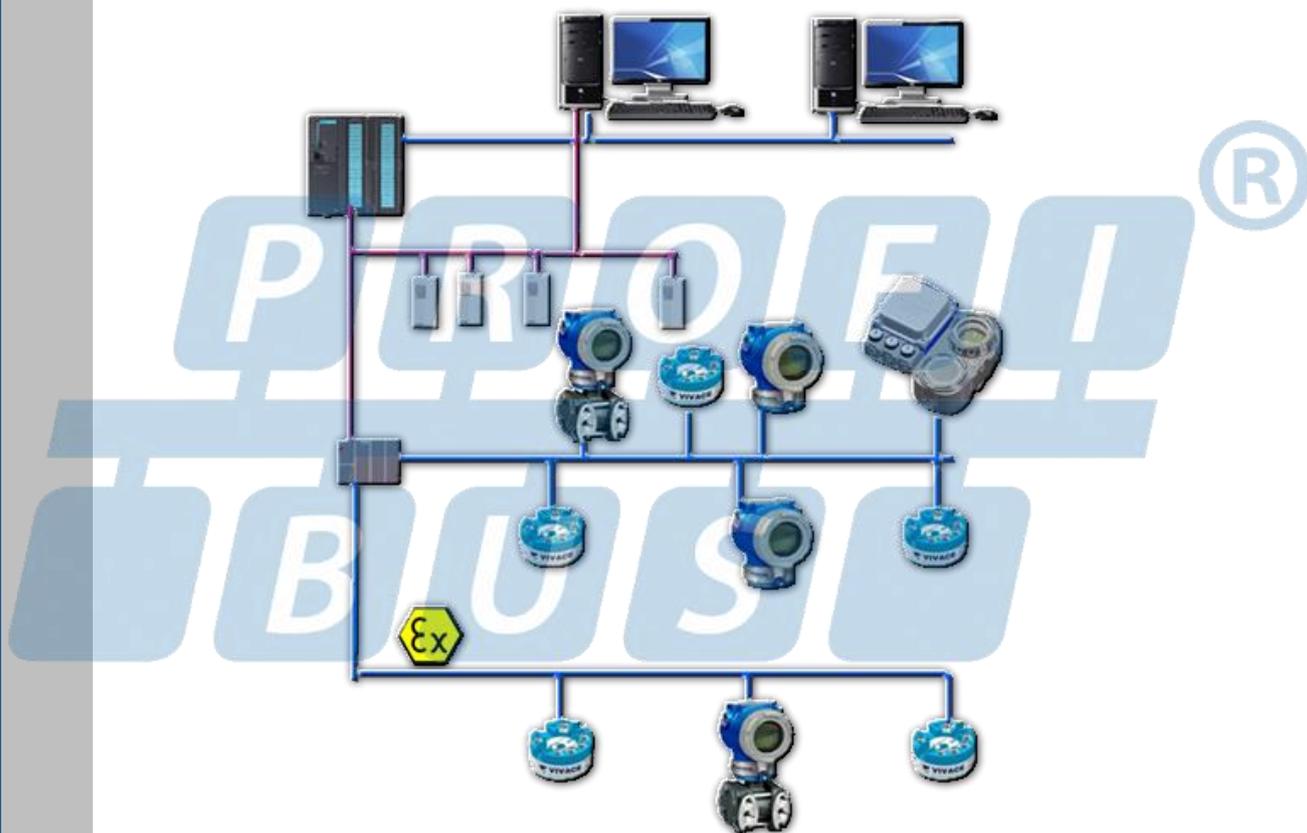


MANUAL DE INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E CONFIGURAÇÃO

Março/2016

# PROFIBUS-PA

BLOCOS, PARÂMETROS E ESTRUTURA



## COPYRIGHT

*Todos os direitos reservados, inclusive traduções, reimpressões, reproduções integrais ou parciais deste manual, concessão de patente ou registro de modelo de utilização/projeto.*

*Nenhuma parte deste manual pode ser reproduzida, copiada, processada ou transmitida de qualquer maneira e em qualquer meio (fotocópia, digitalização, etc.) sem a autorização expressa da **Vivace Process Instruments Ltda**, nem mesmo para objetivo de treinamento ou sistemas eletrônicos.*

## NOTA IMPORTANTE

*Revisamos este manual com muito critério para manter sua conformidade com as versões de hardware e software aqui descritos. Contudo, devido à dinâmica de desenvolvimento e atualizações de versões, a possibilidade de desvios técnicos não pode ser descartada. Não podemos aceitar qualquer responsabilidade pela completa conformidade deste material.*

*A Vivace reserva-se o direito de, sem aviso prévio, introduzir modificações e aperfeiçoamentos de qualquer natureza em seus produtos, sem incorrer, em nenhuma hipótese, na obrigação de efetuar essas mesmas modificações nos produtos já vendidos.*

*As informações contidas neste manual são atualizadas frequentemente. Por isso, quando for utilizar um novo produto, por favor verifique a última versão do manual pela Internet através do site [www.vivaceinstruments.com.br](http://www.vivaceinstruments.com.br), onde ele pode ser baixado.*

*Você cliente é muito importante para nós. Sempre seremos gratos por qualquer sugestão de melhorias, assim como de novas ideias, que poderão ser enviadas para o email: [contato@vivaceinstruments.com.br](mailto:contato@vivaceinstruments.com.br), preferencialmente com o título "Sugestões".*

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b><u>INTRODUÇÃO: PROFIBUS-PA</u></b>	<b><u>5</u></b>
1.1.	ARQUITETURA DO SISTEMA DE CONTROLE DE PROCESSO	5
<b>2</b>	<b><u>MODELO DE BLOCOS FUNCIONAIS</u></b>	<b><u>8</u></b>
2.1.	PHYSICAL BLOCK (PB)	9
	PARÂMETRO FACTORY_RESET	11
	PARÂMETRO DE ESCRITA	11
	SELEÇÃO DO NÚMERO IDENTIFICADOR (GSD IDENTIFIER NUMBER)	11
	DIAGNÓSTICOS	12
	DIAGNÓSTICO EM EQUIPAMENTOS DE SAÍDA	12
	DIAGNÓSTICOS (BLOCO FÍSICO)	13
	CHECK_BACK (BLOCO DE SAÍDA ANALÓGICA-AO)	14
	DIAGNÓSTICOS CÍCLICOS	14
2.2.	ANALOG INPUT BLOCK (AI)	15
	LIMITES E ALERTAS	17
	TRATAMENTO DE ERROS – FALHA SEGURA	17
	CONDIÇÕES QUE ATIVAM A FALHA SEGURA	18
	AÇÕES DE FALHA SEGURA	18
2.3.	ANALOG OUTPUT BLOCK – AO	21
	AUMENTAR PARA FECHAR (INCREASE TO CLOSE)	21
	SIMULAÇÃO	21
	READBACK	22
	TRATAMENTO DE ERROS – FALHA SEGURA	22
2.4.	TOTALIZER BLOCK – TOT	25
	TOTALIZAÇÃO DA VAZÃO E SINAIS	25
	RESET E PRESET	26
	CONDIÇÕES INICIAIS DE CONFIGURAÇÃO	26
2.5.	DIGITAL INPUT BLOCK – DI	29
	TRATAMENTO DE ERROS E FALHAS	29
2.6.	DIGITAL OUTPUT BLOCK – DO	32
	TRATAMENTO DE ERROS - FALHA SEGURA	33
2.7.	MODOS DE OPERAÇÃO DOS BLOCOS FUNCIONAIS	36
2.8.	GERAÇÃO DE STATUS	36
2.9.	DEFINIÇÃO E TIPOS DE ESTRUTURA DE DADOS	37
	BLOCK OBJECT - DS-32	37
	VALOR & STATUS - ESTRUTURA DO PONTO FLUTUANTE - DS-33	37
	VALOR & STATUS - ESTRUTURA DISCRETA - DS-34	38
	ESTRUTURA DE ESCALA - DS-36	38
	ESTRUTURA DE MODO - DS-37	38
	ESTRUTURA DE ALARME DO PONTO FLUTUANTE - DS-39	38
	ESTRUTURA DE ALARME DISCRETA - DS-40	38
	ESTRUTURA DE ATUALIZAÇÃO DO ALARME - DS-41	39
	ESTRUTURA ÍNDICE DE ALARME - DS-42	39
	SIMULATE – ESTRUTURA DO PONTO FLUTUANTE - DS-50	39

	SIMULATE – ESTRUTURA DISCRETA - DS-51 .....	39
	ESTRUTURA DE GRUPO - DS-67 .....	39
2.10.	FORMATO IEEE-754 .....	40
2.11.	CONFIGURAÇÃO CÍCLICA .....	40
2.12.	UNIDADES .....	42

### **3 PROFIBUS - MEIO FÍSICO..... 54**

3.1.	RS485 .....	54
	CABEAMENTO .....	55
	PADRÃO RS485-IS .....	57
3.2.	MEIO DE TRANSMISSÃO IEC 61158-2 .....	59
	FISCO .....	60
	INSTRUÇÕES DE INSTALAÇÃO PARA O IEC 61158-2 .....	61
	TIPOS DE CABO RECOMENDADOS PARA PROFIBUS-PA .....	62
	COMPRIMENTO TOTAL DO CABO, REGRAS DE DISTRIBUIÇÃO E INSTALAÇÃO .....	63
	TERMINADORES DA REDE PROFIBUS-PA .....	65
	SUPRESSOR DE TRANSIENTES .....	66
	FONTE DE ALIMENTAÇÃO E SINAL DE COMUNICAÇÃO PROFIBUS-PA .....	66
	SHIELD E ATERRAMENTO .....	66
3.3.	FIBRA ÓTICA .....	68
3.4.	ELEMENTOS DA REDE PROFIBUS-PA .....	69
3.5.	TOPOLOGIAS NO PROFIBUS-PA .....	69
3.6.	TECNOLOGIA DE TRANSMISSÃO NO PROFIBUS-PA .....	70
3.7.	ENDEREÇAMENTO NA REDE PROFIBUS .....	70
3.8.	REGRAS BÁSICAS DE PROJETO .....	71
	PROFIBUS-DP .....	71
	PROFIBUS-PA .....	71
3.9.	CUIDADOS E RECOMENDAÇÕES COM ATERRAMENTO E <i>SHIELD</i> .....	72
	REDE PROFIBUS-DP .....	72
	TERRA EQUIPOTENCIAL .....	72
	REDE PROFIBUS-PA .....	74

### **4 INSTALAÇÃO ELÉTRICA E MECÂNICA..... 76**

	CUIDADOS BÁSICOS .....	76
	ROTAÇÃO DA CARÇAÇA E LCD .....	76
	LIGAÇÃO FÍSICA NA REDE PROFIBUS-PA .....	77

### **5 LCD E AJUSTE LOCAL ..... 78**

# 1 INTRODUÇÃO: PROFIBUS-PA

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

- Fácil cabeamento com redução de custos;
- Simples operação, através da sala de controle;
- Aplicações em área classificadas;
- Altas taxas de comunicação no Profibus-DP;
- Poderosas ferramentas de configuração/parametrização e gerenciamento de ativos;
- Tecnologia aberta e em contínua evolução.

Trata-se de um protocolo padronizado, totalmente aberto, onde sua organização de usuários mantém o desenvolvimento e manutenção da tecnologia, combinando os interesses de usuários e fabricantes. Este padrão é garantido segundo as normas EN 50170 e EN 50254. e foi firmemente estabelecido com a IEC 61158, desde janeiro de 2000.

O Profibus-PA é uma das variantes da tecnologia Profibus, dedicada à área de processos e amplamente utilizada em comunicação digital bidirecional, permitindo a implementação de sistemas de controle de processos tecnologicamente avançados.

Todos os produtos da *Vivace Process Instruments* com tecnologia Profibus-PA atendem às especificações da Organização Profibus e são interoperáveis com qualquer outro dispositivo Profibus da Vivace ou de outros fabricantes.

O Profibus-PA permite serviços cíclicos e acíclicos. Os serviços cíclicos são utilizados para a transmissão de dados pertinentes às medições e comandos de atuação com informações de valor/status. Os serviços acíclicos são utilizados pelas ferramentas de configuração, manutenção e diagnóstico, durante a operação.

## 1.1. ARQUITETURA DO SISTEMA DE CONTROLE DE PROCESSO

Na prática existem diversos fabricantes de sistemas de controle, assim como várias possibilidades de arquiteturas, mas basicamente deve-se atentar para:

- O número de estações *host* e estações de engenharia;
- O número de controladores;
- A hierarquia da comunicação;
- As atribuições dos dispositivos e equipamentos de campo aos seus respectivos controladores;
- O método de conexão dos equipamentos de campo;
- As condições envolvendo áreas à prova de explosão, segurança intrínseca, emissões eletromagnéticas, condições ambientais, distribuição de cabeamento, aterramento etc.

A Figura 1.1 mostra uma arquitetura típica, onde se tem o controlador Profibus, estações de engenharia, ferramentas de parametrização, acopladores e outros elementos da rede.

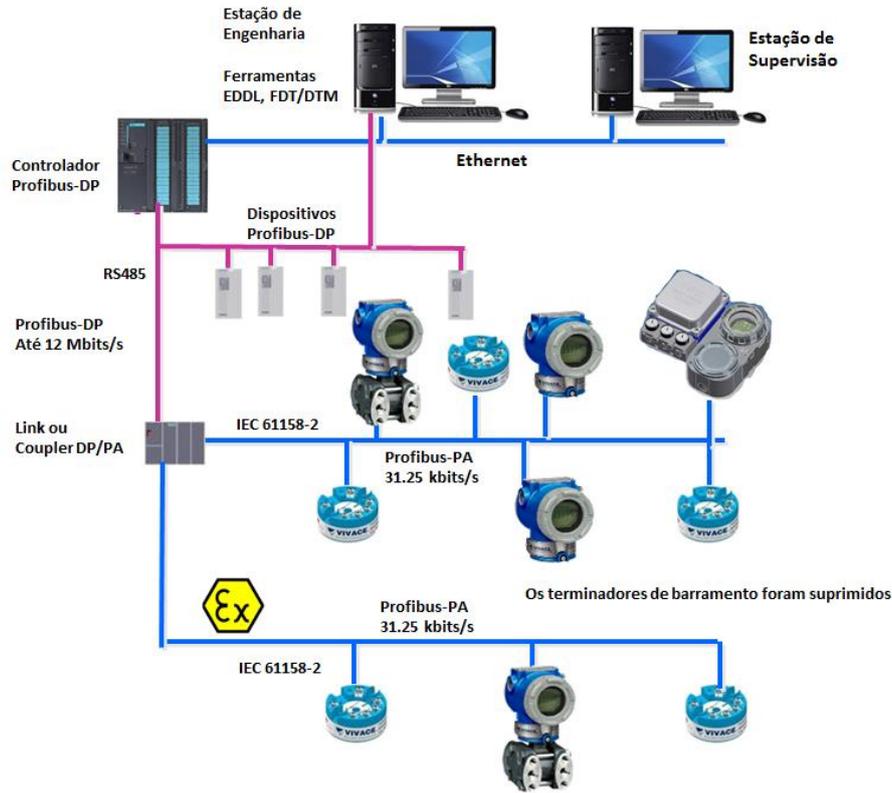


Figura 1.1 - Arquitetura típica Profibus.

