - Linhas de E/S digitais de alta potência DC: Para conectar módulos de E/S DC, classificados para potência alta ou com circuitos de entrada com filtros com grande constante de tempo, para alta rejeição a ruído. Tipicamente para conexão com chave de contato seco, relé e válvula solenóide.
Categoria 2	Sinal & Comunicação: Cabos de baixa potência menos tolerantes a ruídos elétricos que os cabos da Categoria 1. Devem gerar menos ruídos que podem ser induzidos nos cabos adjacentes (eles são conectados a sensores e atuadores relativamente próximos aos módulos de E/S).	- Linhas de E/S analógicas e linhas de alimentação DC para circuitos analógicos; - Linhas de E/S digitais de baixa potência AC/DC para conectar módulos de E/S que são classificados para baixas potências, tais como módulos de saída de baixa potência; - Linhas de E/S digital DC de baixa potência para conectar módulos DC de E/S que são classificados para baixa potência e têm circuitos de entrada com filtros de constante de tempo baixa para detectar pulsos. Eles tipicamente conectam-se a equipamentos semelhantes a chaves, sensores fotoelétricos, e codificadores; - Cabos de comunicação: Para conexão entre CPU's ou para módulos de interfaces de comunicação, terminais de programação, computadores, redes HART, PROFIBUS, Fieldbus, Modbus, AS-i, DeviceNET etc.
Categoria 3	Interno ao painel: Interconectam os componentes do sistema dentro do painel	- Cabos de potência DC para baixa tensão, cabos de alimentação para o rack; - Cabos de comunicação: para conexão entre componentes do sistema dentro do mesmo painel.

Tabela 1 - Agrupamento dos Condutores

Posicionamento dos Cabos

Para reduzir o acoplamento de ruídos de um condutor para outro, recomenda-se a separação física de fios eletricamente ruidosos (cabos de alimentação AC e cabos das saídas digitais) das linhas de baixo nível (cabos das entradas e saídas analógicas e cabos de comunicação).

Os procedimentos da Tabela 2 devem ser seguidos quando ocorrer o direcionamento de fios e cabos no interior e/ou exterior de um painel.

CATEGORIAS	PROCEDIMENTOS
Categoria 1	Estes condutores podem ser colocados na mesma canaleta ou conduíte com os condutores de alimentação de máquinas de até 600 Vac (alimentando equipamentos de até 100 HP).
Categoria 2	- Se estes condutores necessitarem cruzar as linhas de alimentação, isto deve ser feito em ângulos retos; - É necessário manter uma distância de no mínimo 1,5 m dos painéis de alta tensão ou fontes de radiação radiofrequência / microondas; - Se o condutor está em canaleta ou conduíte, cada segmento desta canaleta de metal ou conduíte deve ser “conectado” ao segmento adjacente, de forma que ele tenha continuidade ao longo do seu comprimento, e deve ser conectado no ponto de entrada do painel; - Blindagem apropriada (onde aplicável) e direcionada em uma canaleta, separada dos condutores de categoria 1; - Se em uma canaleta ou conduíte de metal adjacente, distancie-o com no mínimo 0,08 m (3 in) dos condutores da categoria 1 de menos de 20 A; 0,15 m (6 in) de linhas de alimentação AC de 20 A ou mais, mas até 100 kVA e 0,3 m (1 ft) de linhas de alimentação AC maiores que 100 kVA; - Se não estiver em um canaleta ou conduíte contínuo, distancie-o com no mínimo 0,15 m (6 in) de condutores da categoria 1 de menos de 20 A; 0,3 m (1 ft) de linhas de alimentação AC de 20 A ou mais, mas somente até 100 kVA e 0,6 m (2 ft) de linhas de alimentação AC maiores que 100 kVA.
Categoria 3	Direcione os condutores em canaletas separadas dos condutores da categoria 1 com o mesmo espaçamento listado para os condutores da categoria 2, onde possível.

Tabela 2 - Procedimentos para posicionamento de cabos de proteção contra ruídos.

 IMPORTANTE
- Esses procedimentos são somente para imunidade a ruídos. Siga as regulamentações locais para requisitos de segurança. - Estes procedimentos presumem que o usuário siga as instruções para Supressão de Surtos apresentadas na seção “Aterramento da Planta” desse manual. - Embora estas regras se apliquem à maioria das instalações, alguns ambientes eletricamente severos podem necessitar de precauções adicionais.

ABREVIações

A:	Unidade de corrente elétrica (<i>Ampère-singular e ampère-plural</i>). Em homenagem ao cientista francês André-Marie Ampère .
AC:	Corrente Alternada (em inglês, <i>Alternate Current</i>).
AI:	Entrada Analógica (em inglês, <i>Analog Input</i>).
AO:	Saída Analógica (em inglês, <i>Analog Output</i>).
ASCII:	Código <i>Padrão Americano</i> para Intercâmbio de Informações (em inglês, <i>American Standard Code for Information Interchange</i>).
AWG:	Unidade de medida de calibre de fios (em inglês, <i>American wire gauge</i>).
BT:	Terminador de Barramento (em inglês, <i>Bus Terminator</i>).
BTA:	Barra de Terra de Sinal.
BTC:	Barra de Terra de Carcaça.
C:	Capacitor.
CAT5e:	Categoria de cabo número 5 (em inglês, <i>Category 5 Enhanced Cable</i>).
CCM:	Centro de Controle de Motores.
CPU:	Unidade Central de Processamento (em inglês, <i>Central Processing Unit</i>).
CSMA/CD:	Múltiplo acesso por sensor de portadora com detecção de colisão (em inglês, <i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection</i>).
D:	Diodo.
DC:	Corrente Contínua (em inglês, <i>Direct Current</i>).
DD:	Descrição do Equipamento (em inglês, <i>Device Description</i>).
FF:	<i>FOUNDATION™</i> Fieldbus.
E/S:	Entradas e Saídas.
ESD:	Descarga Eletrostática (em inglês, <i>Electro Static Discharge</i>).
EMI:	Interferências Eletromagnéticas (em inglês, <i>Electromagnetic Interference</i>).
FISCO:	Conceito de Instalação de rede Fieldbus Intrinsecamente Segura (em inglês, <i>Fieldbus Intrinsically Safe Concept</i>).
ft:	Unidade de comprimento em pés (<i>feet</i>), onde 1 ft = 0,3048 metros.
FNICO:	Conceito de Instalação de Rede Fieldbus Não-Acendível (em inglês, <i>Fieldbus Non-incendive Concept</i>).
FTP:	Protocolo de Transferência de Arquivos (em inglês, <i>File Transfer Protocol</i>).
Gbps:	Unidade de transmissão de dados em Gigabits por segundo.
GND:	Malha de terra.
GSD:	Arquivos de descrição de equipamentos (em inglês, <i>Generic Station Description Files</i>).
HART:	Protocolo de comunicação de rede (em inglês, <i>Highway Addressable Remote Transducer</i>).
HDLC:	Controle de enlace de dados de alto nível (em inglês, <i>High-level Data Link Control</i>).
HP:	Unidade física de potência (em inglês, <i>Horse Power</i>).
HSE:	Protocolo FF para troca de dados via ethernet (em inglês, <i>High Speed Ethernet</i>).
HTTP:	Protocolo de Transferência de Hipertexto (em inglês, <i>HyperText Transfer Protocol</i>).
IEC:	Comissão Internacional de Eletrotécnica (em inglês, <i>International Electrotechnical Commission</i>).
IEEE:	<i>Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos</i> (em inglês, <i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>).
in:	Unidade de comprimento em polegadas (<i>inches</i>), onde 1 in = 0,0254 metros.
IP:	Protocolo de Internet (em inglês, <i>Internet Protocol</i>).
km:	Unidade de distância em quilômetros (em inglês, <i>Kilometers</i>).
kV:	Unidade de tensão elétrica (em inglês, <i>kilo Volt</i>).
kVA:	Unidade de potência elétrica (em inglês, <i>kilo volt-Ampere</i>).
L:	Indutância.
LAN:	Rede de Área Local (em inglês, <i>Local Area Network</i>).
m:	Unidade de comprimento em metros.
mH:	Unidade de indutância em mili-Henry (10^{-3} Henry).
mm²:	Unidade em milímetros quadrados.
Mbps:	Unidade de transmissão de dados em Megabits por segundo.
MHz:	MegaHertz (10^6 Hertz).
OFF:	Desligado.

Ohms:	Unidade de resistência elétrica.
ON:	Ligado.
OSI:	Modelo arquitetural definidos em 7 camadas: aplicação (camada 7), apresentação (camada 6), sessão (camada 5), transporte (camada 4), rede (camada 3), enlace (camada 2) e física (camada 1); (em inglês, <i>Open Systems Interconnection</i>).
PC:	Computador pessoal (em inglês, <i>Personal Computer</i>).
PELV:	Fonte de alimentação com proteção a baixa tensão e isolamento de segurança (em inglês, <i>Protective Extra Low Voltage</i>).
PID:	Algoritmo de controle baseado em ações Proporcional-Integral-Derivativo.
PLC:	Controlador Lógico Programável (em inglês, <i>Programmable Logic Controller</i>).
PSI:	Fonte com Impedância Ativa (em inglês, <i>Power Supply Impedance</i>).
PVC:	Poli Cloreto de Vinila (em inglês, <i>Polyvinyl Chloride ou Vinyl</i>).
R:	Resistor.
RC:	Circuito resistor-capacitor (em inglês, <i>Snubber</i>).
RF:	Radiofrequência.
RFI:	Interferência por rádio-frequência (em inglês <i>Radio Frequency Interference</i>).
RL:	Circuito resistor-indutor.
RTU:	Unidades de Terminais Remotos (em inglês, <i>Remote Terminal Units</i>).
SNMP:	Protocolo de Gerenciamento Simples de Rede (em inglês, <i>Simple Network Management Protocol</i>).
STP:	Par trançado com blindagem (em inglês, <i>Shielded Twisted Pair</i>).
SW:	Chave de contato elétrico (em inglês, <i>Switch</i>).
V:	Unidade de tensão elétrica (em inglês, <i>Volt</i>).
VAC:	Tensão alternada.
VCC:	Tensão em corrente contínua.
TIA:	Associação das Indústrias de Telecomunicações (em inglês, <i>Telecommunications Industry Association</i>).
TCP:	Protocolo de Controle de Transmissão (em inglês, <i>Transmission Control Protocol</i>)
Trilhos DIN:	Trilhos de suporte dos módulos.
UDP:	Protocolo de Datagrama do Usuário (em inglês, <i>User Datagram Protocol</i>).
UTP:	Par trançado sem blindagem (em inglês, <i>Unshielded Twisted Pair</i>).
VLAN:	Rede de Área Local Virtual (em inglês, <i>Virtual Local Area Network</i>).
Vpp:	Tensão de pico-a-pico (em inglês, <i>peak-to-peak Voltage</i>).
WAN:	Rede de Área de Longa Distância (em inglês, <i>Wide Area Network</i>).
Watts:	Unidade de potência.
µF:	Unidade de capacitância em micro-Faraday (10^{-6} Faraday).
nF:	Unidade de capacitância em nano-Faraday (10^{-9} Faraday).
SPURS:	Derivação do barramento principal.
STUBS:	Derivação do SPUR.
SPLICE:	Trechos de cabos alterados para conexão de equipamentos.
TRUNK:	Barramento principal da rede.
pF:	Unidade de capacitância em pico-Faraday (10^{-12} Faraday).

ÍNDICE

SEÇÃO 1 - ATERRAMENTO DA PLANTA	1.1
VISÃO GERAL	1.1
O QUE É ATERRAMENTO ELÉTRICO?	1.1
QUAIS SÃO OS OBJETIVOS DO ATERRAMENTO ELÉTRICO?	1.1
QUAIS AS FORMAS DE FAZER O ATERRAMENTO?	1.1
O QUE É TERRA EQUIPOTENCIAL?	1.1
ATERRAMENTO DA BLINDAGEM DOS CABOS	1.2
CONEXÃO DA BLINDAGEM COM A LINHA EQUIPOTENCIAL	1.7
SEÇÃO 2 - MONTAGEM DE PAINÉIS	2.1
MONTAGEM GERAL	2.1
CONSIDERAÇÕES SOBRE O LAYOUT DOS CONDUTORES E CANALETAS	2.1
CONEXÃO E ATERRAMENTO	2.2
BARRA DE TERRA DE CARÇAÇA (BTC)	2.3
BARRA DE TERRA DE SINAL (BTA)	2.3
CABOS BLINDADOS	2.3
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	2.4
SEGUNDO TRANSFORMADOR	2.5
SUPRESSÃO DE SURTOS	2.6
CHAVEANDO CARGA INDUTIVA	2.7
SUGESTÃO PARA OS COMPONENTES DA REDE RC E O DIODO CEIFADOR	2.8
FERRITE BEADS	2.8
SEÇÃO 3 - INSTALAÇÃO DE REDES DIGITAIS	3.1
REDE ETHERNET INDUSTRIAL	3.1
INTRODUÇÃO	3.1
CAMADA 1 – A REDE FÍSICA	3.2
CAMADA 2	3.3
CAMADA 3	3.4
WIRING CLOSET	3.5
INTERLIGAÇÃO DO BACKBONE	3.6
REDE FIELDBUS	3.7
INSTALAÇÃO ELÉTRICA NO EQUIPAMENTO	3.7
MEIO FÍSICO, CABEAMENTO E INSTALAÇÃO – FOUNDATION™ FIELDBUS	3.9
RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA REDE H1 E HSE	3.11
NOÇÕES GERAIS DE INSTALAÇÃO PARA A REDE H1	3.11
ELEMENTOS PRINCIPAIS DA REDE FOUNDATION™ FIELDBUS H1	3.12
REDE MODBUS	3.27
PROPÓSITO DA NORMA RS-485	3.27
TOPOLOGIA DE REDE	3.27
NÍVEIS DE SINAIS	3.29
TIPO DE CABO E NÚMERO DE CONDUTORES	3.29
BLINDAGEM	3.30
TERMINADORES DO BARRAMENTO E COMPRIMENTO DE STUBS	3.30
FALHA SEGURA ("FAIL SAFE")	3.31
TAXA DE DADOS VERSUS COMPRIMENTO DE BARRAMENTO (COM TERMINADORES, SEM REFLEXÃO)	3.32
ATERRAMENTO E ISOLAÇÃO	3.33
REDE PROFIBUS PA	3.35
INSTALAÇÃO ELÉTRICA NO EQUIPAMENTO	3.35
SINAL FÍSICO	3.36
MEIO FÍSICO, CABEAMENTO E INSTALAÇÃO – PROFIBUS PA	3.37
COMPRIMENTO TOTAL DO CABO E REGRAS DE DISTRIBUIÇÃO E INSTALAÇÃO	3.40
TERMINADORES DA REDE PROFIBUS PA	3.42
TOPOLOGIAS	3.43
REPETIDORES	3.44
SUPRESSOR DE TRANSIENTES	3.44
FONTE DE ALIMENTAÇÃO E SINAL DE COMUNICAÇÃO	3.45
ACOPLADORES DP/PA (COUPLER DP/PA)	3.46
ENDEREÇAMENTO UTILIZANDO COUPLERS DP/PA	3.46
SHIELD E ATERRAMENTO	3.47

NÚMERO DE EQUIPAMENTOS PROFIBUS PA EM UM SEGMENTO	3.48
CONECTANDO EQUIPAMENTOS AO FIELDBUS	3.50
PROCEDIMENTO DE RECEBIMENTO	3.50
EQUIPAMENTOS DA REDE	3.50
TROUBLESHOOTING	3.50
ERROS DE COMUNICAÇÃO	3.50
REDE PROFIBUS DP	3.52
MEIO FÍSICO, CABEAMENTO E INSTALAÇÃO	3.52
CUIDADOS NECESSÁRIOS COM TERMINADORES NA REDE PROFIBUS DP	3.53
REPETIDORES	3.54
CONECTORES	3.58
REDE DEVICENET	3.61
TOPOLOGIA E CONEXÕES	3.61
DETERMINANDO O COMPRIMENTO MÁXIMO DO TRONCO E DAS RAMIFICAÇÕES	3.62
CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PADRÃO DEVICENET	3.63
CONECTORES DEVICENET	3.64
TERMINADORES DA REDE	3.64
FONTE DE ALIMENTAÇÃO E ATERRAMENTO	3.65
CONECTANDO A(S) FONTE(S) DE ALIMENTAÇÃO À REDE E AO ATERRAMENTO	3.65
REVISÃO GERAL	3.66
LIGANDO A ALIMENTAÇÃO DA REDE	3.67
REDE AS-I	3.68
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	3.69
PADRÕES E REGULAMENTAÇÕES	3.69
MEIO DE TRANSMISSÃO	3.70
FONTE DE ALIMENTAÇÃO	3.74
PRÁTICAS RECOMENDADAS	3.74
REDE HART® & 4 A 20 MA	3.78
REDE <i>SINGLE-DROP</i>	3.78
REDE MULTIDROP	3.80
CONFIGURAÇÃO DA REDE	3.81
CONEXÃO DOS EQUIPAMENTOS À REDE	3.82

ATERRAMENTO DA PLANTA

Visão Geral

O que é aterramento elétrico?

O termo aterramento se refere à terra, propriamente dita ou a uma grande massa que se utiliza em seu lugar. Quando falamos que algo está "aterrado", queremos dizer que, pelo menos, um de seus elementos está propositalmente ligado ao terra. Nos sistemas elétricos, quando designamos as tensões, geralmente elas são referidas ao terra. Dessa forma, terra representa um ponto de referência (ou um ponto de potencial zero) ao qual todas as outras tensões são referidas.

Quais são os objetivos do aterramento elétrico?

O primeiro objetivo do aterramento dos sistemas elétricos é proteger as pessoas e o patrimônio contra uma falha (curto-circuito) na instalação. O aterramento deve escoar cargas eletrostáticas acumuladas na própria pessoa, em estruturas, suportes e carcaças dos equipamentos em geral.

O segundo objetivo é oferecer um caminho seguro, controlado e de baixa impedância em direção ao terra para as correntes induzidas por descargas atmosféricas.

Basicamente, um sistema de aterramento busca obter uma condição de diferença de potencial que seja igual a zero entre os condutores de proteção dos equipamentos, as carcaças dos equipamentos, os condutos metálicos e todas as demais massas condutoras da edificação, incluindo as suas ferragens estruturais e tubulações metálicas.

Quais as formas de fazer o aterramento?

No projeto do sistema de aterramento da planta deve-se analisar as condições físicas de cada instalação, resistividade do solo, bem como dos diversos sistemas de proteção existentes.

As formas de aterramento são apresentadas a seguir:

- Aterrar os equipamentos ao próprio terra da fonte de alimentação;
- Aterrar os equipamentos de forma independente da fonte de alimentação;
- Aterrar todos os equipamentos em um único ponto;
- Aterrar os equipamentos em uma malha de referência de terra.

O que é terra equipotencial?

A condição ideal de aterramento para uma planta e suas instalações é quando se obtém o mesmo potencial em qualquer ponto. Isso pode ser obtido com o interligamento de todos os sistemas de aterramento da mesma através de um condutor de equalização de potencial. Essa condição é chamada de terra equipotencial.

NOTA
Para garantir o equipotencial mesmo na ocorrência de descargas elétricas favor consultar a seção Aterramento da Blindagem dos Cabos desse guia.

Assim, para qualquer pessoa dentro das edificações, mesmo se houver um aumento das tensões presentes, não haverá o risco de choque elétrico, uma vez que todos os elementos estarão com o mesmo potencial de terra.

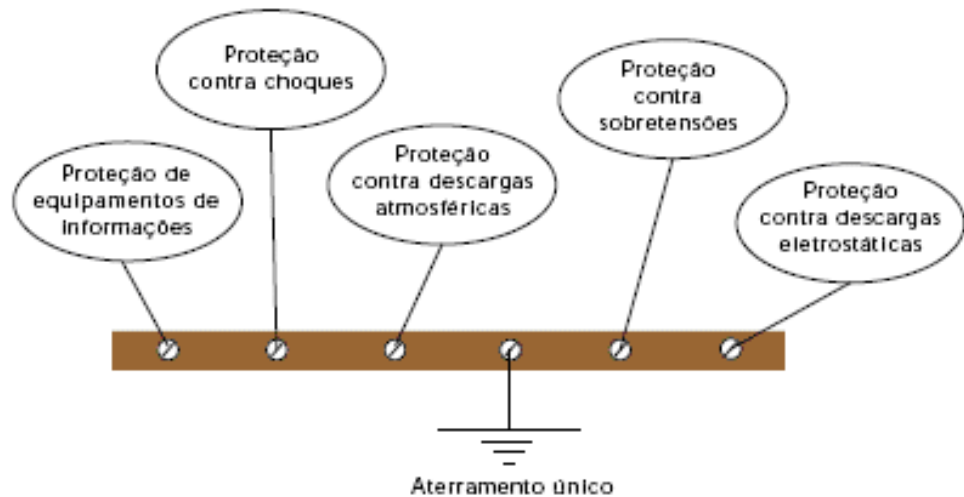


Figura 1.1 - Aterramento único para todos os sistemas

Aterramento da Blindagem dos Cabos

Do ponto de vista funcional, o propósito da blindagem dos cabos é criar uma zona equipotencial de acoplamento capacitivo ao redor do cabo. Mas isso só é verdadeiro se a blindagem for conectada ao referencial de terra equipotencial. Nesta condição, a recomendação é que ambas as extremidades da blindagem dos cabos sejam aterradas.

Porém, se a condição de terra equipotencial não for garantida, é recomendado aterrar apenas uma das extremidades da blindagem, preferencialmente no lado do sistema. Caso contrário, se a blindagem for conectada em ambas extremidades sem equalização do terra, haverá a circulação de uma corrente parasita pela blindagem que pode provocar problemas funcionais, além de perigo potencial de choques elétricos na extremidade não blindada. Desta forma, recomenda-se o uso de cabo blindado com isolamento extra na blindagem, a fim de evitar choques elétricos acidentais por contato.

O sistema de linha equipotencial é usado para nivelar o potencial de terra em diferentes locais da planta, de forma que nenhuma corrente circule sobre a blindagem do cabo:

- Utilize cabos de cobre ou fitas de aterramento galvanizadas para a linha equipotencial no sistema e entre componentes do sistema;
- Conecte a linha equipotencial ao terminal de aterramento ou à barra com uma área de superfície ampla;

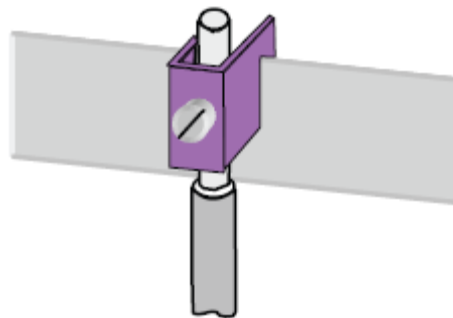


Figura 1.2 – Conexão ao terminal de aterramento

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Conecte todas as conexões de terra e de blindagem (se existirem) do instrumento ao sistema de linha equipotencial;

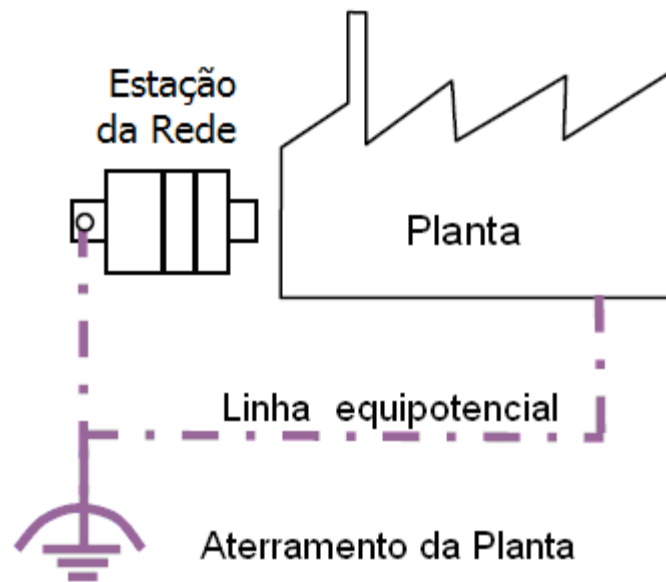


Figura 1.3 – Conexão ao sistema de linha equipotencial

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Conecte a superfície de montagem (por exemplo, o painel do gabinete ou trilhos de montagem) ao sistema de linha equipotencial;
- Sempre que possível, conecte o sistema de linha equipotencial das redes ao sistema de linha equipotencial do prédio;

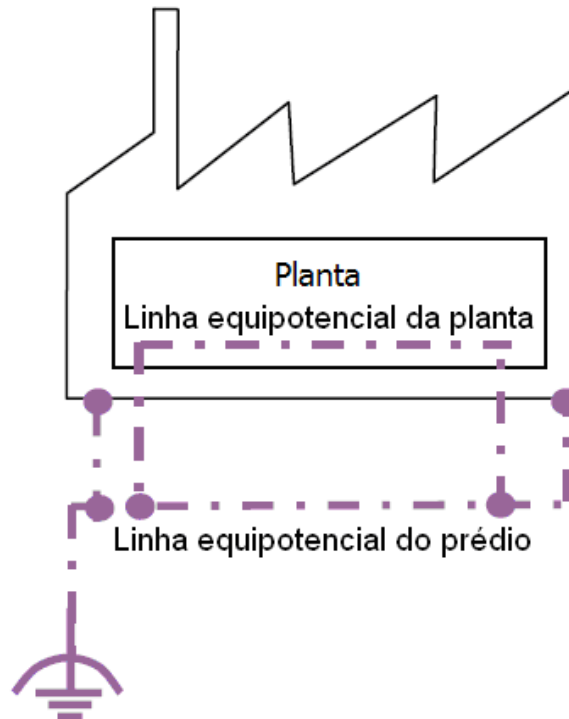


Figura 1.4 – Ligação do sistema de linha equipotencial das redes ao do prédio

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Se as partes são pintadas, remova a tinta do ponto de conexão antes de conectá-lo;

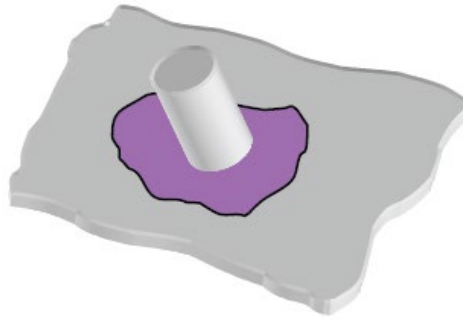


Figura 1.5 – Ponto de conexão

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Proteja o ponto de conexão contra corrosão depois da montagem, por exemplo, com tinta de zinco ou verniz;
- Proteja a linha equipotencial contra corrosão. Uma opção é pintar os pontos de contato;
- Use parafuso de segurança ou conexões de terminal para todas as conexões de terra e superfície. Arruelas de pressão também podem ser utilizadas para evitar que as conexões fiquem frouxas devido à vibração ou movimento;
- Utilize terminais nos cabos flexíveis da linha equipotencial. As extremidades do cabo não devem nunca ser estanhadas, pois isto não é mais permitido;
- Faça o roteamento da linha equipotencial próximo ao cabo;

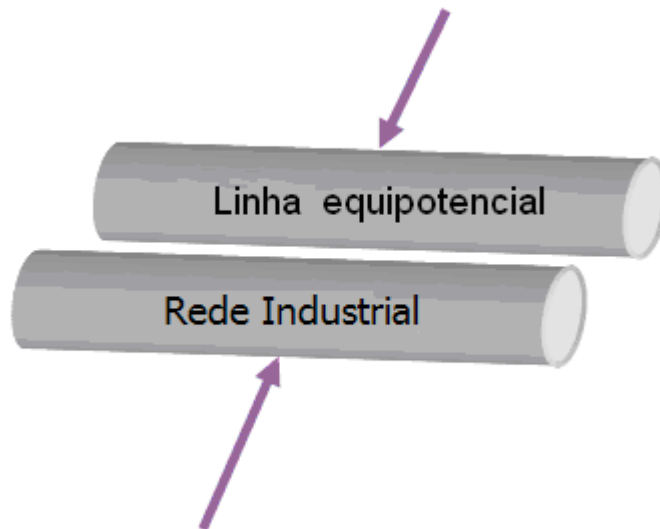


Figura 1.6 – Roteamento da linha equipotencial

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Conecte as partes individuais de bandejas de cabos metálicas umas as outras. Utilize anéis de acoplamento (*bonding links*) especiais ou *jumpers* específicos. Certifique-se que os anéis de acoplamento são feitos do mesmo material que as bandejas de cabos. Os fabricantes das bandejas de cabos podem fornecer os anéis de acoplamento apropriados (Figura 1.7);

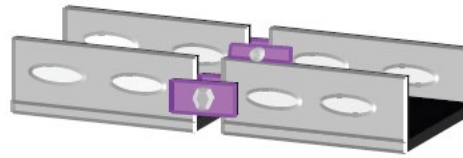


Figura 1.7 – Conexão de anéis de acoplamento

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Sempre que possível, conecte as bandejas de cabos feitas de metal ao sistema de linha equipotencial;

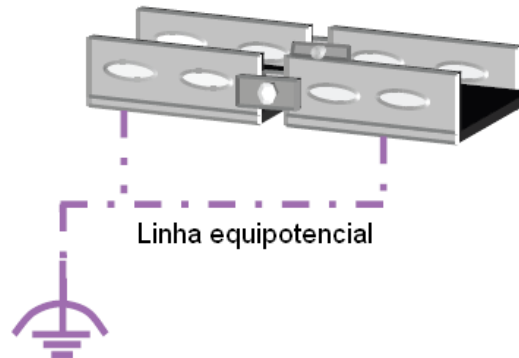


Figura 1.8 – Conexão das bandejas ao sistema de linha equipotencial

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Use anéis de acoplamento flexíveis (*flexible bonding links*) para expansão das juntas. Esses anéis de acoplamento são fornecidos pelos fabricantes de cabos;
- Para conexões entre prédios diferentes ou entre partes de prédios, a rota da linha equipotencial deve ser traçada paralela ao cabo (Figura 1.9). Mantenha as seguintes seções transversais mínimas, de acordo com a IEC 60364-5-54.
 - **Cobre:** 6 mm²
 - **Alumínio:** 16 mm²
 - **Aço:** 50 mm²

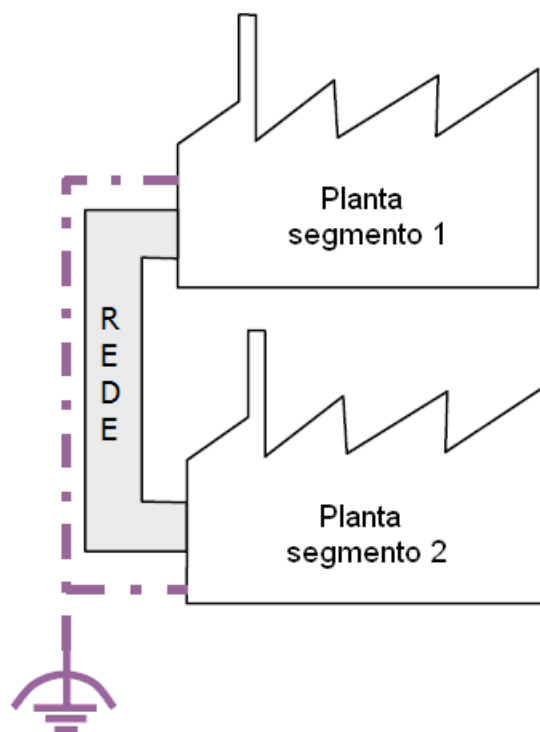


Figura 1.9 – Conexão das redes entre prédios diferentes

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

Conexão da blindagem com a linha equipotencial

Existem várias opções para estabelecer uma conexão em uma área ampla entre a blindagem e o sistema de linha equipotencial. A Figura 1.10, ilustra algumas técnicas que comprovaram seu uso no campo.

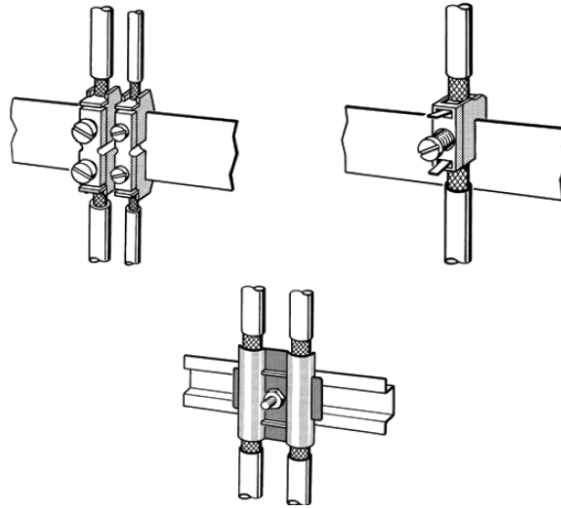


Figura 1.10 – Técnicas para conectar a blindagem de cabo à linha equipotencial

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

⚠ ATENÇÃO

Certifique-se que o cabo não é apertado pelo grampo de conexão da blindagem. Use um grampo de blindagem que se ajuste ao diâmetro do cabo. A compressão no cabo pode deteriorar as características de transmissão do cabo.

Os itens a seguir devem ser observados ao se fazer uma conexão de blindagem:

- Remova o isolamento externo do cabo somente onde for preciso para fazer a ligação. A resistência do cabo fica fraca onde o revestimento foi removido;

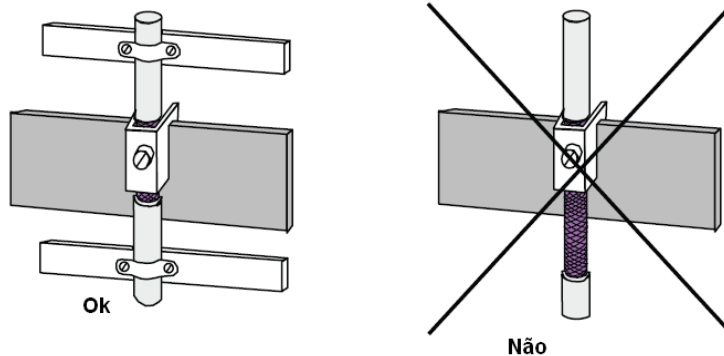


Figura 1.11 – Remoção do isolamento do cabo

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Certifique-se que a blindagem trançada não é danificada quando o isolamento externo é tirado do cabo;

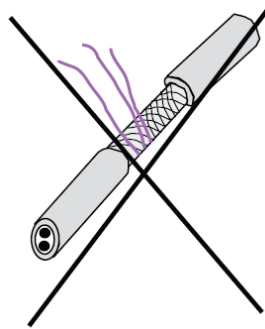


Figura 1.12 – Danos em uma blindagem trançada.

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Não utilize a conexão de blindagem como descarga de tensão, uma vez que isso pode reduzir a eficácia da ligação e danificar a blindagem do cabo (Figura 1.13). Uma exceção ocorre quando forem usadas partes projetadas especificamente para este propósito;

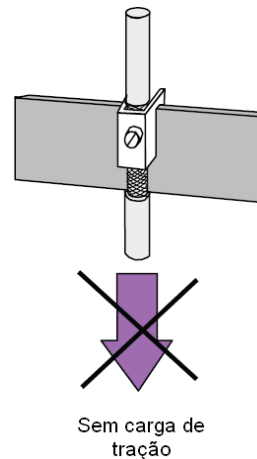


Figura 1.13 – Não usar a conexão de blindagem como descarga de tensão

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Para proteger o cabo enfraquecido contra danos, as duas extremidades da conexão devem ser protegidas;

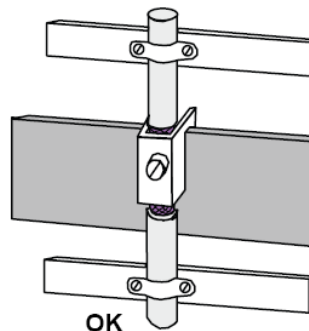


Figura 1.14 – Proteção dos lados da conexão

Fonte: Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.

- Use somente partes que combinem com o diâmetro do cabo desencapado;
- A conexão entre a blindagem e a linha equipotencial deve ser feita somente utilizando a tela trançada. Muitos cabos também possuem uma lâmina fina de metal (Figura 1.5). Esta lâmina não deve ser usada para a conexão. Ela geralmente é revestida sinteticamente de um lado para melhorar a estabilidade e o revestimento de plástico funciona como isolamento;

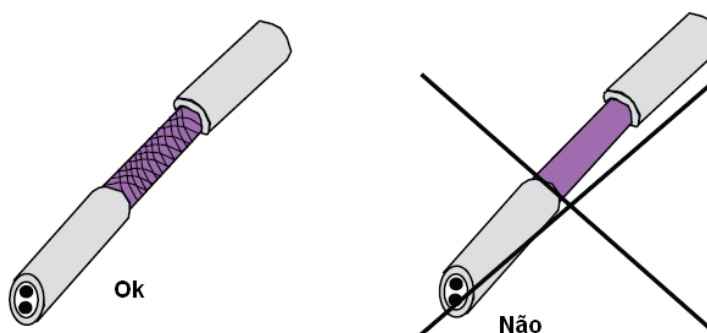


Figura 1.15 – Tela trançada (Ok) e lamina final de metal (Não)

Fonte: *Procedimentos de Instalação Profibus para Cablagem e Montagem, Versão 1.0.6, Maio 2006.*

- Não fixe o trilho da linha equipotencial em superfícies pintadas. Superfícies galvanizadas ou blindadas são mais apropriadas para este propósito;
- Use materiais revestidos de estanho, galvanizados ou com outro tratamento galvânico. Certifique-se que a superfície esteja protegida contra corrosão para garantir um contato duradouro.

MONTAGEM DE PAINÉIS

Montagem Geral

Considerações sobre o layout dos condutores e canaletas

O layout dos condutores é reflexo de onde os diferentes tipos de módulos de E/S estão posicionados no rack. Por essa razão, o usuário deve determinar, primeiramente, a localização dos módulos de E/S determinando assim a direção dos cabos.

No planejamento da localização dos módulos de E/S os módulos devem ser agrupados, baseando-se nas categorias dos condutores. Também, todos condutores (AC ou DC) fixados na mesma canaleta, devem ter isolamento para a mais alta tensão aplicada a qualquer um dos cabos na canaleta.

A Figura 2.1 ilustra os procedimentos apresentados na Tabela 1.2 da seção **Introdução** deste guia.

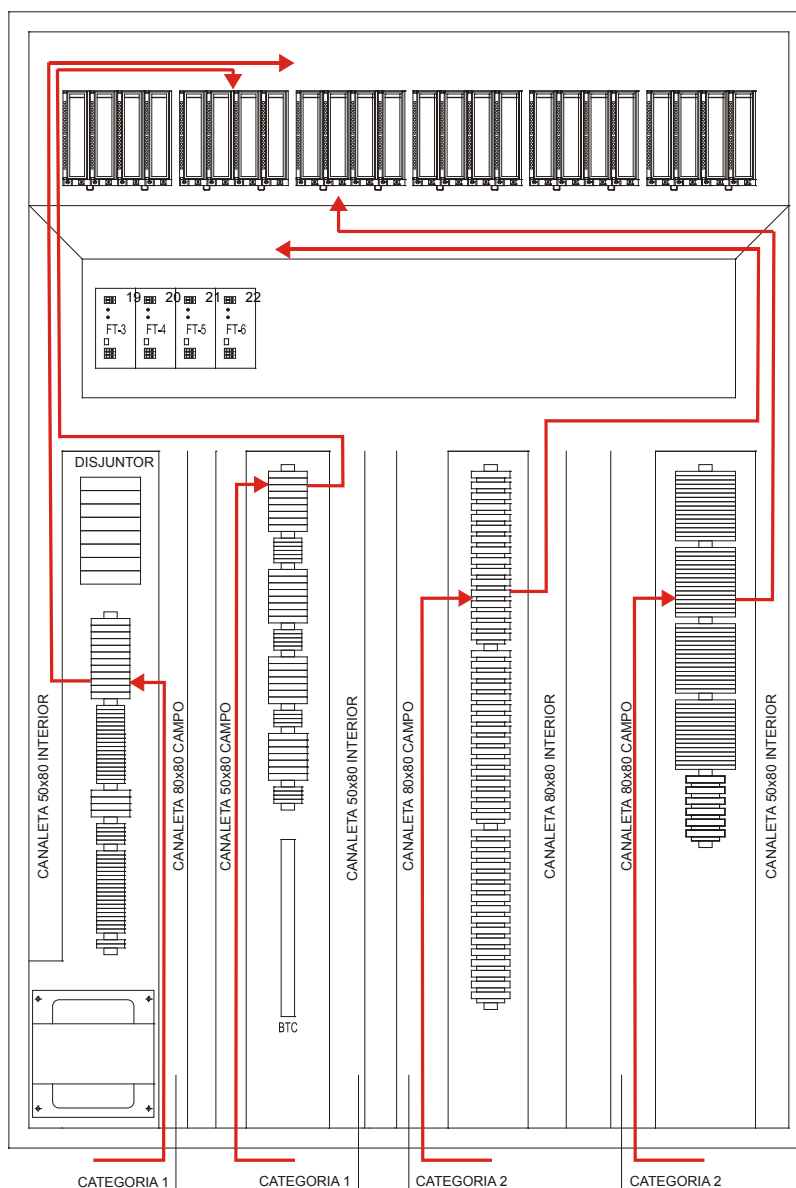


Figura 2.1 - Detalhes de montagem

Conexão e Aterramento

Depois de estabelecer todo o layout, o usuário pode iniciar a montagem, conexão e aterramento de cada chassi. A conexão é a ligação das partes metálicas dos chassis, partes de montagem, armações, blindagem e painel, a fim de reduzir os efeitos de EMI e ruído de terra. Aterrar é fazer a conexão à malha de terra para colocar os equipamentos no potencial de terra.

Todos os equipamentos alimentados com carga AC devem ser aterrados na Barra de Aterramento BTC e todos os equipamentos analógicos e digitais devem ser aterrados na Barra de Aterramento BTA. A Figura 2.2, ilustra as conexões do BTA e BTC a malha de terra da planta.



IMPORTANTE

Para total segurança do sistema as barras BTA e BTC devem ser aterradas individualmente ao terra da planta.

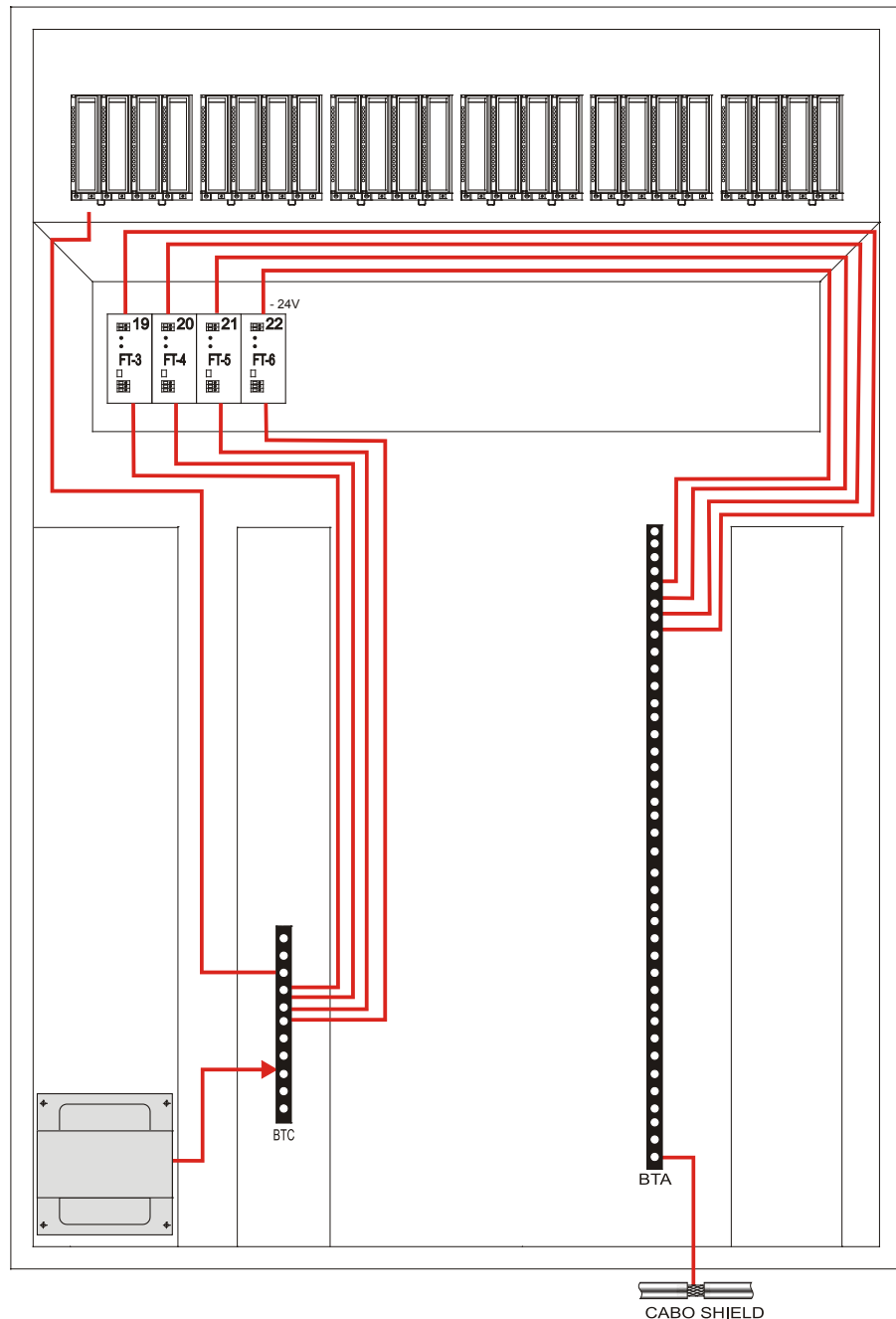


Figura 2.2 - Configuração típica de aterramento

A maioria dos módulos não possui o chassi de aterramento visível, nem conector ou terminal de terra. Entretanto, estes são montados no rack, no trilho DIN. O chassi destes módulos são aterrados através do trilho DIN, pela mola de aterramento traseira. No trilho DIN, coloque um conector de aterramento e através de um condutor individual, conecte-o no barramento de terra (BTC).

Barra de Terra de Carcaça (BTC)

O potencial do BTC é a referência de terra para toda parte elétrica AC dos equipamentos no interior do painel. Conecte o BTC à malha de terra da planta utilizando um condutor de cobre com especificação de mínimo 8 AWG.

Barra de Terra de Sinal (BTA)

O potencial do BTA é a referência de terra para toda parte analógica e digital dos equipamentos no interior do painel. Conecte o BTA à malha de terra da planta utilizando um condutor de cobre com especificação 8 AWG, no mínimo, para proteção contra EMI.