Um sistema Profibus pode ser operado e monitorado independentemente de equipamentos e fabricantes se todas as funcionalidades e parametrizações, bem como as formas de acesso a estas informações, forem padrões. Estes padrões são determinados pelos *profiles* (perfis) do Profibus.

Os *profiles* especificam como os fabricantes devem implementar os objetos de comunicação, variáveis e parâmetros, segundo a classe de funcionamentos dos equipamentos. E ainda existe a classificação dos próprios parâmetros:

- Valores dinâmicos de processo: dizem respeito às variáveis de processo, cuja informação é descrita nos arquivos GSD (*Generic Station Description*), que serão lidas ciclicamente pelos mestres Classe 1 e também acíclicamente pelos mestres Classe 2.
- Mestre Classe 1: responsável pelas operações cíclicas (leituras/escritas) e controle das malhas abertas e fechadas do sistema.
- Mestre Classe 2: responsável pelos acessos acíclicos dos parâmetros e funções dos equipamentos PA (estações de engenharia, por exemplo P+F Pactware ou Siemens Simatic PDM).

Atualmente, o Profibus-PA está definido segundo o PROFILE 3, onde se tem informações para vários tipos de equipamentos, como transmissores e posicionadores de válvulas.

Estes equipamentos são implementados segundo o modelo de blocos funcionais (*Function Blocks*), onde um agrupamento de parâmetros garante acesso uniforme e sistemático das informações.

Vários blocos e funções são necessários, dependendo do modo e fase de operação. Basicamente, tem-se os seguintes blocos:

- Blocos Funcionais de Entradas e Saídas Analógicas: estes blocos descrevem funcionalidades durante a operação, tais como, trocas de dados cíclicos de entrada/saída, condições de alarmes e limites;
- Bloco Físico (*Physical Block*): traz informações de identificação do equipamento, assim como pertinentes ao hardware e ao software;
- Blocos Transdutores (*Transducer Blocks*): fazem o acondicionamento de informações dos sensores que serão utilizadas pelos blocos funcionais, assim como informações para disparo de atuações em elementos finais de controle, como por exemplo em um posicionador de válvulas. Normalmente um equipamento de entrada (um transmissor de pressão, por exemplo) possui um

bloco transdutor (TRD) que está amarrado via canal a um bloco de entrada analógica (AI), enquanto um equipamento de saída (um posicionador de válvulas, por exemplo) possui um bloco de saída analógica (AO) que recebe um valor de *setpoint* e o disponibiliza via canal a um bloco transdutor (TRD) que acionará o elemento final.

Existem alguns equipamentos que possuem vários blocos AIs e AOs. São chamados de equipamentos multicanais e possibilitam vários blocos TRDs associados ao hardware.

O Profibus-PA ainda diferencia os *profiles* em classes:

- Equipamento Classe A: inclui informações somente dos blocos físico e de funções. Nesse tipo de classe, o equipamento está limitado ao básico necessário para operação: variável do processo (valor e status), unidade e *tag*.
- Equipamento Classe B: possui funções estendidas de informações dos blocos físico, transdutor e de funções.

Uma característica poderosa suportada pelo PROFILE 3 é a definição de cada equipamento segundo os arquivos GSD. Estes arquivos garantem que qualquer sistema Profibus possa integrar o equipamento, independentemente de suas características. Com isto cada fabricante pode desenvolver suas particularidades em formas de blocos funcionais que vão além do que está definido no *profile*.

Isto agrega valor aos equipamentos e torna possível a competição de desenvolvimento e oferta de características adicionais nos equipamentos pelos fabricantes, sendo que as particularidades específicas de cada equipamento podem ser acessadas via conceitos padrões de interfaces, baseado em EDDL (Linguagem Eletrônica Descritiva de Equipamentos) ou FDT (Ferramenta de Equipamento de Campo).

Através destas interfaces, o usuário ganha versatilidade e flexibilidade de configuração, parametrização, calibração e principalmente mecanismos de *download* e *upload* durante a fase de planejamento/comissionamento dos projetos.

Em geral o Profibus melhora a eficiência e reduz os custos durante o ciclo de vida de uma planta.

Podemos citar como benefícios:

- Projetos mais simples, em tempos mais curtos;
- Instalações otimizadas;
- Comissionamentos mais rápidos;
- Alta exatidão;
- Maior confiabilidade;
- Fácil expansão;
- Gerenciamento de ativos.

## 2 MODELO DE BLOCOS FUNCIONAIS

Em engenharia de processo é comum utilizar blocos funcionais para descrever as características e funções de um ponto de medida ou ponto de manipulação num certo ponto de controle ou para representar uma aplicação de automação através da combinação destes tipos de blocos.

A especificação de dispositivos Profibus-PA utiliza este modelo de blocos de função para representar sequências funcionais, como mostrado na Figura 2.1.

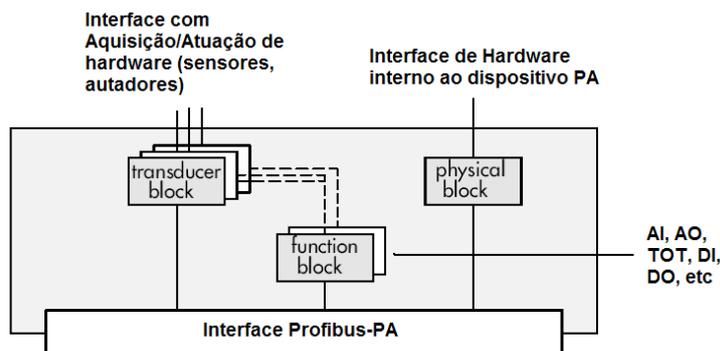


Figura 2.1 - Modelo de blocos funcionais em um dispositivo Profibus-PA.

Os seguintes três tipos de blocos são utilizados:

- Bloco Físico (*Physical Block – PB*)  
O bloco físico contém os dados característicos de um dispositivo, como o modelo do dispositivo, fabricante, versão, número de série etc. Há somente um bloco físico em cada dispositivo.
- Bloco Transdutor (*Transducer Block – TB*)  
O bloco transdutor contém todos os dados requeridos para processar um sinal não condicionado, obtido de um sensor, para passar ao bloco de função. Se este processamento não for necessário, o bloco transdutor pode ser omitido.  
Dispositivos multifuncionais com dois ou mais sensores têm o correspondente número de blocos transdutores.
- Bloco de Função (*Function Block – FB*)  
O bloco de função contém todos os dados para processamento final do valor PA medido antes da transmissão para o sistema de controle ou, por outro lado, para processamento de uma etapa antes do cenário do processo.

Os seguintes blocos de funções estão disponíveis:

- Bloco de Entrada Analógica (*Analog Input Block – AI*)  
O bloco de entrada analógica fornece o valor medido do sensor e bloco transdutor para o sistema de controle.
- Bloco de Saída Analógica (*Analog Output Block – AO*)  
O bloco de saída analógica fornece ao dispositivo o valor especificado pelo sistema de controle.
- Bloco de Totalização (*Totalizer Block – TOT*)  
O bloco de totalização fornece ao dispositivo o valor totalizado especificado pelo sistema de controle.
- Bloco de Entrada Digital (*Digital Input Block – DI*)  
O bloco de entrada digital fornece ao sistema de controle um valor digital do dispositivo.
- Bloco de Saída Digital (*Digital Output Block – DO*)  
O bloco de saída digital fornece ao dispositivo um valor especificado pelo sistema de controle.

Os blocos são implementados pelos fabricantes como soluções de *software* nos dispositivos de campo e, levando como o conjunto, representam a funcionalidade do dispositivo. Como uma regra, vários blocos podem trabalhar em conjunto em uma aplicação. Veja a Figura 2.2.

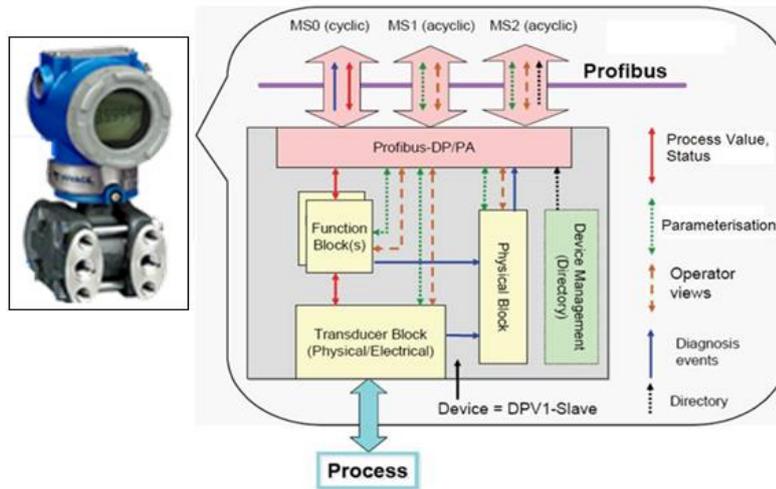


Figura 2.2 - Modelo completo de blocos em um dispositivo Profibus-PA.

## 2.1. PHYSICAL BLOCK (PB)

O bloco físico contém os dados característicos de um dispositivo, como o modelo do dispositivo, fabricante, versão, número de série etc. Há somente um bloco físico em cada dispositivo.

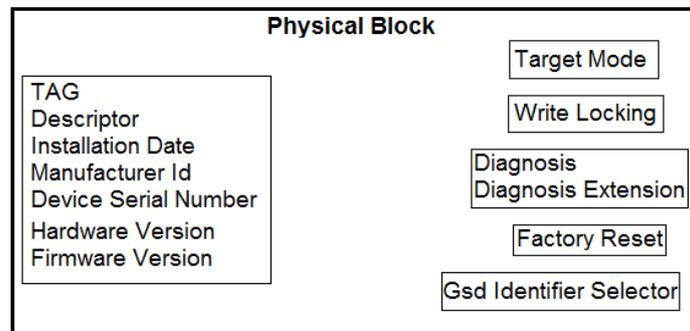


Figura 2.3 - Bloco físico.

As seguintes informações/funções são fornecidas pelo *Physical Block*:

- *Tag*;
- Diagnósticos;
- Gerenciamento de proteção de escrita (*Write Locking*);
- *Factory Reset (Warm/Cold reset)*;
- Seleção do *GSD Id Number* (de acordo com o GSD do equipamento).

BLOCO FÍSICO – Slot (0)						
Parâmetro	Índice Relativo	Descrição	Tipo de dado	Armazenamento em memória e acesso R/W	Faixa de valores	Padrão (Default)
ST_REV	1	Este parâmetro será incrementado sempre que houver mudança em parâmetros estáticos (S) do bloco.	Unsigned16	S/RO		0
TAG_DESC	2	Tag do bloco. Este parâmetro deve ser único na configuração.	Oct-String(32)	S/RW		Espaços
STRATEGY	3	É um valor fornecido pelo usuário para identificar uma configuração.	Unsigned16	S/RW		0
ALERT_KEY	4	Estado atual de alarmes.	Unsigned8	S/RW	1 a 255	0
TARGET_MODE	5	Contém o modo desejado para o bloco.	Unsigned8	S/RW	AUTO	AUTO
MODE_BLK	6	Modo corrente do bloco.	DS-37	D/RO		
ALARM_SUM	7	Contém os estados presentes dos alarmes de bloco.	DS-42	D/RO		0,0,0,0
SOFTWARE_REVISION	8	Número da revisão de <i>software</i> do equipamento de campo.	Visible-String(16)	S/RO		Configurado pela Vivace
HARDWARE_REVISION	9	Número da revisão do hardware do equipamento de campo.	Visible-String(16)	S/RO		Configurado pela Vivace
DEVICE_MAN_ID	10	Número de identificação do fabricante.	Unsigned16	S/RO	Vivace	Vivace
DEVICE_ID	11	Número do modelo do fabricante associado ao equipamento.	Visible-String(16)	S/RO		Configurado pela Vivace
DEV_SER_NUM	12	Número de série do equipamento de campo.	Visible-String(16)	S/RO		Configurado pela Vivace
DIAGNOSIS	13	<i>Bitstring</i> indicando o diagnóstico do equipamento.	Octet-String(4)	D/RO		
DIAGNOSIS_EXTENSION	14	Não usado.	Octet-String(6)	D/RO		
DIAGNOSIS_MASK	15	<i>Bitstring</i> indicando os tipos de diagnósticos suportados pelo equipamento de campo.	Octet-String(4)	D/RO		
DIAGNOSIS_MASK_EXTENSION	16	Não usado.	Octet-String(6)	D/RO		
DEVICE_CERTIFICATION	17	Certificações do equipamento de campo.	Visible-String(32)	S/RO		
WRITE_LOCKING	18	Se bloqueado, nenhuma mudança é permitida, exceto para se alterar o WRITE_LOCKING. Entradas cíclicas no bloco serão atualizadas continuamente.	Unsigned16	S/RW	0: Escrita Bloqueada 2457: Escrita Desbloqueada	2457
FACTORY_RESET	19	Permite que o equipamento reinicie pelo comando do usuário. Vários níveis de reinicializações são possíveis.	Unsigned16	S/RW	1: Reinicia com padrão (default) 2506: Reinicia o processador 2712: Recupera o endereço padrão (126) para o equipamento.	0
DESCRIPTOR	20	É uma descrição fornecida pelo usuário para o bloco na aplicação.	Octet-String(32)	S/RW		Espaços

DEVICE_MESSAGE	21	Mensagem do bloco fornecida pelo usuário na aplicação.	Octet-String(32)	S/RW		Espaços
DEVICE_INSTALL_DATE	22	Data da instalação do equipamento.	Octet-String(16)	S/RW		Espaços
LOCAL_OP_ENA	23	Não usado.	Unsigned8	N/RW		1
IDENT_NUMBER_SELECTOR	24	Permite que o usuário selecione o <i>Identifier Number</i> do equipamento.	Unsigned8	S/RW	0: Profile specific Ident_Num 1: Manufacturer specific Ident_Num 2: Manufacturer specific Ident_Num of V2.0 3: Ident_Num of Multi_Variable device	
HW_WRITE_PROTECTION	25	Não usado.	Unsigned8	D/RO		

Legenda: E – Parâmetro Enumerado; NA – Parâmetro Adimensional; RW - Escrita/Leitura; RO – Somente leitura; D – Dinâmico; N – Não-volátil; S – Estático

Tabela 2.1 - Bloco físico.

A seguir, tem-se um detalhamento dos parâmetros mais utilizados. Para mais detalhes e outros parâmetros, consulte a documentação da Organização Profibus International.

## PARÂMETRO FACTORY\_RESET

Em algumas aplicações é interessante que o usuário possa reinicializar o equipamento Profibus-PA através de sua estação de trabalho. O padrão Profibus permite algumas formas de comandos de inicialização do equipamento através do parâmetro FACTORY\_RESET do *Physical Block*:

FACTORY_RESET		
Opção	Tipo de Ação	Descrição
1	<i>Restart with defaults</i> (Reinicia com os padrões).	Reinicia o equipamento com os valores padrões ( <i>default</i> ). Funciona como uma inicialização de fábrica.
2506	<i>Restart processor</i> (Reinicia o processador).	Reinicia o equipamento com os valores mais recentes em sua memória.
2712	<i>Restart bus address</i> (Reinicia com o endereço 126).	Inicia o equipamento com o endereço 126.

Tabela 2.2 – Parâmetros do FACTORY\_RESET.

## PARÂMETRO DE ESCRITA

Um equipamento Profibus-PA pode ser acessado pelo usuário via estação de trabalho, localmente através de uma interface de ajuste local ou ainda por um mestre Profibus Classe 1. Para evitar acessos não autorizados, pode-se proteger o equipamento através do parâmetro *WRITE\_LOCKING*, bloqueando a escrita acíclica.

Se o parâmetro *WRITE\_LOCKING* estiver bloqueado (“*Locked*”), impedirá qualquer comando de escrita no equipamento. Os acessos cíclicos, assim como os cálculos feitos pelo equipamento continuarão normalmente, mas a escrita acíclica será bloqueada. Quando em “*Write Unlocked*”, a escrita acíclica (para configuração/parametrização) será novamente permitida.

## SELEÇÃO DO NÚMERO IDENTIFICADOR (GSD IDENTIFIER NUMBER)

O parâmetro *IDENT\_NUMBER\_SELECTOR* permite ao usuário selecionar um número válido e diferente do identificador.

A comunicação cíclica com o mestre Profibus Classe 1 utiliza-se do *Ident Number* para ter uma relação única entre mestre e escravo, associada ao arquivo GSD.

Se o perfil do equipamento é mudado de acordo com o *Ident Number*, o equipamento interagirá com as características do perfil associado ao arquivo GSD.

Após uma alteração do *Ident Number*, o equipamento deve ser reinicializado para que possa ter sua comunicação cíclica de acordo com o novo valor de *Ident Number*.

IDENT_NUMBER_SELECTOR	Permite a seleção do <i>Identifier Number</i> do equipamento.	<i>0: Profile specific Ident_Num</i> <i>1: Manufacturer specific Ident_Num</i> <i>2: Manufacturer specific Ident_Num of V2.0</i> <i>3: Ident Num of Multi Variable device</i>
-----------------------	---	--

Tabela 2.3 – IDENT\_NUMBER\_SELECTOR.

Ao energizar os equipamentos da *Vivace Process Instruments*, dentre as mensagens de inicialização, serão exibidas no LCD:

- IDSEL MANUF: indica que o *Ident Num* está de acordo com o arquivo GSD do equipamento Vivace;
- IDSEL PROFI: indica que o *Ident Num* está de acordo com o arquivo GSD padrão.

Quando em IDSEL PROFI, caso o arquivo GSD utilizado seja do equipamento Vivace, haverá comunicação acíclica com ferramentas de configuração (por exemplo, *PDM* ou *Pactware*) e não haverá comunicação cíclica com o mestre Profibus Classe 1 (PLC).

## DIAGNÓSTICOS

A tecnologia Profibus prevê alguns mecanismos de diagnósticos durante a comunicação cíclica.

O *Physical Block* possui o parâmetro DIAGNOSIS que tem a informação sobre os “alertas” no equipamento (por exemplo, *device not initialized, power up, factory init, hardware failure* etc.). O parâmetro DIAGNOSIS\_MASK tem o diagnóstico suportado pelo equipamento.

### DIAGNÓSTICO EM EQUIPAMENTOS DE SAÍDA

No bloco AO existe um parâmetro especial de saída com a finalidade de diagnóstico para elementos de saída, como atuadores ou posicionadores de válvulas.

O parâmetro CHECKBACK é um parâmetro do tipo *bitstring* (somente leitura) que possui o resumo das informações principais entre o bloco funcional AO e o bloco transdutor. O CHECKBACK pode ainda ser utilizado para configuração cíclica, o que será visto posteriormente.

**DIAGNÓSTICOS (BLOCO FÍSICO)**

<b>Bit</b>	<b>Mnemônico</b>	<b>Descrição</b>
0	DIA_HW_ELECTR	Falha de hardware: componentes eletrônicos.
1	DIA_HW_MECH	Falha de hardware: componentes mecânicos.
2	DIA_TEMP_MOTOR	Temperatura do motor muito alta.
3	DIA_TEMP_ELECTR	Temperatura eletrônica muito alta.
4	DIA_MEM_CHKSUM	Erro de memória.
5	DIA_MEASUREMENT	Falha na medição.
6	DIA_NOT_INIT	Equipamento não inicializado.
7	DIA_INIT_ERR	Erro de inicialização
10	DIA_ZERO_ERR	Erro de zero.
11	DIA_SUPPLY	Falha da fonte de alimentação.
12	DIA_CONF_INVALID	Configuração inválida.
13	DIA_WARM_START	Reinicialização em andamento (alimentado). Este bit vai para "verdadeiro" quando alimentado e será automaticamente reiniciado após 10 segundos.
14	DIA_COLD_START	Nova inicialização em andamento (Inic. de fábrica). Este bit vai para "verdadeiro" quando a inicialização de fábrica ocorre e será automaticamente reiniciado após 10 segundos.
15	DIA_MAINTAINANCE	Manutenção requerida.
16	DIA_CHARACT	Caracterização inválida.
17	IDENT_NUMBER_VIOLATION	Vai para 1 durante a troca de dados cíclicos se o valor do <i>Ident Number</i> do equipamento (de acordo com o parâmetro IDENT_NUMBER_SELECTOR) e o arquivo GSD forem diferentes.
37	EXTENSION_AVAILABLE	Mais informações de diagnóstico estão disponíveis, de acordo com o parâmetro DIAGNOSIS_EXT.

Tabela 2.4 – Bits de diagnóstico.

**CHECK\_BACK (BLOCO DE SAÍDA ANALÓGICA-AO)**

Bit	Mnemônico	Descrição
0	CB_FAIL_SAFE	Equipamento de campo com <i>Fail Safe</i> (falha segura) ativa.
1	CB_REQ_LOC_OP	Requisita operação local.
2	CB_LOCAL_OP	Equipamento de campo em operação local, LOCKED OUT em funcionamento.
3	CB_OVERRIDE	Emergência <i>override</i> ativa.
4	CB_DISC_DIR	Posição de realimentação diferente da esperada.
5	CB_TORQUE_D_OP	Limite de torque na direção OPEN excedido.
6	CB_TORQUE_D_CL	Limite de torque na direção CLOSE excedido.
7	CB_TRAV_TIME	Indica que o tempo de curso do atuador foi excedido.
8	CB_ACT_OPEN	Atuador move-se na direção de abertura.
9	CB_ACT_CLOSE	Atuador move-se na direção de fechamento.
10	CB_UPDATE_EVT	Alerta gerado por mudança em parâmetros estáticos.
11	CB_SIMULATE	Simulação de valores de processo habilitada.
13	CB_CONTR_ERR	Malha de controle interno interrompida.
14	CB_CONTR_INACT	Posicionador inativo (OUT status = BAD).
15	CB_SELFTEST	Equipamento em auto-teste.
16	CB_TOT_VALVE_TRAV	Indica que o limite total de curso da válvula foi excedido.
17	CB_ADD_INPUT	Indica que uma entrada adicional (por exemplo, para diagnóstico) está ativa.

Tabela 2.5 – Bits do parâmetro CHECK\_BACK.

**DIAGNÓSTICOS CÍCLICOS**

Os diagnósticos podem ser verificados ciclicamente ou aciclicamente, através de leituras via mestre Profibus-DP classe 1 e classe 2, respectivamente.

Os equipamentos de campo Profibus-PA disponibilizam 04 bytes padrões via *Physical Block*. Quando o bit mais significativo do 4º byte for “1”, o diagnóstico será estendido em mais 6 bytes. Estes bits de diagnósticos estarão descritos no arquivo GSD.

Unit\_Diag\_bit está descrito no arquivo GSD do equipamento Profibus-PA.

DIAGNÓSTICOS																
Comprimento do byte de status	Tipo de status	Slot do Physical Block	Status Appears / Disappears	Physical Block												
				Diag. Padrão						Diag. Estendido (de acordo com o fabricante)						
08 – Diag Padrão FE – Diag. Estendido	FE	01	01-Appears 02-Disappear	4 bytes Quando o bit 55 (MSB do 4º.byte) for “1” o equipamento tem diag. estendido						6 bytes						
Bytes de Diagnóstico																
Byte 1								Byte 2								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Unit_Diag_Bit	31	30	29	28	27	26	25	24	39	38	37	36	35	34	33	32
Byte 3								Byte 4								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Unit_Diag_Bit	47	46	45	44	43	42	41	40	55	54	53	52	51	50	49	48

Bit 55: Quando em “1” indica que há diag. estendido.

Tabela 2.6 – Diagnósticos cíclicos.

## 2.2. ANALOG INPUT BLOCK (AI)

O bloco AI recebe um valor analógico do processo através do bloco transdutor (TRD) em seu canal e o processa de acordo com sua configuração, disponibilizando-o ao mestre Profibus Classe 1. Possui modo de operação, escala, filtro, limites, simulação e tratamento de erros.

O bloco AI suporta os seguintes modos:

- OOS (*Out of Service* – fora de serviço): neste modo, a saída não é atualizada pelo algoritmo do bloco;
- Man (Manual): neste modo, o operador pode escrever valores na saída do bloco;
- Auto (Automático): neste modo, a saída do bloco é resultado do processamento do bloco.

O bloco AI permite ainda que o usuário simule um valor de processo, através do parâmetro SIMULATE. Este parâmetro é usado para facilitar testes, por exemplo, quando se está fazendo o *startup* de malhas de controle

A estrutura SIMULATE é composta pelos seguintes atributos:

- Simulate Value and Status
- Simulate Enable

Quando ativo, o valor do bloco transdutor e o status serão sobrepostos pelo status e valor simulados. Quando desabilitado, o valor de processo será disponibilizado pelo bloco transdutor ao bloco AI.

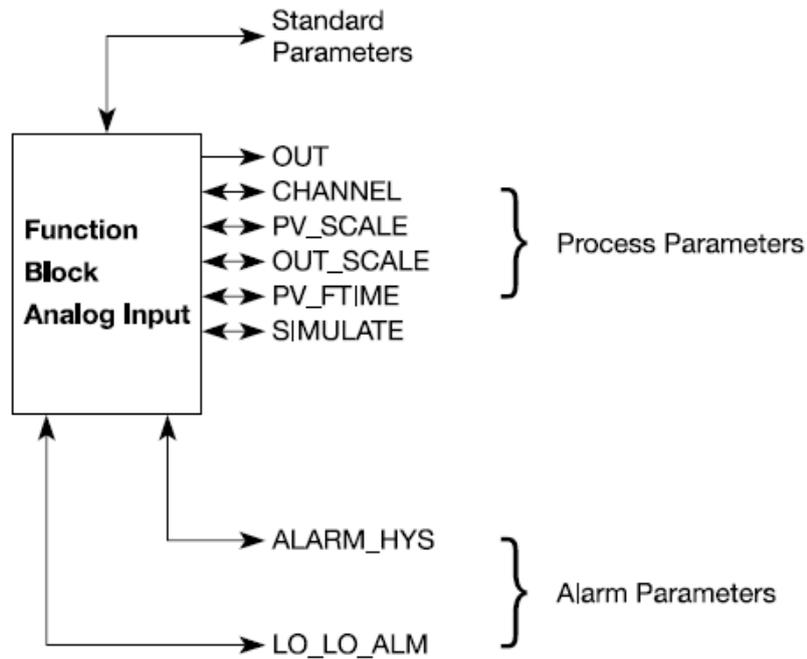


Figura 2.4 – Resumo dos parâmetros do Bloco AI.

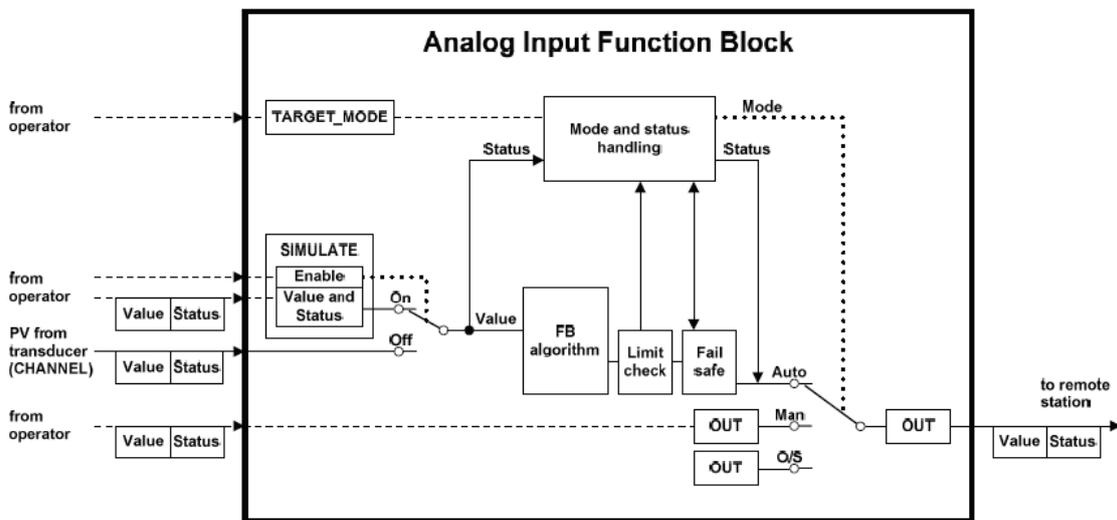


Figura 2.5 – Bloco AI.

O bloco AI realiza uma conversão de escala do parâmetro TRD\_PRIMARY\_VALUE, utilizando os parâmetros PV\_SCALE e OUT\_SCALE, sendo que a unidade de engenharia em OUT\_SCALE é utilizada apenas para indicação.

Pode-se ainda aplicar um filtro ao valor de processo, de acordo com o parâmetro de constante de tempo PV\_FTIME. Considerando as mudanças na entrada, este é o tempo em segundos para que a PV atinja 63,2% do valor final. Se o valor PV\_FTIME for zero, o filtro é desabilitado.

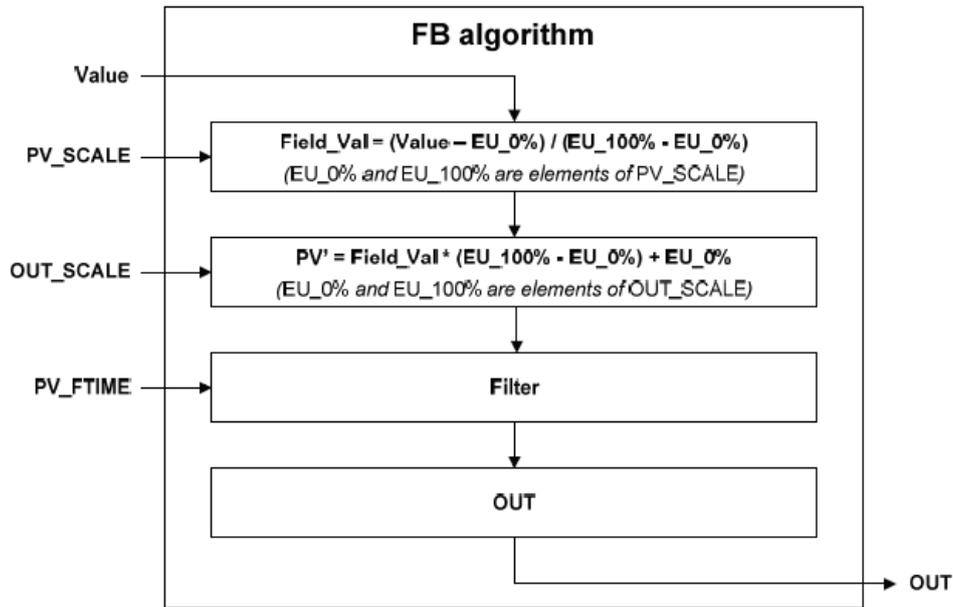


Figura 2.6 – Algoritmo Bloco AI.