Cabos Blindados

Algumas conexões de E/S, como sinais analógicos, comunicação e entradas de pulso necessitam de cabos blindados para ajudar a reduzir os efeitos de acoplamento elétrico:

- Aterre cada blindagem somente em um único ponto. O aterramento da blindagem em ambas as terminações forma um “loop” de terra, que pode causar falhas no sistema;
- Conecte cada blindagem diretamente ao BTA;
- Use cabo blindado com par de fios trançados.

Evite interrupção da blindagem nas caixas de junção. Muitos tipos de conexões de condutores blindados são disponíveis por vários fabricantes. Caso seja necessário fazer uma interrupção da blindagem em uma caixa de junção, realizando os seguintes procedimentos:

- Não retire a proteção da blindagem mais que o necessário para fazer a conexão;
- Conecte as blindagens dos dois segmentos de cabo para garantir a continuidade ao longo do comprimento do cabo.

Distribuição de Energia

Para isolar os ruídos provenientes da planta, o usuário pode usar um transformador de isolamento para conectar a fonte de alimentação. O transformador fornece isolamento DC, protegendo o equipamento contra transiente de alta tensão, que pode ser gerado no sistema de distribuição de energia.

Em muitas aplicações industriais já é necessário um transformador redutor, a fim de reduzir a tensão para 120 ou 220 Vca (Figura 2.3).

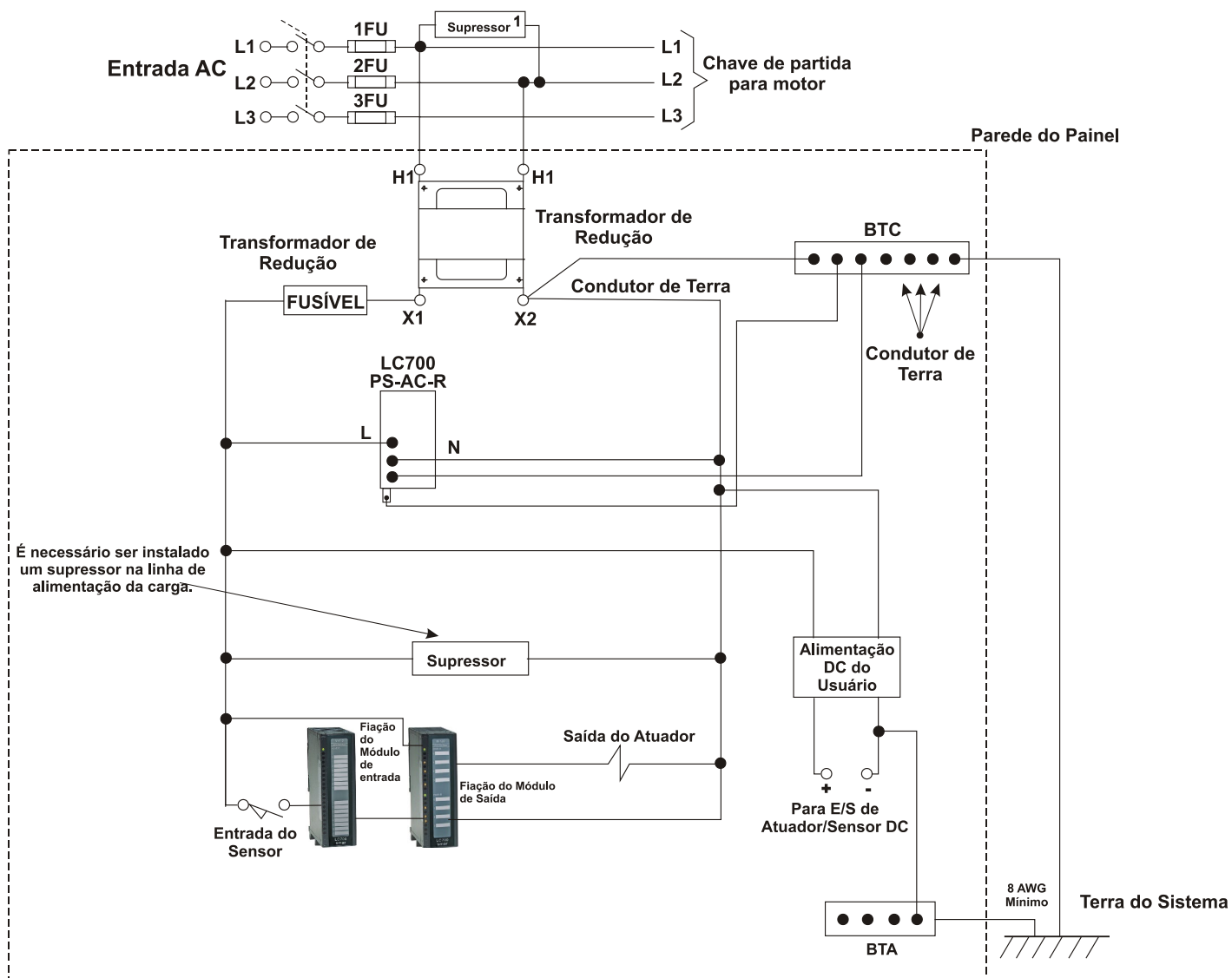


Figura 2.3 - Sistema de distribuição de energia AC aterrado

NOTA

¹ Para minimizar a geração de EMI, conecte um supressor em paralelo com a carga indutiva. Contate o fabricante do motor para verificar qual é o supressor de transiente recomendado.

Em muitas aplicações, um segundo transformador fornece alimentação aos circuitos de entrada e às fontes de alimentação, para o isolamento de circuitos.

Segundo Transformador

As fontes de alimentação possuem circuitos que suprimem interferências eletromagnéticas geradas por outros equipamentos. Entretanto, a isolação entre os circuitos dos módulos de saída e as fontes de alimentação e circuitos de entrada ajudam a prevenir transientes da saída, de serem induzidos nas fontes de alimentação e nas entradas. Em muitas aplicações, a alimentação é fornecida aos circuitos de entrada e às fontes de alimentação através de um segundo transformador (Figura 2.4).

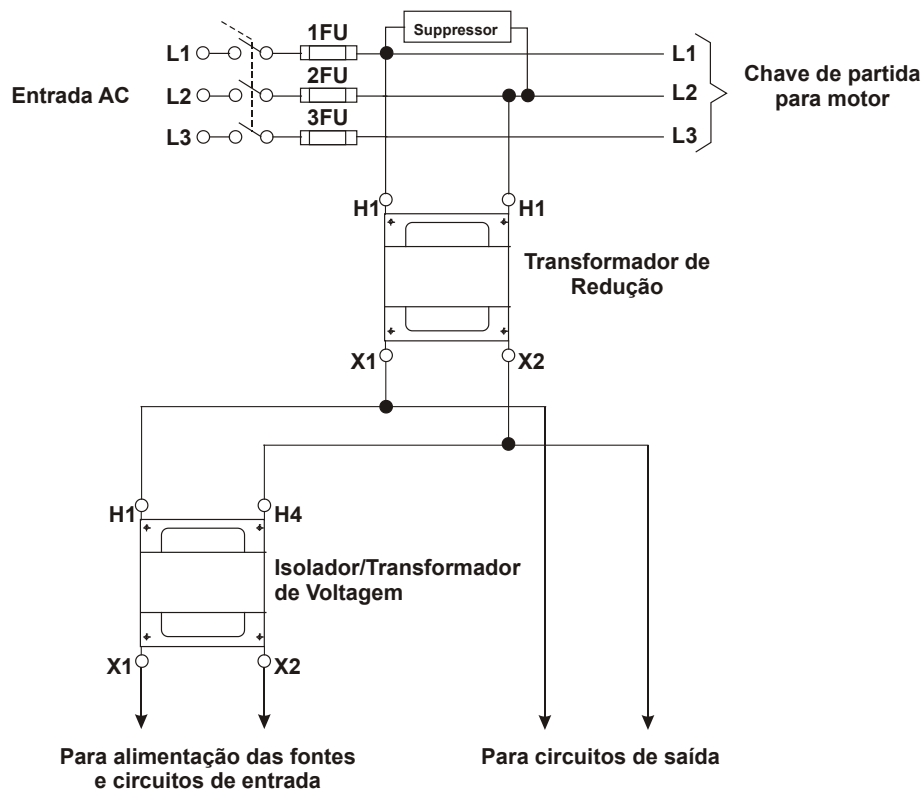


Figura 2.4 - Fontes de alimentação e circuitos de entrada recebendo energia por um transformador separado

NOTA

Para minimizar a geração de EMI temporários quando a alimentação é interrompida pela chave de interrupção, conecte um supressor ao lado do primário do transformador.

Supressão de Surtos

Durante a comutação de toda carga elétrica indutiva surgem picos de tensão transientes (ruído elétrico) que podem passar de 1 KV. Em muitos casos, esse ruído interfere diretamente na origem do comando dessa comutação e até danifica componentes eletrônicos.

Esses picos transientes têm um tempo de subida muito rápido, gerando uma alta tensão induzida, onde os cabos da fiação de um sistema de automação agem (devido à capacitância) como transmissor e receptor desse sinal.

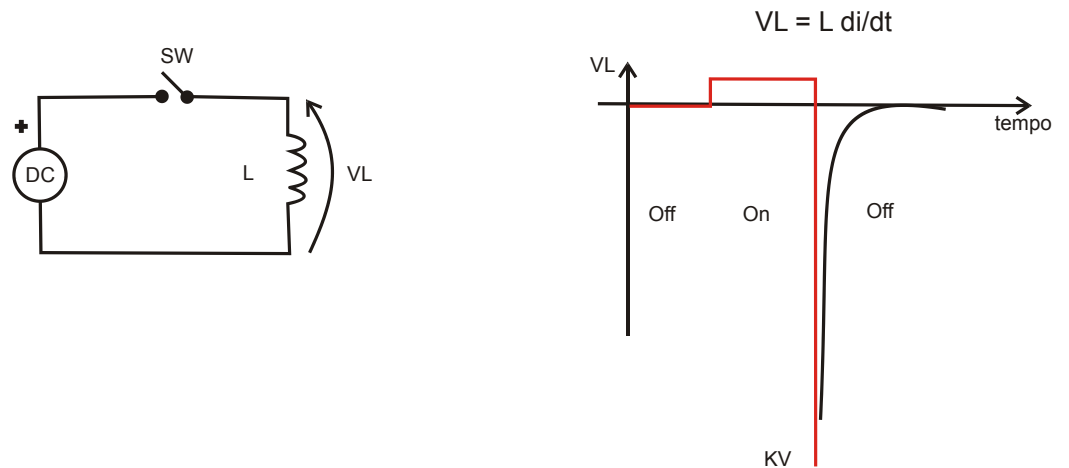


Figura 2.5 – Pico de tensão reversa

Existem algumas alternativas para evitar essa interferência, como acopladores ópticos, comutadores na passagem de zero (*Zero Crossing Switching*), acionamentos indiretos que evitam a chegada do ruído ao comando, etc. Mas o ruído gerado pelo dispositivo comutado continua existindo e muitas vezes é induzido na fiação do sistema, atingindo outros pontos de automação eletrônica, ocasionando defeitos intermitentes no sistema. Portanto, essas formas de tratar o ruído não são eficazes. Ele deve ser eliminado exatamente na fonte do ruído, isto é, para se obter um filtro com melhor desempenho, este deve ser montado o mais próximo possível da carga comutada.

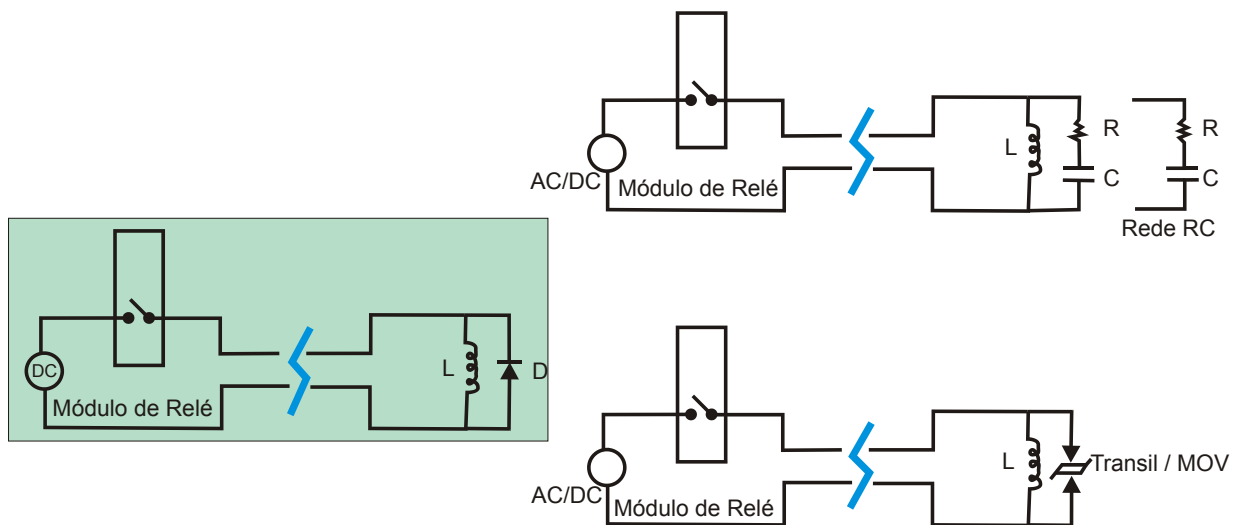


Figura 2.6 - Filtros para cargas AC e DC

Chaveando Carga Indutiva

Veja especificação de cada do módulo E/S relacionada ao circuito RC (snubber) e ao diodo de proteção:

- **Carga DC Indutiva:** Apesar dos módulos de saída digital para a carga DC terem um diodo de proteção, recomenda-se inserir outro diodo de proteção próximo a carga indutiva. Isto evitará o acoplamento de ruído em outros cabos que estejam no mesmo eletroduto.

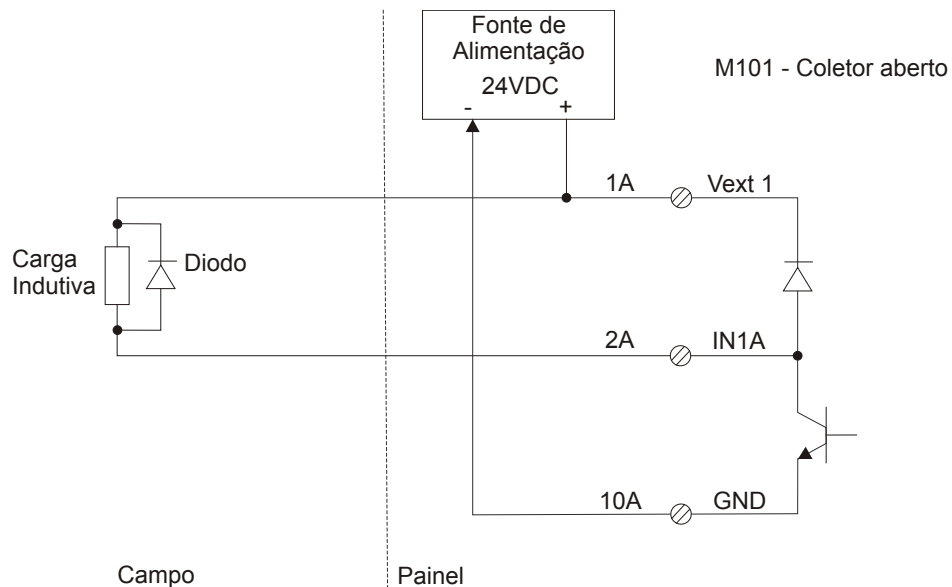


Figura 2.7 – Diodo de proteção em paralelo com a carga DC

- **Carga AC Indutiva:** Apesar dos módulos de saída digital para a carga AC terem um circuito *snubber*, recomenda-se inserir outro circuito *snubber* em paralelo com a carga e próximo a eles. Isto evitará o acoplamento de ruído em outros cabos que estejam no mesmo eletroduto.

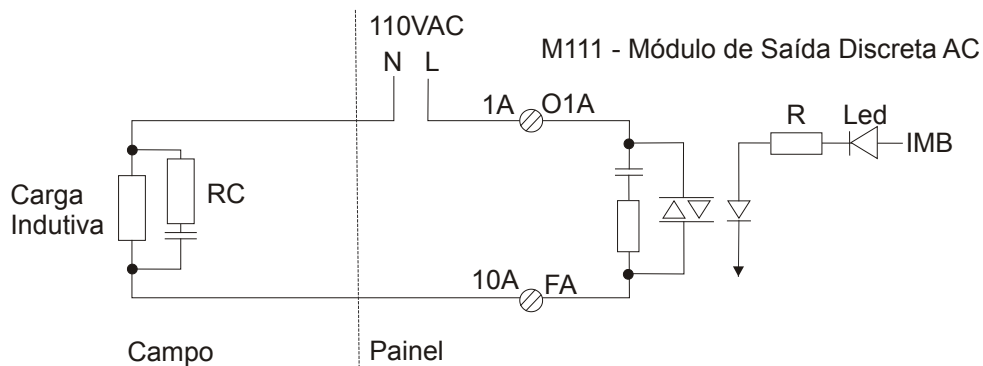


Figura 2.8 – Circuito snubber em paralelo com a carga AC

Sugestão para os componentes da rede RC e o diodo ceifador

A corrente máxima do diodo ceifador deverá ser maior ou igual a corrente máxima da carga, e a tensão máxima deverá ser 3 a 4 vezes maior que a fonte do circuito em 24 Vdc e 8 a 10 vezes maior que a fonte do circuito em 110 Vdc.

O capacitor do circuito RC (AC) deverá ter uma tensão 2 a 3 vezes maior que a tensão da fonte de alimentação. Os valores recomendados são:

INDUTÂNCIA DA CARGA	CAPACITOR
25 – 70 mH	0,500 μ F
70 – 180 mH	0,250 μ F
180 mH - 10H	0,100 μ F

Para cargas até 100 Ω , o resistor do circuito RC deverá ter de 1 a 3 Ω , 2 Watts.

Para cargas que excedam 100 Ω , o valor do resistor deverá ser aumentado até 47 Ω , ½ Watt.

Existem vários fabricantes que fornecem filtros RC, já prontos para ser montados em contadores, válvulas e outras cargas indutivas, um deles é a *Murr Elektronik* (<http://www.murrelektronik.com>) ou a *ICOS* (<http://www.icos.com.br>).

Ferrite Beads

O uso de *Ferrite Beads* pode fornecer supressão adicional para transientes EMI. O ferrite da *Fair-Rite Products Corporation* (código de pedido 2643626502) pode ser usado em condutores de categoria 2 e 3. É possível instalá-los utilizando cintas de amarração. Com um ferrite localizado próximo à terminação de um cabo, transientes EMI induzidos no cabo podem ser suprimidos pelo ferrite antes de entrar no equipamento.

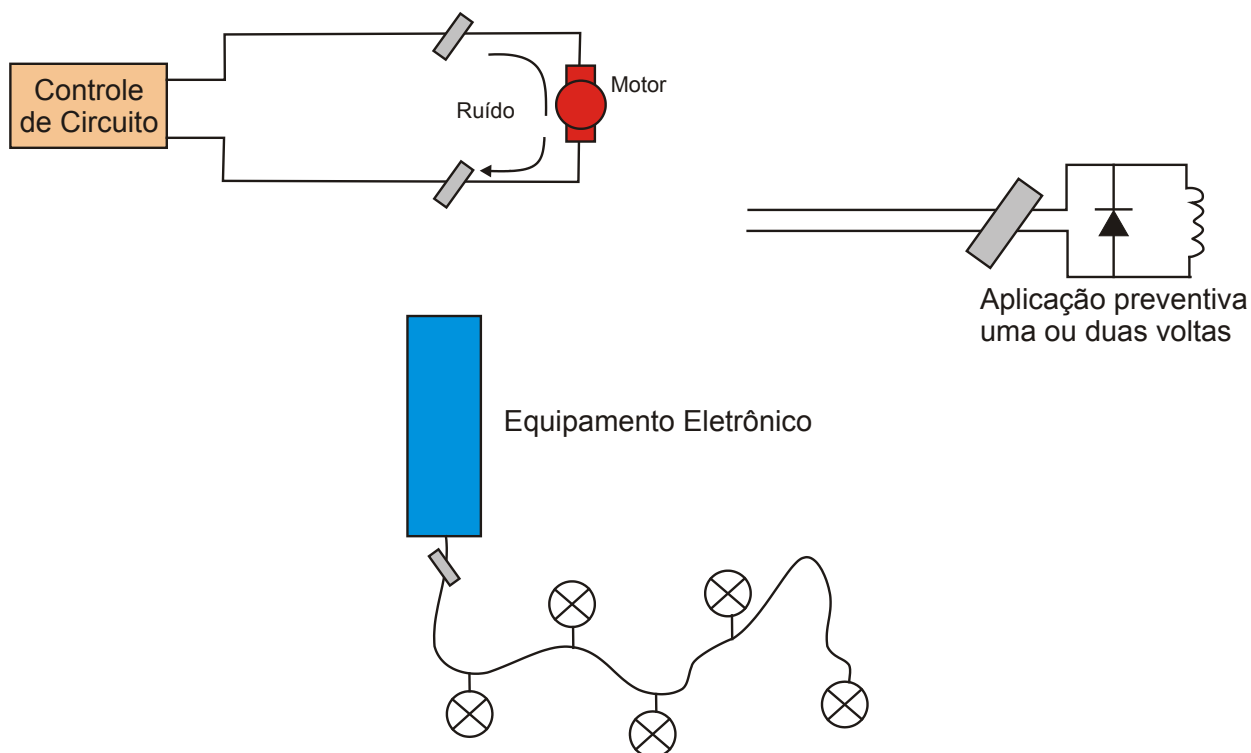


Figura 2.9 - Aplicação de ferrites em linhas de controle

INSTALAÇÃO DE REDES DIGITAIS

Rede Ethernet Industrial



Introdução

Grande parte das redes de automação Ethernet utilizadas atualmente na indústria são projetadas com a mesma tecnologia disponível para as redes de escritórios e redes corporativas.

As redes são divididas em camadas: física (fibra ou par trançado, camada 1), métodos de acesso (CSMA/CD, camada 2), protocolo IP (camada 3), os protocolos TCP e UDP (camada 4) assim como também os protocolos HTTP, FTP, SNMP etc.

Esta seção abordará apenas a parte de *hardware* das redes, ou seja, até a camada 3, pois a camada 4 é referente aos protocolos da rede ethernet.

O nosso objetivo com estas boas práticas de instalação para a rede Ethernet industrial é utilizar todas as características desta infraestrutura citada, mas respeitando os requisitos do ambiente de automação industrial, que exige robustez das instalações, alta performance na obtenção da informação, ambiente em tempo real e segurança dos dados.

A Ethernet tem uma topologia de barramento lógica que leva a domínios de colisões. Estes domínios de colisões devem ser minimizados para que a rede possa ser considerada determinística. Normalmente, utiliza-se *switches* e roteadores para eliminação das colisões além da segmentação propriamente dita das redes.

Inicia-se o planejamento para a implantação da rede Ethernet através do estudo da planta baixa das áreas da planta, onde são projetadas a distribuição e a segmentação da rede Ethernet. Nesse momento, são considerados alguns aspectos de cada camada da topologia da rede.

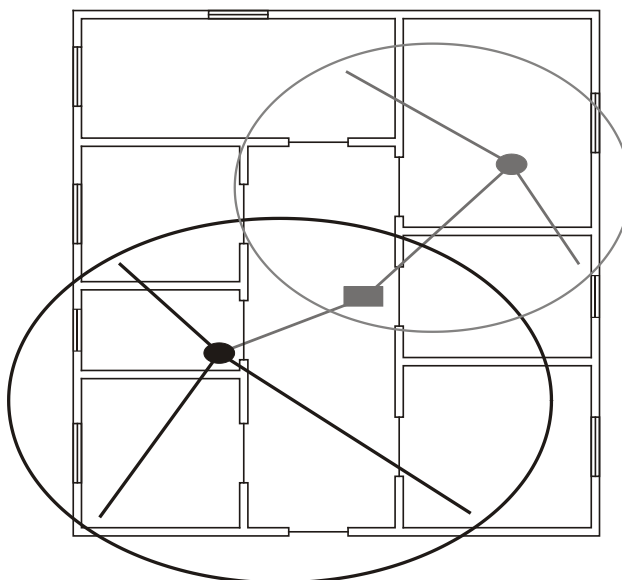


Figura 3.1 - Estudo da planta baixa para implementação da rede Ethernet

Algumas técnicas e boas práticas são relatadas a seguir.

NOTA

Para o detalhamento das instalações, recomendamos a utilização dos manuais específicos de cada equipamento na rede.

Camada 1 – A Rede física

Nessa primeira etapa, que é a rede física, define-se:

1. **O tipo de cabo:** tipicamente, é usado o cabo da categoria CAT5e-Blindado, em par trançado (100BASE-TX) o qual suporta bem frequências de até 100 MHz.

O uso de cabo blindado é recomendado por aumentar a imunidade da rede contra as interferências eletromagnéticas, assim como, reduzir a emissão eletromagnética do cabo para o ambiente. Para se obter essa imunidade contra as interferências eletromagnéticas, deve-se seguir algumas regras:

- A malha de blindagem deve envolver todo o cabo e, inclusive, os componentes como conectores e *patch panels* presentes na rede. Nesta situação, não devem ser utilizados *patch cords* sem blindagem (UTP).
- Nenhuma abertura deve ser permitida na blindagem. Com isso, evita-se entrada de interferências (EMI).
- A malha deve ser aterrada nos dois pontos do cabo. Os elementos que serão interligados, normalmente, estão sujeitos à mesma diferença de potencial. Se não for este o caso, o uso de fibra óptica é mandatório, como descrito no decorrer dessa seção.

NOTA

Caso as condições anteriores não possam ser atendidas, recomenda-se, utilizar cabo sem blindagem (UTP), pois, pode ser mais eficiente do que ter as instalações com blindagem precária, acarretando neste último caso, o efeito de antena para os ruídos.

2. **O tipo de topologia:** a topologia em estrela estendida é a mais difundida atualmente, conforme mostra a figura a seguir.

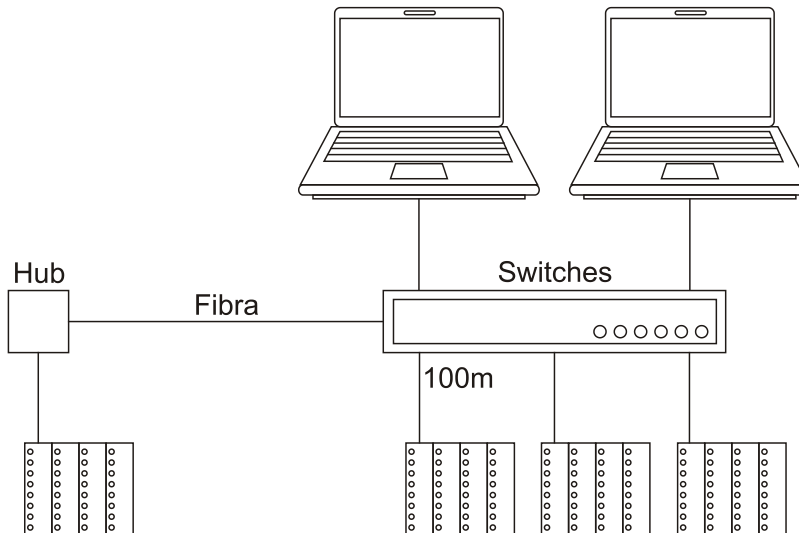


Figura 3.2 – Topologia de Rede em Estrela

Neste tipo de topologia, as informações enviadas a cada nó da rede serão recebidas graças ao uso do *switch*.

Adicionalmente, são utilizados no projeto *hubs*, repetidores e *transceivers*, juntamente com outros componentes da camada 1, tais como: plugues, cabos, fibra, conectores e *patch panels*.

IMPORTANTE

Para facilitar a manutenção preventiva e/ou reativa, mantenha a documentação da topologia atualizada, constantemente, à medida que novos componentes são inseridos na rede.

Camada 2

Na segunda etapa, nos preocupamos com a topologia de LAN da camada 2, que tem como objetivo, adicionar dispositivos visando a melhoria da performance e da capacidade da rede. O uso de *switches* reduz o congestionamento e o tamanho do domínio de colisão. A utilização de *switches* gerenciados é recomendada para aumentar a capacidade de gerenciamento dos pacotes *multicasts*, segurança dos pacotes e possibilidade de diagnóstico na rede.

Vários protocolos acabam requerendo uma atenção especial na topologia da rede utilizada. Utilizando equipamentos que suportam o FF HSE (FOUNDATION™ *fieldbus High Speed Ethernet*) e o modelo “produtor-consumidor” como um exemplo, sabe-se que os equipamentos utilizarão UDP *multicast* para envio de informação para os outros equipamentos pertencentes à mesma estratégia de controle. Este uso do tráfego *multicast*, como otimização do controle, contida neste protocolo, pode ser uma desvantagem se considerar o aumento exponencial do tráfego da rede caso haja um aumento ilimitado do número de equipamentos na mesma rede. Recomenda-se, portanto, não instalar mais que 32 pares de equipamentos de controle e até 3 computadores servidores em uma mesma rede.

Outro fator a ser considerado na topologia relativo ao *multicast* e/ou *broadcast*, é o filtro que será imposto por roteadores entre diferentes subredes, o que é previsto pela camada 3. Normalmente, os roteadores são recomendados para segmentar as diferentes áreas de uma planta. Este isolamento entre redes impedirá a troca de pacotes entre equipamentos. Veja a figura 3.3.

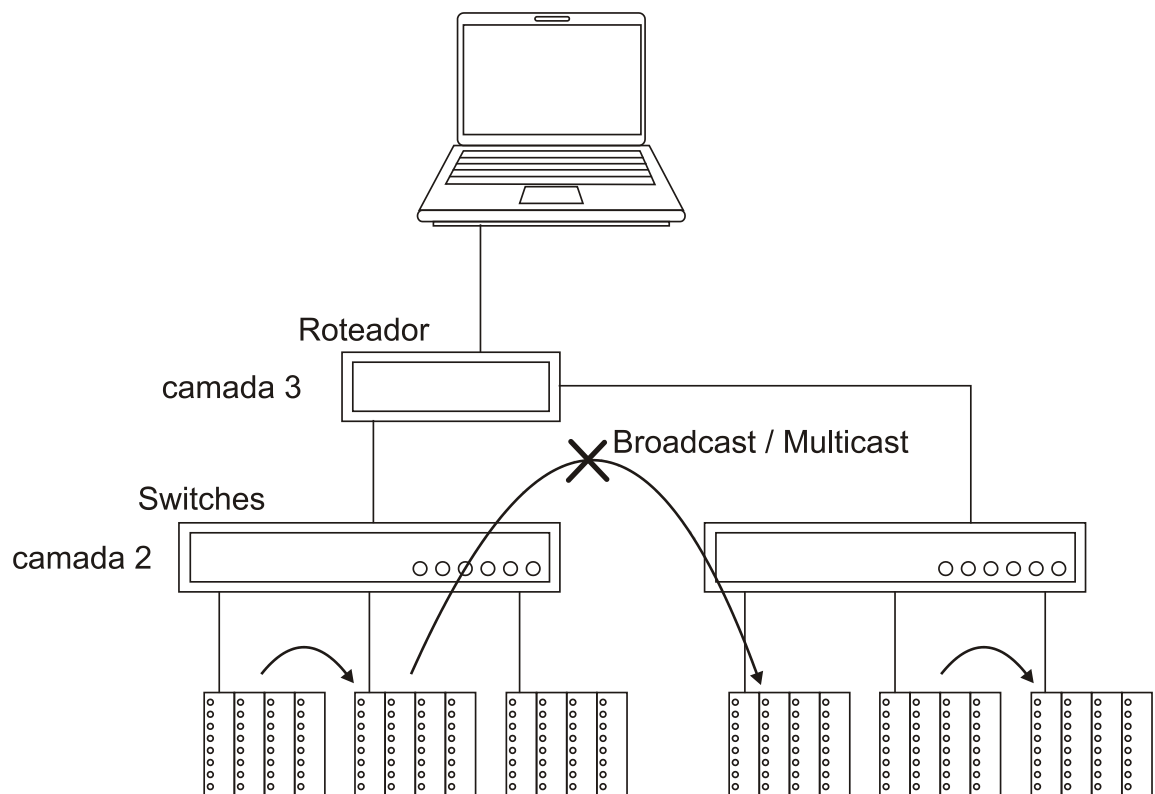


Figura 3.3 – Isolamento de redes HSE através do uso de roteadores

Deve-se, portanto planejar muito bem quais os equipamentos que necessitam estar presentes em uma mesma área de uma planta, estando estes, portanto no mesmo domínio de colisão ou na mesma rede.

Camada 3

Na terceira etapa, camada 3, são implementados os roteadores para o roteamento e a segmentação da rede.

Os roteadores são usados para criar caminhos entre as diversas redes da planta, como LANs e WANs. Os roteadores impõem uma estrutura lógica na rede e são usados para segmentação.

Os roteadores, ao contrário de *bridges*, *switches* e *hubs* quebram os domínios de colisão e de *broadcast*, impedindo o funcionamento de links HSE *multicast* que foram mencionados anteriormente. Através da configuração correta dos *Default Gateways*, permite-se que equipamentos de uma determinada rede, através de *WebServer* embutido, disponibilize informações de diagnóstico para as diversas redes inclusive internet (Figura 3.4).

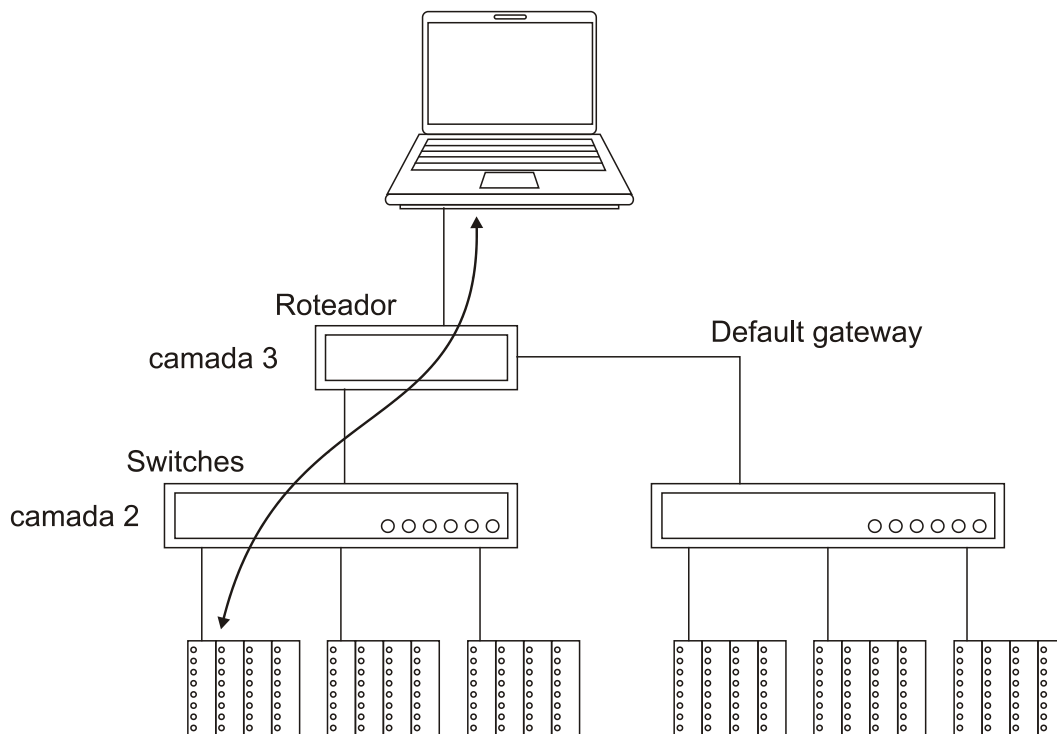


Figura 3.4 – O uso de Default Gateways

Alguns *switches* têm capacidade de VLANs (*Virtual Local Area Networks*) e são utilizados também para segmentação das redes.

Estes *switches* têm um *backbone* interno muito rápido, separando os domínios de colisões sem impor nenhum tipo de redução da capacidade da rede. Neste caso é necessário o mapeamento das portas do *switch*, as quais serão utilizadas para cada diferente subrede.

Um *switch* com uma VLAN implementada tem múltiplos domínios *broadcast* e funciona de maneira semelhante ao roteador. Entretanto, ainda é necessário um roteador (ou um mecanismo de roteamento de camada 3) para rotear uma VLAN para a outra.

IMPORTANTE**ORIENTAÇÕES SOBRE TOPOLOGIA EM ANEL ETHERNET**

Ao utilizar uma topologia de rede Ethernet em anel não é possível eliminar completamente o risco de Broadcast e loop do anel, mas algumas ações podem colaborar na minimização dos problemas causados.

É necessário prestar atenção aos seguintes itens abaixo:

1 - Não utilizar qualquer conexão que possa gerar loop ao sistema, realizado por meio de switches não gerenciáveis e/ou hubs.

2 - Ao usar filtros de Broadcast nos switches é possível limitar a quantidade de Broadcast por segundo na rede, cujo valor aceitável depende sempre de cada aplicação. A "boa prática" diz que se há mais de 500 Broadcast por segundo, sua rede já está experimentando problemas. Diz ainda que mais de 100 Broadcast por segundo já é um valor indesejável para a rede.

3 - A segmentação da rede por meio de roteadores e firewalls, mesmo em caso de um Storm, proporciona que os efeitos danosos fiquem limitados a uma única região da planta. Quanto mais segmentada a rede, menor o impacto causado em caso de problema.

4 - Avalie e cheque se não há cabos com falhas, ressecamentos e qualidade degradada.

5 - Avalie se o protocolo de redundância configurado nos switches é proprietário **Hirschmann** ou **RSTP (norma IEEE 802.1D ou IEEE 802.1W)**. Switches de outros fabricantes, no mesmo anel, não aceitam protocolo Hirschmann. Para isto, verifique como está o **Redundancy Manager** do anel. Analise via web-server e cheque as DIP switches dos equipamentos.

6 - Desabilite **IGMP Snooping** em todos os switches, aumentando com isto, a disponibilidade e conectividade dos links entre os equipamentos de rede.

7 - Alguns firmwares dos controladores **DFI302**, possuem uma proteção para limitar o impacto de loop no anel. Para isto, deve-se garantir que o parâmetro **FEATURE_SEL**, do bloco funcional **RESOURCE**, esteja configurado com o valor **0x8100**. Firmwares a seguir e superiores implementam esta proteção. São eles: **DF63V4_4_10**, **DF73V4_3_0**, **DF75V4_4_10**, **DF89V4_2_5**, **DF95V4_3_0** e **DF97V4_3_0**.

Wiring Closet

O TIA/EIA-568-A especifica que em uma LAN Ethernet, os lançamentos de cabeamento horizontal devem ser conectados a um ponto central em uma topologia em estrela. O ponto central é o chamado *wiring closet*, onde o *patch panel* e o *hub* devem ser instalados.



Figura 3.5 - Distribuição de cabos ethernet em um painel

O *wiring closet* deve ser grande o suficiente para acomodar todo o equipamento e cabeamento que será colocado nele, e incluir espaço extra para acomodar expansões futuras. Naturalmente, o tamanho do *wiring closet* vai variar com o tamanho da LAN e os tipos de equipamentos necessários para operá-la. Uma LAN pequena (tipicamente, as que formam as redes industriais) precisa apenas de um espaço do tamanho de um gabinete de arquivo grande, enquanto uma LAN grande (*datacenters* para grandes provedores) precisa de toda uma sala.

O TIA/EIA-569 especifica que cada andar deve ter no mínimo um *wiring closet* e *wiring closets* adicionais devem ser fornecidos para cada 1.000 m², quando a área do andar atendido exceder 1.000 m², ou a distância do cabeamento horizontal exceder 90 m.

O *wiring closet* deve incluir equipamento de ar condicionado e ventilação suficiente para manter uma temperatura ambiente de aproximadamente 21 °C, quando todo o equipamento de LAN estiver em total funcionamento. A umidade relativa deve ser mantida em um nível entre 30% e 50%. A inobservância dessas especificações pode resultar em uma séria corrosão da fiação de cobre existente no interior do UTP e do STP. Essa corrosão impede o funcionamento eficaz da rede.

Se a área de captação de 100 m de um *wiring closet* de topologia em estrela simples não puder fornecer cobertura suficiente para todos os dispositivos que precisam ser colocados em rede, a topologia em estrela pode ser estendida usando-se repetidores. Esses repetidores, cuja finalidade é evitar o problema de atenuação do sinal, são chamados de *hubs*.

De um modo geral, quando os repetidores, ou *hubs*, forem utilizados dessa forma, eles estarão localizados em *wiring closets* adicionais chamados de instalações de distribuição intermediária e serão ligados por meios de rede a um hub central localizado em outro *wiring closet* chamado instalação de distribuição principal.

Interligação do Backbone

Backbone (ou espinha dorsal) é o meio central pelo qual várias redes se comunicam. Recomenda-se o uso de cabos de fibra óptica para o cabeamento de *backbone*, para ligar *wiring closets* que estão em andares diferentes do mesmo prédio e entre prédios separados. A razão é simples, é comum que os andares do mesmo prédio sejam alimentados por transformadores de energia diferentes. Os diferentes transformadores de energia podem ter aterramentos diferentes, causando assim os problemas descritos anteriormente. As fibras ópticas não condutoras eliminam o problema de terras diferentes.

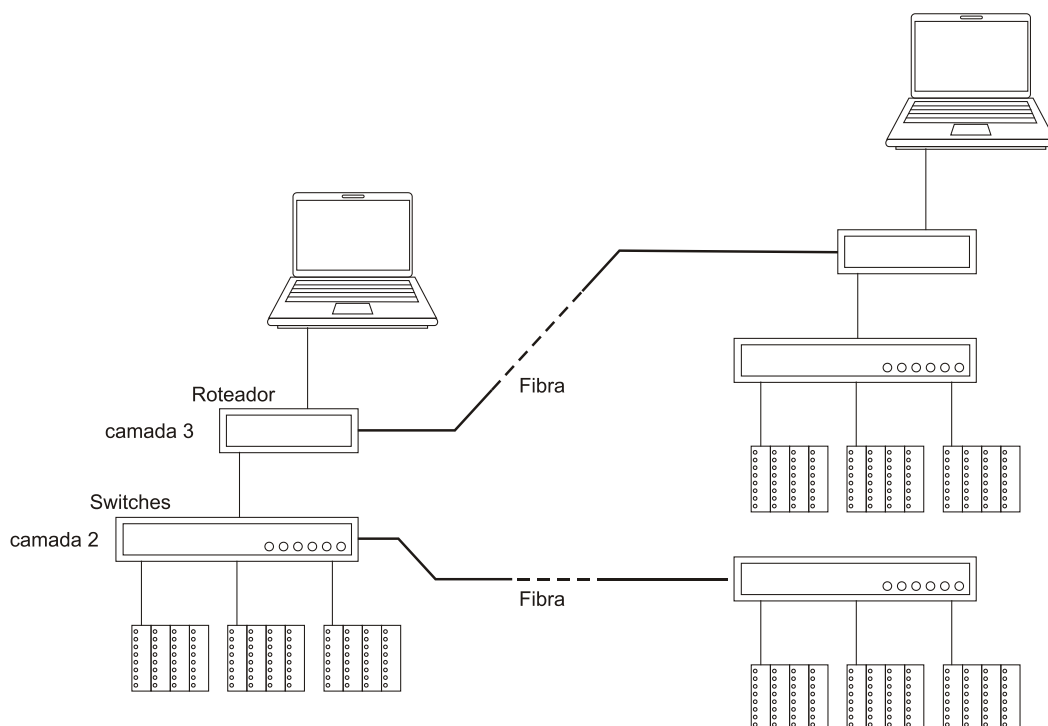


Figura 3.6 – Interligação de *wiring closets*

Se a interligação entre prédios ou andares necessitar do uso de cabo par trançado, recomenda-se nestes casos a utilização de protetores de surto Ethernet. Instale os protetores de surto nas duas pontas da interligação.

Rede Fieldbus

Instalação Elétrica no Equipamento

Para acessar o bloco da ligação elétrica é necessário remover a tampa da conexão elétrica. Se a tampa estiver travada, gire o parafuso de trava no sentido horário. Veja Figura 3.7.

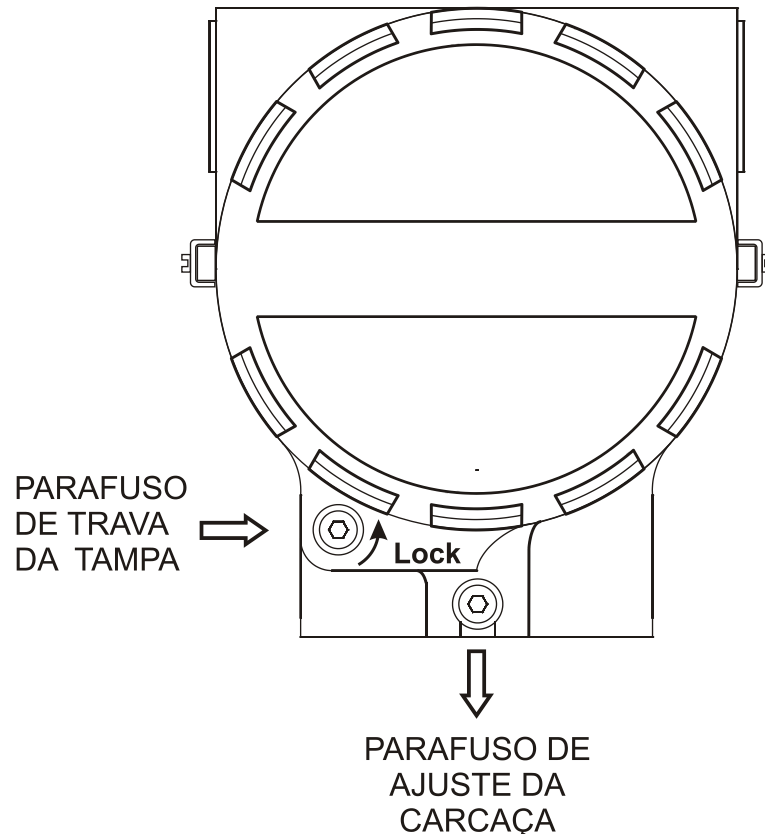


Figura 3.7 - Parafuso de Ajuste da Carçaça e Trava da Tampa

NOTA

As tampas devem ser completamente fechadas manualmente, até que o *O-ring* seja comprimido. Para maior segurança, não se deve utilizar ferramentas nesta operação.

A passagem dos cabos deve ser feita pelas conexões elétricas. As rosca dos eletrodutos devem ser vedadas conforme método de vedação requerido pela área. A conexão elétrica não utilizada deve ser vedada com bujão e vedante apropriado.

O bloco de ligação possui parafusos que podem receber terminais tipo garfo ou olhal, como mostra a Figura 3.8.