### LIMITES E ALERTAS

O bloco AI suporta em seu algoritmo a verificação de limites de alarmes e alertas. O usuário pode configurar os limites de alarmes e alertas através dos parâmetros HI\_HI\_LIM, LO\_LO\_LIM e HI\_LIM, LO\_LIM, indicando os limites superior extremo, inferior extremo, superior normal e inferior normal, respectivamente.

Um alerta ou um alarme altera a condição do status do parâmetro AI\_OUT. O parâmetro ALARM\_HYS indica a histerese da variação do parâmetro e deve ser configurado evitando falsos alertas e alarmes. Um alerta ou um alarme também altera a condição do parâmetro ALARM\_SUM.

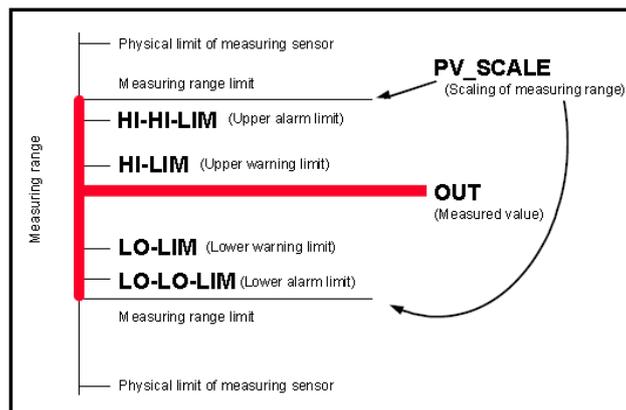


Figura 2.7 – Limites de alarmes e alertas.

### TRATAMENTO DE ERROS – FALHA SEGURA

Se um erro acontecer no processo de medição, aquisição do valor do bloco transdutor (TRD) ou perda de comunicação cíclica com o mestre Profibus Classe 1, o mesmo se propagará através do status da variável de interligação do canal com o bloco AI.

Nesta condição, o usuário pode configurar o tipo de tratamento que deve acontecer com a saída do bloco, através do parâmetro FSAFE\_TYPE. A saída irá para a condição de falha segura configurada se a situação de anormalidade permanecer por

um período de tempo maior que o configurado no parâmetro `FSAFE_TIME`. Após a normalização da condição, o bloco AI retornará à operação normal.

## CONDIÇÕES QUE ATIVAM A FALHA SEGURA

Quando os blocos funcionais de entrada ou saída detectam uma condição de anormalidade, entram no modo de falha segura (`FAIL_SAFE`), caso assim estiver configurado. Estas situações de anormalidade são detectadas através de diferentes formas, dependendo do tipo dos blocos funcionais (entrada ou saída).

Os blocos funcionais de entrada recebem (via canal) os valores e status dos blocos transdutores. Caso recebam uma condição de status “*bad*” (ruim), por exemplo, numa falha de leitura de um sensor, a condição de `FAIL_SAFE` do bloco é ativada, se estiver configurada.

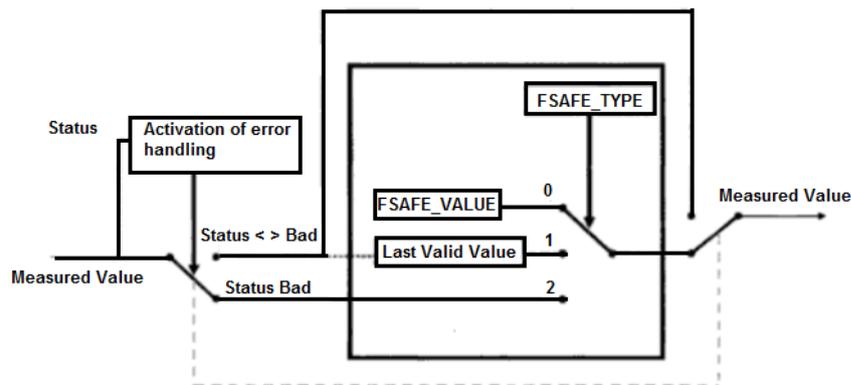


Figura 2.8 – Tratamento do *Fail Safe* no Bloco AI.

Os blocos funcionais de saída recebem os valores de entrada do mestre Profibus Classe 1 via comunicação cíclica e a ação de `FAIL_SAFE` é ativada quando uma das seguintes condições é detectada:

- Perda de comunicação na entrada `RCAS_IN` por um tempo superior ao especificado no parâmetro `FSAFE_TIME`;
- Perda de comunicação na entrada `SP` por um tempo superior ao especificado no parâmetro `FSAFE_TIME`;
- Quando em modo `RCas`, receber o parâmetro `RCAS_IN` com `statusIFS` (*initiate fail-safe*);
- Quando em modo `Auto`, receber o parâmetro `SP` com `statusIFS` (*initiate fail-safe*).

## AÇÕES DE FALHA SEGURA

Quando na condição de falha segura, as ações possíveis a um bloco de entrada ou saída podem ser selecionadas pelo usuário através do parâmetro `FSAFE_TYPE` nos blocos AI e AO ou usando o parâmetro de `FAIL_TOT` no bloco TOT.

No parâmetro `FSAFE_TYPE` as seguintes opções estão disponíveis:

- `FSAFE_VALUE` – Neste caso, os blocos AI e AO usam o valor de segurança configurado pelo usuário no parâmetro `FSAFE_VALUE` como valor no parâmetro `OUT`, quando o *Fail Safe* estiver ativo. O status da saída vai para “*Uncertain, substitute value*”;
- *Last Usable Value* – Neste caso, os blocos AI e AO usam o último valor com status *good* (bom) para o cálculo de suas saídas. O status será “*Uncertain Last Usable Value*”. Se ao ocorrer a falha ainda não houver um valor adequado, usará o Valor Inicial na saída. O status será “*Uncertain Initial Value*”;
- *Wrong Value* (apenas para o bloco AI) – O bloco AI usa o próprio status e valor vindos do bloco transdutor (TRD);

- ACTUATOR\_ACTION (apenas para bloco AO) – O bloco AO entra na condição de segurança baseado no parâmetro ACTUATOR\_ACTION do bloco transdutor.

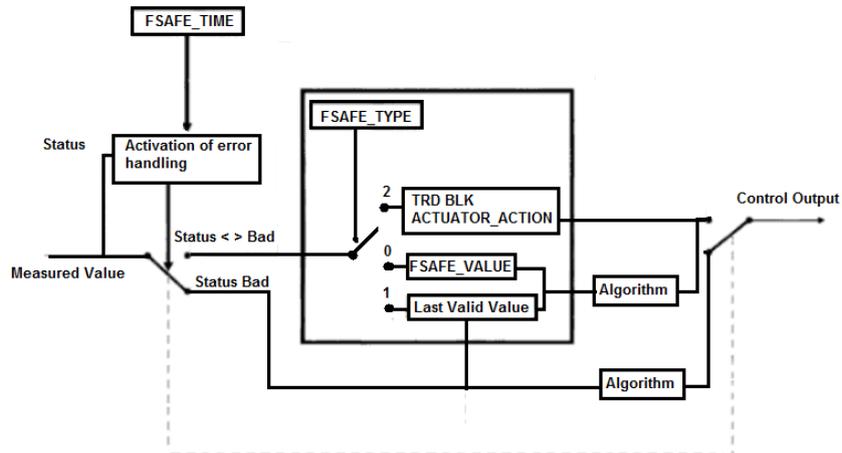


Figura 2.9 – Tratamento do Fail Safe no Bloco AO.

Para o Bloco TOT (Totalizador) tem-se o parâmetro FAIL\_TOT e as seguintes opções:

- *Hold* - Para a totalização no último valor. O status da saída vai para “*Uncertain non-specific*”;
- *Memory* - Usa o último valor válido para a totalização. O status será “*Uncertain Last Usable Value*”. Se não houver um status válido na memória, deve ser usado o valor inicial para a totalização. O status será “*Uncertain, Initial Value*”;
- *Run* - A totalização é continuada (reiniciada). O valor e o status incorretos são usados para a saída.

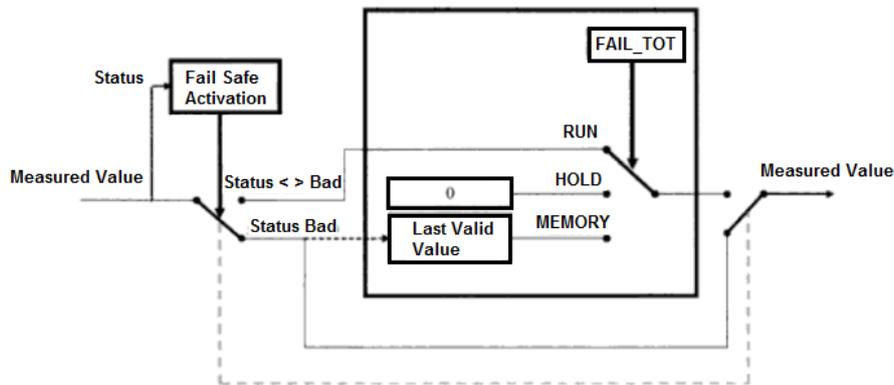


Figura 2.10 – Tratamento do Fail Safe no Bloco TOT.

<b>BLOCO DE ENTRADA ANALÓGICA – AI</b> <b>(Equipamentos com somente 1 AI: slot 1, se 2 AIs: Slot 1 e 2, se 3 AIs: slot 1, 2 e 3)</b>						
Parâmetro	Índice Relativo	Descrição	Tipo de dado	Armazenamento o em memória e acesso R/W	Faixa de valores	Padrão (Default)
ST_REV	1	Este parâmetro será sempre incrementado quando ocorrer mudanças em parâmetros estáticos do bloco.	Un-signed16	S/RO		0
TAG_DESC	2	TAG do bloco. Este parâmetro deve ser único na configuração.	Oct-String(32)	S/RW		Espaços
STRATEGY	3	É um valor fornecido pelo usuário para identificar uma configuração.	Un-signed16	S/RW		0
ALERT_KEY	4	Estado atual de alarmes.	Un-signed8	S/RW	1 a 255	0
TARGET_MODE	5	Contém o modo de operação desejado para o bloco.	Un-signed8	S/RW	O/S, MAN e AUTO	AUTO
MODE_BLK	6	Modo de operação corrente do bloco.	DS-37	D/RO		
ALARM_SUM	7	Contém os estados presentes dos alarmes de bloco.	DS-42	D/ RO		0,0,0,0
BATCH	8	Para uso em sistema distribuído. Utilizado para identificar canais usados e disponíveis. Não há algoritmo relacionado.	DS-67	S/RW		0,0,0,0
OUT	10	Valor analógico calculado como o resultado da execução do algoritmo do bloco funcional.	DS-33	D / Man	OUT_SCALE	
PV_SCALE	11	Os valores de escala Eu100% e Eu0% para o bloco transdutor de acordo com o canal especificado.	2 Floats	S/RW		100,0
OUT_SCALE	12	Os valores de escala Eu100% e Eu0% para o parâmetro OUT.	DS-36	S/RW		100,0 e 0.0 %
LIN_TYPE	13	Não usado.	Un-signed8	S/RW		0
CHANNEL	14	O número do canal lógico de hardware para o bloco transdutor que será conectado a este bloco funcional.	Un-signed16	S/RW		0
PV_FTIME	16	Constante de tempo de um filtro exponencial para a PV, em segundos.	Float	S/RW	Somente valores positivos.	0
FSAFE_TYPE	17	Define o tipo de ação do equipamento na condição de Fail Safe.	Un-signed8	S/RW	0:Use FSAFE_VALUE 1:Use Last Usable Value 2:Use Wrong Value	1
FSAFE_VALUE	18	Valor de segurança para a saída quando está ativo o Fail Safe.	Float	S/RW	OUT_SCALE	0
ALARM_HYS	19	Parâmetro de histerese de alarme. Para sair da condição de alarme, o valor da PV deve retornar dentro dos limites do alarme mais a histerese.	Float	S/RW	0 a 50 %	0.5%
HI_HI_LIM	21	O ajuste para o alarme superior em unidades de Engenharia.	Float	S/RW	OUT_SCALE, +INF	INF
HI_LIM	23	O ajuste para o alarme superior em unidades de Engenharia.	Float	S/RW	OUT_SCALE, +INF	INF
LO_LIM	25	O ajuste para o alarme inferior em unidades de Engenharia.	Float	S/RW	OUT_SCALE, -INF	INF

LO_LO_LIM	27	O ajuste para o alarme inferior em unidades de Engenharia.	Float	S/RW	OUT_SCALE, -INF	INF
HI_HI_ALM	30	O estado do alarme superior extremo.	DS-39	D/RW		
HI_ALM	31	O estado do alarme superior.	DS-39	D/RW		
LO_ALM	32	O estado do alarme inferior.	DS-39	D/RW		
LO_LO_ALM	33	O estado do alarme inferior extremo.	DS-39	D/RW		
SIMULATE	34	Permite que o valor do transdutor seja fornecido manualmente pelo usuário quando habilitado o modo simulação.	DS-50	S/RW	0: Disable; ≠0: Enable.	Disable
OUT_UNIT_TEXT	35	É usado quando a unidade desejada pelo usuário não está na lista de códigos de unidades. O usuário pode fornecer uma unidade em texto, a chamada unidade de usuário	Oct-String(16)	S/RW		
Legenda: E – Parâmetro Enumerado; NA – Parâmetro Adimensional; RW - Escrita/Leitura; RO – Somente leitura; D – dinâmico; N – Não-volátil; S – Estático; INF – Infinito						

Tabela 2.7 – Parâmetros do Bloco AI.

## 2.3. ANALOG OUTPUT BLOCK – AO

O Bloco AO pode receber um valor de *setpoint* via comunicação cíclica ou mesmo via usuário quando seu modo de operação for automático (Auto). Neste caso, recebe valor e status através do parâmetro SP. Nesta condição é importante ressaltar que o status deve ser maior ou igual a *good* (0x80).

Quando seu modo de operação estiver em cascata (RCas), o valor e status do *setpoint* será fornecido no parâmetro RCAS\_IN pelo mestre Profibus Classe 1, através da comunicação cíclica. Nesta condição, o status deve ser igual a *IA-Initialization Acknowledge* (0xC4).

Este valor de *setpoint* é processado de acordo com o algoritmo do bloco e disponibilizado ao bloco transdutor (TRD) que atuará no elemento final de controle, como por exemplo, em um posicionador de válvula.

O valor de entrada deve estar de acordo com a escala de entrada, configurada no parâmetro PV\_SCALE.

A saída do bloco AO é fornecida ao bloco TRD de acordo com a escala de saída, configurada no parâmetro OUT\_SCALE.

### AUMENTAR PARA FECHAR (INCREASE TO CLOSE)

O parâmetro INCREASE\_CLOSE permite que a saída seja invertida em relação ao *span* de entrada. Define o movimento do atuador em relação ao *setpoint*.

- 0: crescente (aumento do *setpoint* leva à abertura da válvula);
- 1: decrescente (aumento do *setpoint* leva ao fechamento da válvula).

## SIMULAÇÃO

O bloco AO permite ainda que o usuário simule um valor, através do parâmetro SIMULATE. Este parâmetro é usado para facilitar testes, por exemplo, quando se está fazendo o *startup* de malhas de controle. Quando habilitado, os valores do bloco transdutor e status serão sobrepostos pelo valor e status simulados pelo usuário. Veja a seguir o parâmetro READBACK.

A estrutura SIMULATE é composta pelos seguintes atributos:

- Simulate Value and Status
- Simulate Enable

## READBACK

O valor de *readback* do bloco TRD é composto por dois parâmetros: *READBACK* e *POS\_D*. *READBACK* é o retorno analógico do transdutor, por exemplo a posição da válvula. *POS\_D* é um status discreto: aberto, fechado ou posição intermediária.

Se houver a condição de retorno via hardware, então tem-se a condição de *readback*, como a posição da válvula, e nesta condição o valor será lido pelo bloco transdutor. Se não houver tal condição de retorno, o valor/estado do bloco TRD é gerado usando-se o parâmetro *AO\_OUT*.

Quando a simulação estiver habilitada, valor e status de *readback* serão fornecidos de acordo com o parâmetro *SIMULATE*. Caso contrário, serão aqueles fornecidos pelo bloco transdutor.

O Bloco AO suporta os seguintes modos:

- OOS (*Out of Service* – fora de serviço): neste modo, a saída não é atualizada pelo algoritmo do bloco.
- Man (Manual): neste modo, o usuário pode escrever valores na saída do bloco.
- Auto (Automático): neste caso, a saída do bloco é atualizada pelo algoritmo do bloco. Neste modo, tanto o controlador quanto o usuário podem escrever no SP.
- RCas(Cascata): neste caso o *setpoint* é calculado pelo controlador e enviado via comunicação cíclica ao parâmetro *RCAS\_IN*. Uma transição do modo para RCas requer a execução de uma máquina de estado para que o bloco AO possa rodar adequadamente. Se RCas é o *AO\_TARGET\_MODE*, então através do parâmetro *RCAS\_OUT*, o bloco setará um status igual a *Good (C) Initialization Request* e o controlador enviará o status do *RCAS\_IN* igual a *Good (C) Initialization Acknowledge*, possibilitando que o parâmetro *AO\_MODE\_BLK* mude para RCas.
- LO (*Local Override*): Quando o bloco está em LO, a saída segue o valor estabelecido pelo usuário localmente (através de atuações locais, ajuste local). O usuário não pode alterar as saídas do *host* remoto.

## TRATAMENTO DE ERROS – FALHA SEGURA

O bloco AO possui o mesmo tratamento de falha detalhado anteriormente para o bloco AI (veja no item anterior).

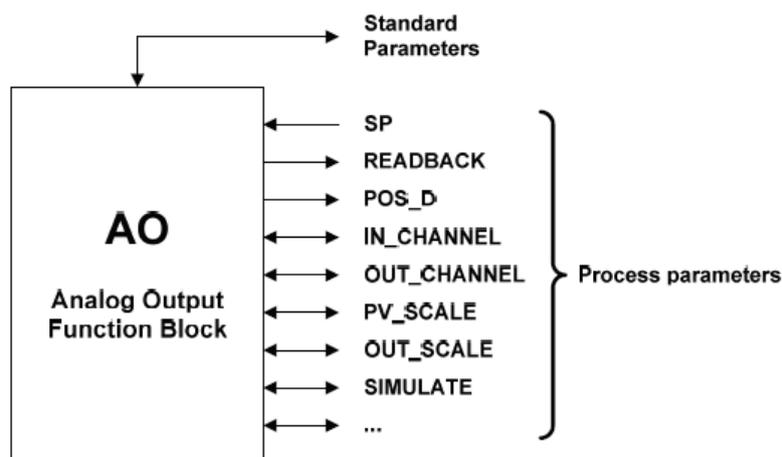


Figura 2.11 – Resumo dos parâmetros do Bloco AO.

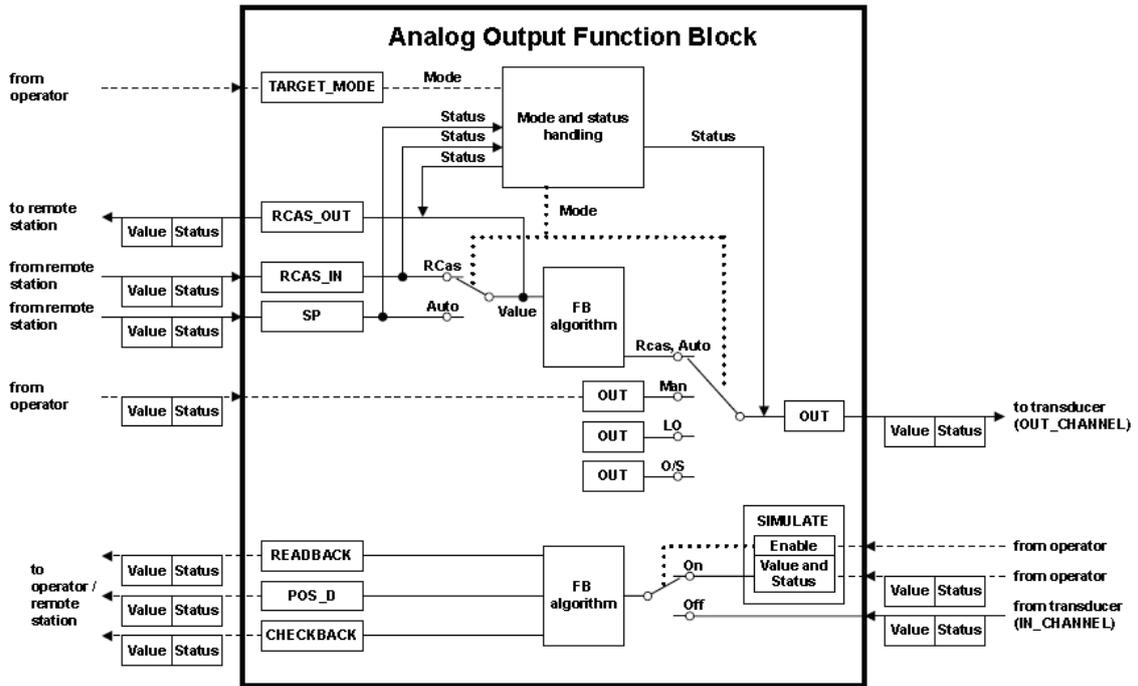


Figura 2.12 – Bloco AO.

BLOCO DE SAÍDA ANALÓGICA – AO						
(Equipamentos com somente 1 AO: slot 1, se 2 AOs: Slot 1 e 2, se 3 AOs: slot, 1, 2 e 3)						
Parâmetro	Índice Relativo	Descrição	Tipo de dado	Armazenamento em memória e acesso R/W	Faixa de valores	Padrão (Default)
ST_REV	1	Este parâmetro será sempre incrementado quando ocorrer mudanças em parâmetros estáticos do bloco.	Un-signed16	S/RO		0
TAG_DESC	2	Tag do bloco. Este parâmetro deve ser único na configuração.	Oct-String(32)	S/RW		Espaços
STRATEGY	3	É um valor fornecido pelo usuário para identificar uma configuração.	Un-signed16	S/RW		0
ALERT_KEY	4	Estado atual de alarmes.	Un-signed8	S/RW	1 a 255	0
TARGET_MODE	5	Contém o modo de operação desejado para o bloco.	Un-signed8	S/RW	O/S, MAN, AUTO, RCAS e LO	O/S
MODE_BLK	6	Modo de operação corrente do bloco.	DS-37	D/RO		
ALARM_SUM	7	Contém os estados presentes dos alarmes de bloco.	DS-42	D/RO		0,0,0,0
BATCH	8	Para uso em sistema distribuído. É utilizado para identificar canais usados e disponíveis. Não há algoritmo relacionado.	DS-67	S/RW		0,0,0,0

SP	9	Setpoint utilizado em modo automático e que ainda pode ser alterado pelo usuário.	DS-33	N/Auto	PV_SCALE	
PV_SCALE	11	Valores de escala Eua100% e EU0% para o parâmetro SP.	DS-36	S/RW		0-100%
READBACK	12	Indica o <i>readback</i> da posição atual do bloco transdutor.	DS-33	D/RO	PV_SCALE	
RCAS_IN	14	Valor de <i>setpoint</i> remoto fornecido pelo controlador quando em modo RCas.	DS-33	D/RW		
IN_CHANNEL	21	O número do canal de hardware lógico do transdutor que é conectado ao bloco AO.	Un- signed16	S/RW		0
OUT_CHANNEL	22	O número do canal de hardware lógico para o transdutor que é conectado ao bloco AO.	Un- signed16	S/RW		0
FSAFE_TIME	23	Período da detecção da falha até a ação do bloco, se a falha segura estiver configurada.	Float	S/RW	Valores maiores que zero	0
FSAFE_TYPE	24	Define a ação do equipamento em uma condição de falha segura.	Un- signed8	S/RW	0:Use FSAFE_VALUE 1:Use Last Usable Value 2:Goes to ACTUATOR_ACTION position	1: Use Last Usable Value
FSAFE_VALUE	25	Valor de falha segura para a saída do bloco AO, quando o <i>Fail Safe</i> estiver ativo e FSAFE_TYPE = 0.	Float	S/RW	OUT_SCALE	0
RCAS_OUT	27	O valor e status requisitado por um bloco no controlador a fim de evitar <i>reset windup</i> e proporcionar transferência sem interferência em uma malha fechada de controle.	DS-33	D/RO		
POS_D	31	Posição discreta da válvula.	DS-34	D/RO	0: not initialized 1: closed 2: opened 3: intermediate	0
SETP_DEVIATION	32	Diferença entre SP e o <i>Readback</i> .	Float	D/RO		0
CHECK_BACK	33	Informação do estado do equipamento. Ver opções de <i>Check Back</i> .	Oct- String(3)	D/RO		0
CHECK_BACK_MASK	34	Informações de <i>CheckBack</i> suportadas	Oct- String(3)	S/RO		0
SIMULATE	35	Permite que o valor de <i>readback</i> seja fornecido manualmente pelo usuário.	DS-50	S/RW	0: Disable ≠0: Enable	Disable
INCREASE_CLOSE	36	Direção da atuação quando em modo automático.	Un- signed8	S/RW	0: Rising 1: Falling	Rising

OUT	37	A saída do bloco para o bloco transdutor.	DS-33	N/Man/RW	OUT_SCALE	
OUT_SCALE	38	Valores de escala Eu100% e Eu0% para o bloco transdutor para um canal especificado.	DS-36	S/RW		0-100%
Legenda: E – Parâmetro Enumerado; NA – Parâmetro Adimensional; RW - Escrita/Leitura; RO – Somente leitura; D – Dinâmico; N – Não-volátil; S – Estático; INF – Infinito						

Tabela 2.8 – Parâmetros do Bloco AO.

## 2.4. TOTALIZER BLOCK – TOT

O bloco Totalizador, assim como o bloco AI, recebe um valor de processo via canal com o bloco transdutor. Este valor é totalizado ao longo do tempo, por exemplo em medições de vazão mássica ou volumétrica, comuns em transmissores de pressão. Posteriormente, veremos as condições iniciais de configuração para que o bloco TOT tenha seu adequado funcionamento.

O bloco TOT suporta os seguintes modos de operação:

- Auto (Automático): neste modo a saída do bloco é calculada e disponibilizada via comunicação cíclica ao controlador, mestre Profibus Classe 1;
- OOS (*Out of Service*): neste modo, o algoritmo do bloco não é processado.

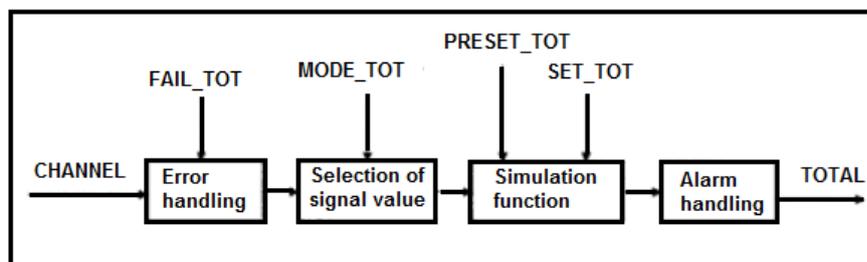


Figura 2.13 - Algoritmo do Bloco TOT.

O algoritmo do bloco TOT é aplicado ao valor medido pelo bloco transdutor quando o modo estiver em Auto. Este algoritmo inclui o tratamento de erros e falhas, assim como visto para os blocos anteriores (veja detalhes na explicação para o bloco AI), seleção de sinais do valor a ser totalizado, bem como o tratamento de alarmes.

O bloco TOT totaliza a variável de processo em função do tempo e sua unidade é fornecida pelo bloco TRD. Seu algoritmo converte as unidades de tempo em unidades por segundo.

### TOTALIZAÇÃO DA VAZÃO E SINAIS

A seleção do sinal dos valores totalizados é controlada pelo parâmetro MODE\_TOT. A vazão resultante é obtida pela somatória dos valores, considerando-se seus sinais e o que for configurado no MODE\_TOT:

- *Balanced* – Os valores negativos e positivos serão totalizados;
- *Positive only* – somente valores positivos são totalizados. Os valores negativos serão considerados como zero;
- *Negative only* – somente valores negativos são totalizados. Os valores positivos serão considerados como zero;
- *Hold* – O algoritmo é mantido com valor constante.

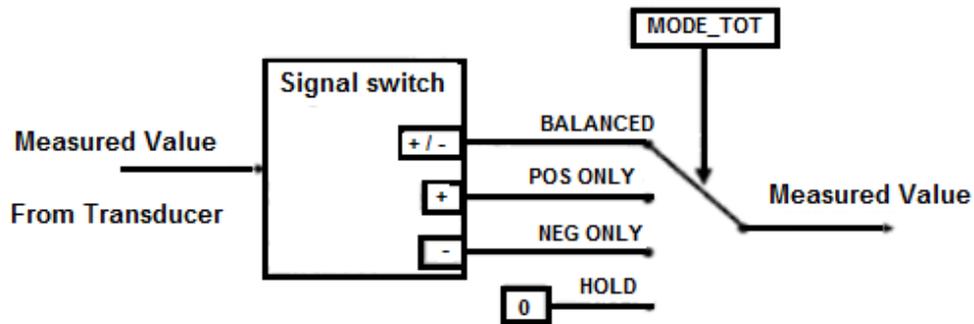


Figura 2.14 - Função MODE\_TOT.

O parâmetro TOTAL é a quantidade totalizada pelo bloco, cuja unidade está de acordo com o parâmetro UNIT\_TOT e deve ser compatível com a unidade da entrada, fornecida pelo bloco TRD.

### RESET E PRESET

A totalização pode ser configurada pelo parâmetro SET\_TOT, onde o usuário pode zerá-la com a opção *Reset*, inicializá-la com um valor pré-definido pelo parâmetro PRESET\_TOT, ao escolher a opção *Preset*, ou ainda iniciar a totalização, configurando o SET\_TOT para a opção *Totalize*.