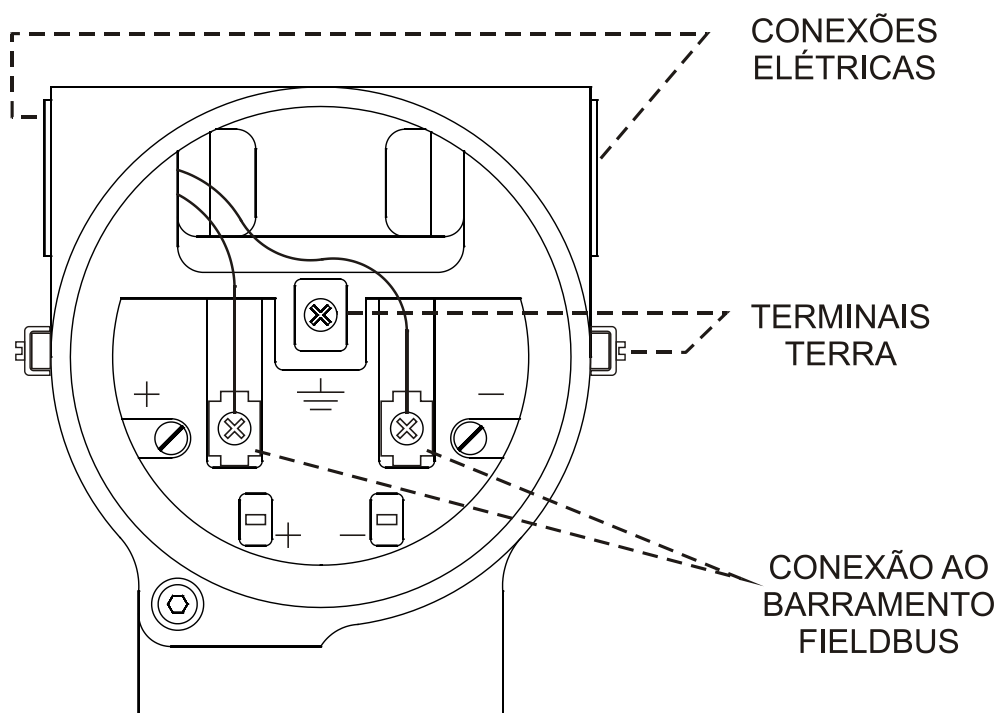


Figura 3.8 - Bloco de Ligação

NOTA

Devido às particularidades de cada equipamento, verifique o bloco de ligação elétrica no manual específico do equipamento.

Para maior conveniência, existem dois terminais de terra: um interno próximo à borneira e um externo, localizado próximo à entrada do eletroduto. Maiores detalhes estão descritos no item *Shield* e Aterramento.

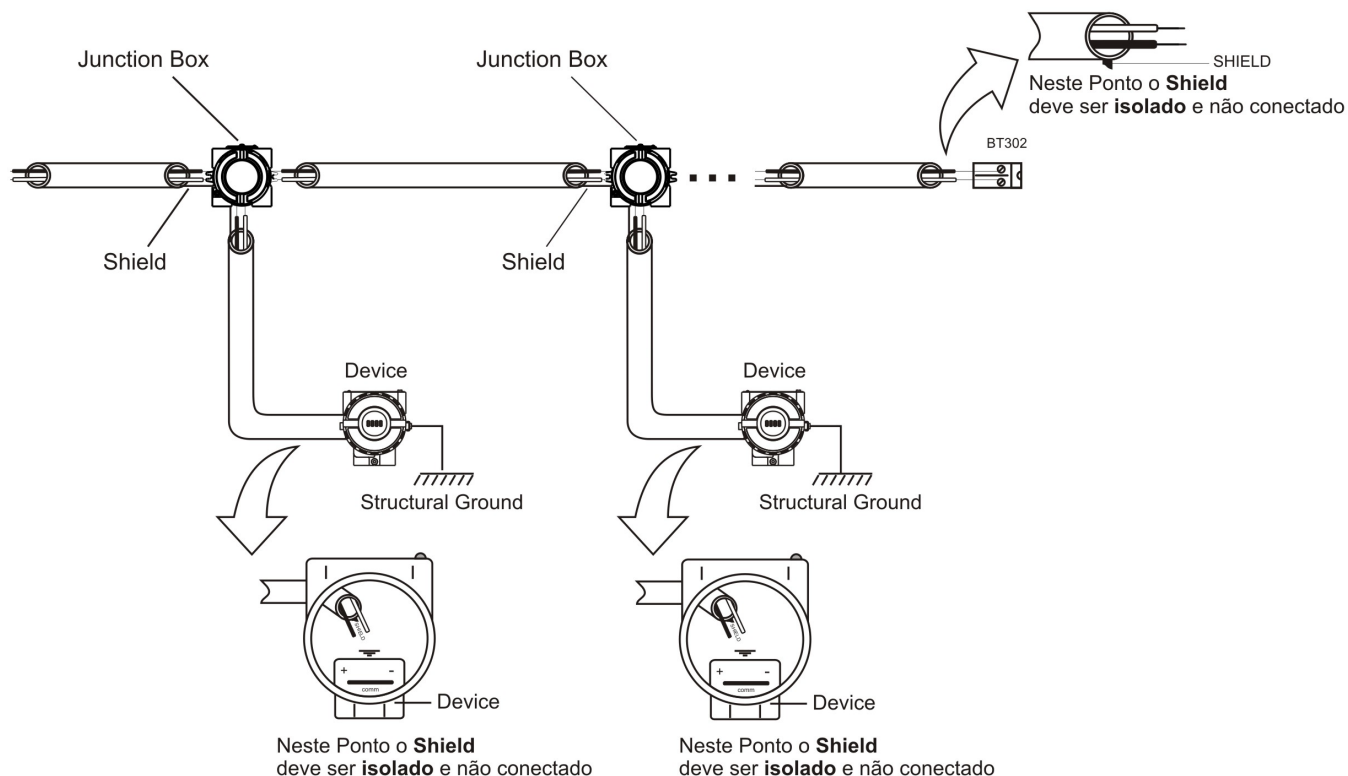
A passagem da fiação de sinal por rotas onde tenha cabos de potência ou comutadores elétricos deve seguir as orientações das tabelas 1 e 2 deste guia.

ÁREAS PERIGOSAS

1. Em áreas perigosas que exigem equipamento à prova de explosão, as tampas devem ser apertadas no mínimo com 8 voltas. Para evitar a entrada de umidade ou de gases corrosivos, aconselha-se apertar as tampas até sentir que o *O'ring* encostou na carcaça, finalizando com mais um terço de volta (120°) para garantir a vedação. As tampas devem ser travadas através dos parafusos de trava.
2. A passagem dos cabos de sinal para ligar aos terminais de ligação deve ser feito pelas conexões elétricas na carcaça, que podem ser conectadas a um eletroduto ou prensa-cabo.
3. As rosca dos eletrodutos devem ser vedadas conforme método de vedação requerido pela área. A passagem não utilizada deve ser vedada com bujão e vedante apropriados.
4. Se outras certificações forem necessárias, estas deverão ser referir ao certificado ou à norma específica para as restrições de instalação.

Os equipamentos da Série 302 são protegidos contra polaridade reversa, podendo resistir até 35 Vdc sem danos, sendo que estes não operam quando submetidos à polaridade reversa.

A Figura 3.9 ilustra como conectar um equipamento à rede Fieldbus.



Nota: Garantir que o Shield seja contínuo em todas as derivações da **Junction Box** e que não esteja em contato com a carcaça.

Figura 3.9 – Modo de Ligação de um Equipamento à Rede Fieldbus

Meio Físico, Cabeamento e Instalação – FOUNDATION™ fieldbus

As primeiras versões da norma especificam duas opções para a camada física: H1 e H2. O H1, com taxa de 31,25 Kbits/s é voltado basicamente para equipamentos de campo (transmissores, posicionadores de válvula, etc), e pode ser usado em áreas onde é necessária segurança intrínseca (ambientes explosivos). O H2, com taxa de 1 a 2,5 Mbps, seria utilizado para integrar controladores e equipamentos mais complexos.

Devido à rápida evolução tecnológica, o H2 foi substituído pelo HSE, que usa Ethernet a 100 Mbps. Assim, para conexão de equipamentos de campo há o FOUNDATION™ fieldbus H1, com camada física baseada na ISAS50.02-1992 ou IEC61158-2:2000. Para conexão entre PLCs, Linking Devices, Gateways e PCs, há o FOUNDATION™ fieldbus HSE, baseado em Ethernet (IEEE802.3-2000, ISO/IEC8802.3-2000).

Rede FOUNDATION™ fieldbus H1

Uma rede Fieldbus é composta por diversos barramentos H1, conectados entre si através de *bridges* ou *Linking Devices* FOUNDATION™ fieldbus, que por sua vez conectam as redes H1 ao *backbone* HSE.

De acordo com as definições, cada barramento H1 pode comportar, teoricamente, até 32 equipamentos não alimentados pelo barramento. Na prática, pode-se ter até 12 equipamentos de campo alimentados pelo próprio barramento e outros 20 equipamentos não alimentados pelo barramento, cada qual com um endereço lógico único na rede (1 byte). Este limite se deve principalmente a características elétricas da fonte e consumo de corrente dos equipamentos. Em termos práticos, recomenda-se que o número total de equipamentos não ultrapasse a 10, pois o tráfego na rede tende a se tornar muito alto e pode-se ter uma degradação de desempenho. Em áreas classificadas, recomenda-se analisar a saída da barreira de segurança intrínseca para se definir o número de equipamentos. Com o conceito FISCO, pode-se ter uma maior quantidade de equipamentos por segmento.

O comprimento da linha de comunicação pode chegar a 1900 m sem repetidor. Pode-se usar até 4 repetidores, atingindo 9500 m.

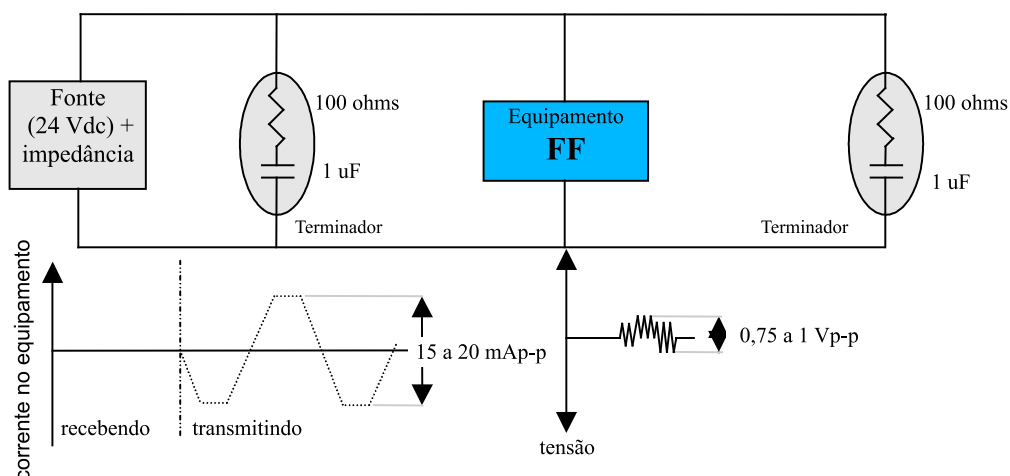


Figura 3.10 – Simplicidade da Camada Física FOUNDATION™ fieldbus H1 (IEC61158-2)

O meio físico é um par trançado blindado. A alimentação e a comunicação ocorrem pelo mesmo par, necessitando de no mínimo 9 V no terminal do equipamento para energizá-lo. Recomenda-se que esta tensão seja maior que 10 V e suficiente para manter um sinal íntegro de comunicação (0,75 Vpp a 1 Vpp), levando-se em conta alguns fatores como, por exemplo, perda de tensão no cabo e consumo total do barramento.

A modulação do sinal é feita pela variação de uma corrente de ± 10 mA a 31,25 Kbit/s em uma carga equivalente de 50 Ω , resultando em uma tensão modulada de 0,75 Vpp a 1 Vpp, sobreposta à tensão do barramento (9 - 32 Vdc).

Tanto a corrente quanto a tensão mínima de operação podem variar de acordo com o fabricante ou modelo do equipamento (consulte o respectivo manual). Para equipamentos SMAR da Linha 302, cada equipamento Fieldbus consome 12 mA.

Rede FOUNDATION™ fieldbus HSE

Esta rede baseia-se na mesma camada física Ethernet. Diversos fabricantes oferecem equipamentos específicos para aplicações industriais, seja com faixa de temperatura adequada (-40 a 85 °C), seja com funções específicas para comunicação de dados em tempo real.

As características de comunicação e sincronismo entre os equipamentos são basicamente as mesmas do H1, sendo que as principais diferenças estão no determinismo. Através do uso da rede Ethernet na rede FOUNDATION™ fieldbus HSE é possível construir uma rede de controle industrial com componentes de prateleira, independentemente do fabricante.

O padrão HSE usa 100 Mbps, mas nada impede que os equipamentos se comuniquem a taxas maiores, tais como 1 Gbps ou mesmo o novo padrão 10 Gbps.

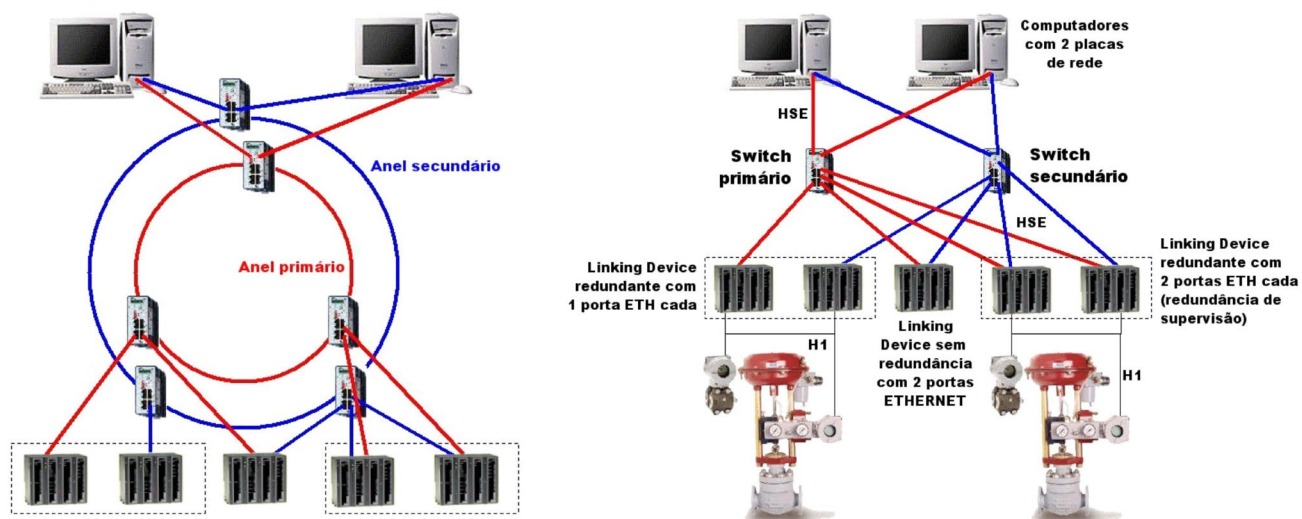


Figura 3.11 – Topologias Usuais da Rede HSE: Anel e Estrela com Redundância

Resumo das Características da Rede H1 e HSE

Segue na Tabela 3.1 abaixo um resumo das características presentes em uma rede H1 e uma rede HSE.

	H1	HSE
Taxa de Comunicação	31,25 Kbits/s	10 Mbit/s ou 100 Mbit/s
Distância (segmento)	1.900 m	100 m
Dois fios	Sim	Não
Multidrop	Sim	Não (UTP)
Bus-power	Sim	Não
Intrinsicamente Segura	Sim	Não
Redundância	Não	Sim
Determinística	Sim	Sim (com switches)

Tabela 3.1 - Resumo das Características da Camada Física FF

Noções Gerais de Instalação para a Rede H1

A rede H1 representa uma ótima solução de comunicação digital para o chão de fábrica, tanto em áreas seguras quanto em áreas classificadas. Aceita topologias em barramento, em anel, em estrela ou em árvore, chegando a distâncias de até 1.900 m sem repetidor.

Usando até 4 repetidores é possível cobrir um raio de aproximadamente 10 km. A quantidade máxima de equipamentos em cada segmento H1 depende do tipo de aplicação, do comprimento dos cabos e até mesmo do desempenho desejado para a rede.

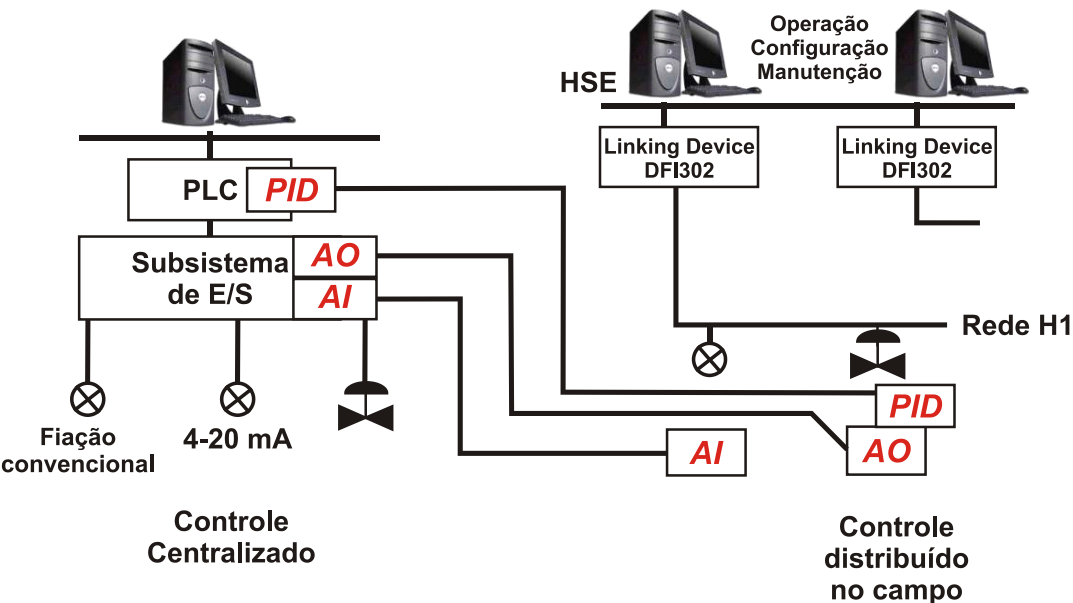


Figura 3.12 - Comparação de Fiação e Distribuição do Controle pelos Equipamentos da Rede

Elementos Principais da Rede FOUNDATION™ fieldbus H1

Cabeamento

A IEC61158-2 determina que o meio físico da rede FOUNDATION™ fieldbus H1 deve ser um par de fios trançados. As propriedades de um barramento de campo são determinadas pelas características elétricas do cabo utilizado.

Embora a IEC61158-2 não especifique tecnicamente o cabo, o cabo tipo A é altamente recomendado, a fim de se obter melhor desempenho da comunicação em função da distância envolvida.

A Tabela 3.2 apresenta em detalhes as especificações dos diversos cabos a 25 °C. Lembre-se que a maioria dos fabricantes de cabos recomendam a temperatura de operação entre -40 °C e +60 °C. É necessário verificar os pontos críticos de temperatura por onde é passado o cabeamento e se o cabo suporta a temperatura do local onde será instalado. A resistência do cabo tipo A de 22 Ω/Km é válida a 25 °C. Por exemplo, a resistência do cabo tipo A a 50 °C é 24,58 Ω/km. Isso deve ser levado em conta em países quentes como o Brasil.

	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Descrição do Cabo	Par trançado com Shield	Um ou mais pares trançados total com Shield	Diversos pares trançados sem Shield	Diversos pares não-trançados, sem Shield
Área de Seção do Condutor Nominal	0,8 mm ² (AWG 18)	0,32 mm ² (AWG 22)	0,13 mm ² (AWG 26)	0,25 mm ² (AWG 16)
Máxima Resistência DC (loop)	44 Ω/Km	112 Ω/Km	264 Ω/Km	40 Ω/Km
Impedância Característica a 31,25 KHz	100 Ω ± 20%	100 Ω ± 30%	**	**
Máxima Atenuação a 39 KHz	3 dB/Km	5 dB/Km	8 dB/Km	8 dB/Km
Máxima Capacitância Desbalanceada	2 nF/Km	2 nF/Km	**	**
Distorção de Atraso de Grupo (7,9 a 39 KHz)	1,7 µseg/Km	**	**	**
Superfície Coberta pelo Shield	90%	**	-	-
Recomendação para Extensão de Rede (incluindo spurs)	1900 m	1200 m	400 m	200 m

Tabela 3.2 – Características dos Diversos Cabos Utilizados em FOUNDATION™ fieldbus H1, Comprimento Total do Cabo e Regras de Distribuição e Instalação

O comprimento total do cabo H1 deve ser considerado desde a saída do ponto da PSI (*power supply impedance* - fonte com impedância ativa) até o ponto mais distante do segmento, considerando as derivações. Braços menores que 1 m não entram neste total.

O comprimento total do cabeamento é a somatória do tamanho do *trunk* (barramento principal) mais todos os *spurs* (derivações maiores que 1 m), sendo que com cabo do tipo A, esse comprimento é no máximo 1900 m em áreas não-classificadas. Em áreas classificadas com cabo tipo A, o comprimento máximo é 1000 m, considerando que os *spurs* não podem exceder 30 m.

Referente a instalação e distribuição é recomendado evitar *splice*, ou seja, qualquer parte da rede que tenha um meio condutor especificado e um comprimento descontínuo menor que 1 m, como por exemplo: remoção de blindagem, troca do diâmetro do fio, conexão a terminais nus, etc. Em redes com comprimento total maior que 400 m, a somatória dos comprimentos de todos os *splices* não deve ultrapassar 2% do comprimento total e ainda, em comprimentos menores do que 400 m, não devem exceder 8 m.

O comprimento máximo de um segmento H1 quando se utiliza cabo de tipos diferentes fica limitado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\left(\frac{LA}{LA \text{ max}}\right) + \left(\frac{LB}{LB \text{ max}}\right) + \left(\frac{LC}{LC \text{ max}}\right) + \left(\frac{LD}{LD \text{ max}}\right) \leq 1$$

Onde:

LA : Comprimento do cabo *A* ;

LB : Comprimento do cabo *B* ;

LC : Comprimento do cabo *C* ;

LD : Comprimento do cabo *D* ;

LA max : Comprimento máximo permitido com o cabo *A* (1900 m);

LB max : Comprimento máximo permitido com o cabo *B* (1200 m);

LC max : Comprimento máximo permitido com o cabo *C* (400 m);

LD max : Comprimento máximo permitido com o cabo *D* (200 m).

Com relação aos braços (*spurs*), é necessário estar atento aos comprimentos, pois a quantidade de equipamentos (deve ser considerado os repetidores quando houver) deve estar de acordo com a Tabela 3.3. Em áreas classificadas o comprimento máximo de um *spur* é de 30 m.

Total de Equipamentos H1 por Segmento	Comprimento do <i>Spur</i> (m) com 01 Equipamento	Comprimento do <i>Spur</i> (m) com 02 Equipamentos	Comprimento do <i>Spur</i> (m) com 03 equipamentos	Comprimento do <i>Spur</i> (m) com 04 Equipamentos	Comprimento Considerando a Quantidade Máxima de <i>Spurs</i> (m)
1-12	120	90	60	30	12 x 120 = 1440
13-14	90	60	30	1	14 x 90 = 1260
15-18	60	30	1	1	18 x 60 = 1080
19-24	30	1	1	1	24 x 30 = 720
25-32	1	1	1	1	1 x 32 = 32

Tabela 3.3 - Spur x Número de Equipamentos H1

Observação: O valor da capacitância do cabo também deve ser considerado. Na ausência de dados do fabricante, um valor de 0,15 nF/m pode ser usado para cabos Fieldbus.

$$C_t = \sum (L_s * C_s) + C_d$$

Onde:

C_t : Capacitância total em nF;

L_s : Comprimento do *spur* em m;

C_s : Capacitância do fio por segmento em nF/m (padrão: 0,15);

C_d : Capacitância do equipamento FOUNDATION™ fieldbus.

A atenuação associada a esta capacitância é 0.035 dB/nF. Sendo assim, a atenuação total vale:

$$A = C_t * 0.035 \text{ dB/nF} < 14 \text{ dB}$$

A atenuação deve ser menor que 14 dB, que é o menor sinal transmitido e perceptível ao receptor.

Existem algumas regras que devem ser seguidas, referente ao cabeamento e separação entre outros cabos, tanto para sinais quanto potência. Deve-se, preferencialmente, utilizar bandejamentos ou calhas metálicas, observando as distâncias conforme Tabelas 1 e 2 deste guia. Nunca se deve passar o cabo Fieldbus H1 ao lado de linhas de alta potência, pois a indução é uma fonte de ruído e pode afetar o sinal de comunicação. Além disso, o sinal Fieldbus deve ser isolado de fontes de ruídos, como cabos de força, motores e inversores de frequência. Recomenda-se colocá-los em guias e calhas separadas. O ideal é utilizar canaletas de alumínio, onde se tem a blindagem eletromagnética externa e interna. As correntes de *Foucault* são praticamente imunes, devido à boa condutibilidade elétrica do alumínio. O cruzamento entre os cabos deve ser feito em ângulo de 90°.

Terminadores da Rede H1

Dois terminadores de barramento devem estar conectados à rede H1, sendo um na saída da PSI e o outro no último equipamento (normalmente o mais distante da PSI), dependendo da topologia adotada.

Se na distribuição do cabeamento houver uma caixa de junção no final do tronco principal com vários braços (*spurs*), o terminador de campo deve ser colocado neste ponto, o que facilita na manutenção quando for necessário remover equipamentos.

É preciso se certificar da correta conexão do terminador, lembrando que a falta de terminadores provoca um descasamento de impedância e aumento da reflexão de sinal.

A falta de um terminador ou sua conexão em ponto incorreto também degrada o sinal, uma vez que deixará parte do cabeamento como uma antena. A ausência pode aumentar em mais de 70% o nível do sinal e um terminador a mais pode atenuar o nível do sinal em até 30%. Tanto a ausência de terminadores como a conexão em local errado podem prejudicar a comunicação.

O terminador da rede H1 é composto de um resistor de $100 \Omega \pm 2\%$ e um capacitor de $1 \mu\text{F} \pm 20\%$ em série.

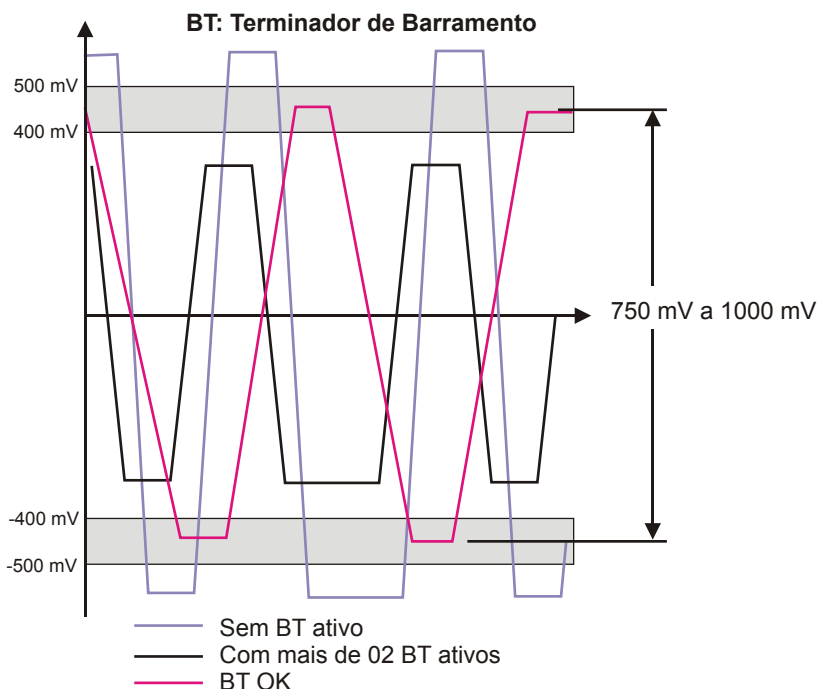


Figura 3.13 – Formas de Ondas Típicas do H1 de Acordo com a Terminação

A seguir têm-se as formas de ondas reais referentes aos três casos citados na Figura 3.13.

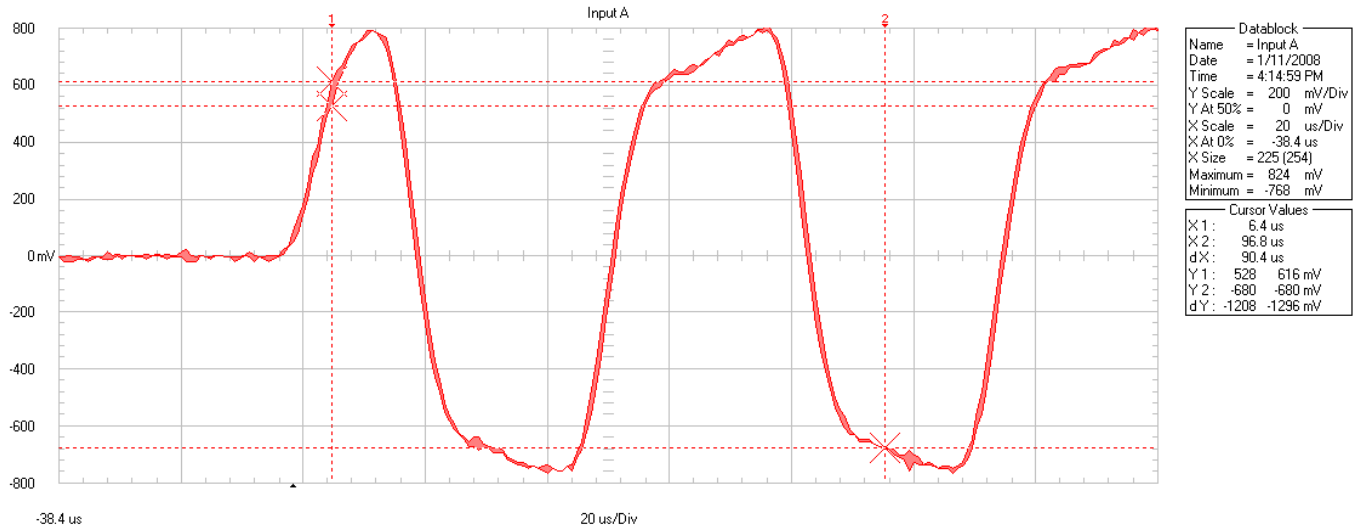


Figura 3.14 – Forma de Onda sem BT Ativo

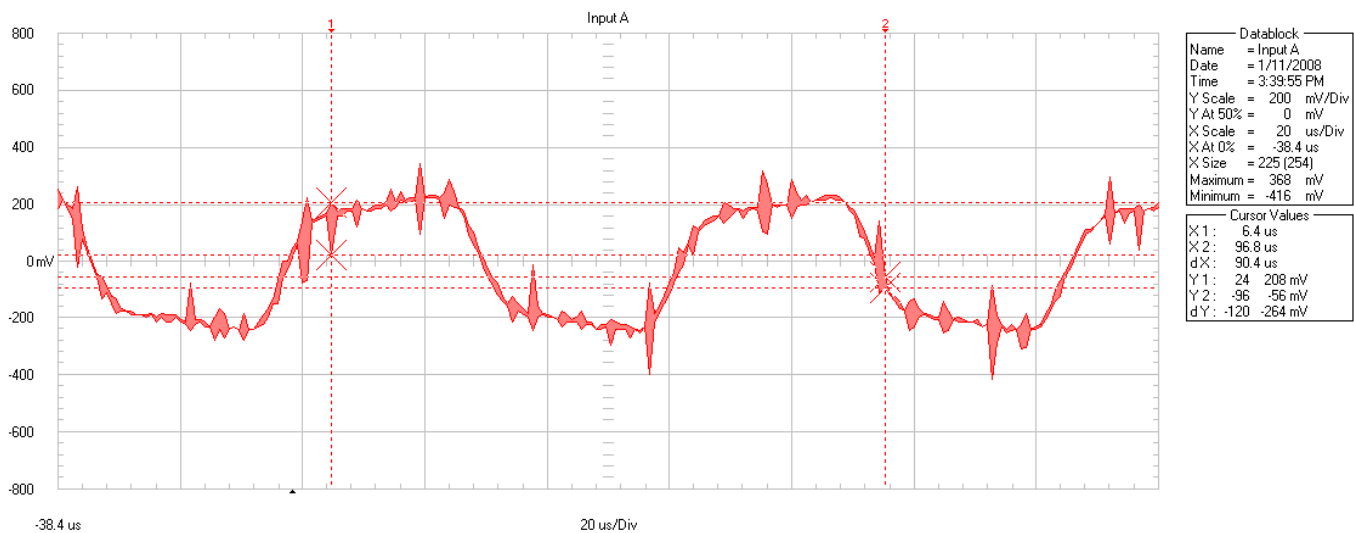


Figura 3.15 – Forma de Onda com mais de 2 BTs Ativos

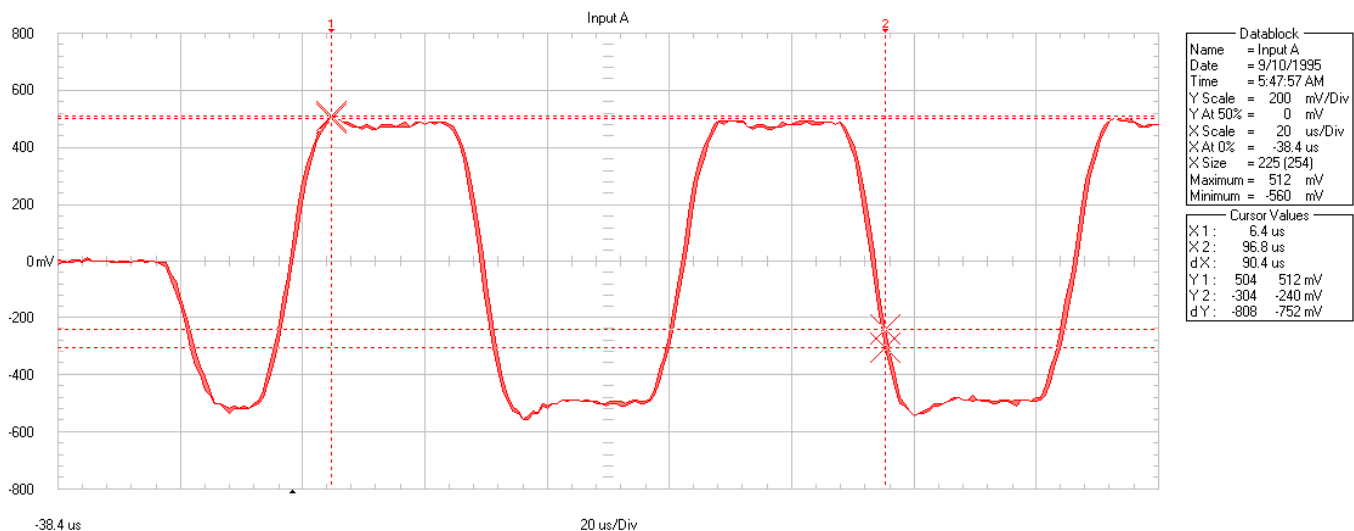


Figura 3.16 – Forma de Onda com BT Correto

Verifique a posição dos terminadores nas seguintes topologias.

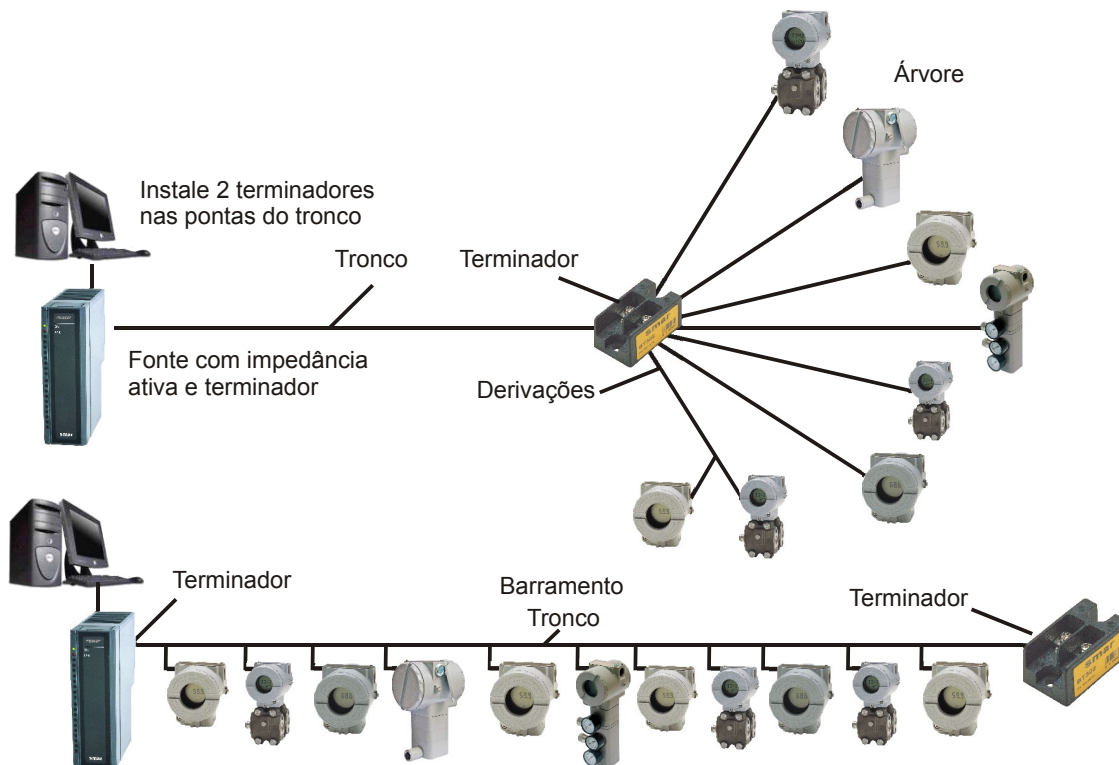


Figura 3.17 - Posição dos Terminadores nas Topologias Árvore ou Estrela e Barramento

Fonte de Alimentação

A fonte de alimentação normalmente possui saída de 24 Vdc com capacidade de alguns ampéres. Esta pode ter capacidade de operar em modo redundante e deve possuir sinalização de falhas e proteções contra surtos, transientes e curto-circuito. A Smar possui a fonte de alimentação DF52, que atende a estas características.

Sinal de alimentação, na prática, são considerados como valores aceitáveis:

- 12 a 32 Vdc na saída da PSI (Impedância Ativa);
- Ripple (mV):
 - < 25: excelente;
 - 25 < r < 50: ok;
 - 50 < r < 100: aceitável;
 - > 100: não aceitável.

Sinal de comunicação, na prática, são considerados como valores aceitáveis:

- 750 a 1000 mVpp: ok;
- > 1000 mVpp: Muito alto. Pode haver um terminador a menos.

Algumas barreiras e protetores de segmento (*spur guard* ou *segment protector*) possuem uma alta impedância em série e podem resultar em sinais de até 2000 mV e mesmo permitir a operação adequada.

- < 250 mVpp: Muito baixo. É necessário verificar se há mais de 2 terminadores ativos, fonte de alimentação, etc.

Ao ligar os equipamentos é muito importante verificar a polaridade correta. Todos os equipamentos estão conectados em paralelo, isto é, todos os terminais negativos juntos e todos os terminais positivos juntos. O uso de fios coloridos codificados é recomendado para distinguir o positivo do negativo.

Impedância Ativa (PSI)

A impedância ativa evita que a baixa impedância da fonte de alimentação atenuar o sinal de comunicação do barramento, permitindo que a alimentação seja fornecida no mesmo par de fios.

Ela funciona como baixa impedância para DC e alta impedância para o sinal AC da comunicação, podendo adicionalmente conter um terminador interno acionado por uma chave frontal. A impedância ativa é fundamental para o correto funcionamento da rede.

A impedância para FOUNDATION™ fieldbus é um equipamento de controle de impedância ativo, não-isolado, de acordo com o padrão IEC61158-2. Este equipamento apresenta uma impedância de saída que, em paralelo com os dois terminadores de barramento (um resistor de 100 Ω em série com um capacitor de 1 μ F) atendendo ao padrão, resulta em uma impedância de linha puramente resistiva para uma ampla faixa de frequência. O módulo DF49 da Smar possui dois canais e o módulo DF53 possui quatro canais.

Repetidores H1

O repetidor passivo permite aumentar o raio de alcance de 1900 m do segmento H1 amplificando o sinal. É possível usar até 4 repetidores trabalhando com preâmbulo de 8 bits ou chegar a 8 repetidores com preâmbulo de 16 bits. Normalmente é permitido um máximo de 4 repetidores.

Como o repetidor isola o sinal de comunicação e a alimentação, é possível conectar equipamentos que drenem mais corrente do barramento ou até mesmo criar novos segmentos a partir de um mesmo barramento principal (Figura 3.18). A Smar disponibiliza o repetidor RP302, assim como o modelo DF47 que atua como repetidor e barreira de segurança intrínseca.

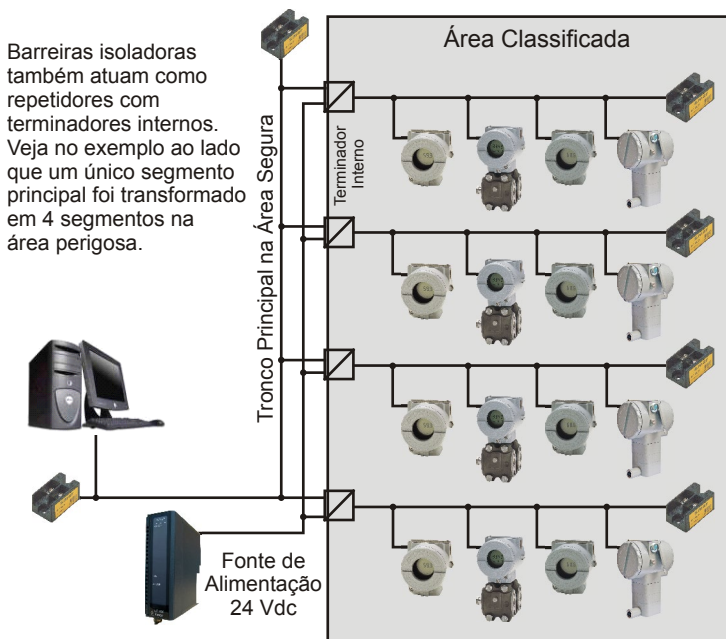


Figura 3.18 - Isolação Provida pela Barreira

Barreira de Segurança Intrínseca

A barreira de segurança intrínseca tem a função primordial de limitar a energia disponível no barramento que circula pelas áreas classificadas.

Uma área classificada é aquela onde a atmosfera é potencialmente explosiva. A barreira isola e repete o sinal FF, permitindo que diversos segmentos do lado perigoso sejam conectados ao lado seguro (veja Figura 3.18). A SMAR disponibiliza o modelo DF47, que atua como repetidor e barreira de segurança intrínseca, assim como o modelo SB302 que é uma barreira isolada.

Caixa de Derivação

Permite a conexão e desconexão de equipamentos sem a interrupção da continuidade do barramento, simplificando e aumentando a disponibilidade e manutenção da planta. Reduz o tempo de *start-up*, o tempo de paradas e reduz os custos de cablagem.

A caixa de derivação da SMAR (JM400) tem carcaça à prova de explosão e umidade (IP66/68). Possui mecanismo de trava da tampa e não requer suporte específico. Veja Figura 3.19 e 3.20.

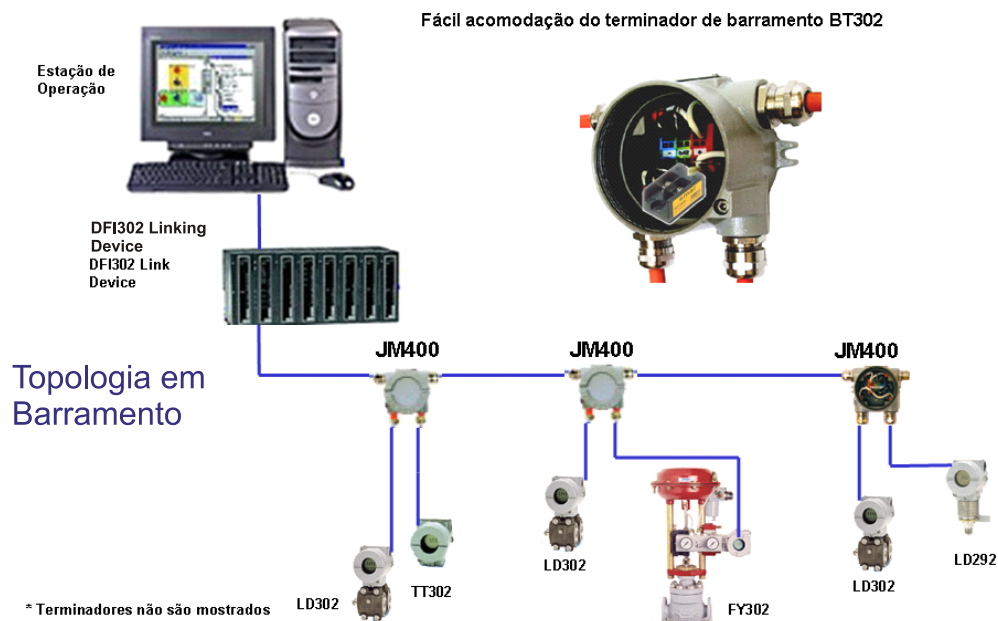


Figura 3.19 - Rede de Campo com Caixa de Derivação

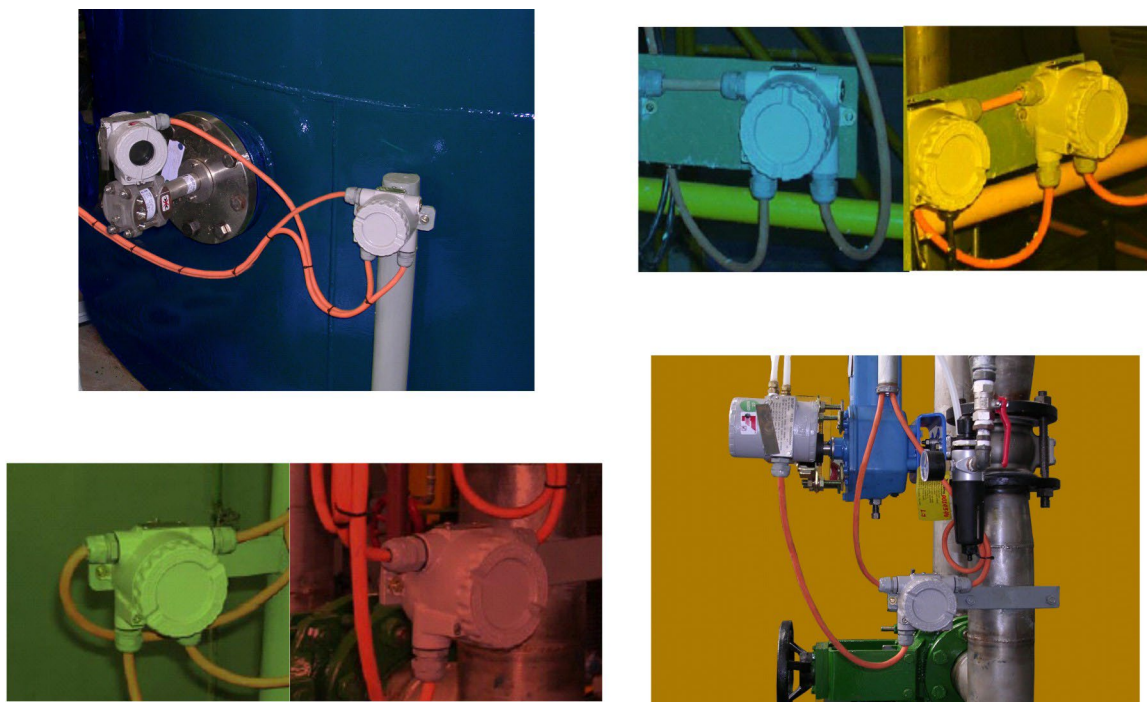


Figura 3.20 – Rede de Campo com Caixa de Derivação

O Conceito de Instalação FISCO

O modelo FISCO (*Fieldbus Intrinsically Safe Concept*) tem as características detalhadas na norma IEC 60079-27.