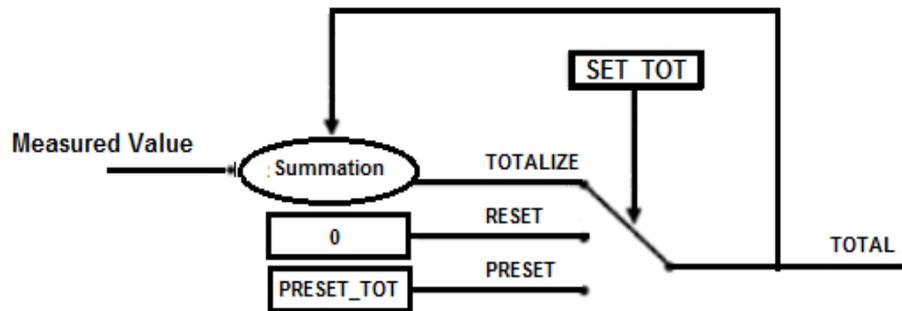


Figura 2.15 - Função SET\_TOT.

### CONDIÇÕES INICIAIS DE CONFIGURAÇÃO

Para que o bloco TOT possa funcionar adequadamente, o usuário deve fazer algumas configurações iniciais:

- O parâmetro CHANNEL deve ser configurado para PV, ou seja, o valor de processo servirá como valor entrada, vindo do bloco TRD;
- O parâmetro LINEARIZATION\_TYPE do bloco TRD deve ser configurado para "Square Root";
- O parâmetro PRIMARY\_VALUE\_UNIT do bloco TRD deve ser configurado para uma unidade adequada de vazão;
- O parâmetro UNIT\_TOT do bloco TOT deve ser configurado para uma unidade de massa ou volume equivalente à unidade de entrada, selecionada no parâmetro PRIMARY\_VALUE\_UNIT do bloco TRD.

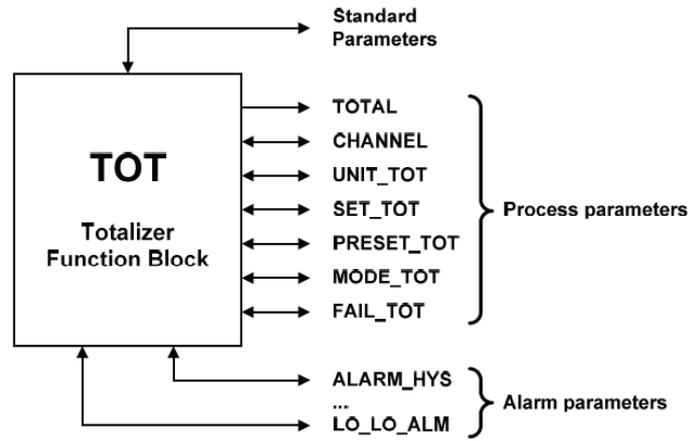


Figura 2.16 – Resumo dos parâmetros do Bloco TOT.

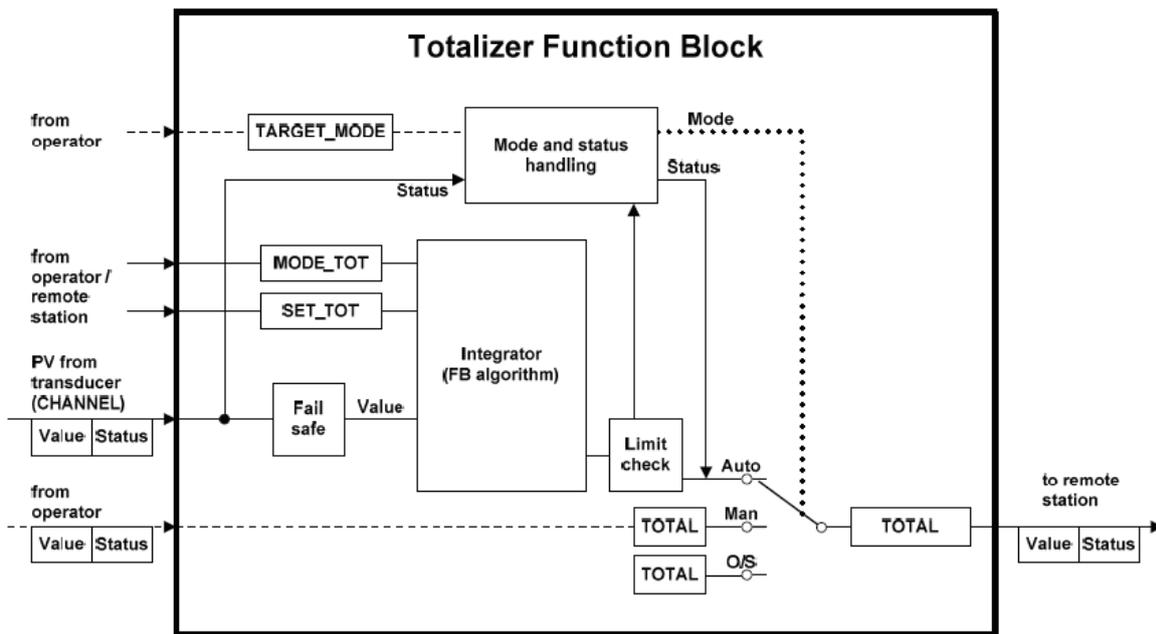


Figura 2.17 – Bloco TOT.

BLOCO TOTALIZADOR - TOT						
(Equipamentos com somente 1 TOT: slot 2, se 2 TOTs: Slot 2 e 3, se 3 TOTs: slot 2, 3 e 4)						
Parâmetro	Índice Relativo	Descrição	Tipo de dado	Armazenamento em memória e acesso R/W	Faixa de valores	Padrão (Default)
ST_REV	1	Este parâmetro será incrementado sempre que houver mudanças nos parâmetros estáticos do bloco.	Unsigned16	S/RO		0
TAG_DESC	2	TAG do bloco. Este parâmetro deve ser único na configuração.	Oct-String(32)	S/RW		Espaços
STRATEGY	3	É um valor fornecido pelo usuário para identificar uma configuração.	Unsigned16	S/RW		0
ALERT_KEY	4	Estado atual de alarmes.	Unsigned8	S/RW	1 to 255	0
TARGET_MODE	5	Contém o modo desejado para o bloco.	Unsigned8	S/RW	O/S, AUTO.	AUTO

MODE_BLK	6	Modo corrente do bloco.	DS-37	D/RO		
ALARM_SUM	7	Contém os estados dos alarmes do bloco.	DS-42	D/RO		0,0,0,0
BATCH	8	Para uso em sistema distribuído para identificar canais usados e disponíveis. Não há algoritmo relacionado.	DS-67	S/RW		0,0,0,0
TOTAL	10	Saída do bloco TOT.	DS-33	N/RO		
UNIT_TOT	11	Unidade de engenharia da saída.	Unsigned16	S/RW		
CHANNEL	12	O número do canal lógico de hardware do bloco transdutor que é conectado ao TOT.	Unsigned16	S/RW		0
SET_TOT	13	Reinicia a saída do TOT, ou a ajusta de acordo com o valor em PRESET_TOT. E ainda, permite que o bloco totalize.	UnSigned8	N/RW	0: Totalize 1: Reset 2: Preset	Totalize
MODE_TOT	14	Define o tipo de sinal dos valores para a totalização (positiva, negativa ou último valor).	UnSigned8	N/RW	0: Balanced 1: Positive only 2: Negative only 3: Hold	Balanced
FAIL_TOT	15	Define a ação do bloco TOT na condição de <i>fail safe</i> .	UnSigned8	S/RW	0: Run 1: Hold 2: Memory	Run
PRESET_TOT	16	Valor da saída quando o SET_TOT for configurado para Preset.	Float	S/RW		0
ALARM_HYS	17	Parâmetro de histerese de alarme. Para sair da condição de alarme, o valor da PV deve ser inferior ao limite do alarme somado à histerese.	Float	S/RW		0
HI_HI_LIM	18	Ajuste de alarme muito alto em unidades de Engenharia.	Float	S/RW		INF
HI_LIM	19	Ajuste de alarme alto em unidades de Engenharia.	Float	S/RW		INF
LO_LIM	20	Ajuste de alarme baixo em unidades de Engenharia.	Float	S/RW		INF
LO_LO_LIM	21	Ajuste de alarme muito baixo em unidades de Engenharia.	Float	S/RW		INF
HI_HI_ALM	22	Estado de alarme muito alto.	DS-39	D/RW		
HI_ALM	23	Estado de alarme alto.	DS-39	D/RW		
LO_ALM	24	Estado de alarme baixo	DS-39	D/RW		
LO_LO_ALM	25	Estado de alarme muito baixo.	DS-39	D/RW		
Legenda: E – Parâmetro Enumerado; NA – Parâmetro Adimensional; RW – Escrita/Leitura; RO – Somente leitura; D – Dinâmico; N – Não-volátil; S – Estático; INF – Infinito						

Tabela 2.9 – Parâmetros do bloco TOT.

## 2.5. DIGITAL INPUT BLOCK – DI

O Bloco DI recebe um valor digital do processo através do bloco transdutor (TRD) em seu canal e o processa de acordo com sua configuração, disponibilizando ao mestre Profibus Classe 1, através do parâmetro OUT\_D. Possui modo de operação, inversão, simulação e tratamento de erros.

O Bloco AI suporta os seguintes modos:

- OOS (*Out of Service* – fora de serviço): neste modo, a saída não é atualizada pelo algoritmo do bloco;
- Man (Manual): neste modo, o operador pode escrever valores na saída do bloco;
- Auto (Automático): neste modo, a saída do bloco é resultado do processamento do bloco.

O bloco DI permite ainda que o usuário simule um valor digital de processo, através do parâmetro SIMULATE\_D. Este parâmetro é usado para facilitar testes, por exemplo, quando se está fazendo o *startup* de malhas de controle

A estrutura SIMULATE\_D é composta pelos seguintes atributos:

- Simulate Value and Status
- Simulate Enable

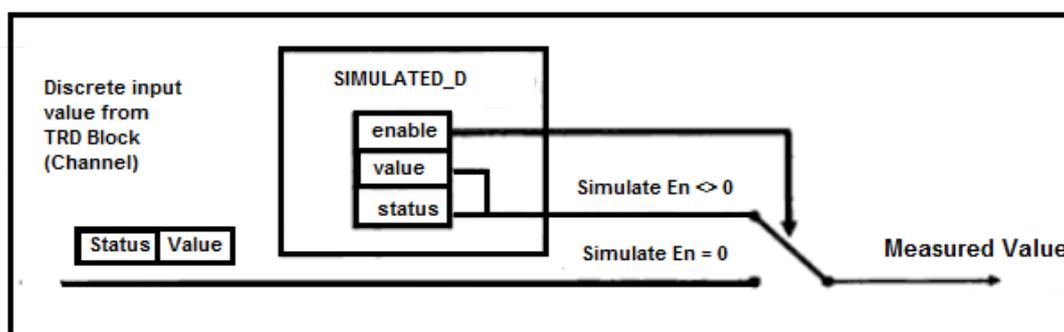


Figura 2.18 – Simulação no bloco DI.

Quando ativo, o valor do bloco transdutor e seu status serão sobrepostos pelo valor e status simulados. Quando desabilitado, o valor de processo será disponibilizado pelo bloco transdutor ao bloco DI.

O bloco DI ainda permite através do parâmetro INVERT, que o nível lógico da entrada seja invertido, o que também acontece durante a simulação. Com o INVERT ativo, o parâmetro PV\_D será invertido antes da saída OUT\_D ser atualizada.

## TRATAMENTO DE ERROS E FALHAS

O algoritmo do bloco DI inclui o tratamento de erros e falhas, assim como visto para os blocos anteriores (veja detalhes na explicação para o bloco AI):

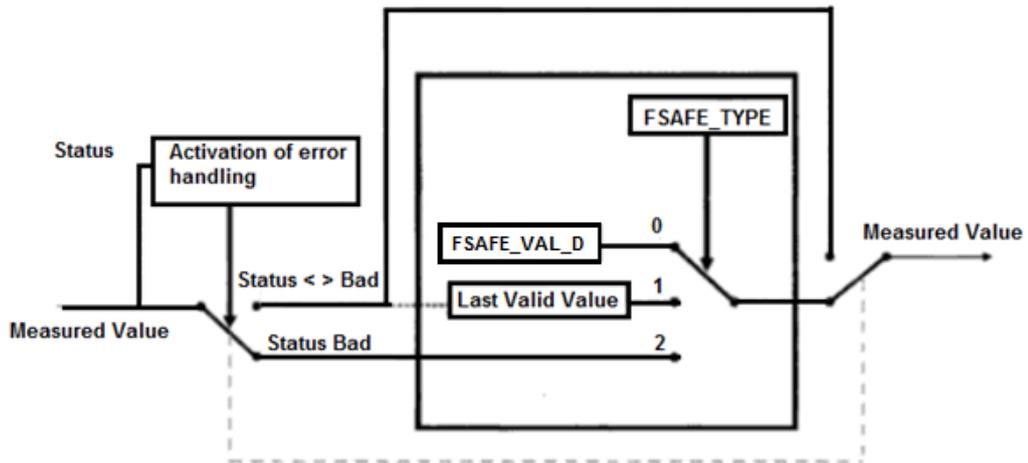


Figura 2.18 – Falha segura no bloco DI.

Quando o bloco DI detecta uma condição de anormalidade, o modo de falha segura (FAIL\_SAFE) é ativado, caso esteja configurado.

O bloco DI recebe (via canal) valores e status do bloco TRD. Caso receba uma condição de status “bad” (ruim), por exemplo, numa falha de leitura de um sensor *on/off*, a condição de FAIL\_SAFE do bloco é ativada, se estiver configurada.

Quando da condição de falha segura, as possíveis ações a serem realizadas pelo bloco podem ser seleccionadas pelo usuário através do parâmetro *FSAFE\_TYPE*.

No parâmetro *FSAFE\_TYPE* as seguintes opções estão disponíveis:

- *FSAFE\_VAL\_D* – o bloco DI usa o valor discreto de segurança configurado pelo usuário no parâmetro *FSAFE\_VAL\_D* como valor no parâmetro *OUT\_D*, quando o *Fail Safe* estiver ativo. O status da saída vai para “*Uncertain, substitute value*”;
- *Last Usable Value* – o bloco DI usa o último valor com status *good* (bom) para o cálculo de sua saída. O status será “*Uncertain Last Usable Value*”. Se, ao ocorrer a falha ainda não houver um valor adequado, usará o Valor Inicial na saída. O status será “*Uncertain Initial Value*”;
- *Wrong Value* – o bloco DI usa status e valor vindos do bloco transdutor (TRD).

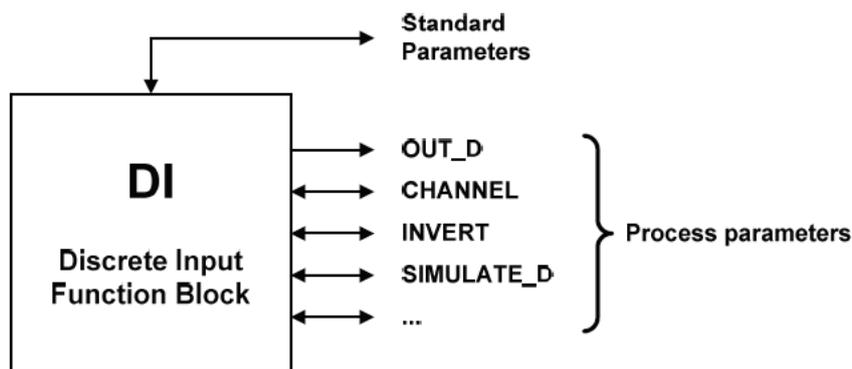


Figura 2.19 – Resumo dos parâmetros do Bloco DI.

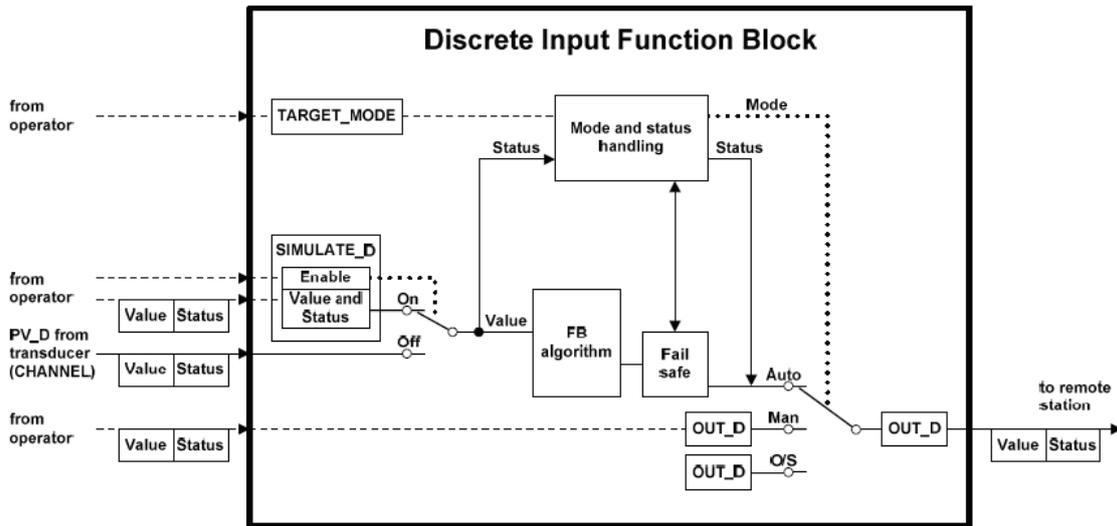


Figura 2.20 – Bloco DI.

BLOCO DIGITAL DE ENTRADA - DI						
(Equipamentos com somente 1 DI slot 1, se 2 DIs: Slot 1 e 2, se 3 DIs: slot 1, 2 e 3)						
Parâmetro	Índice Relativo	Descrição	Tipo de dado	Armazenamento em memória e acesso R/W	Faixa de valores	Padrão (Default)
ST_REV	1	Este parâmetro será incrementado sempre que houver mudanças nos parâmetros estáticos do bloco.	Unsigned16	S/RO		0
TAG_DESC	2	TAG do bloco. Este parâmetro deve ser único na configuração.	Oct-String(32)	S/RW		Espaços
STRATEGY	3	Valor fornecido pelo usuário para identificar uma configuração.	Unsigned16	S/RW		0
ALERT_KEY	4	Estado atual de alarmes.	Unsigned8	S/RW	1 to 255	0
TARGET_MODE	5	Contém o modo desejado para o bloco.	Unsigned8	S/RW	O/S, AUTO.	AUTO
MODE_BLK	6	Modo corrente do bloco.	DS-37	D/RO		
ALARM_SUM	7	Contém os estados dos alarmes do bloco.	DS-42	D/RO		0,0,0,0
BATCH	8	Para uso em sistema distribuído para identificar canais usados e disponíveis. Não há algoritmo relacionado.	DS-67	S/RW		0,0,0,0
OUT_D	10	Saída discreta do bloco DI.	DS-34	S/RW	0-1	
CHANNEL	14	Canal de hardware associado ao bloco TRD.	Unsigned16	S/RW		
INVERT	15	Indica se a PV_D deve ser invertida logicamente, antes de ser atribuída à saída OUT_D	Unsigned 8	S/RW	0: not inverted 1: inverted	0

FSAVE_TYPE	20	Permite configurar o tipo de <i>fail safe</i> .	Unsigned 8	S/RW	0: o valor em FSAFE_VAL_D é usado em OUT_D Status = UNCERTAIN-substitute value (**) 1: usar o último valor válido armazenado em OUT_D Status = UNCERTAIN-last usable value (se não houver nenhum valor válido, usará UNCERTAIN-Initial Value ) 2: OUT_D usará o valor e status que vem do bloco TRD, mesmo que seja inadequado(Bad) Status	1
FSAVE_VAL_D	21	Valor discreto utilizado como valor de segurança quando o FAIL_SAFE_TYPE for 0.	Unsigned 8	S/RW		0
SIMULATE	24	Permite que seja simulado um valor discreto de entrada	DS-51	S/RW	0: disable #0: enable	disable
Legenda: E – Parâmetro Enumerado; NA – Parâmetro Adimensional; RW - Escrita/Leitura; RO – Somente leitura; D – dinâmico; N – não-volátil; S – Estático; INF – Infinito						

Tabela 2.10 – Parâmetros do bloco DI.

## 2.6. DIGITAL OUTPUT BLOCK – DO

O Bloco DO pode receber um valor discreto de setpoint (SP\_D) via comunicação cíclica ou via usuário, quando seu modo de operação for automático (Auto). Neste caso, recebe valor e status através do parâmetro SP\_D. Nesta condição é importante ressaltar que o status deve ser maior ou igual a *good* (0x80).

Quando seu modo de operação estiver em cascata (RCas), o valor e status do setpoint são fornecidos via parâmetro RCAS\_IN\_D pelo mestre Profibus Classe 1, através da comunicação cíclica. Nesta condição, o status deve ser igual a *Initialization Acknowledge* (0xC4).

Este valor de *setpoint* é processado de acordo com o algoritmo do bloco e disponibilizado ao bloco transdutor (TRD) que atuará no elemento final de controle, como por exemplo, acionando uma válvula *on/off*.

Similar ao bloco AO, o bloco DO suporta os seguintes modos de operação: O/S, MAN, RCAS, LO e AUTO.

Assim como nos demais blocos, o bloco DO permite a simulação. Este parâmetro é usado para facilitar testes, por exemplo, quando se está fazendo o *startup* de malhas de controle.

A estrutura SIMULATE\_D é composta pelos seguintes atributos:

- Simulate Value and Status
- Simulate Enable

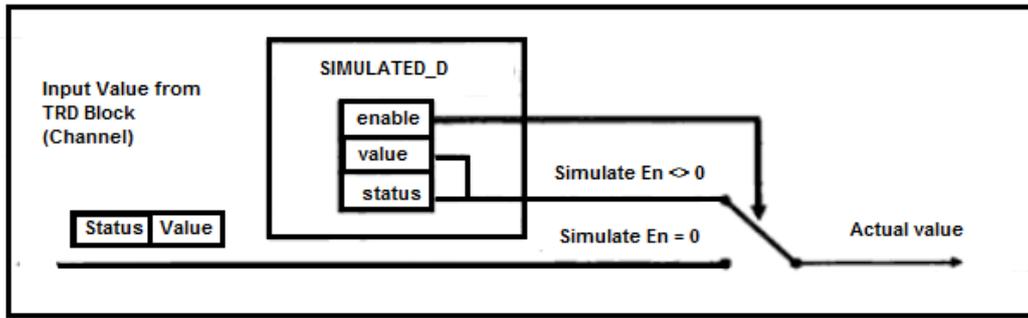


Figura 2.21 – Simulação no bloco DO.

O bloco DO fornece o valor discreto, assim como o status ao bloco TRD através do parâmetro READBACK\_D.

Similarmente ao bloco DI, possui o parâmetro INVERT, onde pode-se inverter o valor discreto do *setpoint*, quer seja em modo Auto ou RCas.

### TRATAMENTO DE ERROS - FALHA SEGURA

Assim como nos demais blocos, o bloco DO também possui tratamento de erros e falhas.

Se há perda de comunicação cíclica com o mestre Profibus Classe 1 e o *setpoint* discreto não for mais atualizado, pode-se configurar o tipo de tratamento que deve acontecer com a saída do bloco DO, através do parâmetro FSAFE\_TYPE.

A saída irá para a condição de falha segura configurada se a situação de anormalidade permanecer por um período de tempo maior que o configurado no parâmetro FSAFE\_TIME. Após a normalização da condição, o bloco DO retornará à operação normal.

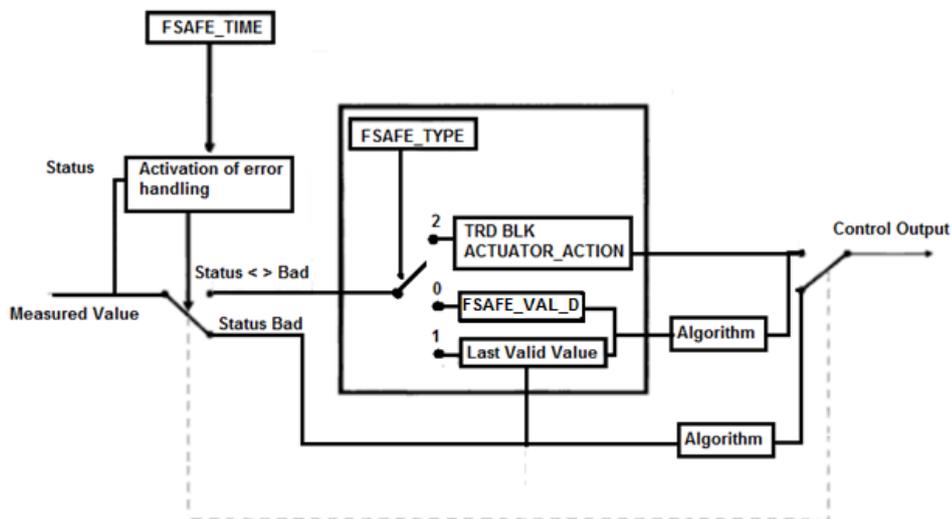


Figura 2.22 – Tratamento do *Fail Safe* no Bloco DO.

A condição de FAIL\_SAFE\_D é ativada quando uma das seguintes condições é detectada:

- Perda de comunicação na entrada RCAS\_IN\_D por um tempo superior ao especificado no parâmetro FSAFE\_TIME;
- Perda de comunicação na entrada SP\_D por um tempo superior ao especificado no parâmetro FSAFE\_TIME;
- Em modo RCas, receber o parâmetro RCAS\_IN\_D com statusIFS (*initiate fail-safe*);
- Em modo Auto, receber o parâmetro SP\_D com statusIFS (*initiate fail-safe*).

No parâmetro *FSAFE\_TYPE* as seguintes opções estão disponíveis:

- *FSAFE\_VALUE\_D* – o bloco DO usa o valor de segurança configurado pelo usuário no parâmetro *FSAFE\_VAL\_D* como valor no parâmetro *OUT\_D*, quando o *Fail Safe* estiver ativo. O status da saída vai para “*Uncertain, substitute value*”;
- *Last Usable Value* – o bloco DO usa o último valor com status *good* (bom) para o cálculo de sua saída *OUT\_D*. O status será “*Uncertain Last Usable Value*”. Se ao ocorrer a falha ainda não houver um valor adequado, usará o Valor Inicial na saída. O status será “*Uncertain Initial Value*”;
- *ACTUATOR\_ACTION* – o bloco DO entra na condição de segurança baseado no parâmetro *ACTUATOR\_ACTION* do bloco transdutor.

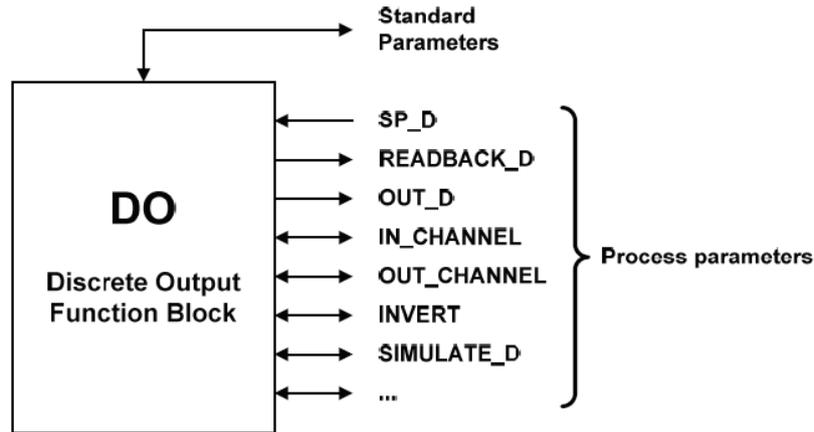


Figura 2.23– Resumo dos parâmetros do Bloco DO.

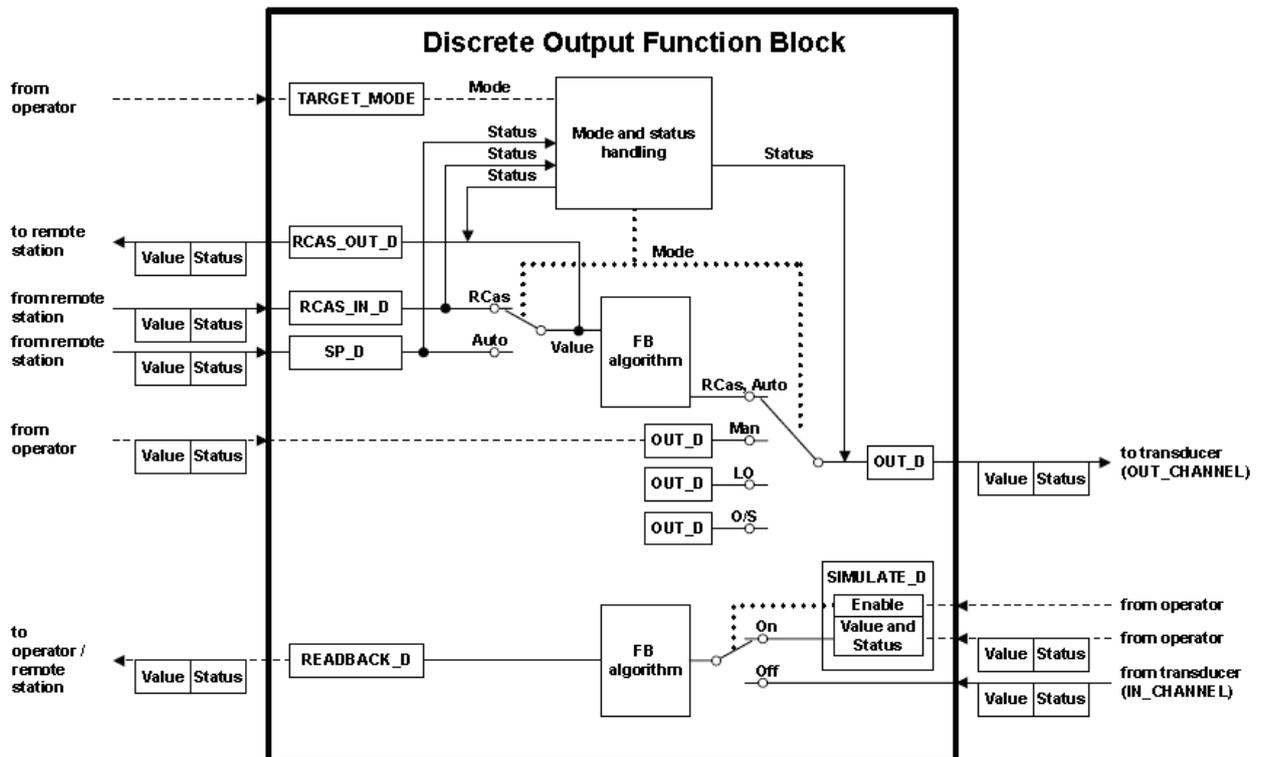


Figura 2.24– Bloco DO.