Segue algumas características do modelo FISCO:

- a) Em áreas Ex ia o comprimento máximo do barramento deve ser 1000 m e em Ex ib, 5000 m;
- b) Cabo (sem restrições para cabeamento até 1000 m) é necessário ter os seguintes parâmetros:
 - $R': 15 \dots 150 \Omega/\text{km}$;
 - $L': 0.4 \dots 1 \text{ mH/km}$;
 - $C': 80 \dots 200 \text{ nF/km}$.

Cabo tipo A: 0.8 mm^2 (AWG18)

- c) Referente a terminação:
 - $R = 90 \dots 100 \Omega$;
 - $C = 0 \dots 2.2 \mu\text{F}$.

O conceito FISCO foi otimizado para que seja permitido um número maior de equipamentos de campo de acordo com o comprimento do barramento, levando-se em conta a variação das características do cabo (R' , L' , C') e terminadores, atendendo categorias e grupos de gases com uma simples avaliação da instalação envolvendo segurança intrínseca. Com isto, aumentou-se a capacidade de corrente por segmento e facilitou para o usuário a avaliação. Além disso, ao adquirir produtos certificados, o usuário não precisa se preocupar mais com cálculos, mesmo em substituição em operação.

O modelo FISCO representa uma maneira rápida e fácil para projetar, instalar e operar redes H1 em instalações com áreas classificadas. A idéia principal é fornecer mais corrente para o segmento H1, permitindo entre outras vantagens, a conexão de um número maior de equipamentos se comparada a uma instalação intrinsecamente segura convencional. Resumidamente, basta observar os seguintes requisitos:

- Usar equipamentos certificados e aprovados para aplicações FISCO;
- Verificar os parâmetros de cada equipamento (U_i , I_i , P_i): $U_0 < U_i$, $I_0 < I_i$, $P_0 < P_i$;
- Observar cuidadosamente os parâmetros dos cabos utilizados (R , L , C). Utilizar cabo do tipo A;
- Observar a correta utilização dos terminadores;
- Não ultrapassar o comprimento máximo permitido para o cabeamento.

As principais vantagens ao utilizar uma instalação FISCO são:

- Manobras *Plug&Play* na área perigosa;
- A certificação do sistema não é obrigatória, mas fica a critério do usuário;
- A expansão da aplicação é bastante simples;
- É possível conectar o máximo número de equipamentos na área classificada;
- Os custos de instalação são reduzidos;
- Não há necessidade de recalcular parâmetros ao trocar equipamentos.

FNICO

Um novo conceito que também surge em cena é o **FNICO** (*Fieldbus Nonincendive Concept*), que é um conceito emergente similar ao FISCO, mas limitado para o uso em Zona 2. Ambos conceitos, FISCO e FNICO, estão tornando mais atrativo o uso de Fieldbus em áreas perigosas.

O FNICO é permitido em países da América do Norte e se baseia em padrões desta região. Este conceito leva em conta:

- Capacitâncias/indutâncias de entrada;
- Cabeamento e *spur* máximos.

E o seguinte:

- V_{max} de cada equipamento de campo $> V_{\text{oc}}$ do Repetidor;
- I_{max} de cada equipamento de campo $> I_{\text{oc}}$ do Repetidor;
- P_{max} de cada equipamento de campo $> P_{\text{oc}}$ do Repetidor.

É comum ter repetidor com 215 mA de capacidade.

Supressor de Transientes

Toda vez que houver uma distância efetiva entre 50 e 100 m na horizontal ou 10 m na vertical entre dois pontos aterrados, recomenda-se o uso de protetores de transientes, no ponto inicial e final da distância..

NOTA

O supressor de transiente protege o circuito elétrico contra sobretensões.

Recomenda-se instalar o protetor de transiente imediatamente após a PSI, antes de cada equipamento e mesmo na caixa de junção. Em áreas classificadas, recomenda-se o uso de protetores certificados, desde que o sistema de aterramento permita. Veja figura 3.21.

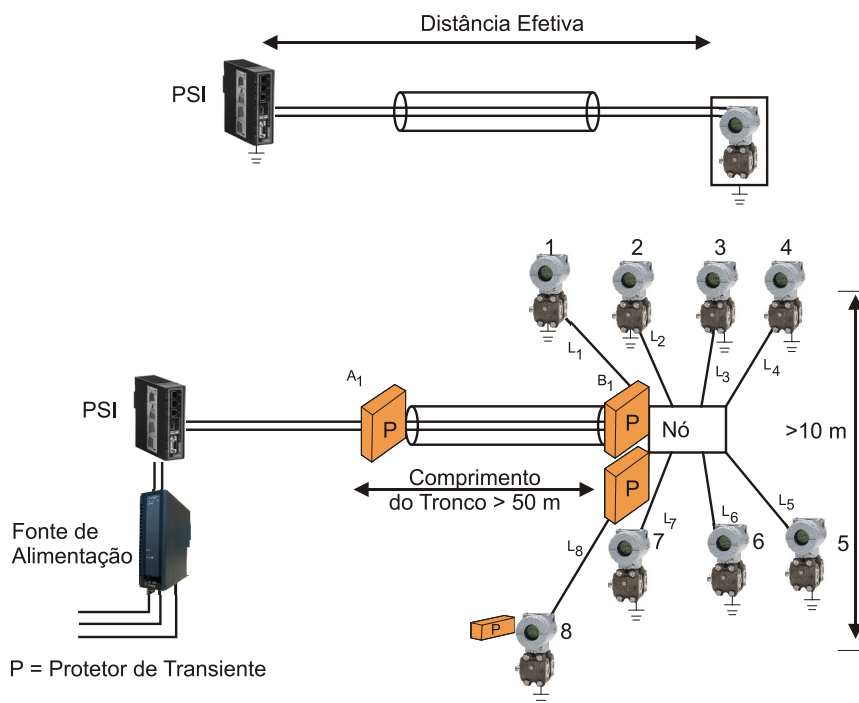


Figura 3.21 – Distância Efetiva em uma Distribuição de Cabo

Topologias

Referente a topologia, têm-se os seguintes modelos: Estrela ou Árvore, Barramento e Ponto-a-Ponto (Figura 3.22). Na prática, normalmente tem-se uma topologia mista.

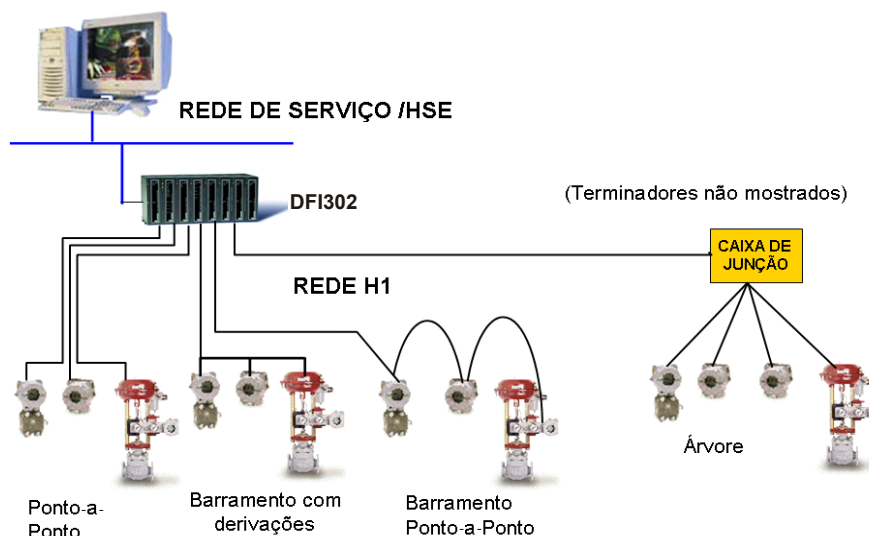


Figura 3.22 – Exemplos de Topologia Fieldbus

Shield e Aterramento

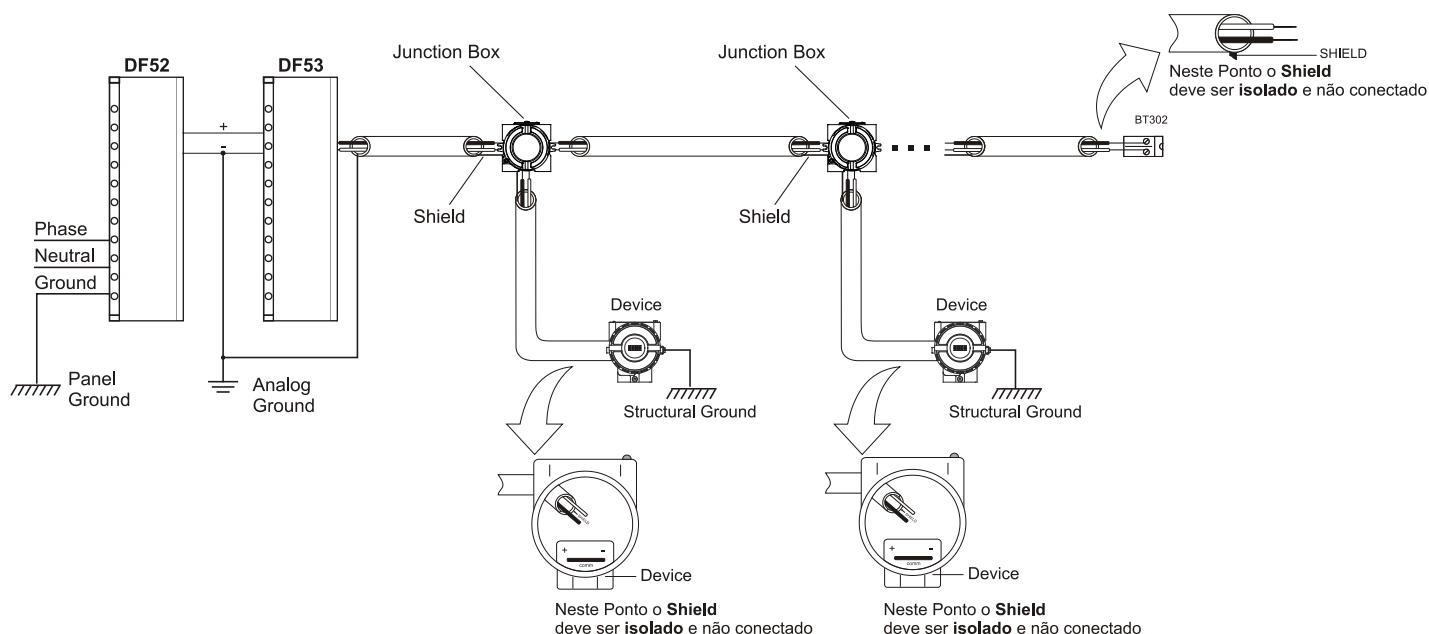
Ao considerar a questão de *shield* (malha) e aterramento em barramentos de campo, deve-se levar em conta:

- A compatibilidade eletromagnética (EMC);
- Proteção contra explosão;
- Proteção de pessoas.

De acordo com a IEC61158-2, aterrar significa estar permanentemente conectado ao terra através de uma impedância suficientemente baixa e com capacidade de condução suficiente para prevenir qualquer tensão que possa resultar em danos de equipamentos ou pessoas.

Linhas de tensão com 0 V devem ser conectadas ao terra e serem galvanicamente isoladas do barramento Fieldbus. O propósito de se aterrar o *shield* é evitar ruídos de alta frequência.

Preferencialmente, o *shield* deve ser aterrado em dois pontos, no início e final de barramento, desde que não haja diferença de potencial entre estes pontos, permitindo a existência e caminhos a corrente de *loop*. Na prática, quando esta diferença existe, recomenda-se aterrar o *shield* somente em um ponto, ou seja, na fonte de alimentação ou na barreira de segurança intrínseca. Deve-se assegurar a continuidade da blindagem do cabo em mais do que 90% do comprimento total do cabo. Veja a Figura 3.23.



Nota: Garantir que o Shield seja contínuo em todas as derivações da **Junction Box** e que não esteja em contato com a carcaça.

Figura 3.23 – Aterrando o Shield somente de um lado

O *shield* deve cobrir completamente os circuitos elétricos através dos conectores, acopladores, *splices* e caixas de distribuição e junção.

Nunca se deve utilizar o *shield* como condutor de sinal. É preciso verificar a continuidade do *shield* até o último equipamento Fieldbus do segmento, analisando a conexão e acabamento, pois este não deve ser aterrado nas carcaças dos equipamentos.

Em áreas classificadas, se uma equalização de potencial entre a área segura e área perigosa não for possível, o *shield* deve ser conectado diretamente ao terra (*Equipotential Bonding System*) somente no lado da área perigosa. Na área segura, o *shield* deve ser conectado através de um acoplamento capacitivo (capacitor preferencialmente cerâmico (dielétrico sólido), $C \leq 10 \text{ nF}$, tensão de isolamento $\geq 1.5 \text{ kV}$). Veja Figuras 3.24 e 3.25.

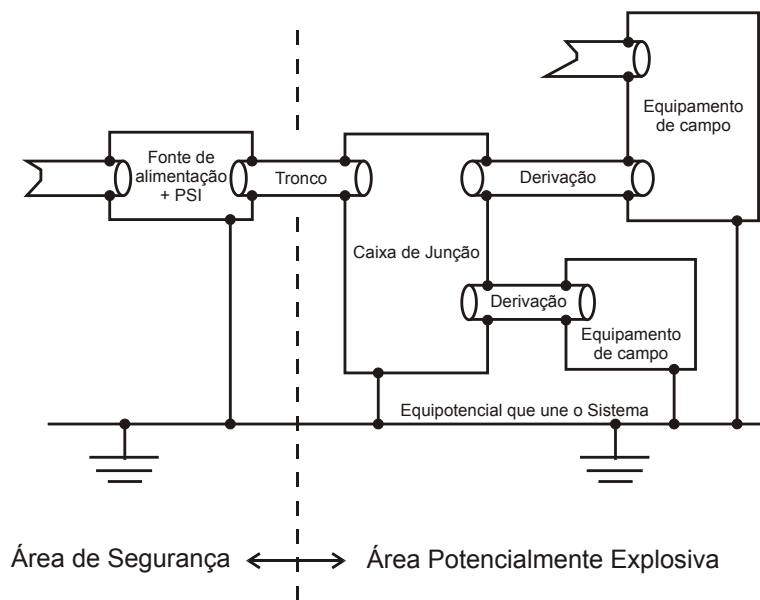


Figura 3.24 – Combinação Ideal de Shield e Aterramento

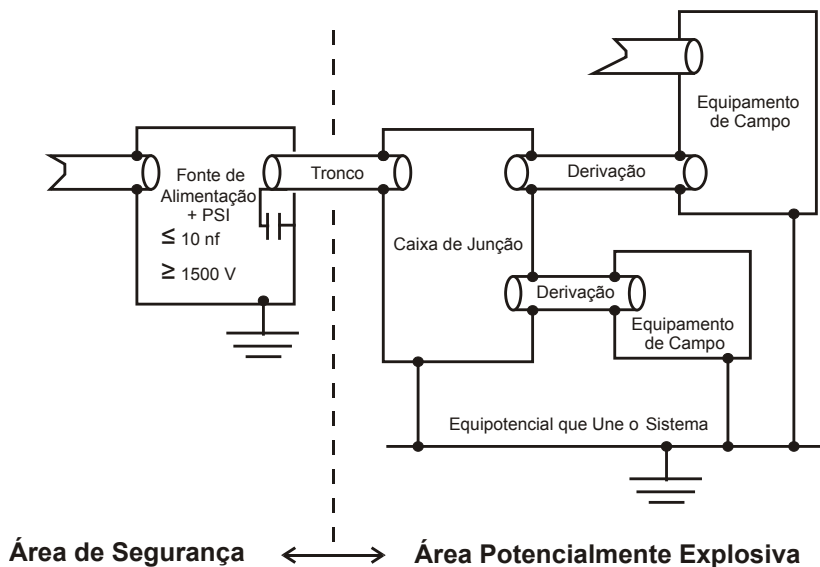


Figura 3.25 – Aterramento Capacitivo

Número de Equipamentos FOUNDATION™ fieldbus em um Segmento H1

A quantidade de equipamentos (N) por segmento H1 é função do consumo quiescente de cada equipamento H1, das distâncias envolvidas (resistência de *loop* cabo tipo A: 44 Ω/km), da corrente drenada, da classificação da área, além da corrente de FDE (normalmente 0 mA, dependendo do fabricante). A corrente total no segmento deve ser menor do que a drenada pela *fonte de alimentação*. Equipamentos Smar consomem 12 mA.

$$I_{Seg} = \sum I_{BN} + I_{FDE} + I_{FREE}$$

Sendo que:

$$I_{Seg} < I_C$$

Onde:

I_{Seg} : Corrente no segmento H1;

$\sum I_{BN}$: Somatória das correntes quiescentes de todos os equipamentos no segmento H1;

I_{FDE} : Corrente adicional em caso de falha, normalmente desprezível;

I_{FREE} : Corrente de folga, útil em caso de expansão ou troca de fabricante, recomendado 20 mA;

I_C : Corrente drenada .

Além disso, recomenda-se ter mais do que 9,0 V na borneira do equipamento H1 mais distante da PSI para garantir a energização e comunicação correta do mesmo:

$$V_{BN} = V_C - (R * L)$$

Onde:

V_C : Tensão de saída da fonte de alimentação;

R : Resistência de *Loop* (cabo tipo A, $R = 44 \Omega/\text{km}$);

L : Comprimento total do barramento H1;

V_{BN} : Tensão na borneira do equipamento H1 mais distante da PSI.

Sendo $V_{BN} > 9,0V$. Isto garante a energização do último equipamento H1. Lembrando que o sinal de comunicação deve ter excursão de 750 a 1000 mV.

Algumas caixas de junções ou protetores de curto para segmento, chamados *spur guards*, são ativos e podem ser alimentados via barramento H1, sendo assim, deverá entrar no cálculo da somatória da corrente. Além disso, cada saída destes *spur guards* possui um limite permitido de corrente que deve ser respeitado.

Em áreas classificadas deve-se atentar aos limites impostos pela área.

FOUNDATION™ fieldbus em Áreas Perigosas

De acordo com os padrões, a tecnologia FOUNDATION™ fieldbus pode ser aplicada em áreas perigosas com as seguintes características:

- Ex d: Neste caso é necessário a escolha de fonte de alimentação Ex e conduítes com aprovação Ex d;
- Ex i: Existem três opções. A primeira envolvendo os conceitos Ex i e a segunda uma mistura de Ex e Ex i. A terceira opção é o uso do FISCO.

Resumo de Áreas Classificadas

ZONA/GRUPO DE EXPLOÇÃO	IDENTIFICAÇÃO	OBSERVAÇÕES
Zona 0	(EEx ia) IIx	Dispositivos que são instalados na Zona 0 devem operar em um segmento com tipo de proteção “EEx ia”.
Zona 1	(EEx ia) IIx (EEx ib) IIx	Dispositivos que são instalados na Zona 1 devem operar em um segmento com tipo de proteção “EEx ia” ou “EEx ib”. Todos os circuitos conectados neste segmento devem ser certificados para o tipo proteção “EEx ia” ou “EEx ib”.
Grupo de Explosão IIC	IIC (EEx ia) IIC	Se as medidas são feitas em um grupo de explosão IIC, os dispositivos e acessórios, devem ser certificados para o grupo de explosão IIC.
Grupo de Explosão IIB	(EEx ia) IIC (EEx ib) IIB	Para o grupo de explosão média IIB, ambos os dispositivos e acessórios podem ser certificados pelos grupos IIC ou IIB.
Não -Ex	Não-Ex	Dispositivos que estão operando em um segmento não-Ex não devem ser instalados em área de risco de explosão.

Tabela 3.4 - Resumo de Áreas Classificadas

Definição de Segurança Intrínseca

Segurança intrínseca tem por objetivo limitar a energia nos circuitos do equipamento, fazendo com que os mesmos não apresentem energia com capacidade de causar a ignição de atmosferas potencialmente explosivas mesmo nas ocorrências de falhas que venham a ocasionar centelhas ou superfícies aquecidas que estejam em contato.

Por se tratar de limitação de energia, esta é uma técnica adequada para equipamentos eletrônicos, tipicamente empregados na instrumentação de controle e processos.

A Tecnologia FOUNDATION™ fieldbus e a Segurança Intrínseca

A tecnologia de segurança intrínseca (I.S.) incorporada nas Barreiras de Segurança Intrínseca DF47-12 e DF47-17 isola totalmente a rede de controle da área classificada (área de risco ou perigosa). Os valores I.S. da fonte de alimentação são projetados para instrumentos de campo (Fieldbus) que estão de acordo com o modelo FISCO.

A incorporação de um repetidor Fieldbus de acordo com IEC 1158-2-31,25 kbits/s essencialmente limpa e aumenta o sinal de comunicação transmitindo-o para ambientes classificados. As redes dos lados classificado e protegido do DF47-12 e DF47-17 são completamente independentes entre si.

Em adição, a terminação do barramento para a rede classificada é incorporada dentro do DF47-12 e do DF47-17, ou seja, somente um único terminador externo é necessário.

NOTAS

1. Se o terminador do módulo DF53 não estiver sendo usado, é necessário instalar outro terminador externo na área segura.
2. O modelo DF47 foi descontinuado devido às novas recomendações do FISCO. A substituição por DF47-12 ou DF47-17 deve ser avaliada respeitando os limites de corrente suportados. O modelo DF47-17 suporta até 7 equipamentos da linha 302 Smar. Caso a substituição se dê pelo modelo DF47-12, somente 5 equipamentos Smar linha 302 são suportados.

DADOS DAS BARREIRAS DF47-12 E DF47-17

- Barreira Isolada H1 e Fonte de Alimentação I.S. de acordo com o modelo FISCO;
- Repetidor de sinal Fieldbus H1;
- Atende ao padrão IEC 1158-2, 31.25 kbits/s para Fieldbus. (FOUNDATION™ fieldbus e PROFIBUS PA);
- Certificado de acordo com os padrões de segurança intrínseca IEC, FM & CENELEC;
- De acordo com IEC60079-27, FISCO e FNICO para fontes de alimentação
- Marcação dupla de acordo com IEC60079-11 e IEC60079-27,
- Terminador de barramento no lado não seguro.

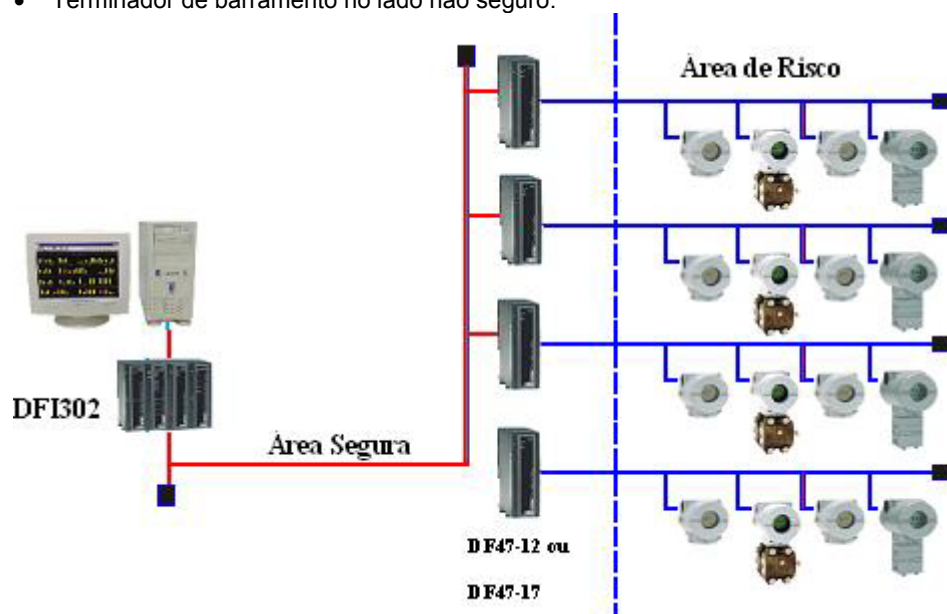


Figura 3.26 – Instalação do DF47

Com as limitações de energia disponíveis para cada equipamento na área perigosa, alguns instrumentos precisarão ser alimentados através de outras fontes de tensão. Portanto, equipamentos tais como, analisadores de processo, subsistemas de E/S, medidores magnéticos ou por efeito *Coriolis* poderão combinar segurança intrínseca com outras técnicas de instalação ou contenção para proteção contra possíveis explosões.

Para escolha da barreira é importante considerar o número de *devices*, a quantidade de cabos e os valores limites de capacitância e indutâncias para a instalação Ex i.

A Tabela 3.5 apresenta uma breve comparação entre o modelo FISCO, FNICO e o modelo de entidades.

	FISCO	Modelo de Entidade	FNICO
Comprimento do Cabo	1000 m - ia (*) 5000 m - ib (*)	1.900 m	1000 m
Máximo Comprimento do Spur	30 m(*)	120 m	30 m(*)
Reatâncias do Cabo e do Comprimento	Não considerado	Considerado	Não considerado

(*) Máximo comprimento analisado. Pode ser possível um comprimento maior.

Tabela 3.5 – FISCO x Modelo de Entidades

Existe um conjunto de regras para aplicações em áreas perigosas onde se utiliza métodos de segurança intrínseca. A tecnologia Fieldbus se refere aos comprimentos dos segmentos, limites de correntes na fonte de alimentação e parâmetros como capacitância e indutância, assim como parâmetros de falhas dos equipamentos.

O método FISCO provê uma fácil implementação para aplicações intrinsecamente seguras em Fieldbus, dando flexibilidade, segurança operacional às aplicações e reduzindo custos de instalação, uma vez que se pode manusear até 10 equipamentos em uma rede Eex ia. Além disso, a possibilidade de manuseios *online* simplifica comissionamento, *startup* e manutenção. Mais potência significa mais *devices* e menos cabos, conseqüentemente menos barreiras.

Equipamentos que atendem ao FISCO podem ser conectados diretamente em redes IS baseadas no modelo de entidades. A condição inversa precisa ser avaliada.

A seguir estão descritos alguns pontos-chave que precisam ser considerados durante a implementação, envolvendo áreas classificadas e Fieldbus:

- Qual a classificação da área? (Lembre-se que não incendiável é permitido somente em áreas Divisão 2 e que segurança intrínseca somente em Divisão Div 1 e Divisão Div 2).
- Qual o tamanho e escalabilidade desejados? Quantos equipamentos se planeja implementar? Existirá expansão?
- Existirá proteção de curto-circuito para o tronco principal e *spurs*?
- Qual o nível de segurança e riscos aceitáveis? (Projetos envolvendo segurança intrínseca levam em conta as falhas dos componentes e permitem manutenção enquanto energizados, porém sem troca a quente. Enquanto que não incendiável não permite manutenção energizada e nem mesmo troca a quente).
- Existem restrições às paradas?
- A equipe responsável pela engenharia e pela manutenção tem experiência comprovada com áreas perigosas e classificadas?
- Todos os equipamentos possuem certificados compatíveis com a aplicação?
- As instalações estão de acordo com os padrões de segurança da região e país?

Para maiores detalhes consulte a IEC60079-27, "*Fieldbus Intrinsically Safe Concept* (FISCO)" e "*Fieldbus Non-Incendive Concept* (FNICO)"

Aumentando a Confiabilidade

Existem várias formas de se aumentar a confiabilidade em uma rede Fieldbus. Seguem algumas formas:

- a) Redundância de fonte de alimentação, conforme Figura 3.27.



Figura 3.27 – Redundância de Fontes

- b) Fontes de alimentação e impedância ativa duplas (veja Figura 3.28), onde em um rompimento do cabeamento tem-se:

- Alimentação garantida;
- Comunicação integral não é garantida;
- A posição de falha é garantida.

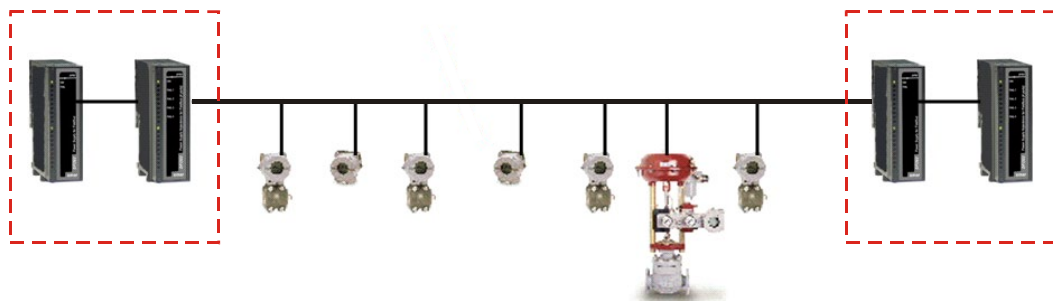


Figura 3.28 – Fontes e PSI duplos

Rede Modbus

O Modbus é um protocolo da camada de aplicação, posicionado no nível 7 do modelo OSI, que provê comunicação cliente/servidor entre dispositivos conectados em diferentes tipos de barramentos e redes (Figura 3.29). O Modbus é um protocolo de requisição e resposta e oferece serviços especificados por funções codificadas.

Atualmente, está implementado usando:

- 1 – TCP/IP sobre Ethernet.
- 2 – Transmissão serial assíncrona sobre vários meios:
 - 2-1. Fios (EIA/TIA-232-E, EIA-422, EIA/TIA-485-A);
 - 2-2. Fibra;
 - 2-3. Rádio;
- 3 - MODBUS PLUS, rede de alta velocidade por passagem de *token*.

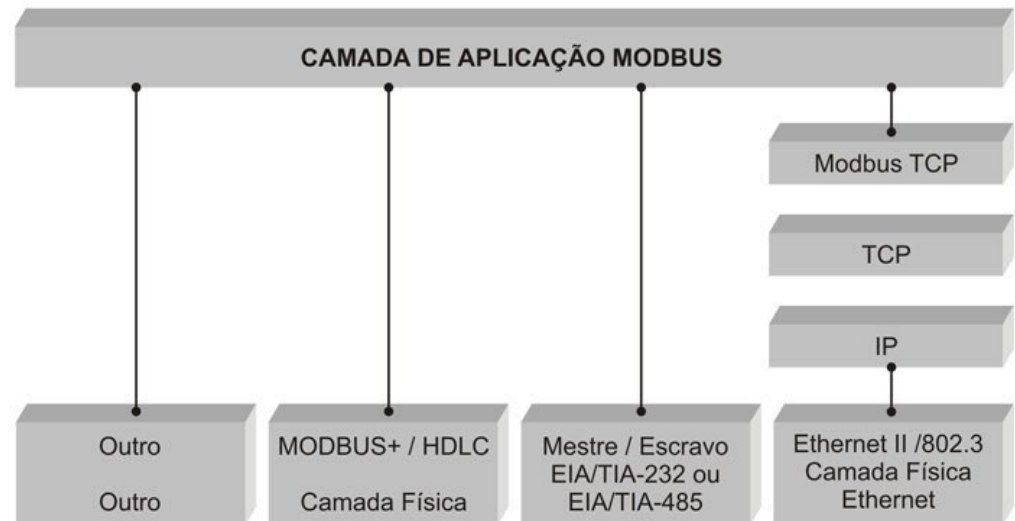


Figura 3.29 - Pilha de comunicação Modbus

Existem versões do protocolo Modbus para porta serial e para Ethernet e outras redes que suportam o protocolo TCP/IP.

Para conexões seriais, existem duas variações, com diferentes representações dos dados numéricos e outros detalhes de protocolo. Modbus RTU é uma representação binária compacta dos dados. Modbus ASCII é baseado em caracteres ASCII. Para conexões sobre TCP/IP (exemplo: Ethernet), existe a variação mais recente, Modbus/TCP. O modelo de dados e funções é idêntico para todos os três formatos, apenas o encapsulamento é diferente.

Uma versão estendida, Modbus Plus (Modbus+ ou MB+) também existe, mas permanece proprietária a Modicon. Ela requer um co-processador dedicado para manipular a rotação rápida de *token* HDLC.

Essa seção tratará especificamente sobre Modbus em redes de camada física RS-485.

Propósito da Norma RS-485

A norma TIA-EIA-485 (RS-485) apenas define as características elétricas das interfaces, compostas de transmissores e receptores, usadas em linhas de transmissão balanceadas multiponto, Figura 3.30. Ela não diz nada sobre o protocolo de comunicação utilizado. Como é apenas uma norma elétrica, ela é referenciada por normas de níveis superiores como a camada física das mesmas.

Topologia de Rede

Os nós do barramento são interligados através das interfaces RS-485 usando uma topologia física chamada *daisy-chain* (os nós são interligados um após o outro, paralelamente, em um só barramento), Figura 3.30 – esquerda. Outra maneira é aquela na qual cada nó se conecta ao tronco (barramento ou cabo principal) via pequenos *stubs* (conexão entre nós e o tronco), Figura 3.30 – direita. Os *stubs* devem ser os mais curtos possíveis.

A interface de cada nó com o barramento é geralmente projetada para transmissões *half-duplex*, o que significa que apenas um par de fios é usado, através do qual a transmissão e recepção de dados devem sempre ocorrer em tempos diferentes, Figura 3.30 – direita. Usando par trançado agrega-se o benefício do cancelamento de parte do ruído magnético e eletromagnético acoplado ao cabo.

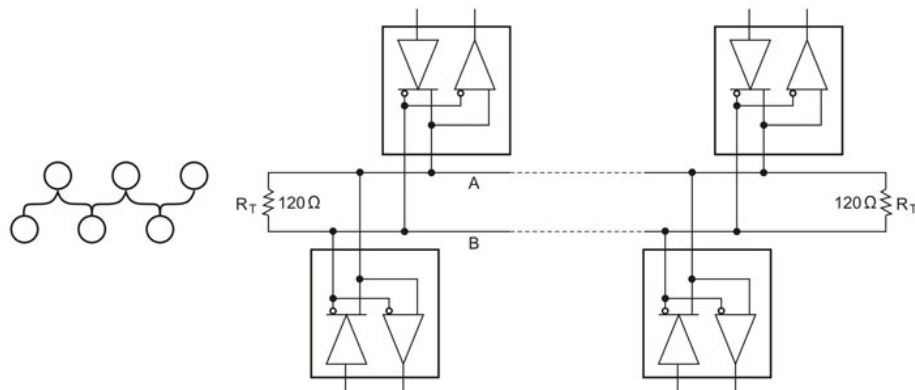


Figura 3.30 – Topologia daisy chain (esquerda), estrutura de barramento half-duplex com interfaces compostas de transmissores e receptores (direita)

Esta implementação requer que as interfaces de todos os nós possuam sinais de controle de direção, tais como sinais de “enable” dos transmissores e receptores, para assegurar que apenas um transmissor está ativo por vez no barramento. Se mais de um transmissor acessar o barramento simultaneamente ocorre à contenção de barramento, que deve ser evitada através do protocolo de operação utilizado.

Devem ser evitados os outros tipos de topologias, como em estrela, em anel, tronco com estrelas ou clusters e tronco com *stubs*, como mostrado na Figura 3.31. A topologia recomendada para redes RS-485 é a topologia *daisy-chain*. A topologia tronco com *stubs* pode ser utilizada com cuidados adicionais.

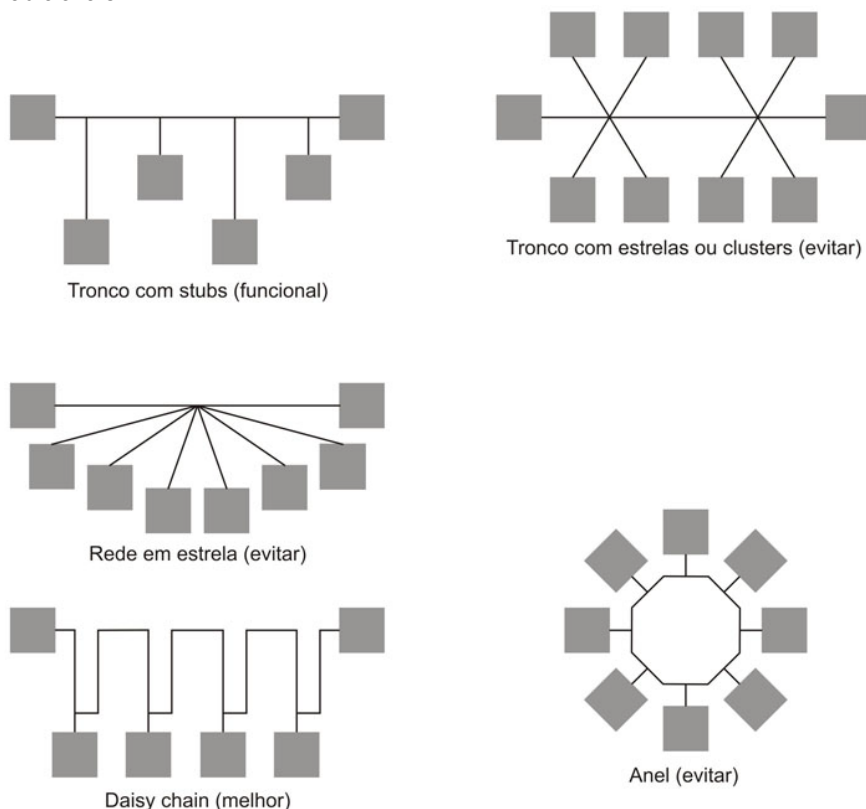


Figura 3.31 – Muitas topologias de rede existem, mas daisy-chain é a mais confiável para redes RS-485

Níveis de Sinais

O barramento RS-485 é diferencial por natureza. Há dois fios conectados nas saídas A e B dos transmissores para gerar tensões complementares. A Figura 3.32 mostra como são definidos os sinais V_{OA} , V_{OB} e V_O . Quando V_{OA} está baixo, V_{OB} está alto, quando V_{OA} está alto, V_{OB} está baixo. A maioria das interfaces também tem habilidade de manter suas saídas em alta-impedância.

Os transmissores RS-485 devem fornecer uma saída diferencial de no mínimo 1,5 V com uma carga de 54 Ohms, enquanto que os receptores RS-485 devem detectar uma tensão diferencial de no mínimo 200 mV, Figura 3.33. Estes dois valores possibilitam margem suficiente para uma transmissão de dados confiável, tolerando uma boa quantidade de ruído diferencial e atenuação do sinal através do cabo e conectores. Esta robustez é a principal razão pela qual o RS-485 é bom para redes de longa distância em ambientes ruidosos.

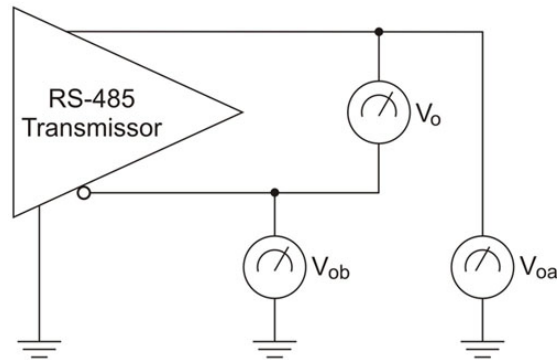


Figura 3.32 – Relação entre V_{OA} , V_{OB} e V_O

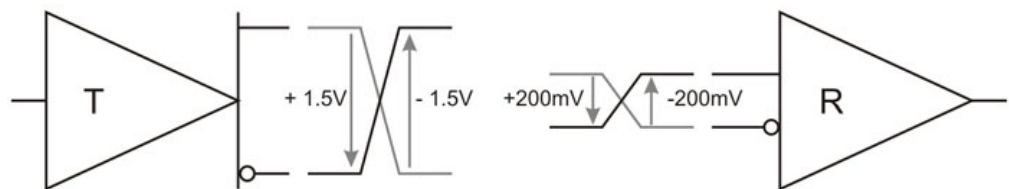


Figura 3.33 – Níveis mínimos de sinal do barramento RS-485

Tipo de Cabo e Número de Condutores

Aplicações RS-485 usam sinalização diferencial sobre um cabo par trançado. Com isso, o ruído de fontes externas é acoplado igualmente em ambos os fios como um ruído de modo-comum, que é rejeitado pela entrada diferencial do receptor. Se os fios forem separados ou distantes um do outro, o ruído não se acoplará igualmente gerando um ruído diferencial. Assim, durante a instalação dos cabos deve-se ter o cuidado para que as tranças dos pares trançados não sejam desfeitas.

Os sinais A e B são complementares, mas isto não implica que um sinal é retorno de corrente para o outro. O RS-485 não é um loop de corrente, as interfaces devem dividir o mesmo terra comum. Assim, o RS-485 não pode ser nomeado como uma rede de apenas dois fios. Desta maneira, recomenda-se utilizar mais um fio para o terra comum das interfaces. Com o terceiro fio evita-se tensão de modo comum muito alta entre as interfaces.

Um exemplo de cabo é mostrado na Figura 3.34. Trata-se de um cabo de boa qualidade do fabricante Belden com as seguintes características:



Figura 3.34 – Exemplo de cabo, 3106A Paired – EIA Industrial RS-485 PLTC/CM – Belden

Modelo: Belden 3106A PLTC/CM;
Condutores: filamentos de cobre estanhado 22 AWG;
Arranjo: 1 par trançado + 1 condutor;
Blindagem: Beldfoil® (100% de cobertura) + malha de cobre estanhado (90% cobertura) + condutor de dreno;
Isolação: Datalene®
Impedância: 120 Ohms;
Capacitância: 11 pF/pé (33,33 pF/m);
Velocidade de propagação: 78% (1,3 ns/pé, 3,94 ns/m);
Encapsulamento: PVC resistente a UV;

Outra opção é especificar um par trançado a mais para se ter condutores suficientes para o sinal terra. Um barramento RS-485 a dois fios requer, portanto, dois pares trançados.

Além dos cabos da rede, é necessário que as trilhas e pinagem de conectores da placa de circuito impresso da interface RS-485 sejam equidistantes, próximas e com mesmo comprimento para manter as características elétricas da rede.

Blindagem

Na maioria das vezes, é difícil quantificar se um cabo blindado é necessário, ou não, em um sistema RS-485. Como o custo adicionado por um cabo ser blindado pode ser mínimo, vale a pena usá-lo já na primeira instalação do cabeamento do sistema, considerando custos futuros caso seja necessário trocar um cabeamento não blindado por um blindado.

Terminadores do Barramento e Comprimento de Stubs

Devido às altas taxas de envio e recebimento de dados, o barramento RS-485 é considerado uma linha de transmissão. Para evitar reflexões de sinal, uma linha de transmissão deve sempre ser terminada e um stub deve sempre ser o mais curto possível. Uma terminação adequada requer o casamento dos resistores de terminação (RT) com a impedância característica (Z_0) da linha de transmissão. Como são recomendados cabos com $Z_0 = 120$ Ohms, o barramento (tronco) RS-485, geralmente, utiliza resistores de 120 Ohms, um em cada ponta ou extremo do tronco.

O comprimento de um *stub* (a distância entre uma interface e o tronco) deve ser menor do que 1/6 do comprimento elétrico do sinal presente no mesmo.

Comp. Stub < (1 / 6) * Comp. Eletr.
Comp. Eletr. = $t_s * v * c$

Sendo:

Comp. Stub = comprimento máximo de um *stub* sem terminador;
[unidade em metros]

Comp. Eletr. = comprimento elétrico do sinal;
[unidade em metros]

t_s = tempo de subida ou descida (aquele que for menor) do sinal da saída do transmissor (tempo gasto entre 10% a 90% do sinal);
[unidade em segundos]

v = velocidade de propagação do sinal no cabo relativo a c ;
[sem unidade]

c = velocidade de propagação da luz no vácuo (300.000.000 m/s).
[unidade em metros por segundo]

O importante é não existir interferências das reflexões no meio do bit (ponto de leitura do receptor), ou seja, deve-se manter as interferências das reflexões tão rápidas que elas aconteçam durante a própria subida ou descida do sinal do bit (durante as transições), ficando longe do meio do bit, onde o sinal deve estar estável para que ocorra a correta leitura do receptor.

Utiliza-se tempo de subida mais tempo de descida supondo-se que este tempo é metade do período da onda para o pior caso. Mas, geralmente, a forma de onda exigida no RS485 é aquela na qual o tempo de subida e descida seja no máximo 1/3 da parte estável do bit. Ou seja, 1/3 para subida, 1/3 para estável e 1/3 para descida dando no total a largura do bit. Assim, com transmissores com tempo de subida/descida rápidos, porém transmitindo em taxas lentas (largura da parte estável do bit bem maior que o tempo subida/descida) esta suposição perde um pouco o sentido.

Desta maneira, pode-se também determinar o comprimento do *stub* (ou de um cabo sem terminador) baseado na taxa de transmissão do sinal. Por exemplo, numa taxa de 9600 baud um bit tem 104.00 us de largura. Em um cabo de 4000.00 pés (1320.00 m) com uma velocidade de propagação de $0.66 * c$, uma viagem completa (uma ida ou uma volta) é completada em aproximadamente em 6.16 us. Assumindo que as reflexões atenuarão em 3 viagens completas (indo ou voltando no cabo), o sinal estabilizará em 18.50 µs após a primeira transição do bit (borda de subida ou descida). Assim, como as reflexões se estabilizarão dentro de 1/3 (≈ 35.00 us) da largura do bit (104.00 µs), não há necessidade de se utilizar terminador ou o comprimento do *stub* está correto.

Falha Segura (“Fail Safe”)

A operação em falha segura é a habilidade do receptor em assumir um determinado estado em sua saída na ausência de sinal em sua entrada. Três possíveis causas podem levar a perda de sinal:

- circuito-aberto:** causado por um fio rompido ou pela desconexão de uma interface do barramento;
- curto-circuito:** causado por uma falha em isolamento, que conecta um fio do par diferencial no outro;
- barramento-ocioso:** ocorre quando nenhuma interface está transmitindo;

Um circuito para falha segura (para circuito-aberto e barramento-ocioso) consiste de um divisor de tensão resistivo que gera uma tensão diferencial no barramento e, conseqüentemente, nas entradas dos receptores, suficiente para manter as saídas dos receptores em um estado definido. Para assegurar margem de ruído suficiente, a tensão de entrada dos receptores deve incluir o ruído diferencial máximo além do limiar de 200 mV. Os valores para os resistores de polarização de falha segura são calculados para a condição de pior caso, que é o nível máximo de ruído com o nível mínimo de tensão de alimentação.

$$R_B = (V_{Amin} * R_T) / (4 * V_{AB}) - (R_T / 4)$$

Sendo:

R_B = resistências de polarização;
[unidade em ohms]

V_{Amin} = tensão de alimentação mínima;
[unidade em volts]

R_T = resistências de terminação;
[unidade em ohms]

$V_{AB} = V_{LIMiar} + V_R$ = tensão de entrada desejada no receptor;
[unidade em volts]

V_{LIMiar} = tensão de limiar da entrada dos receptores;
[unidade em volts]

V_R = tensão para margem de ruído;
[unidade em volts]

Exemplo:

Para uma tensão de alimentação mínima $V_{Amin} = 4,75$ V (5 V – 5%);

Tensão limiar $V_{limiar} = 0,200$ V;

Margem de ruído $V_R = 0,050$ V;

Tensão de entrada desejada no receptor $V_{AB} = V_{LIMiar} + V_R = 0,250$ V;

E impedância característica do barramento $Z_o = 120$ Ohms que implica que os terminadores $R_T = 120$ Ohms;

Têm-se $R_B = 540$ Ohms.

Inserindo-se dois resistores de 536 Ohms em série com o primeiro resistor terminador R_T (Figura 3.35 – esquerda), tem-se um circuito de falha segura para os casos de circuito-aberto e barramento-ocioso.

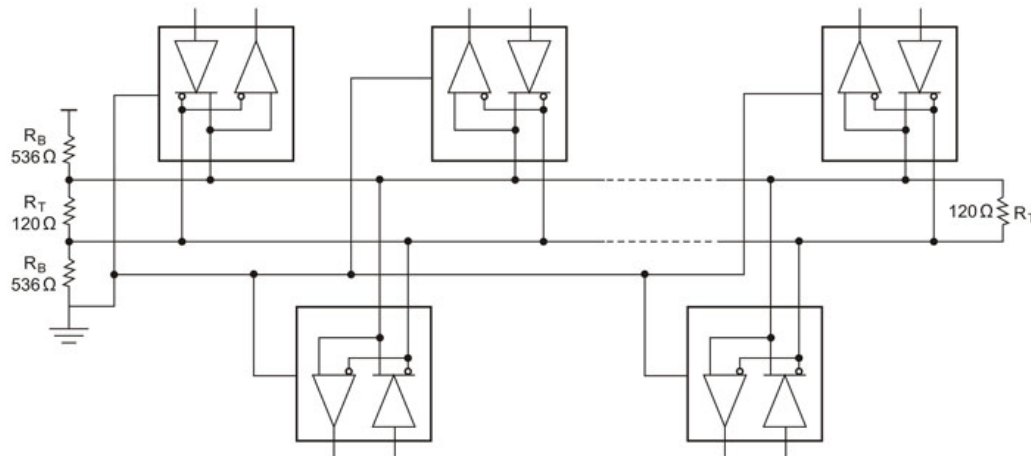


Figura 3.35 – Polarização externa para falha segura de circuito-aberto e barramento-ocioso

Para falha segura de curto-circuito, geralmente insere-se resistores em série com o barramento de maneira que durante o curto-circuito a tensão diferencial no barramento fique no valor desejado. Mas este tipo de polarização prejudica o desempenho do barramento durante a transmissão, por isso, é utilizada em poucos casos.

Taxa de Dados versus Comprimento de Barramento (com terminadores, sem reflexão)

O comprimento máximo do barramento também é limitado pela taxa de dados, devido as perdas da linha de transmissão e pelo “jitter” (ruído de fase) do sinal. A confiabilidade dos dados cai abruptamente para um “jitter” (ruído de fase) de 10% ou mais do período da taxa de sinalização (baud rate). A Figura 3.36 mostra o comprimento máximo do cabo versus a taxa de dados de uma interface RS-485 para um jitter de 10%.

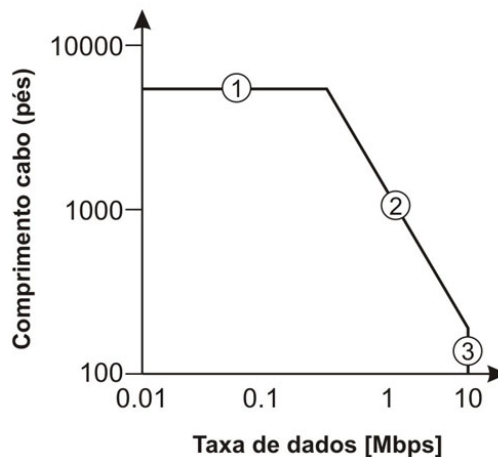


Figura 3.36 – Comprimento do cabo versus taxa de dados

Na Figura 3.36, o trecho 1 representa a faixa de baixa taxa de dados e cabo longo onde o comprimento da linha é predominantemente limitado por perdas não-reativas (resistivas) do cabo. No trecho 2, as perdas reativas do cabo aumentam com a frequência fazendo uma redução no comprimento máximo permitido. Para pequenos comprimentos (trecho 3) as perdas do cabo são descartadas e apenas o tempo de subida do transmissor limita a máxima taxa de dados possível.

Aterramento e Isolação

Em um barramento de dados, interfaces distantes, quase sempre, apresentam uma grande diferença de potencial de terra. Isto se adiciona a saída dos transmissores como um ruído em modo-comum. Se grandes o suficientes, estas tensões podem exceder a faixa de modo-comum de entrada dos receptores e causar dano aos mesmos. Portanto, confiar no terra local como um caminho confiável de retorno de corrente não é recomendado.

Conectar os terras das interfaces diretamente no fio de terra do sistema também não é recomendado, pois pode causar loops de terra gerando grande circulação de corrente pelo terra que novamente se acoplarão no barramento de dados como ruído em modo comum.

Reduzir as correntes de loop pela inserção de resistores no caminho do terra, como sugerido pela RS-485, resolve metade do problema. A existência de uma corrente de loop alta mantém o barramento de dados sensível a ruídos gerados em algum outro lugar do loop. Portanto, um barramento de dados robusto ainda não foi estabelecido.

A abordagem mais confiável para um barramento de dados de longa distância e robusto é através de isolação galvânica. Neste caso, as linhas de sinal e de alimentação da interface do barramento são isoladas das fontes de sinais e alimentação locais da interface. Isoladores de alimentação como conversores DC/DC e isoladores de sinal como isoladores digitais capacitivos ou ópticos previnem o fluxo de corrente entre terras de interfaces distantes e impedem a criação de loops de corrente.

A Figura 3.37 mostra a conexão detalhada de múltiplas interfaces isoladas. Aqui, todos com exceção de uma interface, se conectam no barramento através de isolação galvânica. A interface não isolada na esquerda prove uma única referência de terra para o barramento inteiro.

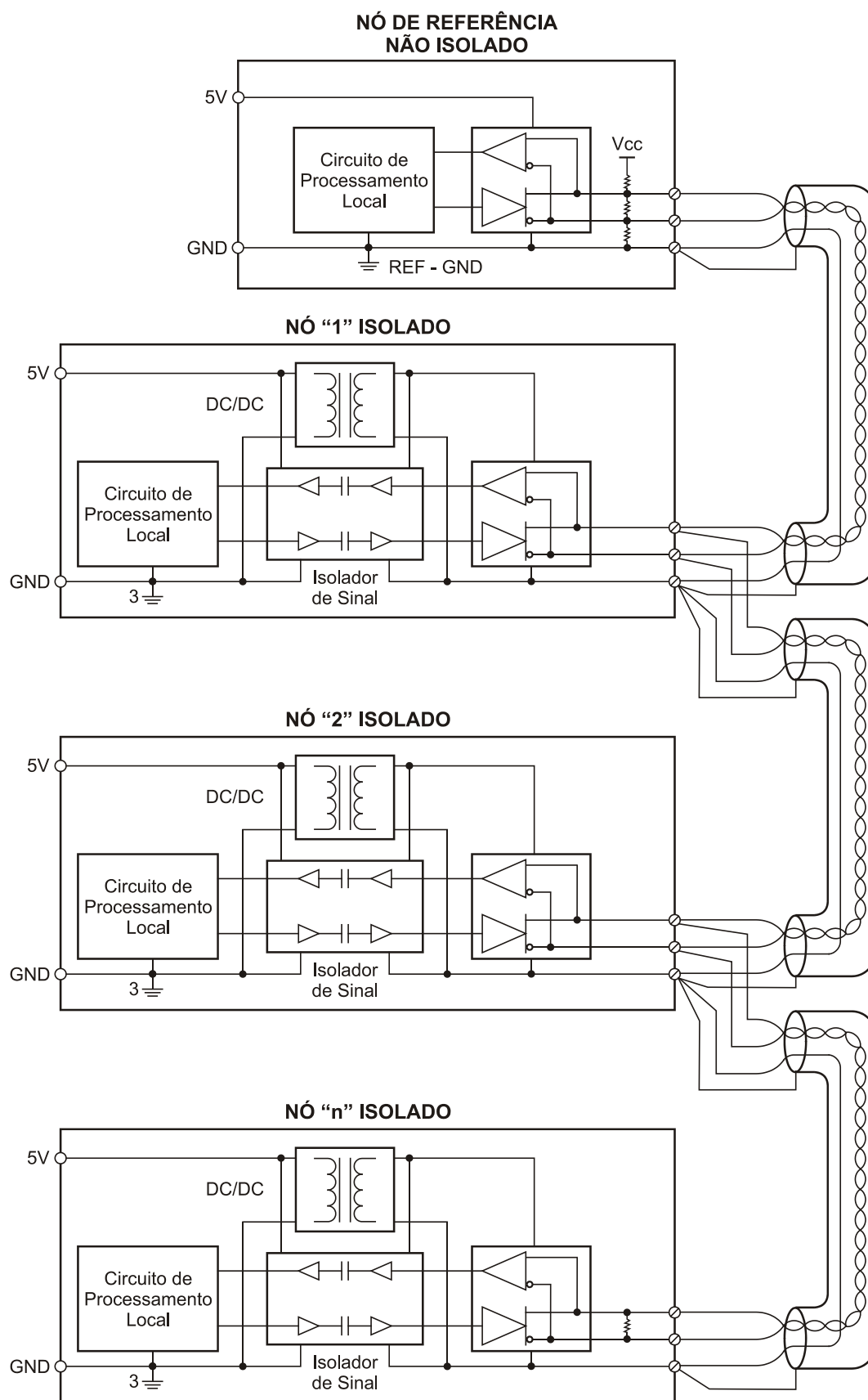


Figura 3.37 – Isolação entre múltiplas interfaces como uma única referência de terra

Rede PROFIBUS PA

Instalação Elétrica no Equipamento

Para acessar o bloco da ligação elétrica é necessário remover a Tampa da Conexão Elétrica, girando o parafuso de trava no sentido anti-horário. Para fechá-la com segurança basta travar o parafuso de trava. Veja Figura 3.38.

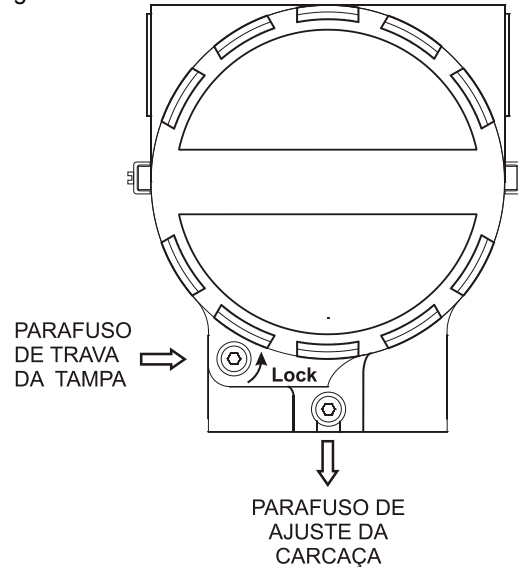


Figura 3.38 - Parafuso de Ajuste da Carcaça e Trava da Tampa

A passagem dos cabos deve ser feita pelas conexões elétricas. As roscas dos eletrodutos devem ser vedadas conforme método de vedação requerido pela área. A conexão elétrica não utilizada deve ser vedada com bujão e vedante apropriado.

O bloco de ligação possui parafusos que podem receber terminais tipo garfo ou olhal. Para maior conveniência, existem dois terminais terra: um interno, próximo à borneira e um externo, localizado próximo à entrada do eletroduto. Veja Figura 3.39. Maiores detalhes estão descritos no item *Shield* e Aterramento.

A passagem da fiação de sinal por rotas onde tenha cabos de potência ou comutadores elétricos deve seguir as orientações das tabelas 1 e 2 deste guia.

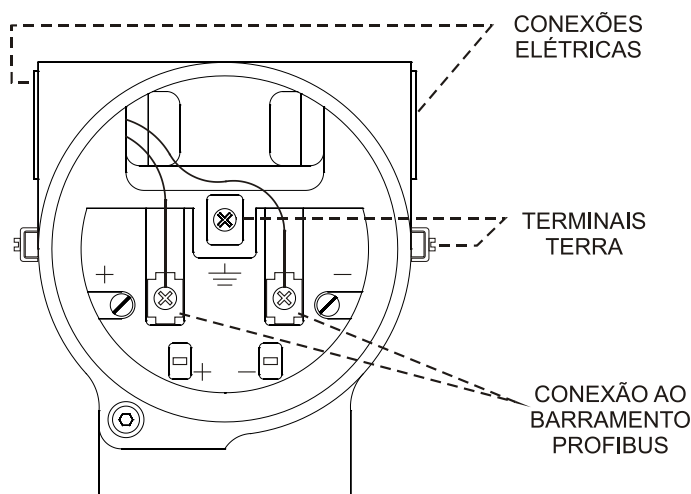


Figura 3.39 - Bloco de Ligação

ÁREAS PERIGOSAS

1. Em áreas perigosas que exigem equipamento à prova de explosão, as tampas devem ser apertadas no mínimo com 8 voltas. Para evitar a entrada de umidade ou de gases corrosivos, aconselha-se apertar as tampas até sentir que o O'ring encostou-se à carcaça, finalizando com mais um terço de volta (120°) para garantir a vedação. As tampas devem ser travadas através dos parafusos de trava.
2. A passagem dos cabos de sinal para ligar aos terminais de ligação deve ser feito pelas conexões elétricas na carcaça, que podem ser conectadas a um eletroduto ou prensa-cabo.
3. As rosas dos eletrodutos devem ser vedadas conforme método de vedação requerido pela área. A passagem não utilizada deve ser vedada com bujão e vedante apropriados.
4. Se outras certificações forem necessárias, estas deverão ser referir ao certificado ou à norma específica para as restrições de instalação.

Os equipamentos da Série 303 são protegidos contra polaridade reversa, podendo resistir até 35 Vdc sem danos. Estes não operam quando submetidos à polaridade reversa.

Sinal Físico

Os equipamentos PROFIBUS PA da série 303 utilizam o modo de tensão 31,25 Kbit/s (H1) para a modulação física. Todos os outros equipamentos no barramento devem usar o mesmo tipo de modulação *Manchester* e devem ser conectados em paralelo ao longo do mesmo par de fios. No mesmo barramento podem ser usados vários tipos de equipamentos PROFIBUS PA de diferentes fabricantes.

Estes equipamentos são alimentados via barramento, sendo que alguns podem ser alimentados externamente, não consumindo a energia do barramento PROFIBUS PA.

O sinal de comunicação utilizado é um sinal AC que varia entre 750 mV a 1000 mV sobreposto ao sinal DC de alimentação.

Em áreas perigosas o número de equipamentos deve ser limitado por barreira de segurança, de acordo com as restrições de segurança da área.

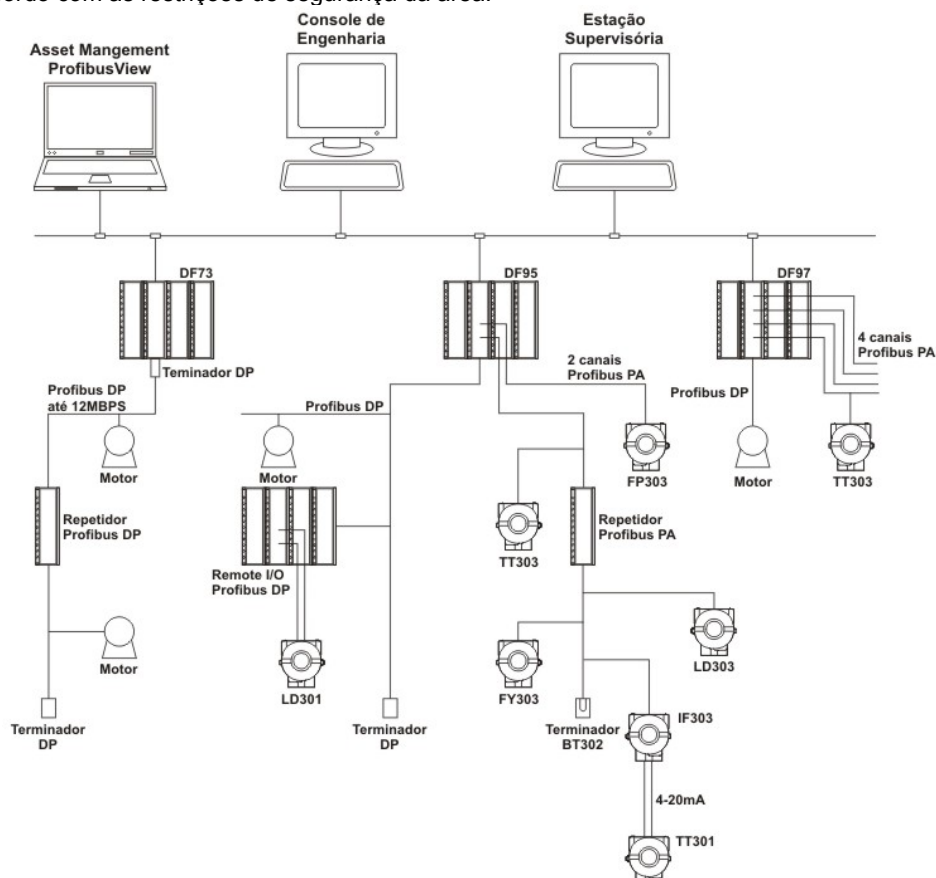
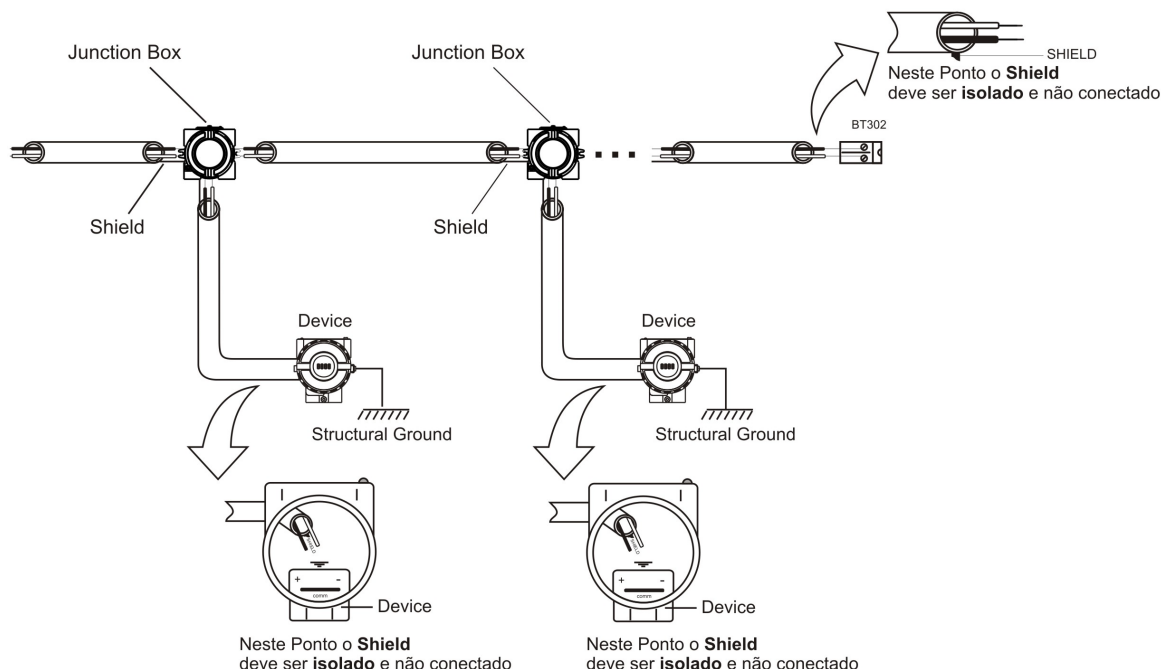


Figura 3.40 – Exemplo Rede PROFIBUS

A Figura 3.41 ilustra como conectar um equipamento à rede PROFIBUS.



Nota: Garantir que o Shield seja contínuo em todas as derivações da **Junction Box** e que não esteja em contato com a carcaça.

Figura 3.41 – Modo de Ligação de um Equipamento à Rede PROFIBUS

Meio Físico, Cabeamento e Instalação – PROFIBUS PA

O PROFIBUS PA é um protocolo de comunicação digital bidirecional, que permite a interligação em rede de vários equipamentos diretamente no campo, realizando funções de aquisição e atuação, assim como a monitoração de processos e estações (IHMs) através de *softwares* supervisórios. É baseado no padrão ISO/OSI, onde se têm as seguintes camadas: Camada Física (*Physical Layer*), Camada de Interface dos Dados (*Data Link Layer*) e Interface do Usuário (*User Application*). Pode-se citar ainda referente a aplicação, os modelos baseados em Blocos Funcionais (*Function Blocks*) e Descrição de Dispositivos (*Device Descriptions*) garantindo a interoperabilidade.

A Camada Física (conhecida como PA ou H1) é definida segundo padrões internacionais (IEC e ISA). Este recebe mensagens da Camada de Interface dos Dados e as converte em sinais físicos no meio de transmissão Fieldbus e vice-versa, incluindo e removendo preâmbulos, delimitadores de começo e fim de mensagens.

O meio físico é baseado na IEC 61158 -2, com as seguintes características:

- Transferência de dados usando codificação *Manchester*, com taxa de 31,25 kbit/s;
- Para um sinal de comunicação íntegro, cada equipamento deve ser alimentado com no mínimo 9 V. O meio físico H1 permite que se alimente os equipamentos via barramento, sendo que o mesmo par de fios que alimenta o equipamento também fornece o sinal de comunicação. Existem alguns equipamentos que são alimentados externamente;
- Comprimento máximo de 1900 m/segmento sem repetidores;
- Utiliza-se até 4 repetidores, o comprimento máximo pode chegar a 9,5 Km;
- Em um barramento PROFIBUS PA pode-se ter até 32 equipamentos sendo que a classificação da área e o consumo de corrente dos equipamentos, assim como as distâncias envolvidas e cabos utilizados serão fatores limitadores desta quantidade;
- O barramento PROFIBUS PA deve ser capaz de suportar equipamentos em aplicação com segurança intrínseca.

Observação: Para definir a quantidade de equipamentos em aplicação com segurança intrínseca é importante conhecer o consumo de corrente dos equipamentos, fonte de alimentação e características da barreira.

- Não deve haver interrupção do barramento com a conexão e desconexão de equipamentos enquanto estiver em operação;
- Topologias disponíveis em barramento, árvore, estrela ou mista.

O modelo FISCO (*Fieldbus Intrinsically Safe Concept*) tem as características detalhadas na norma IEC 60079-27.

O modelo FISCO tem as seguintes restrições:

- Cada segmento deve possuir um único elemento ativo (fonte de alimentação) no barramento de campo, localizado na área não-classificada;
- Os demais equipamentos na área classificada são passivos (escravos);
- Cada equipamento de campo deve ter um consumo quiescente mínimo de pelo menos 10 mA;
- Em áreas Ex ia e Ex ib o comprimento máximo do barramento deve ser 1000 m;
- Derivações individuais devem ser limitadas a 30 m;
- Deve-se utilizar 2 terminadores ativos no barramento principal, um no início e um no fim do barramento;
- Deve-se utilizar transmissores e barreiras/fontes aprovadas pelo FISCO;
- Os cabos (sem restrições para cabeamento até 1000 m) devem possuir os seguintes parâmetros:
 - R' : 15 a 150 Ω/km ;
 - L' : 0,4 a 1 mH/km;
 - C' : 80 a 200 nF/km.
 Cabo tipo A: 0,8 mm² (AWG18)
- Deve-se verificar para cada transmissor:
 - Limite de tensão: $V_o < V_i$;
 - Limite de corrente: $I_o < I_i$;
 - Limite de potência: $P_o < P_i$.
 Note que não se requer o cálculo de C e L para o segmento.
- As terminações devem possuir os seguintes parâmetros:
 - $R = 90$ a 100 Ω ;
 - $C = 0$ a 2,2 μF .

O conceito FISCO foi otimizado para que seja permitido um número maior de equipamentos de campo, de acordo com o comprimento do barramento, levando-se em conta a variação das características do cabo (R' , L' , C') e terminadores, atendendo categorias e grupos de gases com uma simples avaliação da instalação envolvendo segurança intrínseca. Com isto, aumentou-se a capacidade de corrente por segmento e facilitou para o usuário a avaliação. Além disso, ao adquirir produtos certificados, o usuário não precisa se preocupar mais com cálculos, mesmo em substituição em operação. Veja exemplos nas Figuras 3.42 e 3.43.

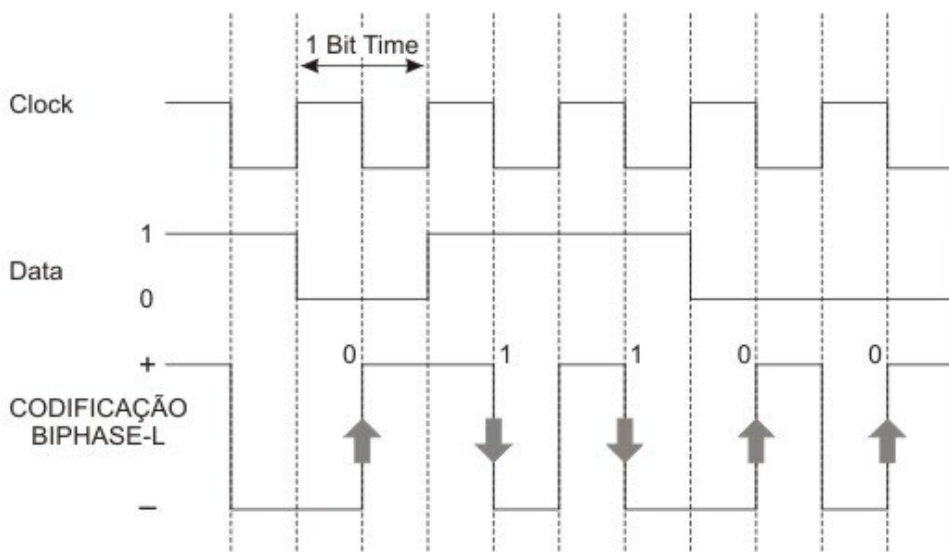


Figura 3.42 – Exemplo de sinal Fieldbus em modo tensão

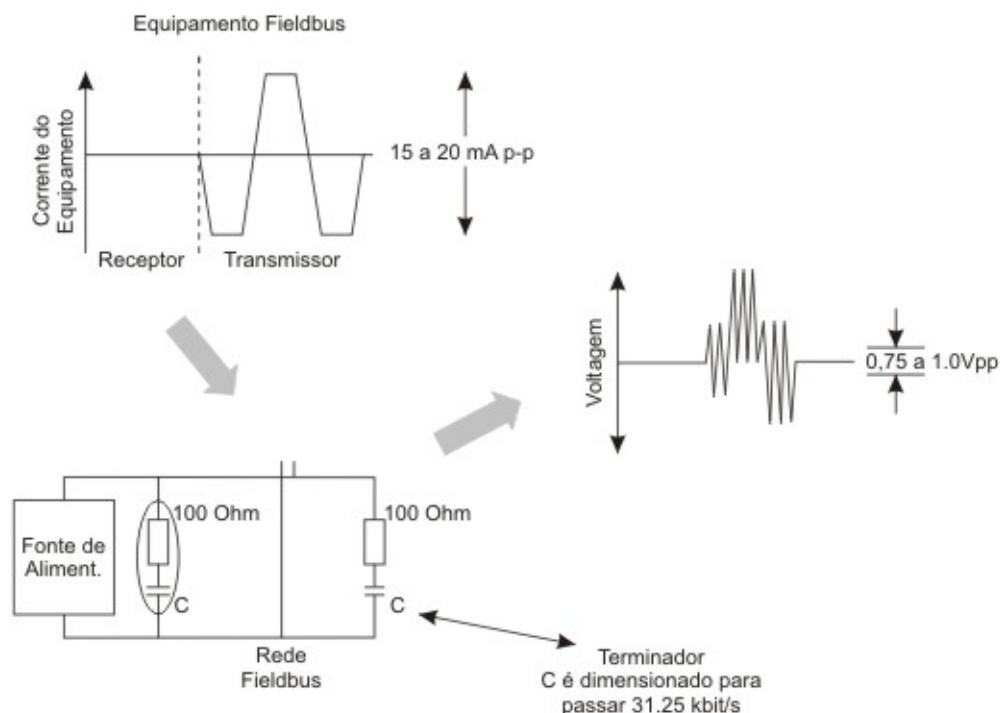


Figura 3.43 – Exemplo de codificação Manchester

A transmissão de um equipamento fornece ± 10 mA a 31,25 kbit/s em uma carga equivalente a 50, criando um sinal de tensão modulado de 750 mV a 1,0 V pico a pico. A fonte de alimentação pode fornecer de 9 a 32 Vdc, porém em aplicações seguras (IS) devem atender os requisitos das barreiras de segurança intrínseca. Veja Figura 3.44.

O comprimento total do cabeamento é a somatória do tamanho do *trunk* (barramento principal) e todos os *spurs* (derivações maiores que 1 m), sendo que com o cabo tipo A é de no máximo 1900 m em áreas não seguras. Em áreas seguras é de no máximo 1000 m com o cabo tipo A e os *spurs* não podendo exceder 30 m.

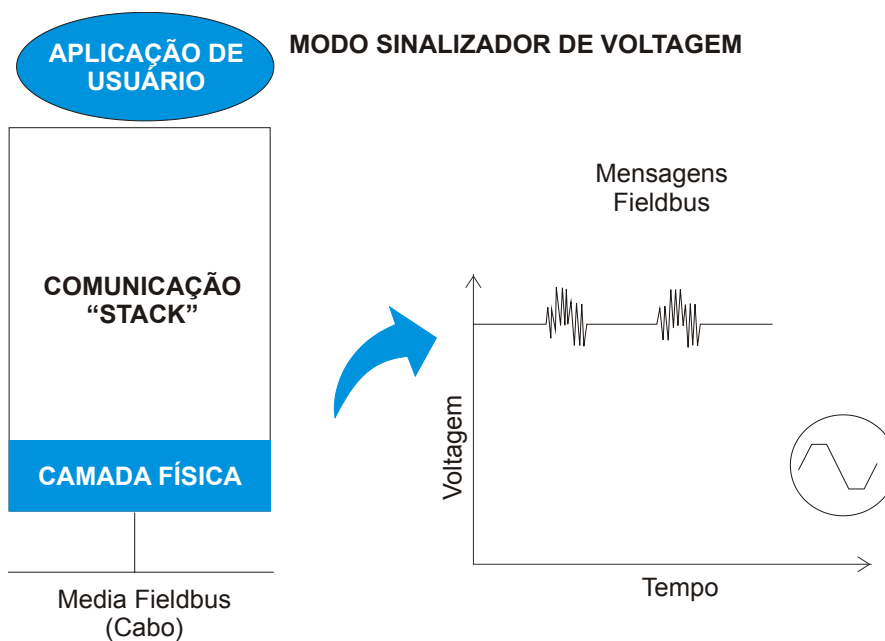


Figura 3.44 – Modo Tensão 31.25 kbit/s

Tipos de Cabos Recomendados

A IEC 61158-2 determina que o meio físico do PROFIBUS PA deve ser um par de fios trançados e blindado (*Shield*). As propriedades de um barramento de campo são determinadas pelas características elétricas do cabo utilizado. Embora a IEC 61158-2 não especifique o cabo, o mais recomendado é do tipo A, que garante melhores condições de comunicação e distâncias envolvidas.

A Tabela 3.6 apresenta em detalhes as especificações dos diversos cabos à 25 °C. Lembre-se que a maioria dos fabricantes de cabos recomenda a temperatura de operação entre -40 °C a +60 °C. É necessário verificar os pontos críticos de temperatura por onde é passado o cabeamento e se o cabo suporta a mesma. A resistência específica do cabo tipo A de 22 Ω/Km é válida a 25 °C. A resistência do cabo aumenta com a temperatura, cerca de 0,4% por grau.

	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Descrição do Cabo	Par trançado com <i>Shield</i>	Um ou mais pares trançados total com <i>Shield</i>	Diversos pares trançados sem <i>Shield</i>	Diversos pares não-trançados, sem <i>Shield</i>
Área de Seção do Condutor Nominal	0,8 mm ² (AWG 18)	0,32 mm ² (AWG 22)	0,13 mm ² (AWG 26)	0,25 mm ² (AWG 16)
Máxima Resistência DC (<i>loop</i>)	44 Ω/Km	112 Ω/Km	264 Ω/Km	40 Ω/Km
Impedância Característica a 31,25 KHz	100 Ω ± 20%	100 Ω ± 30%	**	**
Máxima Atenuação a 39 KHz	3 dB/Km	5 dB/Km	8 dB/Km	8 dB/Km
Máxima Capacitância Desbalanceada	2 nF/Km	2 nF/Km	**	**
Distorção de Atraso de Grupo (7,9 a 39 KHz)	1,7 µseg/Km	**	**	**
Superfície Coberta pelo <i>Shield</i>	90%	**	-	-
Recomendação para Extensão de Rede (incluindo <i>spurs</i>)	1900 m	1200 m	400 m	200 m

Tabela 3.6 – Características dos Diversos Cabos Utilizados em PROFIBUS PA

Comprimento Total do Cabo e Regras de Distribuição e Instalação

O comprimento total do cabo PROFIBUS PA deve ser totalizado desde a saída do ponto de conversão DP/PA até o ponto mais distante do segmento, considerando as derivações. Braços menores que 1 m não entram neste total.

O comprimento total do cabeamento é a somatória do tamanho do *trunk* (barramento principal) mais todos os *spurs* (derivações maiores que 1 m), sendo que, com cabo do tipo A, o máximo comprimento em áreas não-classificadas é de 1900 m sem repetidores. Em áreas classificadas é de 1000 m, com *spur* máximo de 30 m.

É recomendável evitar *splice* na instalação e distribuição. Os *splices* são qualquer parte da rede que tenha uma alteração de impedância, que pode ser causada, por exemplo, por alteração do tipo de cabo, descontinuidade do *shield*, esmagamento ou dobra muito acentuada no cabo etc. Em redes com comprimento total maior que 400 m, a somatória dos comprimentos de todos os *splices* não deve ultrapassar 2% do comprimento total e ainda, em comprimentos menores do que 400 m, não deve exceder 8 m.

O comprimento máximo de um segmento PA quando se utiliza cabo de tipos diferentes fica limitado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\left(\frac{LA}{LA \text{ max}} \right) + \left(\frac{LB}{LB \text{ max}} \right) + \left(\frac{LC}{LC \text{ max}} \right) + \left(\frac{LD}{LD \text{ max}} \right) \leq 1$$

Onde:

LA : Comprimento do cabo A ;

LB : Comprimento do cabo B ;

LC : Comprimento do cabo C ;

LD : Comprimento do cabo D ;

$LA \text{ max}$: Comprimento máximo permitido com o cabo A (1900 m);

$LB \text{ max}$: Comprimento máximo permitido com o cabo B (1200 m);

$LC \text{ max}$: Comprimento máximo permitido com o cabo C (400 m);

$LD \text{ max}$: Comprimento máximo permitido com o cabo D (200 m).

Quando utilizar braços (*spurs*), é necessário atenção especial aos comprimentos, pois a quantidade de equipamentos PA (deve ser considerado os repetidores quando houver) deve estar de acordo com a Tabela 3.7. Em áreas classificadas o *spur* máximo é de 30 m.

Total de Equipamentos PA por Segmento coupler DP/PA	Comprimento do Spur (m) com 01 Equipamento	Comprimento do Spur (m) com 02 Equipamentos	Comprimento do Spur (m) com 03 Equipamentos	Comprimento do Spur (m) com 04 Equipamentos	Comprimento Considerando a Quantidade Máxima de Spurs (m)
1-12	120	90	60	30	12 x 120 = 1440
13-14	90	60	30	1	14 x 90 = 1260
15-18	60	30	1	1	18 x 60 = 1080
19-24	30	1	1	1	24 x 30 = 720
25-32	1	1	1	1	1 x 32 = 32

Tabela 3.7 - Spur x Número de Equipamentos PA

Observação: O valor da capacitância do cabo também deve ser considerado. Na ausência de dados do fabricante, um valor de 0,15 nF/m pode ser usado para cabos PROFIBUS.

$$C_t = \sum (L_s * C_s) + C_d$$

Onde:

C_t : Capacitância total em nF;

L_s : Comprimento do *spur* em m;

C_s : Capacitância do fio por segmento em nF/m (padrão: 0,15);

C_d : Capacitância do equipamento PA.

A atenuação associada a esta capacitância é 0,035 dB/nF. Sendo assim, a atenuação total vale:

$$A = C_t * 0,035 \text{ dB/nF} \leq 14 \text{ dB}$$

A atenuação deve ser menor que 14 dB que é o menor sinal transmitido e perceptível ao receptor.

Existem algumas regras que devem ser seguidas com relação a roteamento e separação entre outros cabos, quer sejam de sinais ou de potência. Deve-se preferencialmente utilizar bandejamentos ou calhas metálicas, observando as distâncias conforme as Tabelas 1 e 2 deste guia. Nunca se deve passar o cabo PROFIBUS PA ao lado de linhas de alta potência, pois a indução é uma fonte de ruído e pode afetar o sinal de comunicação. O sinal Fieldbus também deve ser isolado de fontes de ruídos, como cabos de força, motores e inversores de frequência. Recomenda-se colocá-los em guias e calhas separadas. O ideal é utilizar canaletas de alumínio, onde se tem a blindagem eletromagnética externa e interna. As correntes de *Foucault* são praticamente imunes, devido à boa condutibilidade elétrica do alumínio. O cruzamento entre os cabos deve ser feito em ângulo de 90°.

Note que as condições adequadas à comunicação de sinais são garantidas com técnicas de aterramento adequadas.

Terminadores da Rede PROFIBUS PA

Dois terminadores de barramento devem estar conectados na rede PROFIBUS PA, sendo um na saída do *coupler* DP/PA e o outro no último equipamento (normalmente o mais distante do *coupler*), dependendo da topologia adotada.

A falta de terminadores causa a intermitência da comunicação, uma vez que não há casamento de impedância e há aumento da reflexão de sinal.

A falta de um terminador ou sua conexão em ponto incorreto pode degradar o sinal, pois o comportamento da fiação além do terminador funcionará como uma antena e os níveis de sinais podem aumentar em mais de 70%. Quando se tem mais de dois terminadores, os níveis de sinais podem atenuar mais do que 30%. Condições de atenuação do sinal ou reflexões pela ausência do terminador pode causar intermitência no barramento.

O terminador da rede PA é composto de um resistor de $100\ \Omega \pm 2\%$ e um capacitor de $1\ \mu\text{F} \pm 20\%$ em série.

Para verificar formas de ondas típicas do PROFIBUS PA de acordo com a terminação, veja Figura 3.45.

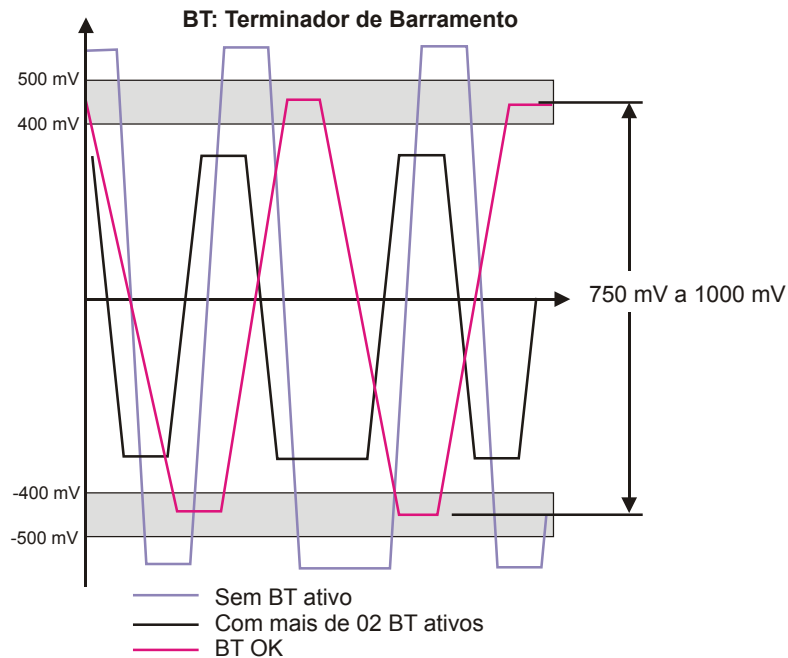


Figura 3.45 – Formas de Ondas Típicas do H1 de Acordo com a Terminação

Topologias

A rede PROFIBUS PA pode ter as seguintes topologias: Estrela, Barramento e Ponto-a-Ponto representadas pelas Figuras 3.46, 3.47 e 3.48, respectivamente. Na prática, normalmente usa-se uma topologia mista.

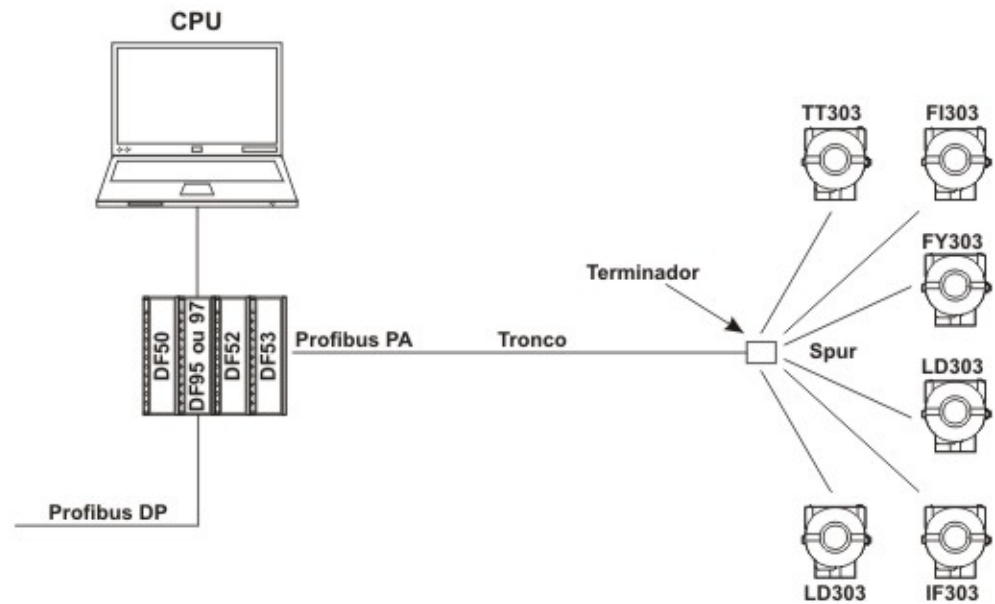


Figura 3.46 – Topologia Estrela

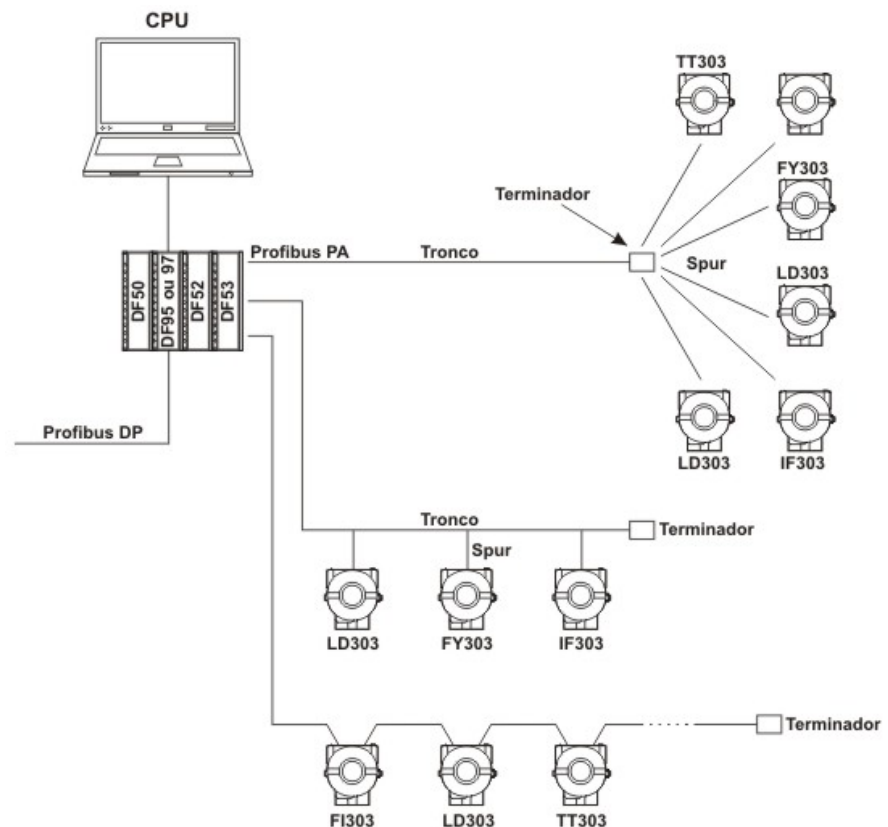


Figura 3.47 – Topologias em Estrela, Barramento e Ponto a Ponto

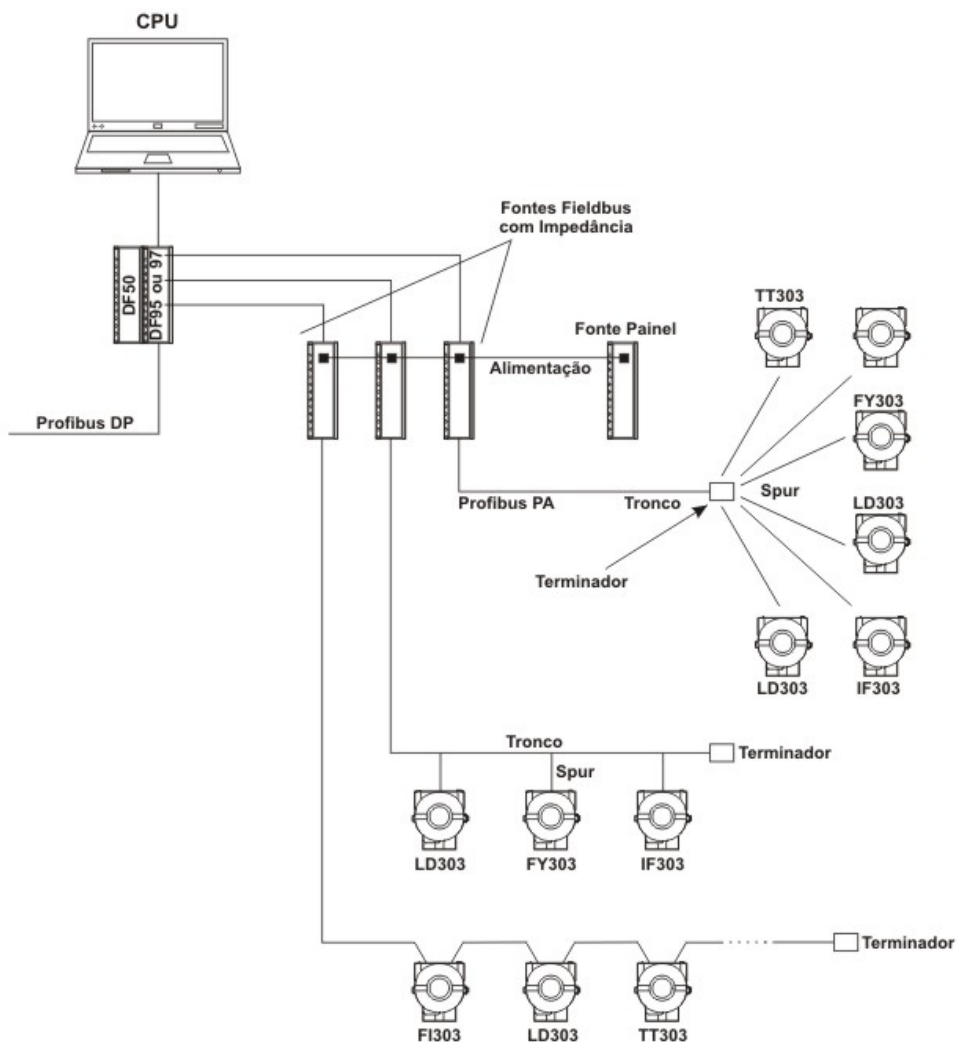


Figura 3.48 – Topologias em Estrela, Barramento e Ponto a Ponto usando fontes de barramento externas

Repetidores

Na rede PROFIBUS PA pode-se ter até 4 repetidores. Estes são usados sempre que há necessidade de aumentar a quantidade de equipamentos ou reforçar níveis de sinais que foram atenuados com a distância de cabeamento ou mesmo expandir o cabeamento até 9500 m.

Certifique-se que há quantidade de repetidores, suas alimentações e terminadores no final do segmento (início do repetidor) e na saída do repetidor. Sempre que há um repetidor é como se houvesse uma nova rede com as mesmas regras vistas anteriormente.

Supressor de Transientes

Toda vez que houver uma distância efetiva entre 50 e 100 m na horizontal ou 10 m na vertical entre dois pontos aterrados, recomenda-se o uso de protetores de transientes, no ponto inicial e final da distância, como mostra a Figura 3.49.

NOTA

O supressor de transiente protege o circuito elétrico contra sobretensões.

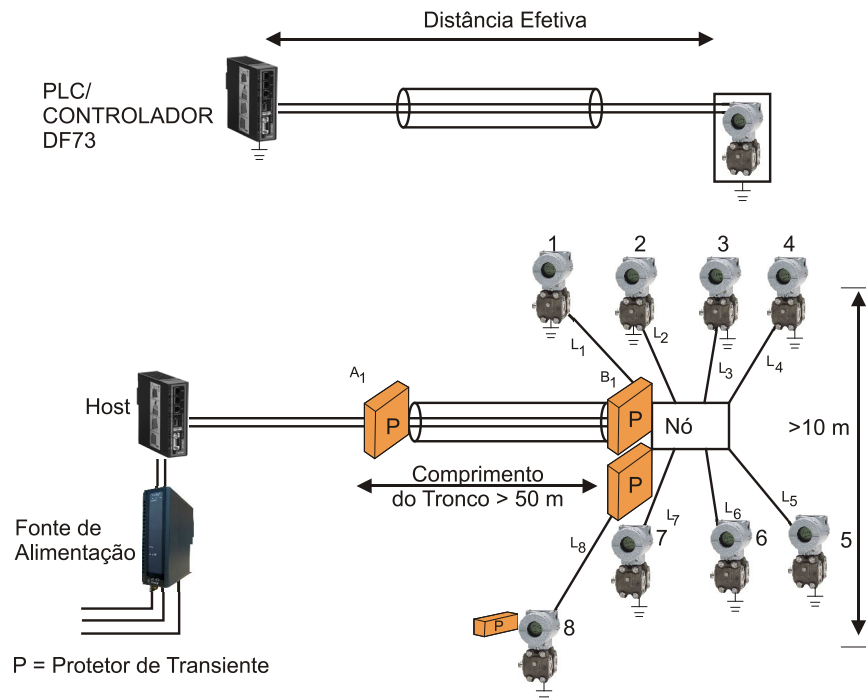


Figura 3.49 – Distância Efetiva em uma Distribuição de Cabo

Recomenda-se instalar o protetor de transiente imediatamente após o *coupler* DP/PA, antes de cada equipamento e também na caixa de junção. Em áreas classificadas, deve-se usar protetores certificados, desde que o sistema de aterramento o permita.

Fonte de Alimentação e Sinal de Comunicação

O consumo de energia varia de um equipamento para outro, assim como de fabricante para fabricante. Todos os equipamentos PROFIBUS PA da Smar têm o mesmo consumo de corrente quiescente (12 mA). Quanto menor for o consumo dos equipamentos, uma quantidade maior de equipamentos poderá ser conectada ao barramento em aplicações em áreas classificadas (intrinsecamente seguras). É importante observar e garantir as condições mínimas de alimentação no equipamento mais distante do *coupler* DP/PA, onde a impedância do cabo utilizado pode atenuar o sinal de alimentação.

Para o sinal de alimentação, considera-se como valores aceitáveis na prática:

- 12 a 32 Vdc na saída do *coupler* DP/PA, dependendo do fabricante *coupler*;
- Ripple (mV):
 - < 25: excelente;
 - 25 < r < 50: ok;
 - 50 < r < 100: marginal;
 - > 100: não aceitável.
- Nível de Tensão:
 - 750 a 1000 mVpp: ok;
 - > 1000 mVpp: Muito alto. Pode haver um terminador a menos.

Obs.: Algumas barreiras e protetores de segmento (*spur guard* ou *segment protector*) possuem uma alta impedância em série e podem resultar em sinais até 2000 mV e permitir a operação adequada.

- < 250 mVpp: Muito baixo. É necessário verificar se há mais de 2 terminadores ativos, fonte de alimentação, *coupler* DP/PA, etc.

Alguns equipamentos não tem polaridade. Nos equipamentos que têm polaridade é muito importante assegurar a sua correta ligação. Todos os equipamentos devem ser conectados em paralelo no barramento.

- O uso de fios coloridos ou codificados é recomendado para distinguir o positivo do negativo. Adote a linha de dados A (negativo) como condutor verde e a linha B (positivo) como condutor vermelho.

NOTA

Evite a inversão destes condutores ao longo do trajeto da rede PROFIBUS, mantendo esta nomenclatura em todo cabeamento.

Acopladores DP/PA (Coupler DP/PA)

O *coupler* DP/PA é usado para converter as características físicas do barramento PROFIBUS DP e PROFIBUS PA, pois existe a necessidade de conversão de meio físico (RS-485/fibra óptica) para IEC 61158-2 (H1), onde as velocidades de comunicação são diferentes.

Endereçamento Utilizando Couplers DP/PA

A Figura 3.50 apresenta em detalhes o endereçamento transparente quando são utilizados *couplers* (de baixa ou de alta velocidade) na rede PROFIBUS DP e PROFIBUS PA. O endereço *default* é 126 e somente um equipamento com 126 pode estar presente no barramento de cada vez.

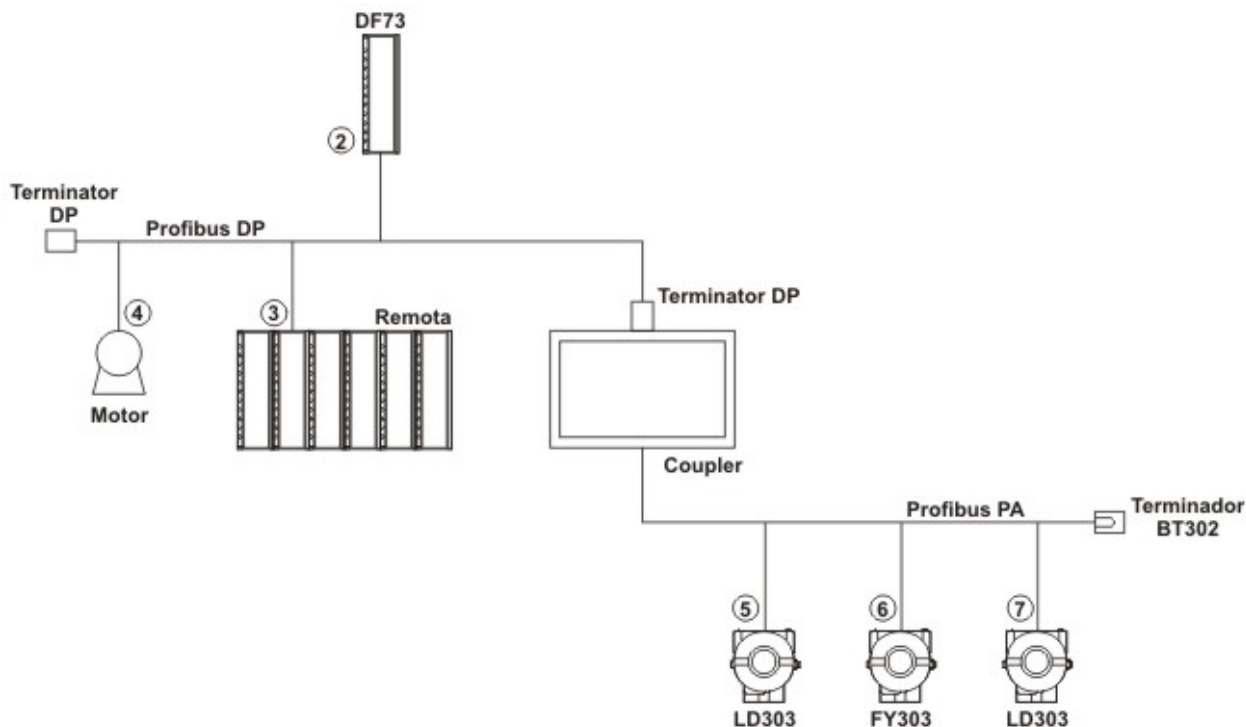


Figura 3.50 - Endereçamento Transparente com a Utilização de Coupler DP/PA

Já a Figura 3.51 mostra em detalhes o endereçamento estendido quando se utiliza o DF95 ou DF97.

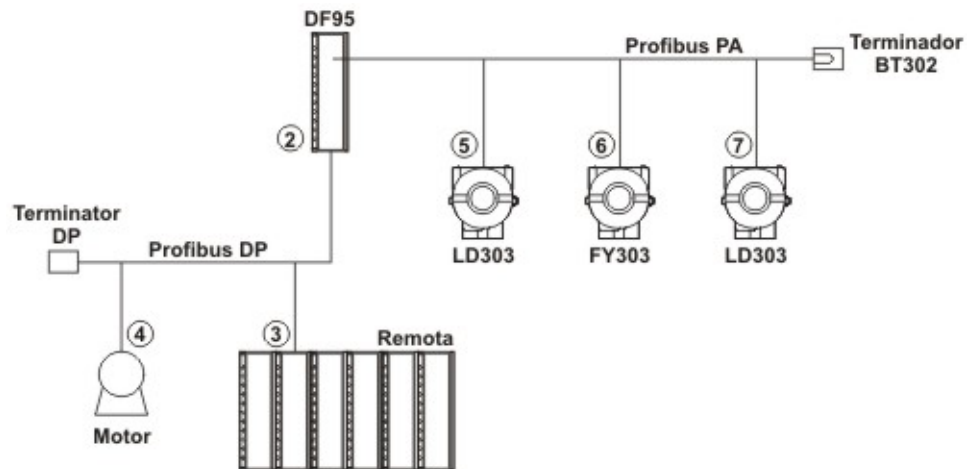


Figura 3.51 - Endereçamento utilizando o DF95/DF97

Shield e Aterramento

Ao considerar a questão de *shield* e aterramento em barramentos de campo, deve-se levar em conta:

- A compatibilidade eletromagnética (EMC);
- Proteção contra explosão;
- Proteção de pessoas.

De acordo com a IEC 61158-2, aterrar significa estar permanentemente conectado ao terra através de uma impedância suficientemente baixa e com capacidade de condução suficiente para prevenir qualquer tensão que possa resultar em danos de equipamentos ou pessoas. Linhas de tensão com 0 V devem ser conectadas ao terra e serem galvanicamente isoladas do barramento Fieldbus. O propósito de se aterrar o *shield* é evitar ruídos de alta frequência.

Preferencialmente, o *shield* deve ser aterrado em dois pontos, no início e no final do barramento, desde que não haja diferença de potencial entre estes pontos, permitindo a existência e caminhos para corrente de *loop*. Na prática, quando esta diferença existe, recomenda-se aterrar o *shield* somente em um ponto, ou seja, na fonte de alimentação ou na barreira de segurança intrínseca. Deve-se assegurar a continuidade da blindagem do cabo em mais de 90% do comprimento total do cabo.

O *shield* deve ter continuidade nos conectores, acopladores, *splices* e caixas de distribuição e junção.

Nunca se deve utilizar o *shield* como condutor de sinal. É preciso verificar a continuidade do *shield* até o último equipamento PA do segmento, analisando a conexão e acabamento, pois este não deve ser aterrado nas carcaças ou no início dos equipamentos.

Em áreas classificadas, se uma equalização de potencial entre a área segura e área perigosa não for possível, o *shield* deve ser conectado diretamente ao terra (*Equipotential Bonding System*) somente no lado da área perigosa. Na área segura, o *shield* deve ser conectado através de um acoplamento capacitivo (capacitor preferencialmente cerâmico (dielétrico sólido), $C \leq 10 \text{ nF}$, tensão de isolamento $\geq 1,5 \text{ kV}$). Veja Figuras 3.52 e 3.53.

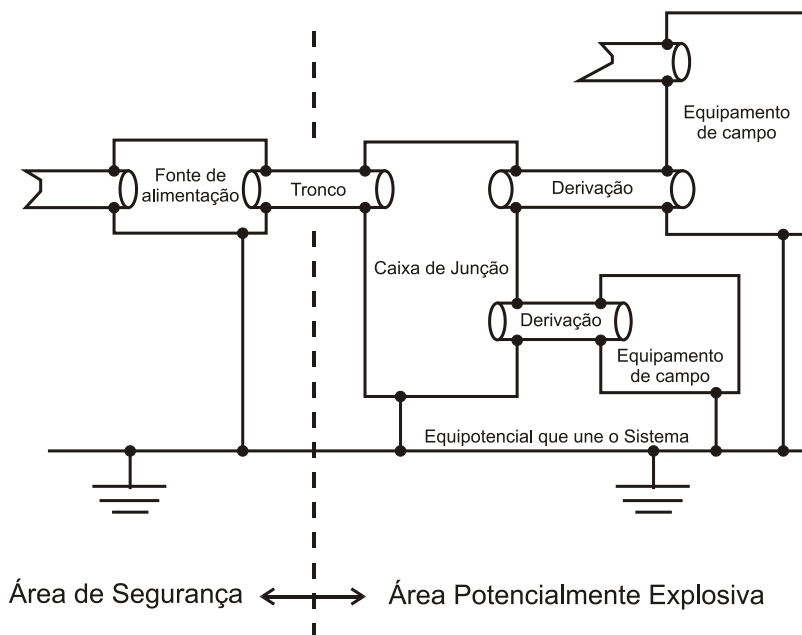


Figura 3.52 – Combinação Ideal de Shield e Aterramento

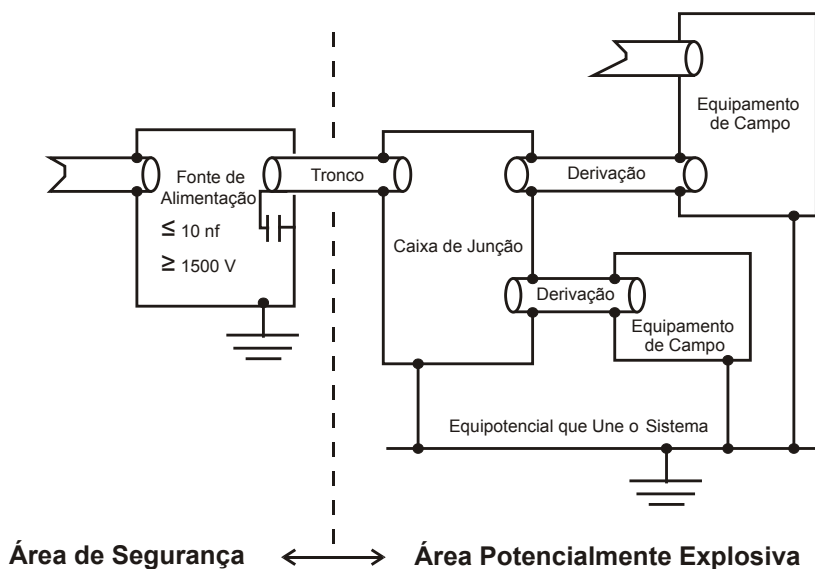


Figura 3.53 – Aterramento Capacitivo

Número de Equipamentos PROFIBUS PA em um Segmento

A quantidade de equipamentos (N) por segmento PA depende do consumo quiescente de cada equipamento PA, das distâncias envolvidas (resistência de *loop* cabo tipo A: 44 Ω /km), do *coupler* DP/PA e de sua corrente drenada, da classificação de área (*couplers* para área classificada drenam correntes da ordem de 110 mA, tensão de saída 12 V), além da corrente de falta do transmissor (corrente de FDE que normalmente é 0 mA, dependendo do fabricante). Em áreas perigosas o número de equipamentos deve ser limitado por barreira de segurança, de acordo com as restrições de segurança da área e limites do *coupler* DP/PA. Veja Figura 3.54.

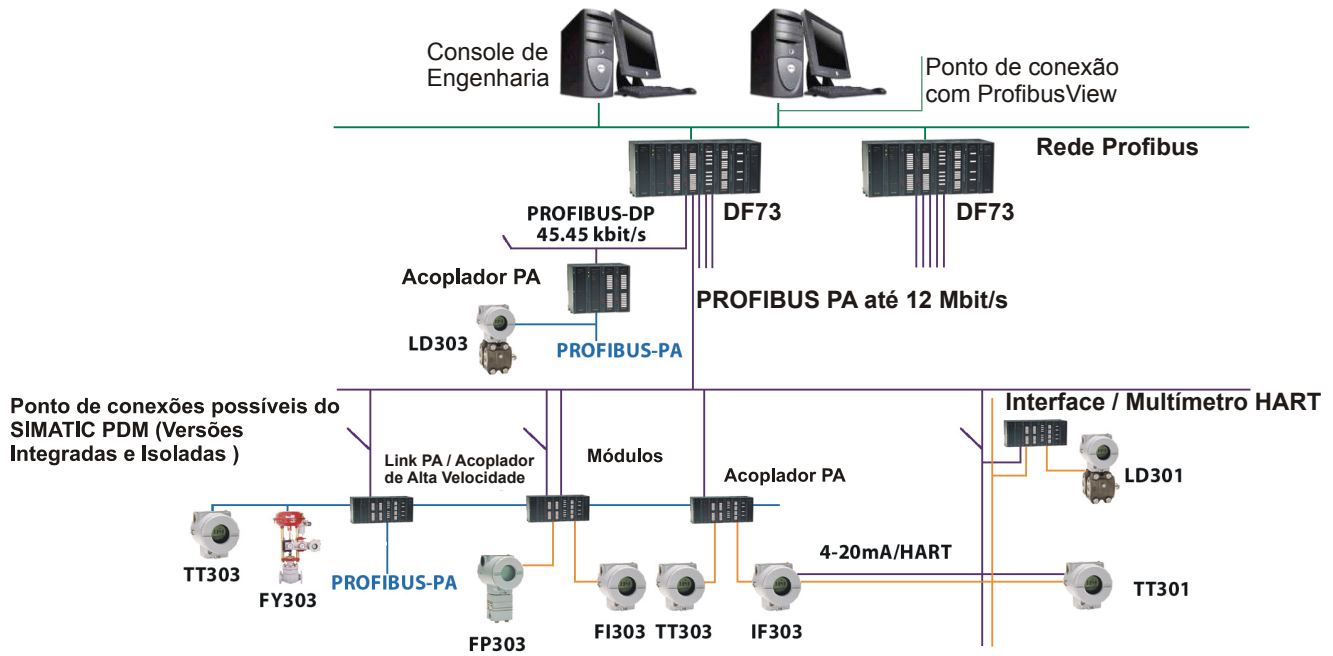


Figura 3.54 – Rede Profibus

A corrente total no segmento deve ser menor do que a drenada pelo *coupler*. Equipamentos Smart consomem 12 mA.

$$I_{Seg} = \sum I_{BN} + I_{FDE} + I_{FREE}$$

Sendo que:

$$I_{Seg} < I_C$$

Onde:

I_{Seg} : Corrente no segmento PA;

$\sum I_{BN}$: Somatória das correntes quiescentes de todos os equipamentos no segmento PA;

I_{FDE} : Corrente adicional em caso de falha, normalmente desprezível;

I_{FREE} : Corrente de folga, útil em caso de expansão ou troca de fabricante, recomendado 20 mA;

I_C : Corrente drenada pelo *coupler*.

Além disso, deve-se ter pelo menos 9 V na borneira do equipamento PA mais distante do *coupler* DP/PA para garantir a energização correta:

$$V_{BN} = V_C - (R * L)$$

Onde:

V_C : Tensão de saída do *coupler* DP/PA;

R : Resistência de *Loop* (Cabo tipo A, $R = 44 \Omega/\text{km}$);

L : Comprimento total do barramento PA;

V_{BN} : Tensão na borneira do equipamento PA mais distante do *coupler* DP/PA.

Sendo $V_{BN} > 9.0V$. Isto garante a energização do último equipamento PA. Lembrando que o sinal de comunicação deve estar entre 750 a 1000 mV.

Algumas caixas de junção ou protetores de curto para segmento, chamados *spur guards* são ativos e podem ser alimentados via barramento PA (H1), sendo assim, deverá entrar no cálculo da somatória da corrente. Além disso, cada saída destes *spur guards* possui um limite permitido de corrente que deve ser respeitado.

Conectando Equipamentos ao Fieldbus

Os equipamentos Fieldbus podem ser conectados ou removidos de uma rede Fieldbus em operação. Ao remover um equipamento assegure-se que os fios não estejam curto-circuitados ou em contato com outros fios, blindagem ou aterramento.

Não podem ser misturados equipamentos Fieldbus com velocidades diferentes de comunicação na mesma rede. Equipamentos alimentados ou não pelo barramento podem ser misturados e compartilhados na mesma rede.

Não se deve conectar equipamentos que não sejam Fieldbus à rede. Indicadores do tipo analógico com bobinas, etc. podem afetar a comunicação.

Procedimento de Recebimento

Ao receber o equipamento, retire-o da embalagem e conecte-o à fonte de alimentação. Verifique se a configuração do seu endereço está de acordo com a aplicação, usando o procedimento de ajuste local ou durante a inicialização quando é mostrado o seu endereço brevemente.

O usuário pode mudar o endereço físico de um equipamento Fieldbus em uma rede operacional sem desconectá-lo.

Equipamentos da Rede

O endereço 126 é o endereço *default* (padrão) para todos os equipamentos.

Usando o ProfibusView da Smar ou o Simatic PDM da Siemens, o usuário pode mudar o endereço do equipamento e configurá-lo.

Troubleshooting

Troubleshooting básico: Os erros de comunicação são automaticamente detectados e indicados dependendo das ferramentas de engenharia. Em relação ao *troubleshooting*, aconselha-se remover as partes uma a uma até que se encontre a falha por eliminação. Também é recomendável testar o equipamento com problema em sua própria bancada de trabalho. Certifique-se dos seguintes parâmetros:

- Se a polaridade está correta;
- Se o endereço está correto;
- Se a rede está íntegra fisicamente em termos de sinais de alimentação e comunicação;
- Se a tensão da fonte é suficiente, sempre com um mínimo de 9 V durante a comunicação, mais a sobreposição do sinal Manchester.

Troubleshooting avançado: Para encontrar problemas mais difíceis, analisadores de barramento podem ser usados para estudar as mensagens de comunicação.

Um osciloscópio (balanceado/isolado - por exemplo, operado por bateria) pode também ser uma ferramenta útil em casos extremos.

Erros de Comunicação

Problemas de instalação, não configuração ou outras causas principais de erros de comunicação:

- Conexões mal feitas;
- Colocação inadequada do terminador (excesso ou falta de terminadores no barramento);
- Tensão de alimentação abaixo do especificado;
- *Spurs* muito longos ou excesso de *Spurs*;
- Aterramento errado ou sem aterramento;
- Infiltração de água pelas tampas ou pelo prensa cabos.

A Tabela 3.8 abaixo mostra alguns sintomas, causas prováveis e recomendações que podem ser úteis durante a fase de comissionamento/*startup* e manutenção:

SINTOMA	CAUSA PROVÁVEL	RECOMENDAÇÃO
Ruído excessivo ou <i>spiking</i> no barramento ou sinal muito alto.	Presença de umidade na borneira e/ou conectores causando baixa isolamento de sinal, fontes de alimentação e/ou equipamentos e/ou terminadores, etc com baixa isolamento ou mau funcionamento, <i>shield</i> aterrado inadequadamente, tronco ou <i>spur</i> excessivo, quantidade de terminadores inadequada ou fonte de ruído perto do cabeamento PROFIBUS, etc.	Verifique cada conector e borneira dos equipamentos certificando-se que não haja entrada de umidade, mau contato, que o <i>shield</i> esteja bem acabado nos cabos e aterrado adequadamente, que o nível de <i>ripple</i> nas fontes de alimentações e no barramento estejam dentro dos valores aceitáveis, que o número de terminadores e comprimentos de cabos e sua distribuição estejam dentro do recomendado e ainda que o cabeamento esteja distante de fontes de ruídos. Certifique-se que o aterramento esteja adequado. Em algumas situações equipamentos danificados podem gerar ruídos, desconecte um de cada vez e monitore o ruído.
Excesso de retransmissões ou comunicação intermitente.	Comprimento de cabeamento ou <i>spur</i> inadequado; tensão de alimentação na borneira do equipamento inadequado; equipamento com mau funcionamento; terminação indevida, <i>shield</i> ou aterramento inadequados, a quantidade de equipamentos na rede e por <i>spur</i> , etc.	Certifique-se dos comprimentos de cabeamento, verifique se a tensão de alimentação dos equipamentos esteja entre 9 a 32 Vdc, certifique-se que não haja fontes de ruídos perto do barramento PROFIBUS e ainda, em algumas situações equipamentos danificados podem gerar ruídos ou condições de intermitência, neste caso, desconecte um de cada vez e monitore o <i>status</i> da comunicação. Verifique a excursão de sinal AC da comunicação (750 mV a 1000 mV). Verifique a distribuição do <i>shield</i> e aterramento. Verifique a quantidade de equipamentos na rede e por <i>spur</i> .
Falha de comunicação com alguns equipamentos.	Endereço repetido no barramento, tensão de alimentação insuficiente (< 9,0 Vdc), posição do terminadores, cabos além dos limites permitidos, quantidade de equipamentos além da permitida no segmento, etc.	Certifique-se que todos os equipamentos possuam endereços diferentes. Após colocar um equipamento no barramento com endereço 126, coloque-o, altere o endereço de acordo com a configuração antes de colocar outro equipamento com endereço 126 no barramento. Verifique as distâncias do cabeamento e quantidades de equipamentos, assim como suas alimentações e posicionamento dos terminadores.
Energização intermitente de alguns ou de todos os equipamentos.	Curto-circuito entre o <i>shield</i> e os terminais do barramento, fonte de alimentação com problema, equipamento consumindo muito do barramento ou quantidade de equipamentos indevida.	Verifique a isolamento do <i>shield</i> , a quantidade de equipamentos e seus consumos, etc.
Equipamento PROFIBUS PA não comunica com o link DP/PA Siemens.	Quando se tem o link, os endereços de 3 a 5 não são utilizados, são reservados. Isto é uma característica apenas do <i>link</i> da Siemens.	Mude o endereço do equipamento PA.
O valor de medição não está correto, não é o mesmo que o indicado no LCD do equipamento.	Erro de conversão para <i>float</i> IEEE 754 ou erro de escala.	Verifique se é necessário o <i>swap</i> de bytes ou se no sistema PROFIBUS utilizado existe alguma função para esta conversão automática. Verifique a escala no equipamento e/ou no mestre DP.
O valor medido no sistema Siemens S7 é sempre zero.	Erro de conversão envolvendo consistência de dados.	Utilize a função de leitura com consistência, SF14.
O valor enviado pelo PLC no sistema Siemens S7 é sempre zero ou não está correto ao se escrever no <i>device</i> de saída.	Erro de conversão envolvendo consistência de dados ou o <i>status</i> não está sendo enviado adequadamente ou ainda uso inadequado do arquivo GSD onde não se finalizou os módulos com Empty_Module.	Ao usar o sistema Siemens certifique-se de usar a função de escrita com consistência, SF15. Verifique as escalas do equipamento e do PLC e ainda certifique-se que o <i>status</i> é um valor adequado ao equipamento. Verifique se a configuração cíclica está adequada.
Sem comunicação entre o mestre DP e os escravos PA.	Erro na seleção de <i>baud rate</i> do <i>coupler</i> DP/PA ou <i>link</i> , erro na parametrização, ou problema no barramento.	Verifique as configurações conforme abaixo: - P+F SK1: 93,75 kbits/s; - P+F SK2: até 12 Mbits/s; - Siemens: 45,45 kbits/s; - Link Siemens: até 12 Mbits/s; - Para o SK2 é necessária a conversão de arquivos GSDs; - Reveja as condições do cabeamento, terminadores, comprimento, <i>spurs</i> , fontes, repetidores, etc.

Tabela 3.8 – Sintomas, Causas Prováveis e Recomendações Úteis para Manutenção

Rede PROFIBUS DP

Meio Físico, Cabeamento e Instalação

A transmissão RS 485 é a tecnologia de transmissão mais utilizada no PROFIBUS, embora a fibra óptica possa ser usada em casos de longas distâncias (maior do que 80 Km). Lembre-se que os equipamentos PROFIBUS DP não são alimentados pelo barramento. Seguem abaixo as principais características:

- Transmissão assíncrona NRZ;
- *Baud rate* de 9,6 kbit/s a 12 Mbit/s, único no barramento e selecionável (de acordo com o equipamento que suportar o menor *baud rate*);
- Par trançado com blindagem;
- 32 estações por segmento, máximo de 127 estações;
- Distância dependente da taxa de transmissão (Veja Tabela 3.9);
- Distância expansível até 10 Km com o uso de repetidores;
- Atenuação máxima de 9 dB ao longo de todo o comprimento do segmento;
- 9 PIN, D-Sub conector (mais comum).

O PROFIBUS normalmente se aplica em áreas envolvendo alta taxa de transmissão e instalação simples a um baixo custo. A estrutura do barramento permite a adição e remoção de estações sem influências em outras estações com expansões posteriores e sem nenhum efeito em estações que já estão em operação.

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 no fim de cada segmento, conforme apresenta a Figura 3.55, sendo que, para manter a integridade do sinal de comunicação, ambos terminadores devem ser energizados, sendo possível perceber a existência do sinal de Vp. É recomendado utilizá-lo somente para alimentar os terminadores, pois qualquer inadequação neste sinal pode gerar uma situação de falha de comunicação.

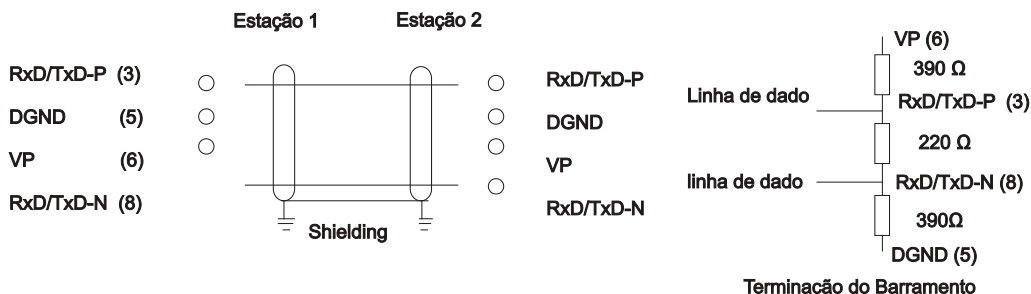


Figura 3.55 – Cabeamento e Terminação para Transmissão RS-485 no PROFIBUS

O comprimento da rede é um fator muito importante a ser analisado, pois quanto maior ele for, maior pode ser a distorção dos sinais. O terminador é uma impedância que se acrescenta na rede PROFIBUS a fim de evitar este problema, pois este tem a função de casar a impedância da rede, minimizando erros de comunicação por distorções de sinais. Vale a pena lembrar que se não houver um terminador na rede, o cabeamento funcionará como uma antena, facilitando a distorção de sinais e aumentando a susceptibilidade a ruídos. A impedância característica é o valor da carga, que colocada no final desta linha, não reflete nenhuma energia. Em outras palavras, é o valor da carga que proporciona um coeficiente de reflexão zero, ou ainda, uma relação de ondas estacionárias igual a um.

Tanto a rede PROFIBUS DP quanto a rede PROFIBUS PA exigem terminadores, pois sua ausência causa o desbalanceamento, provocando atraso de propagação, assim como oscilações ressonantes amortecidas, causando transposição dos níveis lógicos (*thresholds*), além de melhorar a margem de ruído estático. No PROFIBUS DP, os terminadores são ativos, isto é, são alimentados. Veja a Figura 3.56.

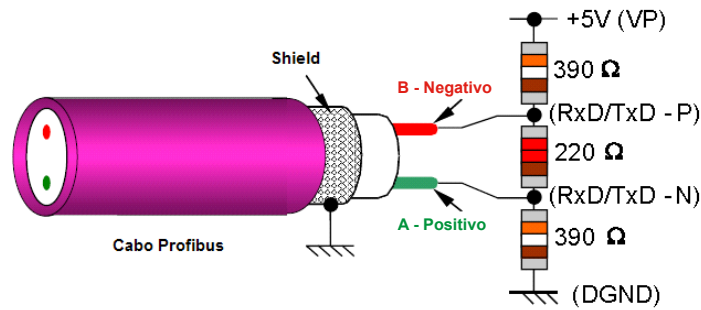


Figura 3.56 – Terminador de Barramento PROFIBUS DP

Cuidados Necessários com Terminadores na Rede PROFIBUS DP

É aconselhado evitar 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, costuma-se utilizar terminação ativa com alimentação própria.

Na Figura 3.57 a terminação ativa na posição incorreta (esquerda) mostra que tanto o nível quanto a forma de onda são degradados. A ativação incorreta do terminador causa descasamento de impedância e reflexões do sinal, uma vez que além do terminador há um cabo com tal impedância.

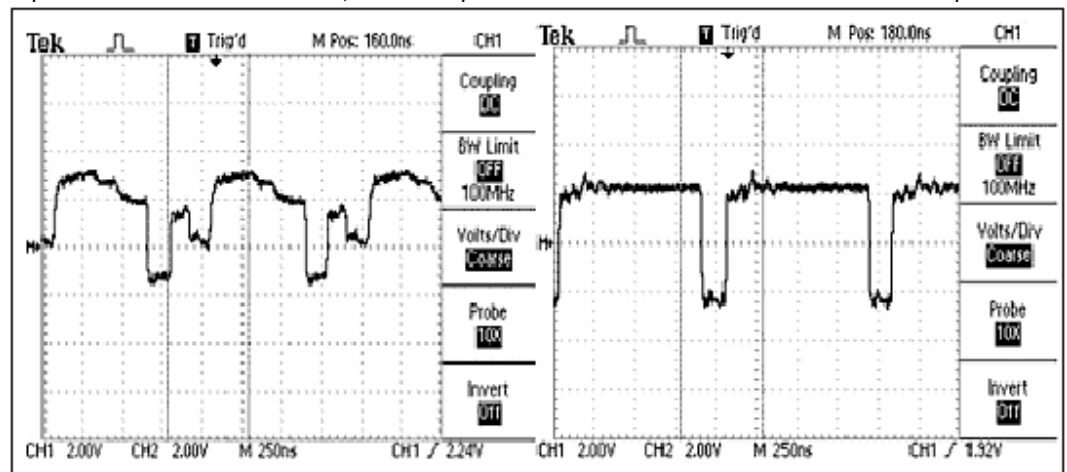


Figura 3.57 – Forma de Onda na RS485 I (PROFIBUS DP)

A falta de terminação, ilustrada na forma de onda à esquerda da Figura 3.58, promove o não casamento de impedância, fazendo com que o cabo PROFIBUS fique susceptível à reflexão de sinal, atuando como uma antena. Na forma de onda à direita, é possível observar a terminação adequada.

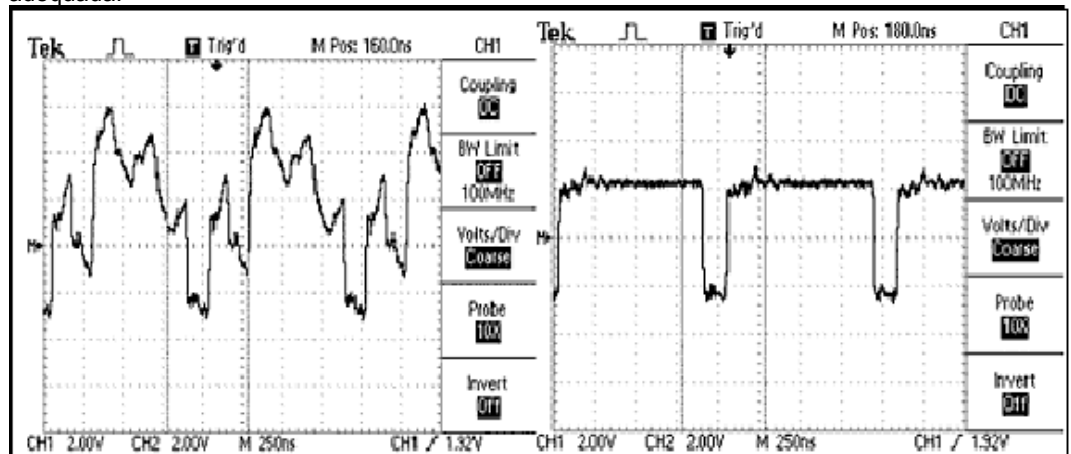


Figura 3.58 – Forma de Onda na RS485 II (PROFIBUS DP)

Repetidores

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, é permitido instalar até 9 repetidores em cascata. Recomenda-se não utilizar uma quantidade maior que a permitida, devido aos atrasos embutidos na rede e ao comprometimento com o *slot time* (tempo máximo que o mestre irá esperar por uma resposta do *slave*). Veja Figuras 3.59 e 3.60.

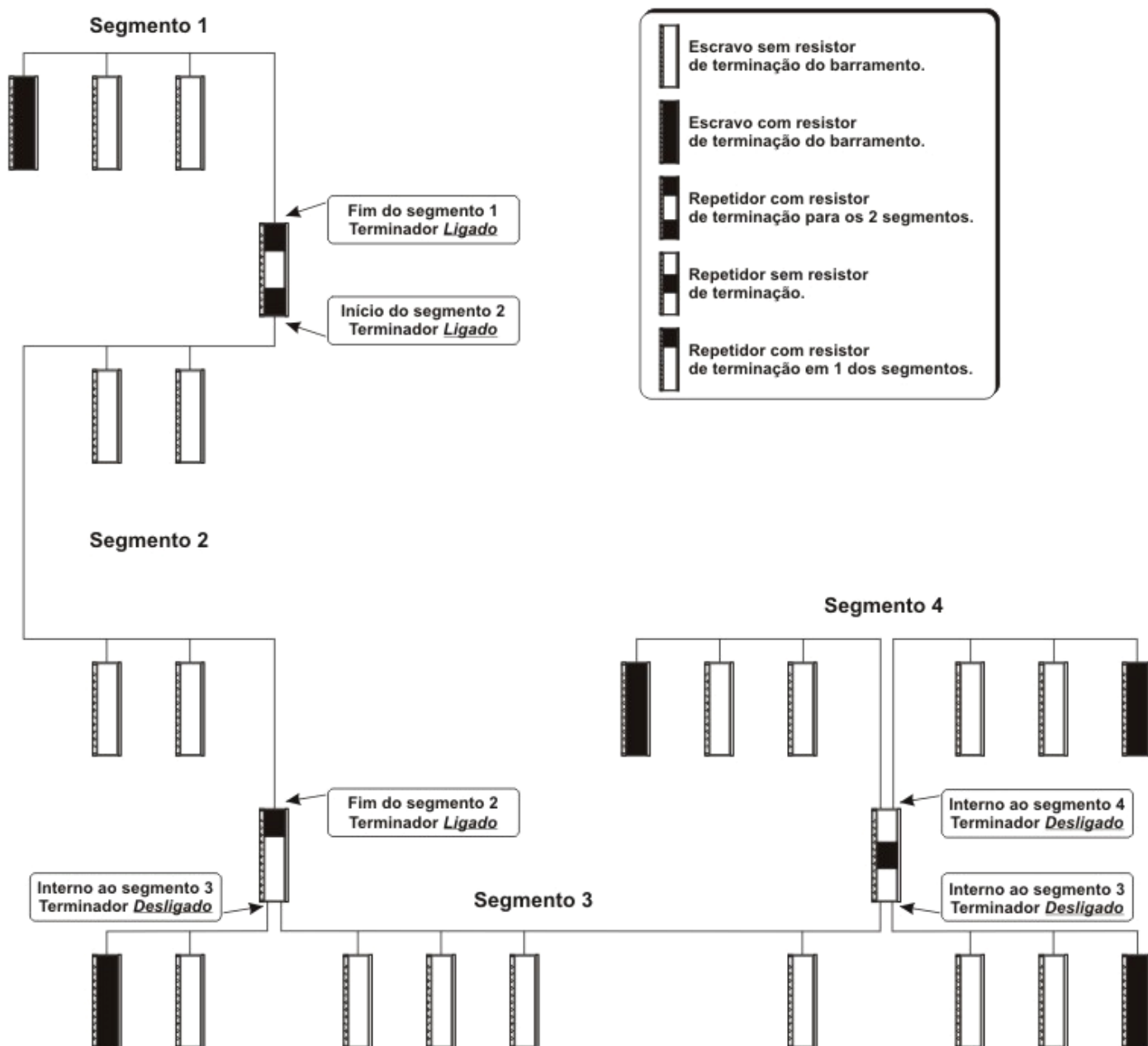


Figura 3.59 - Segmentação em Instalações PROFIBUS

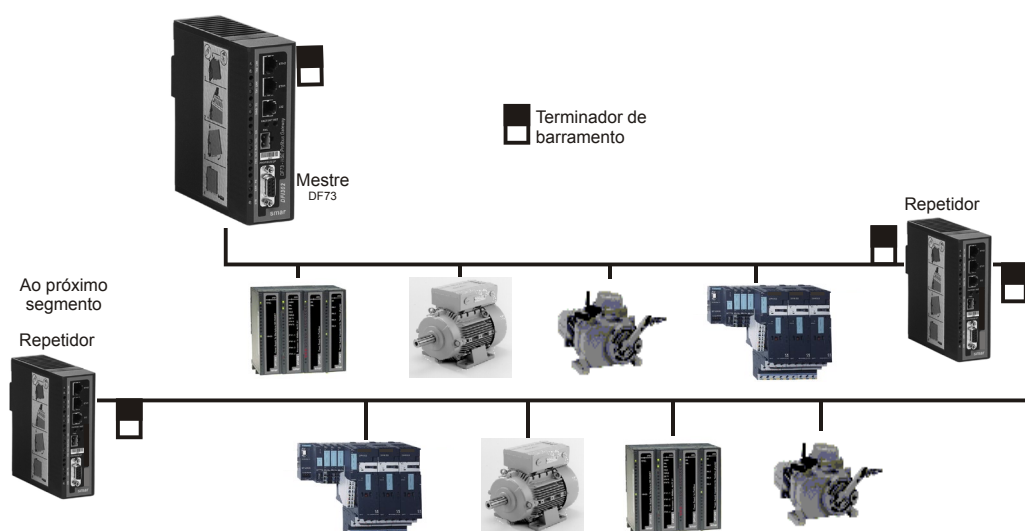


Figura 3.60 – Regra Geral de Segmentação, Repetidor e bus Terminador

O comprimento máximo do cabeamento depende da velocidade de transmissão, conforme a Tabela 3.9.

Cabo Tipo A									
Baud Rate (Kbit/s)	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	3000	6000	12000
Comprimento/ Segmento (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100	100	100

Tabela 3.9 – Comprimento em Função da Velocidade de Transmissão com Cabo Tipo A

O padrão PROFIBUS considera a capacitância máxima para cada taxa de comunicação. A Tabela 3.10 apresenta os comprimentos máximos dos troncos principais e dos *spurs* em função do *baud rate*. A topologia e a distribuição do cabeamento são fatores que devem ser considerados para a proteção de EMI (Emissão Eletromagnética).

É válido ressaltar que em altas frequências os cabos se comportam como um sistema de transmissão com linhas cruzadas e confusas, refletindo energia e espalhando-a de um circuito a outro. Deve-se manter em boas condições as conexões, pois conectores inativos podem desenvolver resistência ou se tornar detectores de RF.

Baud Rate (kbit/s)	Tronco Máximo (m)	Spur Máximo (m)	Máxima Expansão (m)
9,6	500	500	10000
19,2	500	500	10000
93,75	900	100	10000
187,5	967	33	10000
500	380	20	4000
1500	193,4	6,6	2000
3000	100	0	1000
6000	100	0	1000
12000	100	0	1000

Tabela 3.10 – Comprimentos Máximos dos Troncos Principais e dos Spurs em função do Baud Rate

A recomendação é acrescentar um repetidor onde há a necessidade em criar braços além do tronco principal. Na prática, pode-se ter uma margem de 5% destes comprimentos máximos, não havendo a necessidade de comprar um repetidor quando se ultrapassa os limites dentro desta proporção. Utiliza-se a seguinte regra para determinar a máxima distância entre duas estações conforme a taxa de comunicação, considerando o número de repetidores:

$$(N_{rep}+1)*seg$$

Onde N_{rep} é o número máximo de repetidores em série e seg é o comprimento máximo de um segmento de acordo com o *baud rate*.

Por exemplo, a uma taxa de 1500 kbit/s (de acordo com a Tabela 3.9, é possível obter a distância máxima de 200 m), o fabricante de um determinado repetidor recomenda que se utilize no máximo 9 repetidores em série, é possível obter:

$$(9 + 1) * 200 = 2000 (m)$$

Outro detalhe a ser observado na prática, de acordo com a Figura 3.60, 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 durante sua manutenção ou reposição, pode haver comunicação intermitente com os outros *devices*.

Devido à arquitetura e/ou topologia, algo como a Figura 3.61 é obtido, onde o mestre está localizado no meio do barramento. Os terminadores devem estar localizados 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 *devices*.

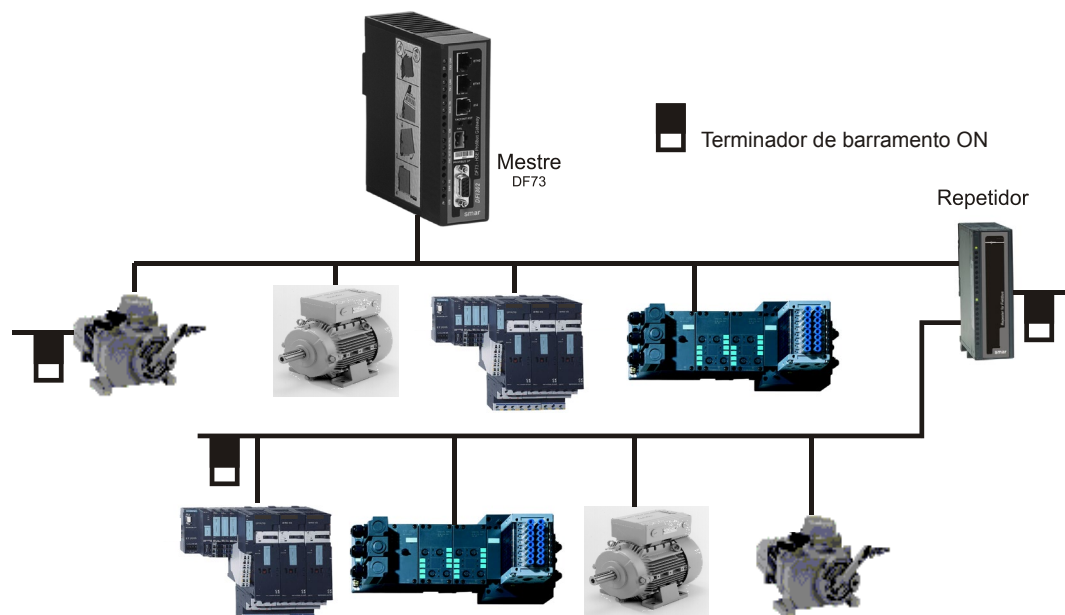


Figura 3.61 – Mestre Localizado no Meio do Barramento

ATENÇÃO

As características desejáveis de um cabo PROFIBUS DP são:

- Área condutora: 0,34 mm² (AWG 22);
- Impedância: 35 a 165 Ω (nominal 150 Ω) nas frequências de 3 a 20 MHz;
- Capacitância: < 30 pF/m;
- Resistência de Loop: < 110 Ω/km;
- Para o cabo tipo A, a maior distância é 1200 m.

A resistência de *loop* é determinada da seguinte maneira: através de um curto-circuito entre os conectores em uma das extremidades do cabo, mede-se a resistência entre os dois conectores na outra extremidade com um multímetro e aplicam-se os valores à seguinte fórmula:

$$r = \frac{R_{loop} (Ω/km) \times l (m)}{2} = \frac{R_{loop} (Ω/km) \times l (m)}{2}$$

O valor de R_s deve ser $< 110 \Omega/\text{Km}$.

É necessário lembrar que cabos com capacitâncias maiores podem deformar as bordas e a forma do sinal de comunicação com a taxa de comunicação e a comunicação intermitente pode prevalecer. Cabos em que a resistência de *loop* é muito alta e a capacitância for menor que 30 pF/m podem ser utilizados, mas a atenção deve estar voltada para a atenuação do sinal.

Os fabricantes de cabos recomendam a temperatura de operação entre -40°C a $+60^\circ\text{C}$. Devem-se verificar os pontos críticos de temperatura por onde o cabeamento passa e se o cabo suporta a mesma. Como exemplo, tem-se que a resistência de *loop* de um cabo tipo A PROFIBUS RS485 é 110Ω a 20°C , podendo haver um aumento de $0,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Algumas recomendações:

- Deve-se evitar *splice*, ou seja, qualquer parte da rede que tenha comprimento descontínuo de um meio condutor especificado, por exemplo, remoção de blindagem, troca do diâmetro do fio, conexão a terminais nus, etc. Em redes com comprimento total maior que 400 m, a somatória dos comprimentos de todos os *splices* não deve ultrapassar 2% do comprimento total e ainda, em comprimentos menores que 400 m, não deve exceder 8m.
- Em áreas sujeitas à exposição de raios e picos de alta voltagem, é indicado utilizar os protetores de surtos. Toda vez que houver uma distância efetiva maior que 100 m na horizontal ou 10 m na vertical entre dois pontos aterrados, recomenda-se o uso de protetores de transientes. Na prática, na horizontal, recomenda-se o uso entre 50 e 100 m.
- Quando a taxa de comunicação for maior ou igual a 1,5 MHz, é recomendado ter pelo menos 1 m de cabo entre dois equipamentos DP. A capacitância de entrada dos dois equipamentos compensará o cabo, a fim de preservar a impedância comum. Quando se tem uma distância menor, a capacitância de entrada pode causar reflexões. Em taxas inferiores a 1,5 MHz este efeito é bem menor.
- O cabo Fieldbus deve ser isolado das fontes de ruídos (cabos de força, motores, inversores de frequência etc) e instalados em guias e calhas separadas;
- Quando utilizar cabos multivias, não se deve misturar sinais de vários protocolos;
- Quando possível, utilizar filtros de linha, ferrites para cabo, supressores de transientes, centelhadores (*spark gaps*), *feedthru* e isoladores ópticos para proteção;
- Utilizar canaletas de alumínio onde se tem a blindagem eletromagnética externa e interna. São praticamente imunes as correntes de *Foucault* devido à boa condutibilidade elétrica do alumínio;
- Para a taxa de 12 Mbits/s, recomenda-se colocar conectores com indutores de 110 nH, conforme a Figura 3.62;
- Para cada equipamento, antes de instalá-lo, ler cuidadosamente seu manual e as recomendações do fabricante;
- Em casos em que existem problemas com distâncias ou alta susceptibilidade a ruídos, recomenda-se o uso de fibras ópticas possibilitando uma extensão de mais de 80 Km (fibras sintéticas);
- É comum o uso de *link* óptico. Neste caso, recomenda-se estar atento ao uso de repetidores ópticos. Veja Figura 3.63;
- Sempre verificar o endereçamento. No PROFIBUS DP é comum ser local, através de *DIP switches*.

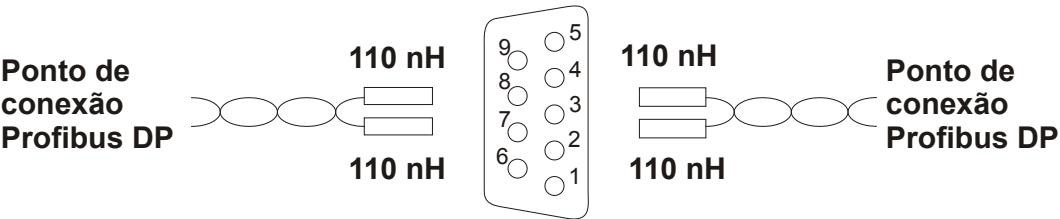
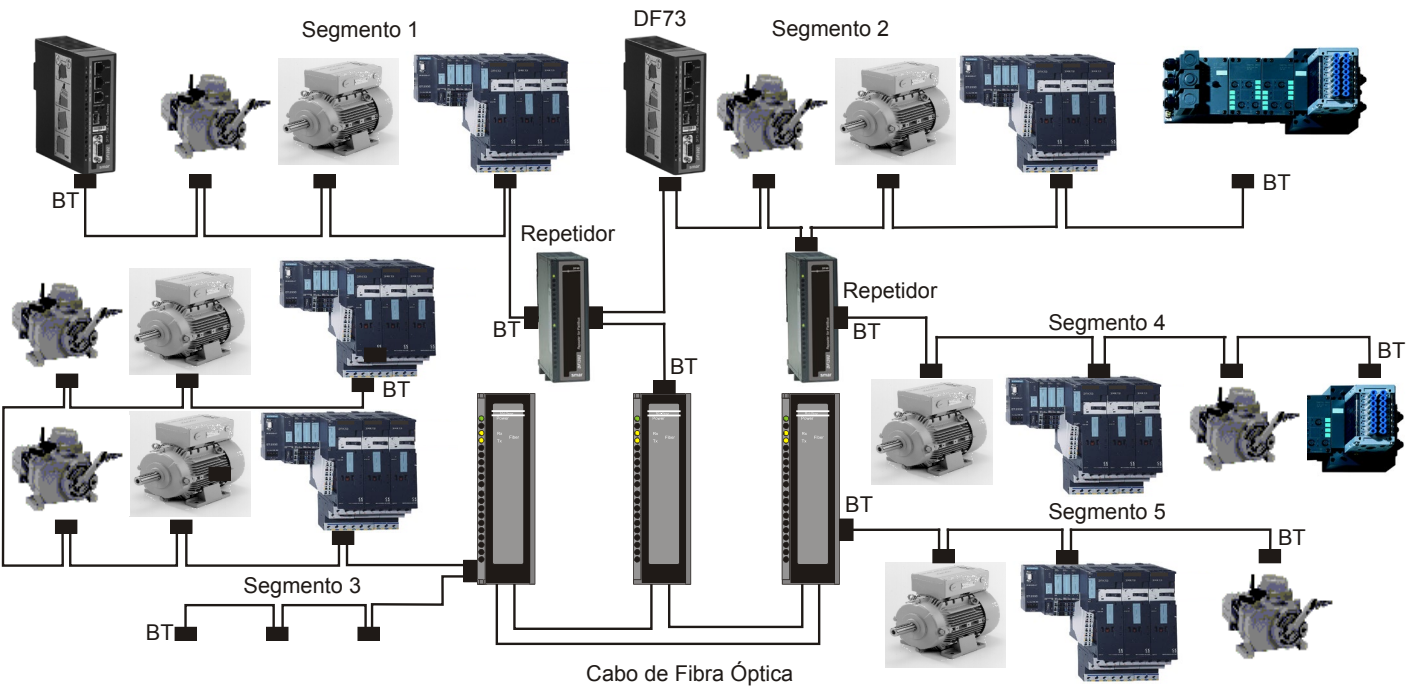


Figura 3.62 – Conexão de Conectores e Indutores na Rede PROFIBUS DP



BT = Terminador Ativo

Figura 3.63 – Repetidores, Terminadores e Link Ópticos

Conectores

De acordo com a norma EN50170 tem-se a seguinte descrição da pinagem dos conectores DB9 e M12 para rede Profibus DP.

Conector DB9

PINO	SINAL	DESCRIÇÃO
1	Não conectado	
2	Não conectado	
3	RxD/TxD-P	Linha de envio e recebimento de dados – Positivo – Linha B
4	Não conectado	
5	Não conectado	
6	Não conectado	
7	Não conectado	
8	RxD/TxD-N	Linha de envio e recebimento de dados – Negativo - Linha A
9	Não conectado	

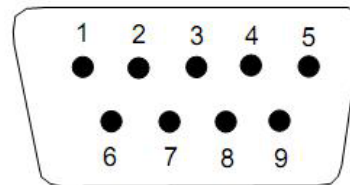


Figura 3.64 – Conector DB9

Fio A – Verde
Fio B - Vermelho



Figura 3.65 – Conector EasyConn PB

Note que o conector tem um sentido de entrada e outro de saída para o cabo. Esta sinalização deve ser seguida para evitar futuros problemas de instalação.

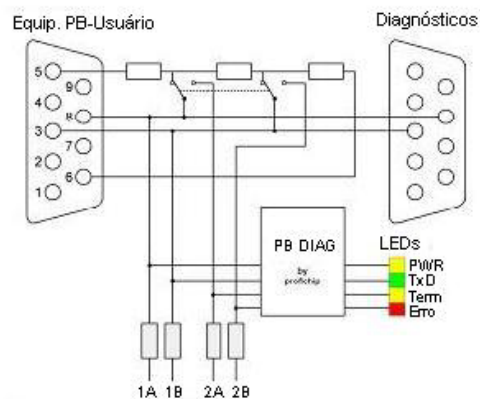


Figura 3.66 – Esquema elétrico de um conector típico (EasyConn PB)

Na figura acima está o esquema elétrico de um conector típico (EasyConn). Note as chaves para os resistores (chave do terminador). Quando ativo, conecta o segmento composto por 1A e 1B à terminação. Note também que quando o terminador está ativado, o segmento a partir de 2A e 2B ficará desabilitado.

Conector M12

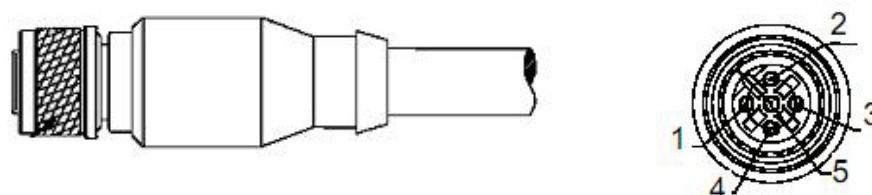


Figura 3.67 – Conector M12

PINO	DESCRIÇÃO
1	Não conectado
2	Condutor de dados A (verde)
3	Não conectado
4	Condutor de dados B (vermelho)
5	Não conectado

ATENÇÃO

A malha do cabo PROFIBUS DP deve manter contato com a carcaça metálica do conector DB9 ou M12.

Rede DeviceNet

Veja a seguir, de forma resumida, as etapas necessárias para implementar, com sucesso, uma rede DeviceNet. Estão divididas nos seguintes tópicos:

- Topologia e conexões;
- Determinando o comprimento máximo do tronco e das ramificações;
- Características dos cabos padrão DeviceNet;
- Conectores DeviceNet;
- Terminadores da rede;
- Fonte de alimentação e aterramento;
- Conectando a(s) fonte(s) de alimentação à rede e ao aterramento;
- Revisão geral.

Para mais informações sobre a instalação da rede DeviceNet consulte, também, o documento: “DeviceNet Cable System - Planning and Installation Manual, disponível no site: <http://www.odva.org>”.

Topologia e conexões

A topologia da rede DeviceNet é baseada em um tronco principal com ramificações.

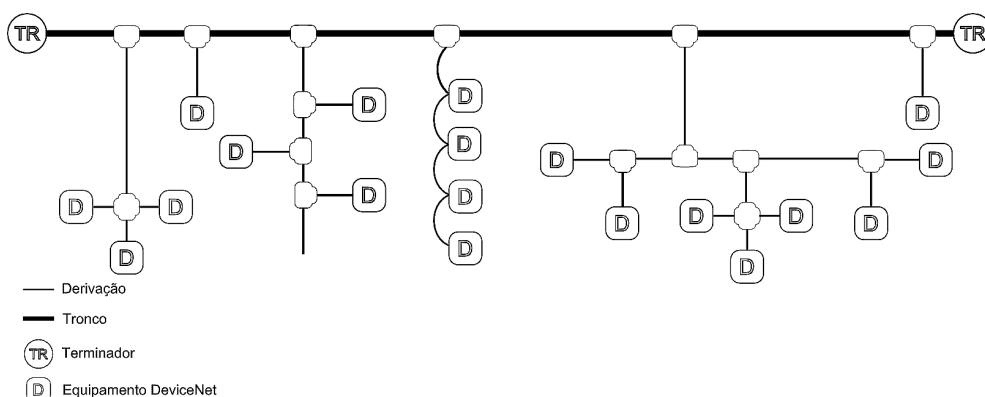


Figura 3.68 - Topologias possíveis com a rede DeviceNet

O tronco principal deve ser sempre terminado nas duas pontas com resistores de 121 Ω , 1%, ¼ W. Os cabos DeviceNet mais usados (fino e grosso) possuem 5 condutores identificados e utilizados de acordo com a tabela seguinte:

Cor do fio	Sinal	Cabo redondo	Cabo chato
Branco	CAN_H	Sinal DN	Sinal DN
Azul	CAN_L	Sinal DN	Sinal DN
Fio nu	Dreno	Blindagem	Não usado
Preto	V-	Alimentação	Alimentação
Vermelho	V+	Alimentação	Alimentação

Tabela 3.11 - Esquema de cores dos cabos DeviceNet

A tabela a seguir dá uma idéia dos comprimentos máximos dos cabos, considerando que o tronco é feito com o cabo grosso e as ramificações (ou derivações) são feitas com o cabo fino.

Tipo do cabo	Função	Taxa de comunicação		
		125 kbps	250 kbps	500 kbps
Cabo grosso	Tronco	500 m	250 m	100 m
Cabo fino	Tronco	100 m		
Grosso + Fino	Tronco	500 m	200 m	100 m
Cabo flat	Tronco	420 m	200 m	75 m
Qualquer cabo	Derivação	6 m		
Qualquer cabo	Σ derivações	156 m	78 m	39 m

Tabela 3.12 - Comprimento da rede em função do cabo utilizado e da taxa de comunicação

A fonte de alimentação deve ser conectada à rede preferencialmente usando o cabo grosso, ou então um condutor de seção equivalente ou maior. É preciso também muito cuidado com as ramificações. Nenhuma ramificação na rede pode ser maior que 6 m. A soma dos comprimentos de todas as ramificações da rede também deve estar de acordo com o máximo permitido para a taxa de comunicação desejada (veja Tabela 3.12).

É possível estender o comprimento máximo da rede através de repetidores isoladores. O repetidor divide a rede em dois segmentos, alimentados por fontes diferentes. A tabela aplica-se então a cada segmento separadamente. Os terminais da rede conectados ao repetidor devem ser corretamente terminados.

Determinando o comprimento máximo do tronco e das ramificações

Normalmente o comprimento máximo é medido entre as extremidades em que são colocados os resistores de terminação. Entretanto, o correto é medir entre as extremidades mais distantes entre si na rede. Caso haja ramificações nas extremidades da rede e o comprimento do tronco, somado a essas ramificações, seja maior do que o comprimento entre os resistores de terminação, as derivações devem ser levadas em consideração, como ilustrado nas figuras seguintes:

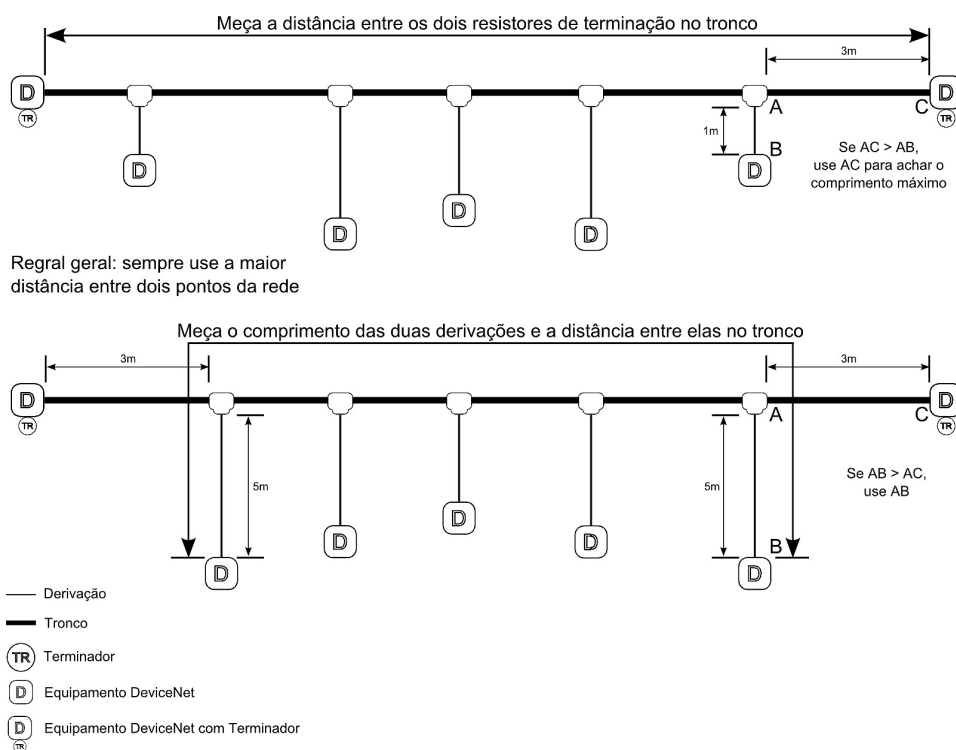


Figura 3.69 - Cálculo correto do comprimento máximo da rede

Na figura seguinte podemos ver um exemplo de limitação da taxa de comunicação em função do comprimento total das derivações. O comprimento total neste exemplo é de 42 m, o que limita a taxa a 250 ou 125 kbps. Independentemente do comprimento do tronco, não é possível usar 500 kbps.

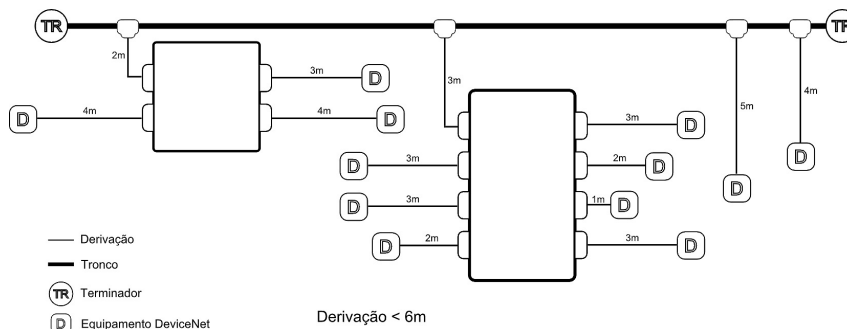
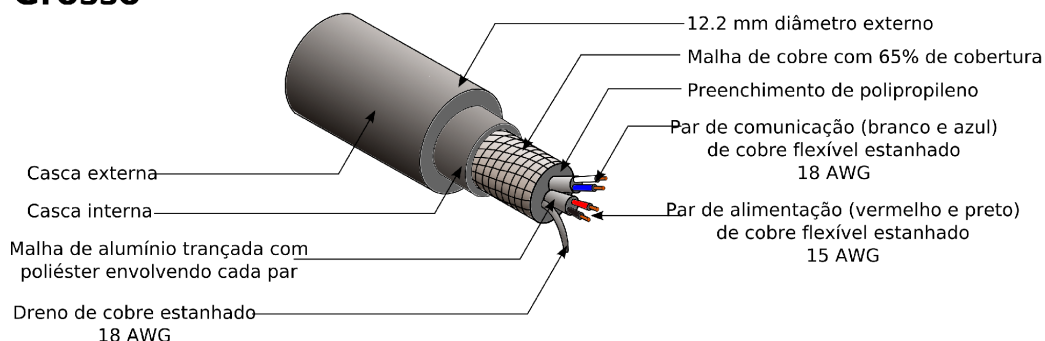


Figura 3.70 - Limitação da taxa de comunicação pelo comprimento do das derivações

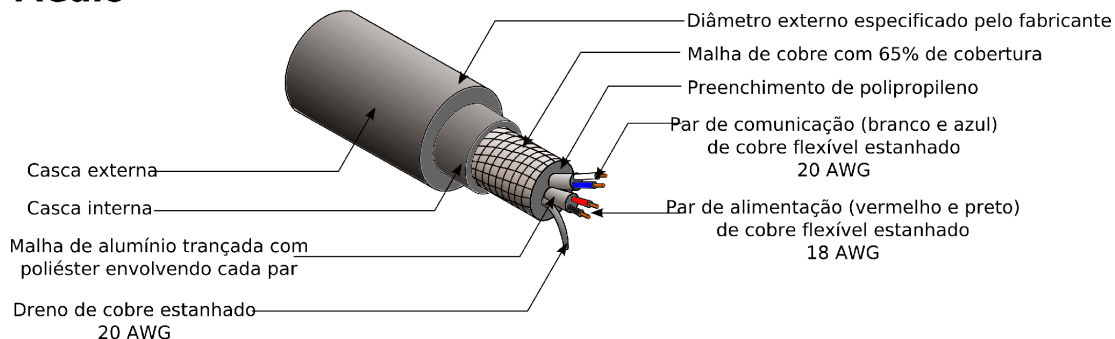
Características dos cabos padrão DeviceNet

Há 4 tipos de cabos padronizados: o grosso, o médio, o fino e o chato. É mais comum o uso do cabo grosso para o tronco e do cabo fino para as derivações.

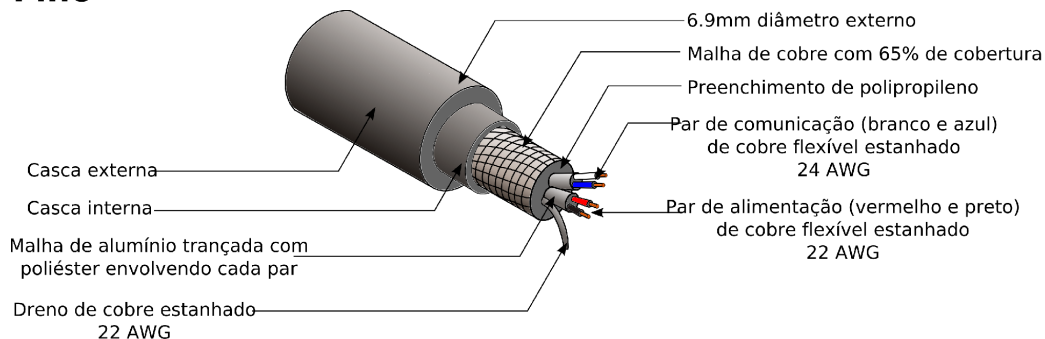
Grosso



Médio



Fino



Chato

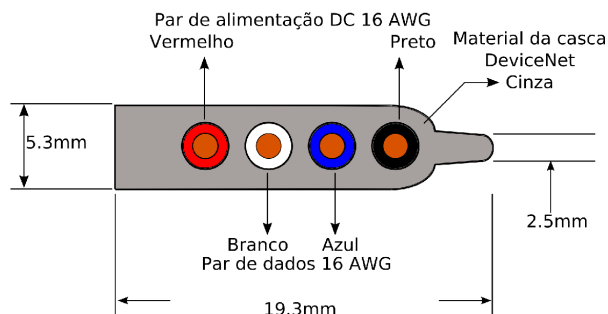


Figura 3.71 - Anatomia dos cabos padrão DeviceNet

Tipo do cabo	Bitola condutores de alimentação [AWG]	Bitola do dreno [AWG]	Bitola condutores de comunicação [AWG]	Corrente máxima [A]	Dimensões [mm]	Resistividade [Ohm/m]
Cabo grosso	15	18	18	8	12,5	0,015
Cabo fino	22	22	24	3	7	0,069
Cabo chato (flat)	16	-	16	8	5,3x19,3	0,019

Tabela 3.13 - Características dos cabos DeviceNet (grosso, fino e flat)

Conectores DeviceNet

Há três tipos básicos de conectores: o aberto, o selado mini e o selado micro. O uso de um ou de outro depende da conveniência e das características do equipamento ou da conexão que deve ser feita. Veja nas figuras seguintes a codificação dos fios em cada tipo.

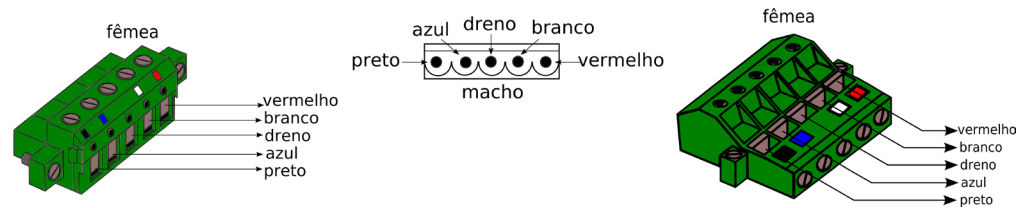


Figura 3.72 - Conector aberto (open style)

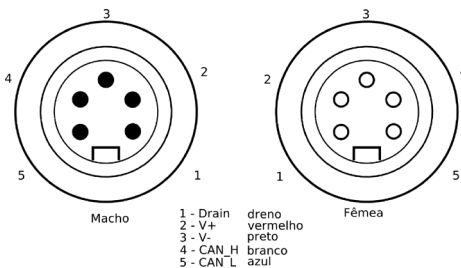


Figura 3.73 - Conector selado mini

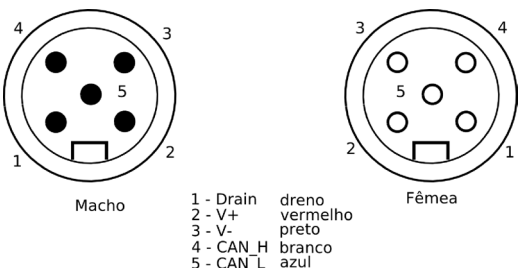


Figura 3.74 - Conector selado micro

Terminadores da rede

As terminações na rede DeviceNet ajudam a minimizar as reflexões na comunicação e são essenciais para o funcionamento da rede. Os resistores de terminação (121 Ω, 1%, ¼ W) devem ser colocados nas extremidades do tronco, entre os fios CAN_H e CAN_L (branco e azul).

- Não coloque o terminador dentro de um equipamento ou em conector que ao ser removido também remova o terminador causando uma falha geral na rede. Deixe os terminadores sempre independentes e isolados nas extremidades do tronco, de preferência dentro de caixas protetoras ou caixas de passagem.
- Para verificar se as terminações estão presentes na rede, meça a resistência entre os fios CAN_H e CAN_L (branco e azul) com a rede desenergizada: a resistência medida deve estar entre 50 e 60 Ohms.

Cor	Sinal	Cabo Redondo	Cabo Chato
branco	CAN_H	sinal	final
azul	CAN_L	sinal	final
fio nu	dreno	malha	n/a
preto	V-	power	power
vermelho	V+	power	power

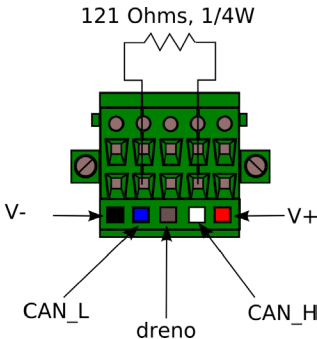


Figura 3.75 - Ligação dos resistores de terminação

Fonte de alimentação e aterramento

O dimensionamento e instalação das fontes de alimentação da rede DeviceNet é uma das tarefas mais importantes no projeto físico. A maioria dos problemas de comunicação ou funcionamento intermitente de equipamentos é causada por falhas nessa parte no projeto ou em sua execução. Discutiremos a seguir algumas noções básicas. Para mais detalhes consulte o documento “*DeviceNet Cable System - Planning and Installation Manual*”, disponível no site: <http://www.odva.org>.

O cabeamento DeviceNet exige que a (s) fonte (s) tenha (m) um tempo de subida de no máximo 250 ms. A princípio qualquer fonte de 24 Vdc pode ser usada desde que atenda a esse requisito. A corrente máxima de cada segmento da rede deve ser determinada observando-se a demanda da aplicação e a classificação de segurança de todos os elementos.

Cada fonte de alimentação de 24 Vdc não pode exceder em $\pm 3,25\%$ da tensão nominal de saída, sendo que os seguintes limites em cada aspecto devem ser respeitados:

- Variação no nível médio na saída: $\pm 1,00\%$;
- Ripple no nível médio na saída: $\pm 0,30\%$;
- Variação total com temperatura: $\pm 0,60\%$;
- Variação com a vida útil: $\pm 1,05\%$;
- Regulação da carga: $\pm 0,30\%$.

Dessa forma o somatório da variação dos aspectos listados não pode exceder $\pm 3,25\%$ da tensão nominal de saída, além disso, deve-se certificar dos seguintes requisitos:

- Corrente de saída: pelo menos 20% maior que o total consumido pelos equipamentos da rede;
- Isolação: saída DC isolada da entrada AC (pelo menos 1 kVrms).

Conectando a(s) fonte(s) de alimentação à rede e ao aterramento

- A(s) fonte(s) deve(m) ser conectada(s) à rede preferencialmente através de um par de 4 mm² (#12 AWG) ou dois pares de 2,5 mm² (#15 AWG);
- O comprimento máximo do cabo até a conexão com o tronco principal é de 3 metros;
- Todas as recomendações do fabricante da fonte devem ser seguidas;
- A fonte mais central da rede deve ter o terminal V- conectado à blindagem do cabo e ao aterramento. A blindagem normalmente é conectada através do fio nu (dreno). A ponta do cabo deve ter a malha de blindagem devidamente acabada com espaguete termo-retrátil;
- No caso de múltiplas fontes deve-se usar uma conexão própria para fontes, chamada power tap, que possui em geral as proteções ilustradas nas figuras a seguir.

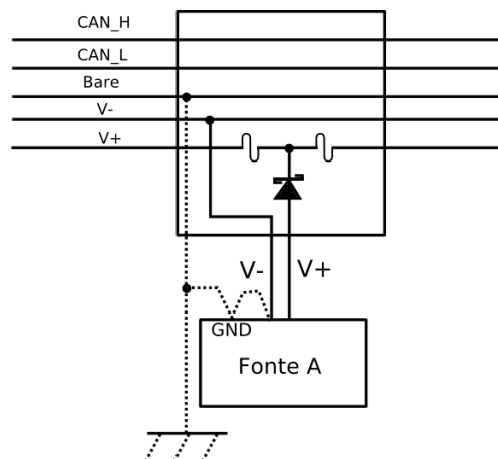


Figura 3.76 – Fonte única

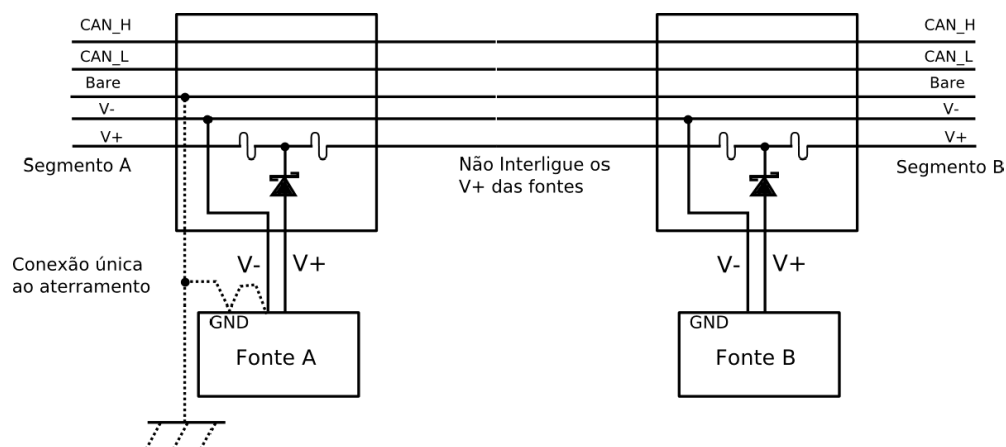


Figura 3.77 – Mais de uma fonte na rede

A principal regra para aterramento da rede é que ele deve ser feito em um único ponto, que via de regra é na fonte de alimentação, ou em caso de múltiplas fontes, na fonte mais central da rede.

O terminal V- da fonte deve ser conectado ao aterramento e à blindagem do cabo. Como já foi dito, use o fio dreno para aterrar a malha de blindagem do cabo. Para o cabo chato (flat), que não possui dreno, conecte apenas o V- da fonte ao aterramento.

- Use uma malha de cobre ou fio flexível de bitola apropriada para o aterramento. Preferencialmente mantenha o comprimento abaixo de 3 metros com fio 10 mm² (#8 AWG).

Revisão geral

Diversos problemas podem ser evitados se, antes de ligar a alimentação da rede, uma revisão geral for feita para verificar os pontos mais importantes relacionados a seguir:

1. Revise o consumo total dos equipamentos e suas cargas alimentadas pela rede e certifique-se que não ultrapasse a capacidade da(s) fonte(s).
2. A queda de tensão de modo comum não pode ultrapassar 5 V entre quaisquer terminais V- da rede.
3. Apesar do endereçamento da rede permitir um máximo de 64 equipamentos (0 a 63) na prática esse número é de 61, uma vez que três endereços são reservados: um para o mestre, outro para uma interface adicional de configuração e diagnóstico (programador portátil ou PC), além do endereço 63 que é normalmente deixado livre para manobra de equipamentos na rede.
 - a. Em equipamentos DeviceNet que não possuem *DIP switch* ou chave rotativa para seleção de endereço, o endereço de fábrica é normalmente ajustado para 63. Deixar esse endereço livre na rede permite a colocação de um novo equipamento sem causar duplicação. Após ser instalado, o equipamento recebe um novo endereço através do configurador.
4. Garanta que nenhuma derivação ou ramificação tenha individualmente mais que 6 metros e que a soma total delas não ultrapasse o limite para a taxa utilizada (veja Tabela 3.12).
5. Faça o mesmo para o tronco: garanta que o comprimento total seja inferior ao máximo permitido de acordo com o cabo utilizado.
6. Verifique os resistores de terminação, um em cada extremo da rede.
7. Confirme as conexões do aterramento:
 - a. V- para o cabo chato, em um único ponto.
 - b. V-, e dreno (malha de blindagem) para o cabo fino e o grosso.
8. Confirme se todas as conexões estão bem feitas e firmes.
9. Garanta que não haja curtos ou fios interrompidos na rede.

Ligando a alimentação da rede

Após verificar todos os pontos citados acima, na revisão geral, a alimentação da rede pode ser estabelecida. Entretanto, antes de estabelecer a comunicação na rede, algumas medidas de precaução devem ser tomadas para que se tenha garantia de que o sistema funcionará perfeitamente. Isso pode ser feito, ligando-se a fonte de 24 Vdc mas, deixando o mestre (DF79) desconectado da rede para que não haja comunicação. Após verificados todos os pontos é possível iniciar a fase de comissionamento com mais chances de sucesso.

1. **Terminação e condutores de comunicação:** com a alimentação desligada, use um multímetro para medir a meça impedância entre o fio CAN_L e CAN_H no conector de cada equipamento. O valor medido deve estar entre 50 Ω e 66 Ω . O valor medido deve estar entre 50 Ω e 66 Ω . Se o valor medido for maior que 66 Ω um dos fios pode estar rompido ou pode estar faltando um dos terminadores. Se o valor for menor que 50 Ω pode haver um curto-circuito entre o CAN_L e o CAN_H, mais de 2 resistores de terminação, equipamentos com defeito ou equipamentos sem alimentação. Verifique se os equipamentos estão conectados corretamente, se têm resistores de terminação internos ou se há ligações invertidas.
2. **Aterramento:** interrompa a blindagem em alguns pontos da rede e coloque o multímetro em modo de corrente DC em série. A corrente medida deve ser zero. Caso haja corrente, a blindagem está conectada em mais de um ponto na rede, ou ao V- de alguma fonte ou ao aterramento. Corrija a instalação. Não se esqueça de conectar a blindagem novamente.
3. **Malha de blindagem:** estando na ponta do tronco da rede mais distante da fonte de alimentação, conecte um amperímetro que suporte a máxima corrente da fonte entre o V+ e entre a blindagem do cabo. Deve circular uma corrente significativa, próxima da capacidade da fonte. Caso não circule corrente é sinal que a blindagem está interrompida em algum conector ou caixa de derivação ou que a blindagem (fio dreno) não está conectada ao V- da fonte.
4. **Alimentação da rede:** com o multímetro, meça a tensão da rede em cada equipamento, que deve ser maior que 11 Vdc (21,6 Vdc para cargas alimentadas pela rede). Caso algum ponto apresente tensão menor, verifique conectores e reveja os cálculos das quedas de tensão de acordo com o consumo de cada equipamento e a distância da fonte. Verifique com o multímetro a corrente em cada segmento da rede. Meça e anote a tensão medida entre a blindagem do cabo e o terminal negativo (V-) de cada equipamento. Os valores medidos devem estar entre -5 V e 5 V e a diferença entre o maior e o menor valor medidos deve ser menor que 5V. Caso isso não se confirme, verifique a fonte de alimentação, corrente fluindo em cada segmento e a integridade do cabo (condutores e blindagem).
5. **Endereço (MAC ID) e taxa da comunicação:** normalmente cada equipamento DeviceNet possui um LED de diagnóstico que é uma excelente indicação para resolver problemas. O LED deve estar piscando ou aceso em verde. Se estiver vermelho indica que a taxa pode estar errada ou mesmo que pode haver dois equipamentos com mesmo MAC ID. Inspeção os equipamentos e corrija os endereços repetidos.
6. **Tensão de modo comum e tensão diferencial da comunicação:** com a ponta preta do multímetro no V- (-24 Vdc), meça:
 - a. CAN_H: de 2,2 a 3,8 Vdc;
 - b. CAN_L: de 1,4 a 2,8 Vdc;
 - c. CAN_H – CAN_L < 3 Vdc;
 - d. O valor do sinal CAN_H nunca deve ser menor que do CAN_L. Se isso ocorrer procure por uma ligação invertida em um dos equipamentos ou caixas de passagem ou derivação. Caso a diferença entre o menor valor medido para o CAN_L e entre o maior valor medido para o CAN_H seja maior que 3 volts, isso indica um problema físico, excesso de tráfego ou mesmo de tensão de modo comum (problema na distribuição da alimentação).

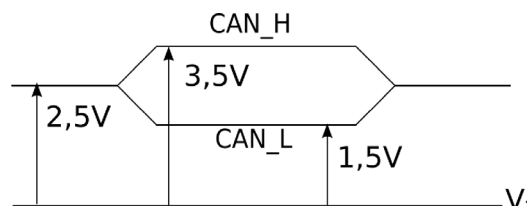


Figura 3.78 – Níveis típicos de tensão do sinal CAN na rede DeviceNet

Rede AS-i

As redes industriais AS-i foram concebidas para serem aplicadas em ambientes automatizados, substituindo as conexões tradicionais de atuadores e sensores do tipo "switch" (liga-desliga) por um barramento único. Além desses, também é possível conectar ao barramento sensores/atuadores que realizam uma conversão analógico/digital ou vice-versa.

Tradicionalmente essas conexões são feitas por pares de fios que conectam um a um os atuadores e sensores ao controlador correspondente, em geral um Controlador Lógico Programável (CLP).

O sistema AS-i é configurado e controlado por um mestre, o qual programa a interface entre um controlador e o sistema AS-i. Esse mestre troca informações continuamente com todos os sensores e atuadores ligados ao barramento AS-i de forma pré-determinada e cíclica.

A Figura 3.79 a seguir ilustra o sistema AS-i como um todo, evidenciando os seus principais componentes: cabo, fonte AS-i com seu circuito de desacoplamento, o mestre e o escravo AS-i.

- **Interface 1:** entre o escravo e os sensores e atuadores;
- **Interface 2:** entre os equipamentos (fonte, mestre e escravo) e o meio de transmissão;
- **Interface 3:** entre o mestre e o *host*, ou seja, uma entidade qualquer que acessa a rede AS-i de um nível superior.

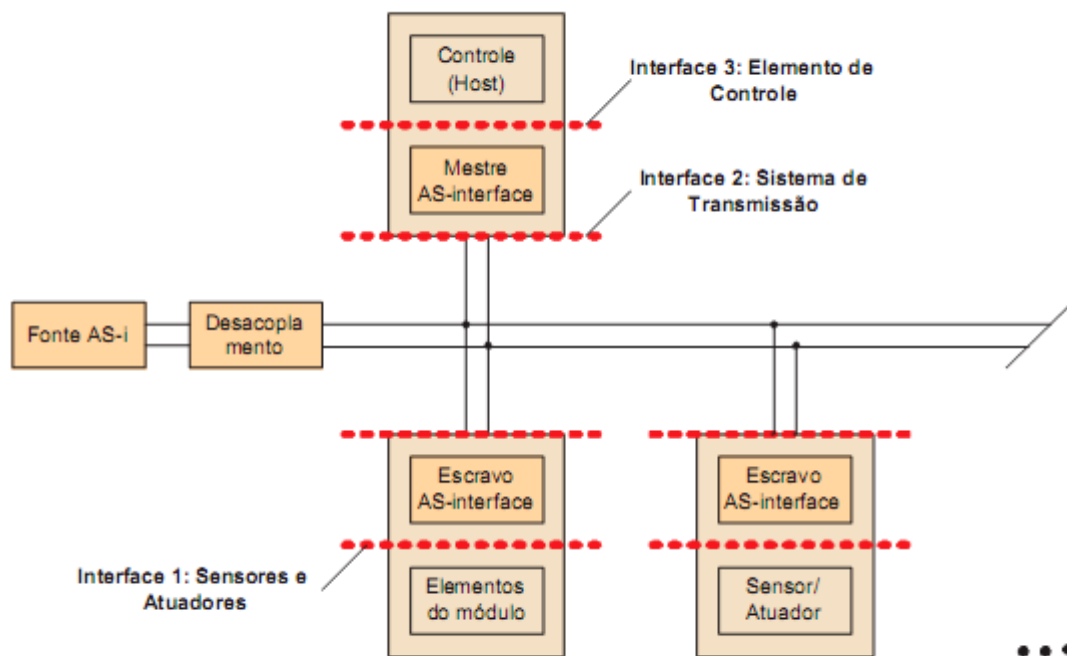


Figura 3.79 - Componentes e interfaces

Nas seções a seguir serão abordados somente os tópicos relacionados às características físicas do sistema AS-i, tais como: cabos, fontes de alimentação, topologia de redes. Além disso, é apresentado um conjunto de normas e regulamentações necessárias para a instalação, montagem e operação de uma rede AS-i.

Principais Características

O nome *Actuator Sensor Interface* representa o seu próprio conceito. É uma solução simples e elegante para a integração de sensores e atuadores discretos em sistema de controle de processos. Esta rede possui uma série de características que são apresentadas a seguir.

- **Compatibilidade:** sensores e Atuadores de diferentes fabricantes podem ser conectados a uma interface digital serial padronizada;
- **Controle de acesso ao meio:** sistema com um único mestre e varredura cíclica;
- **Endereçamento:** escravos recebem um endereço permanente do mestre ou via *hand-held*;
- **Estrutura da rede:** sem restrições (linear, anel, estrela ou árvore);
- **Meio de transferência:** dois cabos não-trançados e sem blindagem para dados e energia (24 Vdc), tipicamente até 200 mA por escravo, até 8A por barramento;
- **Rápida instalação:** por meio de conectores auto-perfurantes
- **Tamanho de cabo:** máximo de 100 m ou até 300 m com o uso de repetidores;
- **Sinais e alimentação:** estão presentes em um mesmo barramento (24 Vdc);
- **Número de escravos:** até 62 escravos por rede (versão 2.1);
- **Telegramas:** telegrama do mestre contendo o endereço, resposta direta do escravo;
- **Dados:** 4 entradas e 4 saídas para cada escravo e no caso de mais de 31 escravos têm, então, apenas 3 saídas; (máximo de 248 participantes binários por rede).
- **Carga útil:** Transmite 4bits/escravo/mensagem. Todos os escravos são chamados sequencialmente pelo mestre e recebem 4 bits de dados. Cada escravo responde imediatamente com 4 bits de dados.
- **Tempo de ciclo:** 10 ms para a versão 2.1;
- **Deteção de erros:** detecção eficiente e retransmissão de telegramas incorretos.
- **Chip AS-Interface:** 4 E/S configuráveis para dados, 4 parâmetros de saídas e 2 saídas de controle.
- **Funções do mestre:** varredura cíclica em todos os escravos, transmissão de dados para escravos e para a unidade de controle (CLP ou PC). Inicialização da rede, identificação dos escravos, diagnóstico dos escravos e de dados transferidos. Além disso, reporta erros ao controlador e endereça escravos substituídos.
- **Válvulas:** são instaladas diretamente no local da aplicação, diminuindo a tubulação e aumentando a velocidade de resposta dos atuadores;
- **Baixo custo:** de conexão por escravo e elimina módulos de entradas e saídas no CLP;
- **Confiabilidade:** alto nível de confiabilidade operacional em ambientes industriais agressivos;
- **Padrão aberto:** elaborado por renomados fabricantes, filiados à Associação Internacional AS-i, cujo protocolo de transmissão é normalizado.
- **Opcional:** cabo de alimentação para saídas e controle de parada.

Padrões e Regulamentações

Os componentes da rede AS-i e suas instalações devem estar de acordo com as seguintes regulamentações e com base nas suas últimas revisões:

1. **Statutory Obligations** (*including the Electricity Ordinance, Chapter 406*);
2. **IEC 364:** *Electrical installations of buildings*;
3. **IEC 60947-1:** *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*;
4. **IEC 529:** *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*;
5. **IEC 439:** *Low-voltage switchgear and control gear assemblies*;
6. **IEC 62026-1:** *Low-voltage switchgear and controlgear – Controller-device interfaces (CDIs)*;
7. **IEC 62026-2:** *Actuator sensor interface (AS-i)*;
8. **IEC 61131-2:** *Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*;
9. **IEC 61076-2-101:** *Connectors for electronic equipment: Part 2-101 Circular connectors (M8 & M12)*;
10. **EN 954-1:** *Safety of machinery. Safety related parts of control systems. General principles for design*;
11. **CISPR 11:** *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*.

Além das normas e regulamentações citadas anteriormente, deve-se considerar também regulamentações locais de instalações, inspeções e testes de equipamentos.

Meio de Transmissão

A rede AS-Interface conecta os dispositivos mais simples das soluções de automação. Um único cabo une atuadores e sensores com os níveis superiores de controle.

A conexão dos elementos pode ser feita em estrutura de árvore, estrela, linear ou em uma combinação das anteriores. Não existindo conexões convencionais e reduzindo o número de interligações em bornes e conectores, não somente reduz custos e tempo de montagem, como também reduz erros.

Na tecnologia de conexão usando cabos paralelos, cada contato individual de um equipamento é conectado separadamente para os terminais e bornes de sensores e atuadores. A rede AS-i substitui o tradicional arranjo de cabos múltiplos, caixas de passagem, canaletas, dutos de cabos por um simples cabo especialmente desenvolvido para rede AS-i.

A rede AS-i se caracteriza por somente em um par de fios, caminharem juntas a alimentação dos sensores ou atuadores em 24 Vcc e a informação do estado destes equipamentos. A configuração máxima da rede é de 62 participantes (escravos) que são acessados ciclicamente por um mestre no nível de controle superior. O tempo de reação é curto, para todos os escravos conectados, o tempo de resposta é de 10 ms (versão 2.1).

Anteriormente, sensores e atuadores tinham de ser conectados ao controlador via terminais, conectores e terminais de blocos. AS-i proporciona uma redução nos custos de instalação e manutenção. Agora, um cabo padronizado com 2 fios habilita a troca de informações e ao mesmo tempo a alimentação dos equipamentos. Escravos são conectados diretamente no barramento sem a necessidade de interligação adicional.

Cabo Flexível Padrão

Este cabo flexível de alta tensão está em conformidade com as normas CENELEC ou DIN VDE 0281, designado por H05VV-F 2 x 1,5.

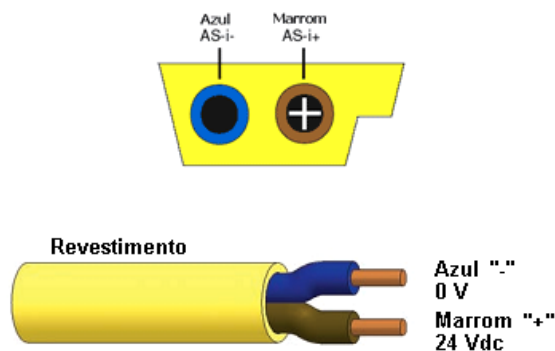


Figura 3.80 - Cabos padrões do barramento AS-i
Fonte: AS-International Association e Turck Networks (2008).

O cabo AS-i, não blindado, não trançado, possui dois condutores paralelos e conduz tanto dado quanto a alimentação dos escravos. O seu isolamento externo é amarelo e possui uma forma geométrica característica, desenhada para se evitar a fixação com a polaridade invertida (Figura 3.81).

O cabo não precisa ser cortado ou "descascado" para ser conectado. Isso em geral é causa de quedas de tensão indesejáveis e são potenciais fontes de mau-contato. Em contrapartida possui uma forma de instalação bastante interessante, que contribui para economia de custos em sua implementação.

O princípio é simples: o contato com os condutores internos é realizado por meio de lâminas condutoras, que penetram os isolamentos plásticos até os fios de cobre internos.

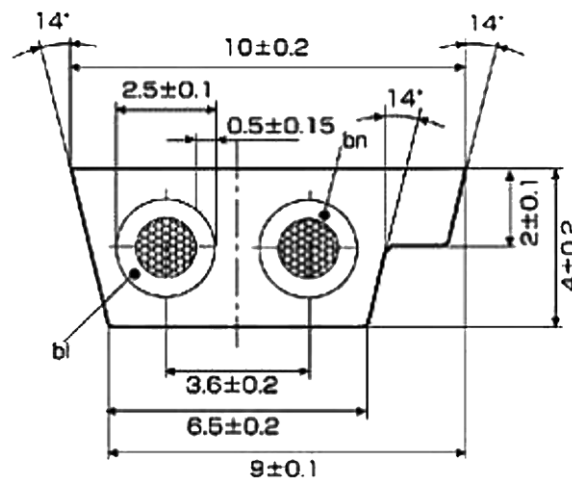


Figura 3.81 - Vista do corte frontal do cabo AS-i (medidas em mm).

O revestimento externo possui uma propriedade "cicatrizante", ou seja, no caso de as lâminas serem desconectadas ele se fecha, não aparentando o corte realizado longitudinalmente. É evidente que os revestimentos permanecem perfurados, mas não oferecem risco de curto-circuito devido a essa técnica. As Figuras a seguir ilustram o conceito.

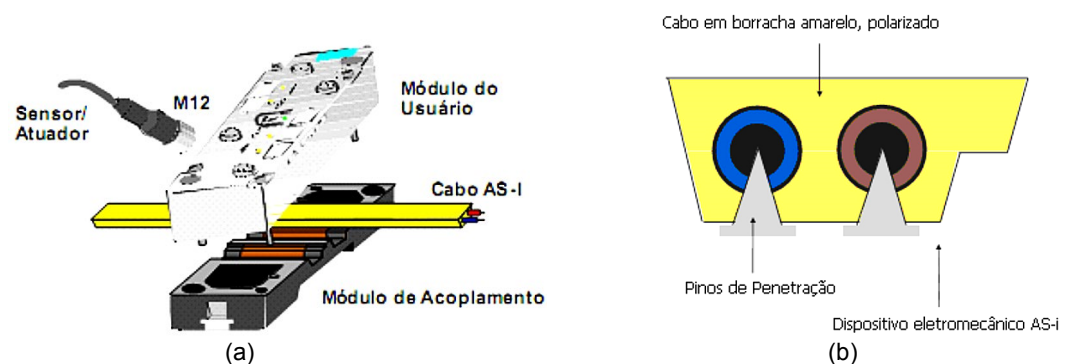


Figura 3.82 - a) Acoplamento do módulo ao barramento; b) Pinos de perfuração

Fonte: AS-International Association (2008).

Além da alimentação disponível para os escravos através do cabo amarelo, que se tornou uma espécie de marca registrada do sistema AS-i, e que atende quase todos os casos práticos, pode ser necessária alimentação suplementar para alguns escravos, principalmente atuadores mais potentes. Nesse caso um cabo preto adicional é utilizado, com as mesmas características do primeiro, mas dedicado exclusivamente a alimentação. Ele também faz uso da técnica de penetração descrita anteriormente e é reservado para fornecer até 24 Vdc.

Há duas considerações elétricas relevantes envolvidas na seleção de um meio de transmissão adequado: a resistência CC para alimentação e as características de transmissão na faixa de frequência usada na comunicação. Pelo menos 2 A de corrente devem ser possíveis de serem transmitidos para alimentação dos escravos. Dentro dessas exigências, outros cabos podem ser usados, possibilitando projetos para casos específicos, como por exemplo, condução de correntes maiores ou necessidade de cabos móveis.

Além destas duas classes de cabos, existe ainda a versão vermelha, que fornece até 230 Vac.

Cabo Circular

Este cabo foi criado especificamente para o AS-i, com características elétricas bastante similares, mas com uma forma de instalação específica. Esse cabo pode ser com ou sem blindagem, mas preferencialmente são utilizados os cabos sem blindagem e com as seguintes características (na frequência de 167 kHz):

- $R' : < 90 \text{ m}\Omega/\text{m}$;
- $C' : < 80 \text{ pF/m}$;
- $Z : 70 \Omega \text{ to } 140 \Omega$;
- $G' : \leq 5 \mu\text{S/m}$.

É recomendado um cabo com corte de seção transversal de $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$.

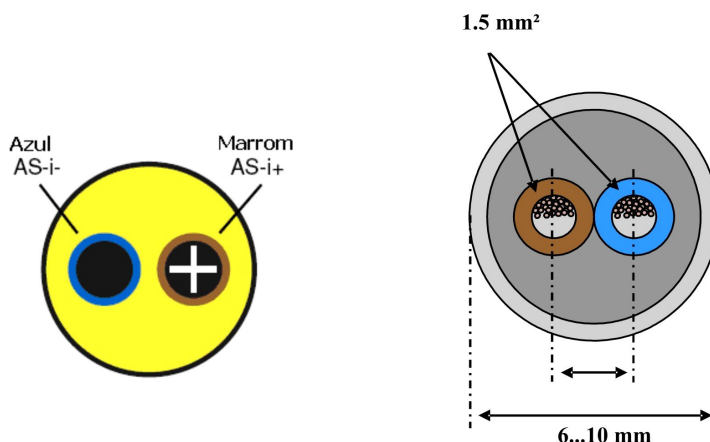


Figura 3.83 - Cabos circulares sem blindagem

Fonte: AS-International Association (2008).

Conexões na rede AS-i

Quaisquer conexões na rede AS-i que não sejam as tecnologias convencionais ou de perfuração devem respeitar os seguintes requisitos:

- Resistência de contato de no máximo $6 \text{ m}\Omega$;
- Corrente mínima permitida de $1,5 I_{\text{nom}}$ (mínimo de 3 A para rede AS-i no geral);
- Faixa de tensão de contato de 10 Vdc a 70 Vdc ;
- Choques e vibrações de acordo com o item 7.4 da IEC 60947-5-2;
- Força de ruptura de acordo com o anexo E da IEC 60947-5-2;

Se grampos ou terminais para conexões de parafusos são utilizados, sua espessura deve ser de no mínimo $2 \times 2 \times 1,5 \text{ mm}^2$. Se pinos de tomadas são usados, o tipo D.2 de acordo com o anexo D da normal IEC 60947-5-2 é o recomendado.

Comprimento do cabo

O comprimento máximo de um cabo do barramento AS-i é de 100 m sem o uso de repetidores. No caso de serem utilizados os repetidores um comprimento máximo de 300 m é permitido.

O comprimento do barramento AS-i pode ser calculado pela adição do tamanho do cabo do barramento mais $2 \times$ o tamanho dos acessórios conectados a rede. Exemplo: 50 metros do cabo amarelo e 5 tap-offs com 2 m de cabo nos dá uma rede do tamanho igual a: $50 + 2 \times 5 \times 2 = 70 \text{ m}$.

Nas Figuras 3.84 e 3.85 são apresentadas soluções para conexões extensores e repetidores a fim de se aumentar o comprimento do barramento AS-i.

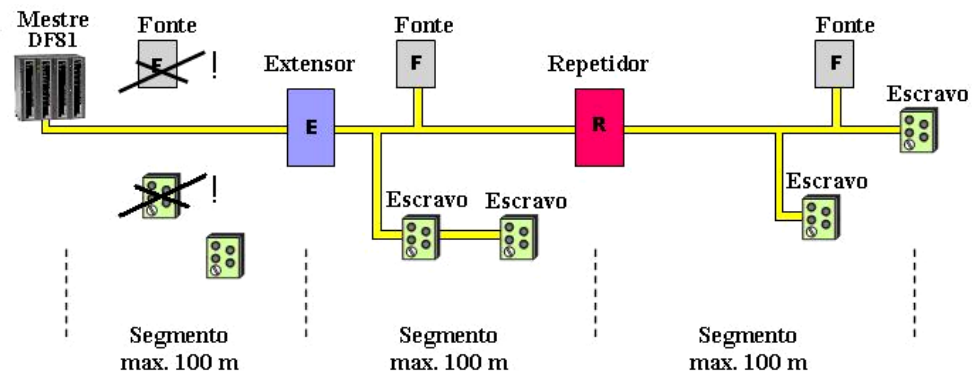


Figura 3.84 - Solução com um extensor e um repetidor
 Fonte: AS-International Association (2008).

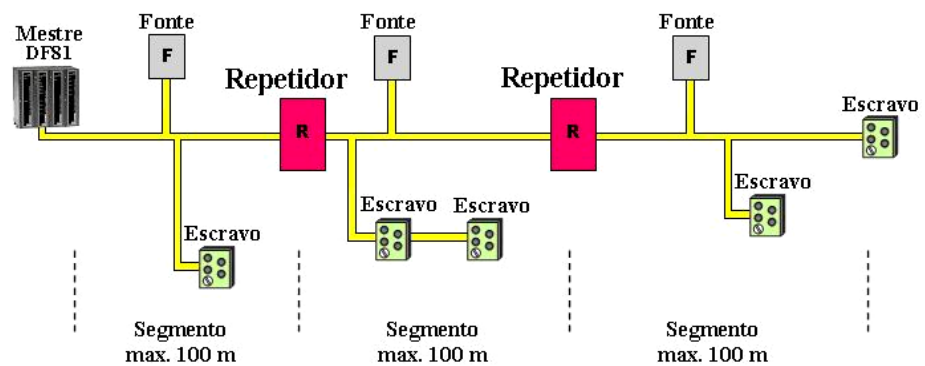


Figura 3.85 - Solução com dois repetidores
 Fonte: AS-International Association (2008).

Estruturas da rede

A topologia de rede do sistema AS-i permite as ligações dos dispositivos nos seguintes formatos: de árvore, linear, estrela e em anel (Figura 3.86). A restrição que deve ser observada é o limite máximo de 100 m de comprimento para o cabo. É importante notar também que não são necessárias impedâncias terminais, o que simplifica a instalação. Em caso da necessidade de conexões com comprimentos maiores, repetidores podem ser usados, ampliando o alcance da rede, desde que respeitados os limites de 62 escravos e um mestre.

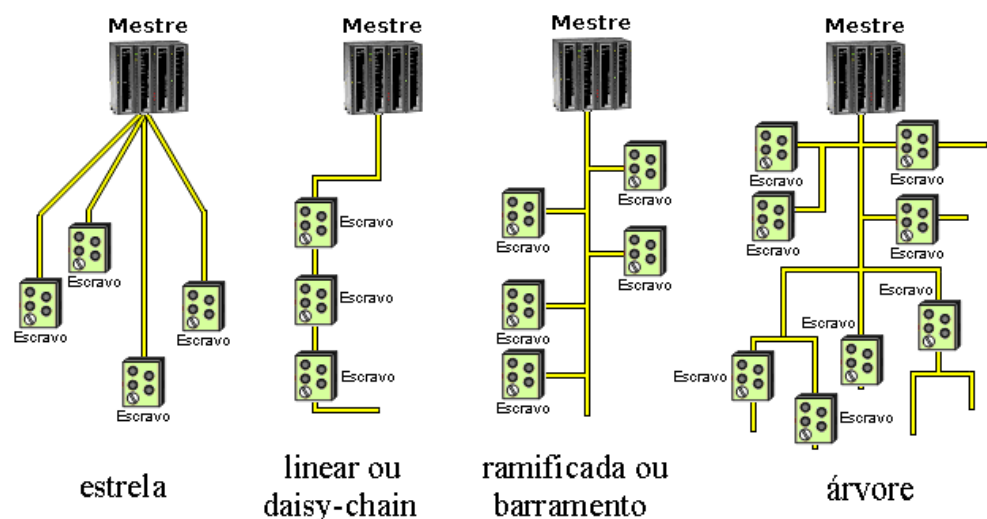


Figura 3.86 - Topologia física de rede
 Fonte: AS-International Association (2008).

Fonte de Alimentação

A fonte AS-i possui quatro funções no sistema como descrito a seguir:

Fonte de Alimentação

A unidade de fonte de alimentação trabalha em uma tensão de 29,5 Vdc a 31,6 Vdc e sob condições normais de operação, fornece uma corrente de 0A a 8A. A fonte fornece alimentação para os escravos e parcialmente para o mestre através de dois fios, o mesmo utilizado para transmissão de dados AS-i, e podendo ser conectada na rede em qualquer ponto. Em linhas longas, a queda de tensão deve ser considerada e geralmente não deve ser maior que 3 V. A fonte possui internamente um circuito de proteção de sobrecarga com limite de corrente

Balanceamento

A fonte é responsável também por balancear a rede AS-i. O AS-i é operado como um sistema simétrico, não aterrado. Para imunidade a ruídos o cabo AS-i precisa ser instalado tão simétrico quanto possível. Isso é possível através do circuito de balanceamento mostrado na Figura 3.83. A conexão de blindagem deve ser ligada num ponto apropriado da máquina ou sistema. Apenas esse ponto pode ser conectado à terra do sistema.

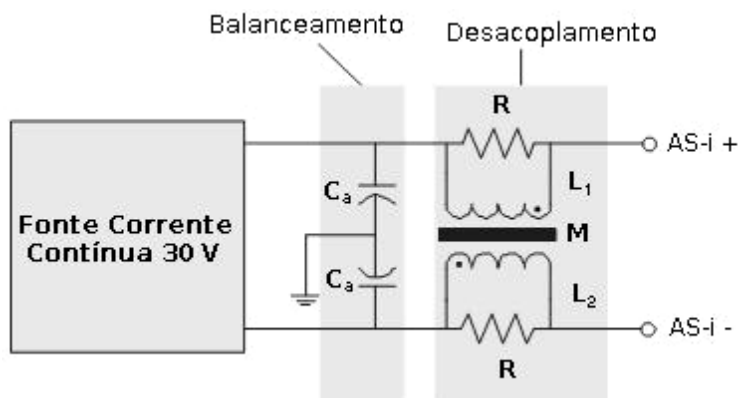


Figura 3.87 - Diagrama Esquemático Simplificado da fonte AS-i

Desacoplamento dos Dados

A terceira função da fonte é prover desacoplamento dos dados. A rede de desacoplamento, que em geral encontra-se no mesmo módulo da fonte de alimentação, consiste de dois indutores de 50 μ H cada (L_1 e L_2) e dois resistores em paralelo de 39 Ω cada. Os indutores realizam uma operação de diferenciação sobre os pulsos de tensão para converter os pulsos de corrente gerados pelos transmissores conectados à rede. Ao mesmo tempo, eles previnem um curto circuito no cabo. O acoplamento entre os indutores deve ser tão próximo quanto possível de 1, o que equivale a dizer que a indutância mútua deve tender a 200 μ H.

Segurança

A quarta função é uma consideração de segurança. O sistema AS-i foi projetado como um sistema para baixas tensões com isolamento segura (*Protective Extra Low Voltage*). Isso significa que de acordo com os padrões IEC relevantes, "isolamento segura" é requerida da fonte entre a rede de alimentação e a rede AS-i.

Práticas Recomendadas

A seguir é apresentada uma visão geral e natural da instalação de uma rede AS-i e serve como guia para a instalação adequada do sistema.

Considerações sobre Layout de Racks e Cabos

Racks

A montagem dos racks com módulos de E/S, fontes de alimentação e escravos AS-i são os primeiros elementos a serem montados no sistema levando-se em consideração a distribuição de escravos e módulos de E/S da rede;

Cabos

Com relação á roteamento e configuração dos cabos AS-i os itens a seguir deve ser considerados:

- Sempre que possível use o cabo amarelo perfilado, onde marrom indica o pólo positivo (“+”) e azul o pólo negativo (“-”);
- Cabos amarelos são destinados a comunicação da rede AS-i, cabos pretos à fonte auxiliar de 24 V e cabo vermelho para fonte auxiliar de 230 V.
- Cabos de comunicação da rede AS-i devem ser roteados longe de cabos de força em tubulações, canaletas, esteiras porta-cabos e cabos condutores de corrente e outros cabos que possam causar interferências na transmissão dos dados;
- Use condutores 16 AWG, quando for possível, dentro de painéis e gabinetes. Nunca use condutores menores que 18 AWG em qualquer aplicação AS-i;
- Mantenha a máxima separação possível dentre de painéis de componentes de controle AS-i e fontes auxiliares de alimentação (tensões DC ou AC), etc.
- Não direcione a fiação de controle ou cabos AS-i no mesmo local, leito ou conduítes, com fontes auxiliares de alimentação.
- Cada mestre AS-i requer o seu próprio cabo de dados. Cabos AS-i nunca devem ser dispostos juntos, emendados ou conectados de outra maneira;
- Não é permitido conectar fios do cabo AS-i ao terra;
- Os cabos devem ser conectados a fonte de alimentação quando estiver desligada.

Fontes de Alimentação

- Sempre use fontes de alimentação com proteção a baixa de tensão e isolamento de segurança (*Protective Extra Low – PELV*) e desacoplador de dados integrado. Conecte o terra ao terra do sistema;
- Nunca conecte o negativo da fonte AS-i ao terra;
- Conecte o cabo amarelo do AS-i quando a fonte de alimentação estiver desligada e certifique-se que a fonte de alimentação está corretamente ligada ao canal/mestre AS-I;
- Conecte o cabo preto a fonte auxiliar de 24 Vdc quando a mesma estiver desligada ou aos terminais de 24 Vdc da fonte de alimentação do AS-I;
- Ligue primeiramente a fonte de alimentação de 24 Vdc (DF50) e depois a fonte de alimentação da rede AS-i.

Mestres AS-i

- Conecte o cabo amarelo do AS-i (marrom no “+” e azul no “-”) ao mestre, quando estiver desligado e nas suas respectivas polaridades;
- A fonte DF50 será utilizada para alimentação do *backplane* que, por conseguinte, alimentará o controlador HSE/AS-i. Uma fonte auxiliar de deverá ser providenciada para alimentação dos mestres AS-i. A tensão de alimentação auxiliar estará vinculada aos escravos a serem utilizados na rede AS-i.

Nós/Módulos/Escravos

- A adição de um escravo a rede AS-i é possível através das formas a seguir.
 - Faça o pré-endereçamento dos escravos com um programador portátil antes de adicioná-los a rede AS-i;
 - Adicione os escravos um de cada vez no barramento (endereçamento automático ou, então, mude o seu endereço através da ferramenta de configuração da rede AS-i);
 - O endereço de cada escravo deve ser único. De 1 a 31 (versão 2.0) ou, então, 1A a 31B (versão 2.1).
 - No caso de utilização de versões de escravos diferentes no mesmo barramento, escravos da versão 2.0 ocuparão duas posições de endereçamento, ou seja, se for inserido um escravo da versão 2.0 com endereço igual a 1, não é permitido a inserção de um escravo da versão 2.1 com endereço igual a 1B.
- Na substituição de um escravo, o novo deve possuir os mesmos atributos do primeiro (*IO code*, *ID code* e endereço).

Extensões da Rede

- Para cabeamento da rede AS-i o limite máximo permitido é de 100 m – incluindo todos os ramos da topologia até suas terminações – sem a utilização de extensores e repetidores;
- A rede AS-i não requer resistor de terminação.

Para o caso de extensão da rede AS-i os seguintes procedimentos devem ser considerados.

Utilização de extensores:

- Utilizar o cabo de comunicação padrão da rede AS-i (amarelo);
- O comprimento máximo permitido do cabo entre um extensor e um mestre é de 100 m;
- Nenhum escravo ou fonte de alimentação deve ser conectado entre o mestre e o extensor;
- Os pólos positivos e negativos nunca devem ser invertidos.

Utilização de repetidores:

- Utilizar o cabo de comunicação padrão da rede AS-i (amarelo);
- No máximo dois repetidores podem ser conectados em série com a fonte de alimentação da rede para um limite máximo de 300 m (isto é, 3 segmentos de no máximo 100 m cada);
- A fonte de alimentação da rede AS-i deve ser conectado próximo a cada repetidor;
- Normalmente, não é permitida a conexão de extensor após repetidores.

Sensores e Atuadores

- Sensores e atuadores devem ser alimentados diretamente a partir da entrada ou saída correspondente do escravo;
- Os comprimentos dos cabos (cabos de conexão) do módulo até os dispositivos de E/S da rede AS-i devem ser o mais curto possível, e os cabos devem ser mantidos separados de cabos de transmissão e de motores. Tipicamente, a distância mínima aplicada é de 400 mm e máxima 5 m.

Assegurando Imunidade de EMC

- Não instale o cabo de comunicação AS-i (cabo amarelo) junto com cabos de força;
- Mantenha a máxima distância possível entre os cabos amarelos do AS-i e os cabos de força;
- Mantenha uma separação entre os componentes com tensões DC e os com tensões AC dentro de painéis e gabinetes, tanto para localização e também para roteamentos dos fios e cabos;
- Conecte todos os contatores, relés, solenóides, travas etc com elementos apropriados de supressão de ruídos;
- Filtre e aterre, corretamente, todas as fontes potenciais de ruídos;
- Use sempre cabos de motores/transmissão blindados e aterre-os corretamente.

Diagnóstico do Sistema

- Para localizar erros na rede AS-i, verifique os estados e diagnósticos da rede AS-i, através dos *flags* do mestre e das listas dos escravos AS-i, disponíveis na ferramenta de configuração da rede ou via *transducer* de comunicação;
- Informações de falhas também estão disponíveis através parâmetro *Periphery fault* no mestre, cuja versão é 2.1. Esse parâmetro abrange falha de baixa tensão da fonte auxiliar de 24 Vdc, curto-circuito e sobrecargas nos escravos;
- No caso de não ter resposta do escravo verificar se: o escravo foi corretamente endereçado e o seu endereço já não está presente na rede; o escravo não foi configurado errado, não há ruptura no cabo e o escravo está devidamente conectado;
- Configure a aba SNMP do Server Manager com as informações específicas do controlador a ser diagnosticado e através de um cliente OPC, navegue na MIB disponível no controlador para diagnóstico do mesmo e da rede AS-i.

Dicas de Montagem

No Campo

- Coloque as fontes de alimentação próximas aos escravos de mais alto consumo de corrente;
- Mantenha máxima distância entre cabos AS-i e cabos de potência;

No Armário do CCM

- Trançar cada par de cabos em um cabo duplo;
- Não instalar cabo AS-i junto com linha de alimentação no mesmo cabo múltiplo;
- Manter distância mínima entre cabo AS-i e cabo de potência (mínimo 15 cm);
- Manter distância máxima de fontes de ruído, por exemplo, conversores de frequência;
- Manter máxima distância entre CLPs e elementos de potência;
- Não sobrecarregar o cabo AS-i. Um escravo precisa de no mínimo 26,5 V.

Rede HART® & 4 a 20 mA

O protocolo HART® é o sistema de comunicação de maior uso na área de automação industrial, no mundo. Ele tem como característica principal a sua simplicidade e sua total compatibilidade com o mais consagrado sistema de medição e controle, o sistema 4-20mA. A comunicação digital do HART® convive com o sinal analógico 4-20mA no mesmo par de fios sem interferir na sua medida analógica.

O protocolo HART® opera a uma taxa de transmissão de 1200 bps, o que permite uma monitoração de variáveis a cada 500 ms. A taxa de comunicação baixa foi escolhida especialmente para permitir que um equipamento de campo possa ter um consumo quiescente compatível com equipamentos 4-20mA, e principalmente para permitir a sinalização de falha de segurança na faixa de 3,6 mA (por segurança, o consumo quiescente de um equipamento HART® deve estar abaixo de 3,5 mA).

O sinal de comunicação, superposto ao sinal analógico, tem uma modulação do tipo FSK (*Frequency Shift Keying*) que é um sinal analógico sem qualquer componente DC e, portanto, não interfere na medida 4-20mA. A modulação FSK opera da seguinte forma: o bit digital “1” é modulado na frequência de 1200 Hz e o bit “0”, em 2200 Hz, com a largura do bit correspondente a 1 período de 1200 Hz.

Pelo fato do protocolo HART® ser do tipo mestre/escravo, o sistema HART® pode ser configurado com um ou mais transmissores escravos HART® conectados a até dois mestres ou Hosts (mestre primário e mestre secundário). Dependendo da quantidade de transmissores escravos na rede, o sistema HART® pode ser configurado em modo *single-drop* ou *multi-drop*.

Na configuração *single-drop* (um transmissor na rede), o sistema HART® opera com sinais analógicos 4-20mA simultaneamente com o sinal digital de comunicação, resultando assim, em uma malha aberta de controle simples.

Já na configuração *multi-drop* (mais de um transmissor na rede), a sua funcionalidade depende da função de operação selecionada para o equipamento: controlador ou transmissor. Se um equipamento operar como transmissor, a geração da corrente de saída analógica 4-20mA ficará inibida com a corrente mantida fixa em 4 mA, e toda a troca de informação entre transmissores e o sistema Host passará a ser feita via comunicação digital. No caso de um equipamento operar como controlador, a corrente de saída será aquela determinada pelo controle PID e, então, a rede deverá ser cuidadosamente elaborada de forma a não acarretar interferências entre malhas. Neste caso, as malhas são conectadas em paralelo e a impedância de carga será comum às malhas de controle.

Rede Single-Drop

Nesta configuração o transmissor é alimentado por uma fonte de alimentação com um resistor de carga de 250 Ohms para permitir a comunicação digital HART®, conectada a uma entrada do controlador para tratar o sinal 4-20mA gerado pelo transmissor. Geralmente, a entrada analógica de um controlador ou indicador apresenta uma impedância da ordem de 100 a 250 Ohms e com isto, o resistor de carga poderia ser diminuído, pois o HART® sugere uma impedância de carga mínima total de 250 Ohms para o seu funcionamento.

Normalmente, um barramento HART® padrão é feito a partir de um par de fios trançados cujo comprimento não exceda 1500 m. Para ambientes com muita interferência eletromagnética ou radiofrequência, o par trançado pode ser substituído por um par de fios trançados com blindagem.

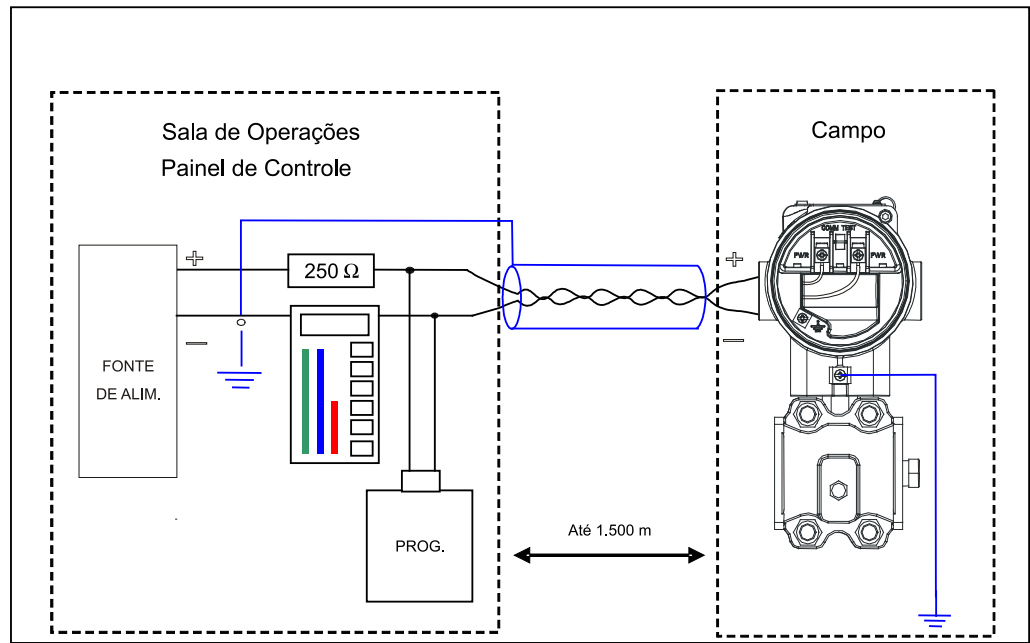


Figura 3.88 – Configuração Single-Drop – malha fechada simples em modo transmissor

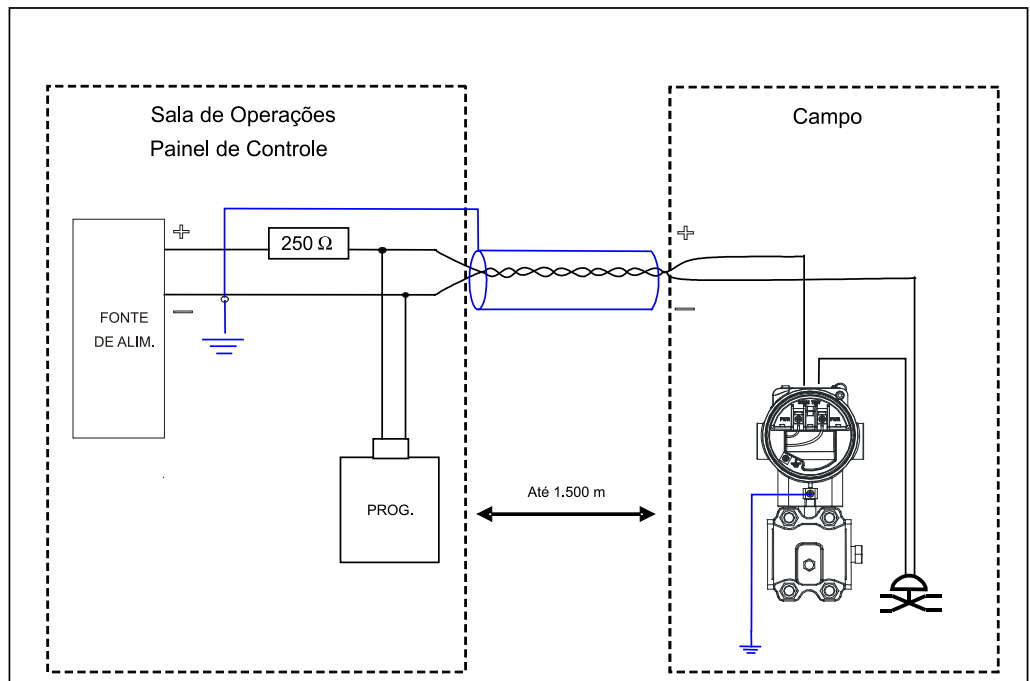


Figura 3.89 – Configuração Single-Drop – malha fechada simples em modo controlador

Quanto ao aterramento para esta configuração, as seguintes considerações devem ser feitas:

- Recomenda-se o aterramento do sinal negativo da fonte de alimentação para que o sistema opere com uma referência elétrica estável;
- Para efeito de segurança do operador, a carcaça do equipamento deve estar aterrada localmente, na estrutura de aterramento da planta;
- Caso se opte por um barramento de par de fios trançados e blindado, a blindagem deve ser aterrada no sistema de aterramento na sala de operações e garantir que o ponto de aterramento seja somente este único; a blindagem do cabo deve estar totalmente isolada na outra extremidade de forma a evitar *loop* de terra e risco de descarga elétrica no operador;

- d) Para evitar medições espúrias no sinal 4-20mA, há a necessidade de se garantir que as entradas tanto do controlador (circuito de entrada) quanto do transmissor (borneira) não apresentem fugas de corrente, uma vez que tanto esses equipamentos quanto o sinal negativo da fonte estão aterrados, o que causaria uma malha de corrente paralela à malha de controle. Baixas impedâncias de entrada nos equipamentos também afetam a integridade do sinal de comunicação digital HART®, e aumentam a suscetibilidade do equipamento aos efeitos EMI/RFI, interferindo no sistema de medição do sensor.
- e) Para se garantir um sinal de comunicação íntegro, isento de acoplamentos de ruídos eletromagnéticos, o barramento deve ser conduzido através de um bandejamento corretamente aterrado (pontos de aterramento a cada 20 m, pelo menos) desde o início até o final do barramento. Caso inexista o bandejamento, um barramento de terra deve ser estendido paralelamente ao barramento de sinal, com aterramento distribuído da mesma forma como especificado para o bandejamento. Se for notada qualquer circulação de corrente entre os pontos de aterramento, será devido a um desbalanceamento de terras e, então, o painel de controle não poderá ser conectado diretamente à planta. O barramento deverá ser montado através de isoladores ópticos ou galvânicos, ou um sistema de aterramento equipotencial deverá ser construído, desde que viável.

Rede Multi-Drop

Nesta configuração, os transmissores são interconectados em paralelo e as informações de cada equipamento são obtidas via comunicação digital HART® e os sinais 4-20mA deixam de ser operantes (transmissores operam em modo de corrente fixa a 4 mA). Para que o sinal de comunicação possa circular nesta rede, há a necessidade de se acoplar uma impedância de carga de aproximadamente 250 Ohms. Caso a corrente através da impedância de carga cause uma alta dissipação de potência e uma alta queda de tensão de alimentação, a impedância de carga resistiva pode ser substituída por uma equivalente ativa.

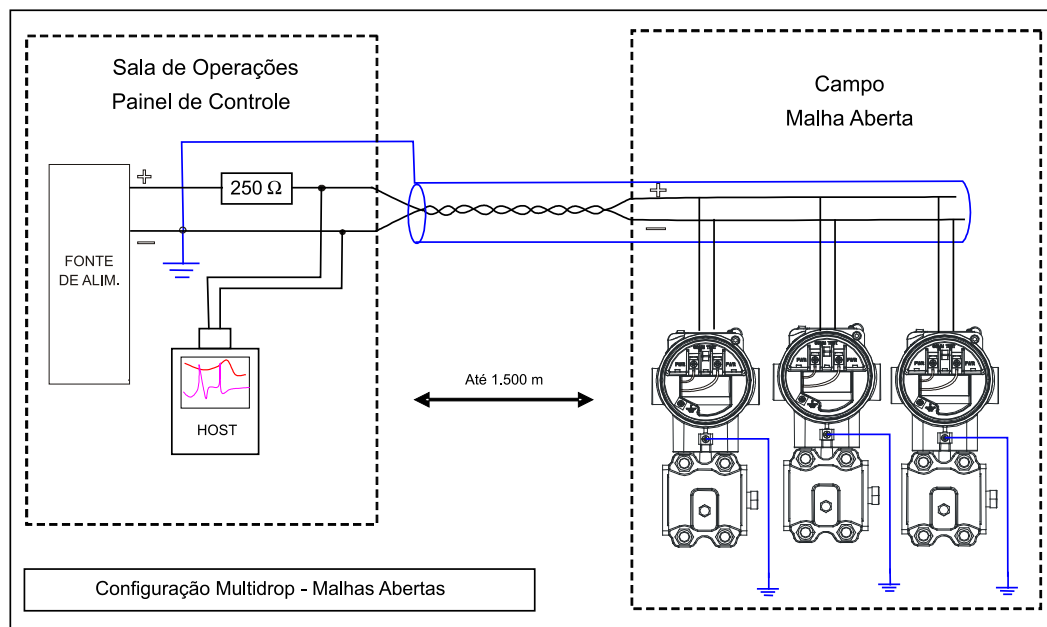


Figura 3.90 – Configuração Multi-Drop – malhas abertas em modo transmissor

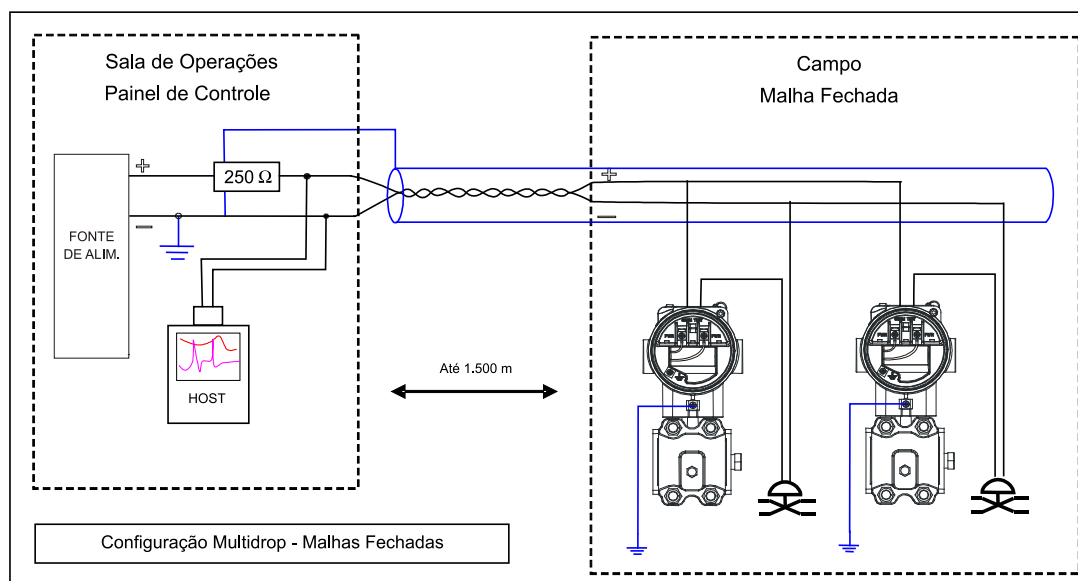


Figura 3.91 – Configuração Multi-Drop –malhas fechadas em modo controlador

Para esta configuração, siga as recomendações feitas para o sistema *Single-Drop*, considerando também as observações a seguir.

- Para a execução das derivações no campo (conexão de transmissores), o cabo é seccionado e reconectado, porém, a blindagem deve ser recuperada integralmente, dando continuidade até à conexão do último transmissor. Em cada junção da blindagem, a conexão deve ser bem executada e isolada, evitando qualquer contato com o bandejamento, eliminando a criação de um novo ponto de aterramento;
- Embora o sinal 4-20mA não opere nesta configuração, a baixa impedância de entrada na borneira dos transmissores deve ser evitada, pois ela interfere demasiadamente na integridade do sinal de comunicação digital HART®, ou mesmo, aumenta a suscetibilidade do transmissor quanto a EMI/RFI, afetando a qualidade da medição do sensor.

Configuração da rede

Uma rede HART® é configurada a partir da identificação dos equipamentos conectados à rede e, após a identificação, as transações dos comandos HART® são efetuadas a partir do *Device Identifier* e do *Extended Device Type*. O *Device Identifier* é um número serial único para um determinado *Extended Device Type* e, portanto, cada equipamento HART® tem a sua própria identidade e ela é única. O *Extended Device Type* é um parâmetro fornecido pelo HART® FOUNDATION™ que concatena o *Manufacturer Code* com o *Device Type* do fabricante.

A forma de identificação do equipamento em uma rede pode ser feita através do *polling address* ou pelo *Tag*. O *polling address* é usado pelo comando 0 do HART®, e o *Tag*, ou pelo comando 11 (*Short Tag*) ou pelo comando 21 (*Long Tag*), disponíveis para versão HART® 6 ou superior.

Nas redes *Single-Drop* os equipamentos apresentam *polling address* igual a zero e nas redes *Multi-Drop*, de 1 a 15. As especificações do HART® 7 permitem o uso de *polling address* acima de 15 (até 63) uma vez que o HART® 7 disponibiliza uma rede *wireless* em que os equipamentos não gerariam corrente 4-20mA. Os endereços 1 a 15 são reservados para redes *Multi-Drop* em corrente, com os equipamentos gerando uma corrente fixa de 4 mA.

Conexão dos equipamentos à rede

Os equipamentos HART® devem ser conectados à rede observando a polaridade do barramento uma vez que é esta polaridade que define o sentido da corrente 4-20mA. Muitos transmissores já possuem sua entrada não polarizada, porém, as placas E/S de entrada são sempre polarizadas. Outro aspecto importante na conexão de placas E/S é verificar se a entrada de 4-20mA pode ser tratada como entrada diferencial ou se ela está referenciada ao seu Terra (GND). Este fato determina como a conexão elétrica deve ser realizada, bem como onde conectar a impedância de carga, pois, dependendo da conexão entre o transmissor e a impedância de carga, as tensões elétricas envolvidas poderão acarretar uma elevação da referência que poderia ocasionar saturação no sinal da placa E/S.

Outro ponto importante a ser ressaltado é que, na maioria dos casos, os transmissores HART® apresentam ponto de teste em sua carcaça de forma a medir exatamente a corrente que o transmissor está suprimindo. Caso haja diferenças consideráveis entre os valores medidos na carcaça e na placa E/S, isto indica que há pontos de fuga na instalação.