<b>BLOCO DE SAÍDA DIGITAL - DO</b> (Equipamentos com somente 1 DO slot 1, se 2 DOs: Slot 1 e 2, se 3 DOs: slot 1, 2 e 3)						
Parâmetro	Índice Relativo	Descrição	Tipo de dado	Armazenamento em memória e acesso R/W	Faixa de valores	Padrão (Default)
ST_REV	1	Este parâmetro será incrementado sempre que houver mudanças nos parâmetros estáticos do bloco.	Unsigned16	S/RO		0
TAG_DESC	2	TAG do bloco. Este parâmetro deve ser único na configuração.	Oct-String(32)	S/RW		Espaços
STRATEGY	3	É um valor fornecido pelo usuário para identificar uma configuração.	Unsigned16	S/RW		0
ALERT_KEY	4	Estado atual de alarmes	Unsigned8	S/RW	1 to 255	0
TARGET_MODE	5	Contém o modo desejado para o bloco.	Unsigned8	S/RW	O/S, AUTO.	AUTO
MODE_BLK	6	Modo corrente do bloco	DS-37	D/RO		
ALARM_SUM	7	Contém os estados dos alarmes do bloco.	DS-42	D/RO		0,0,0,0
BATCH	8	Para uso em sistema distribuído para identificar canais usados e disponíveis. Não há algoritmo relacionado.	DS-67	S/RW		0,0,0,0
SP_D	9	Setpoint do bloco de função usado em MODE AUTO.	DS-34	D/RW	0 e 1	-
OUT_D	10	Saída discreta do bloco DO	DS-34	D/RW	0 e 1	-
READBACK_D	12	Pode ser a posição atual(discreta) do elemnto final de controle e seus sensores.	DS-34	D/RO	0 e 1	-
RCAS_IN_D	14	Setpoint e status desejado fornecido pelo controlado mestre Profibus ao bloco DO quando o modo de operação for RCAs.	DS-34	D/RW	0 e 1	-
CHANNEL	17	Canal de hardware do bloco TRD associado ao bloco DO	Unsigned16	S/RW		-
INVERT	18	Utilizado para inverte o setpoint fornecido ao bloco DO: 0 = não inverter 1 = inverter	Unsigned 8	S/RW	0 e 1	Não inverter
FSAFE_TIME	19	Período da detecção da falha (SP_D =Bad ou RCAS_IN <> Good) até que haja ação do bloco, se a condição de falha segura existir.	Float	S/RW	maior que zero	0
FSAFE_TYPE	20	Define a ação do equipamento se houver uma falha e após FSAFE_TIME: 0 = valor FSAVE_VALUE é usado como status do setpoint do OUT_D = UNCERTAIN – Valor substituto; 1 = armazenar o status do último setpoint válido do OUT_D = UNCERTAIN – Último valor usável ou BAD – sem comunicação, no último valor válido; 2 = atuador vai para posição de fail-safe definida pelo ACTUATOR_ACTION, status de OUT_D = BAD – não especificado	Unsigned 8	S	0,1 e 2	2
FSAFE_VAL_D	21	Valor discreto utilizado na condição de falha segura, caso o FSAFE_TYPE seja configurado para FSAFE_VAL_D.	Unsigned 8	S/RW	0 e 1	0
RCAS_OUT_D	22	Valor discreto e status que retorna do bloco DO ao controlador.	DS-34	D/RO	0 e 1	-
SIMULATE	24	Para comissionamento e razões de manutenção, é possível simular o valor do READBACK, definindo-se o valor e status. Nesta condição de simulação, o valor do bloco DO é desprezado.	DS-51	S/RW	0 e 1, enable/disable	Disable

Legenda: E – Parâmetro Enumerado; NA – Parâmetro Adimensional; RW - Escrita/Leitura; RO – Somente leitura; D – Dinâmico; N – Não-volátil; S – Estático; INF – Infinito

Tabela 2.11 – Parâmetros do bloco DO.

## 2.7. MODOS DE OPERAÇÃO DOS BLOCOS FUNCIONAIS

A tabela a seguir mostra os valores hexadecimais para os parâmetros TARGET\_MODE e MODE\_BLK (e para os seus elementos Actual, Permitted e Normal).

Modo	Valor (HEX)
Out of Service: O/S	0x80
Local Override: LO	0x20
Manual: Man	0x10
Automático: Auto	0x08
Cascata: Rcas	0x02

Tabela 2.11 – Mode Block.

## 2.8. GERAÇÃO DE STATUS

Uma das vantagens da tecnologia digital é poder atribuir, além do valor da medição, condições do estado das variáveis, indicando a qualidade, sub-qualidade e limites. A tabela a seguir detalha o byte de status:

Byte de Status							
Bit 2 <sup>7</sup>	Bit 2 <sup>6</sup>	Bit 2 <sup>5</sup>	Bit 2 <sup>4</sup>	Bit 2 <sup>3</sup>	Bit 2 <sup>2</sup>	Bit 2 <sup>1</sup>	Bit 2 <sup>0</sup>
Qualidade		Sub-qualidade				Limites	

Tabela 2.12 – Byte de Status.

**Qualidade** – indica a qualidade do valor do parâmetro.

- *Good Cascade* – A qualidade do valor é boa e pode ser utilizado para controle em cascata.
- *Good Non-cascade* – A qualidade do valor é boa e não pode ser utilizado para controle em cascata.
- *Uncertain* – A qualidade do valor está abaixo do normal, mas o valor ainda o valor pode ser usado
- *Bad* – O valor não é útil.

<i>Bad</i>	2 <sup>7,6</sup> = 00, <i>bad value</i>	O valor não é útil.
<i>Uncertain</i>	2 <sup>7,6</sup> = 01, <i>uncertain value</i>	A qualidade do valor está abaixo do normal, mas o valor ainda o valor pode ser usado.
<i>Good</i>	2 <sup>7,6</sup> = 10, <i>good value</i>	O valor é bom

Tabela 2.13 – Qualidade.

<i>Bad</i>	<i>Device Failure:</i> 2 <sup>5</sup> a 2 <sup>2</sup> = 0010 <i>Sensor Failure:</i> 2 <sup>5</sup> a 2 <sup>2</sup> = 0100 <i>No Communication:</i> 2 <sup>5</sup> a 2 <sup>2</sup> = 0101
<i>Uncertain</i>	<i>Last Usable Value:</i> 2 <sup>5</sup> a 2 <sup>2</sup> = 0001 – é utilizado quando o valor não está mais sendo atualizado. <i>Sensor Conversion not Accurate:</i> 2 <sup>5</sup> a 2 <sup>2</sup> = 0100 – é utilizado quando o valor do sensor está fora de seus limites.
<i>Good</i>	<i>Ok:</i> 2 <sup>5</sup> a 2 <sup>2</sup> = 0000 – o valor está bom. <i>Active Advisory Alarm:</i> 2 <sup>5</sup> a 2 <sup>2</sup> = 0010 – é utilizado quando o valor excede ou cai abaixo do valor de aviso de alarme.

Tabela 2.14 – Sub-status.

<i>Not limited</i>	2 <sup>1,0</sup> = 00- not limited – o valor medido está dentro de seus limites aceitáveis.
<i>Low limited</i>	2 <sup>1,0</sup> = 01- Lower limit – o valor medido está abaixo do limite inferior aceitável.
<i>High limited</i>	2 <sup>1,0</sup> = 10- Upper limit – o valor medido está acima do limite inferior aceitável.
<i>Constant</i>	2 <sup>1,0</sup> = 11- Constant – o valor medido não está sendo variado com o processo, por exemplo, está em manual.

Tabela 2.15 – Limites.

**Sub-Qualidade** – é o sub-status da qualidade, ou seja, é um complemento do estado da qualidade e leva a informação para inicializar ou parar um controle em cascata, alarmes e outros. Há diferentes configurações do sub-status para cada qualidade (Tabela 2.14).

**Limites** – Fornece informação se o valor associado está limitado ou não, bem como a direção. Os limites são classificados como: *Not Limited*, *High Limited*, *Low Limited*, *Constant* (Tabela 2.15).

Vejamos a seguir alguns valores do byte de status:

Qualidade	Sub-Status	Limite	Valor Hexa	Valor Decimal
GoodNC	0 = ok	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x80	128
GoodNC	1 = Active Update Event	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x84	132
GoodNC	2 = Active Advisory Alarm	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x88	136
GoodNC	3 = Active Critical Alarm	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x8C	140
GoodNC	4 = Unacknowledged Update Event	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x90	144
GoodNC	5 = Unacknowledged Advisory Alarm	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x94	148
GoodNC	6 = Unacknowledged Critical Alarm	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x98	152
GoodNC	8 = Initiate Fail Safe (IFS)	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0xA0	160
GoodNC	9 = Maintenance required	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0xA4	164
Uncertain	0 = Non-specific	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x40	64
Uncertain	1 = Last Usable Value	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x44	68
Uncertain	2 = Substitute	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x48	72
Uncertain	3 = Initial Value	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x4C	76
Uncertain	4 = Sensor Conversion not Accurate	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x50	80
Uncertain	5 = Engineering Unit Range Violation	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x54	84
Uncertain	6 = Sub-normal	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x58	88
Uncertain	7 = Configuration Error	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x5C	92
Uncertain	8 = Simulated Value	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x60	96
Uncertain	9 = Sensor Calibration	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x64	100
GoodC	0 = ok	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0xC0	192
GoodC	1 = Initialization Acknowledged (IA)	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0xC4	196
GoodC	2 = Initialization Request (IR)	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0xC8	200
GoodC	3 = Not Invited (NI)	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0xCC	204
GoodC	5 = Do Not Selected (NS)	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0xD4	212
GoodC	6 = Local Override (LO)	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0xD8	216
GoodC	8 = Initiate Fail Safe (IFS)	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0xE0	224
Bad	0 = Non-specific	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x00	0
Bad	1 = Configuration Error	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x04	4
Bad	2 = Not Connected	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x08	8
Bad	3 = Device Failure	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x0C	12
Bad	4 = Sensor Failure	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x10	16
Bad	5 = No Communication, with last usable value	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x14	20
Bad	6 = No Communication, with no usable value	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x18	24
Bad	7 = Out of Service	0 – Not Limited; 1 – Low Limited; 2 – High Limited; 3 - Constant	0x1C	28

Tabela 2.16 – Tabela de Status.

## 2.9. DEFINIÇÃO E TIPOS DE ESTRUTURA DE DADOS

A seguir estão detalhados as estruturas e tipos de dados utilizados no Profibus-PA.

Código	Tipo de Dado	Tamanho	Descrição
1	<i>Boolean</i>	1	Verdadeiro ou falso
2	<i>Integer8</i>	1	Inteiro de 8 bits
3	<i>Integer16</i>	2	Inteiro de 16 bits
4	<i>Integer32</i>	4	Inteiro de 32 bits
5	<i>Unsigned8</i>	1	Inteiro sem sinal de 8 bits
6	<i>Unsigned 16</i>	2	Inteiro sem sinal de 16 bits
7	<i>Unsigned 32</i>	4	Inteiro sem sinal de 32 bits
8	<i>Floating Point</i>	4	Ponto flutuante IEEE 754
9	<i>VisibleString</i>	1,2,3,...	Um byte por caractere e inclui os caracteres ASCII de 7 bits.
10	<i>OctetString</i>	1,2,3,...	<i>Octetstrings</i> são binários
-	<i>Dados</i>	-	
-	<i>TimeofDay</i>	-	
-	<i>TimeDifference</i>	-	
-	<i>BitString</i>	-	
-	<i>DateTimeValue</i>	-	

Tabela 2.17 – Definição e Tipos de Estrutura de Dados.

### BLOCK OBJECT - DS-32

Esta estrutura de dados consiste nos atributos de um bloco.

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	Reserved	Unsigned8	1
2	Block Object	Unsigned8	1
3	Parent Class	Unsigned8	1
4	Class	Unsigned8	1
5	DD REFERENCE	Unsigned32	4
6	DD REVISION	Unsigned16	2
7	Profile	OctetString	2
8	Profile Revision	Unsigned16	2
9	Execution Time	Unsigned8	1
10	Number_of_Parameters	Unsigned16	2
11	ADDRESS OF VIEW_1	Unsigned16	2
12	Number of Views	Unsigned8	1

Tabela 2.18 – Block Object DS-32.

### VALOR & STATUS - ESTRUTURA DO PONTO FLUTUANTE - DS-33

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	<i>Value</i>	<i>Float</i>	4
2	<i>Status</i>	<i>Unsigned8</i>	1

Tabela 2.19 – Estrutura do Ponto Flutuante DS-33.

**VALOR & STATUS - ESTRUTURA DISCRETA - DS-34**

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	<i>Value</i>	<i>Unsigned8</i>	1
2	<i>Status</i>	<i>Unsigned8</i>	1

Tabela 2.20 – Estrutura Discreta DS-34.

**ESTRUTURA DE ESCALA - DS-36**

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	EU at 100%	<i>Float</i>	4
2	EU at 0%	<i>Float</i>	4
3	<i>Units Index</i>	<i>Unsigned16</i>	2
4	<i>Decimal Point</i>	<i>Integer8</i>	1

Tabela 2.21 – Estrutura de Escala DS-36.

**ESTRUTURA DE MODO - DS-37**

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	<i>Actual</i>	<i>Bitstring</i>	1
2	<i>Permitted</i>	<i>Bitstring</i>	1
3	<i>Normal</i>	<i>Bitstring</i>	1

Tabela 2.22 – Estrutura de Modo DS-37.

**ESTRUTURA DE ALARME DO PONTO FLUTUANTE - DS-39**

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	<i>Unacknowledged</i>	<i>Unsigned8</i>	1
2	<i>Alarm State</i>	<i>Unsigned8</i>	1
3	<i>Time Stamp</i>	<i>Time Value</i>	8
4	<i>Subcode</i>	<i>Unsigned16</i>	2
5	<i>Value</i>	<i>Float</i>	4

Tabela 2.23 – Estrutura de Alarme de Ponto Flutuante DS-39.

**ESTRUTURA DE ALARME DISCRETA - DS-40**

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	<i>Unacknowledged</i>	<i>Unsigned8</i>	1
2	<i>Alarm State</i>	<i>Unsigned8</i>	1
3	<i>Time Stamp</i>	<i>Time Value</i>	8
4	<i>Subcode</i>	<i>Unsigned16</i>	2
5	<i>Value</i>	<i>Unsigned8</i>	1

Tabela 2.24 – Estrutura de Alarme Discreta DS-40.

**ESTRUTURA DE ATUALIZAÇÃO DO ALARME - DS-41**

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	<i>Unacknowledged</i>	<i>Unsigned8</i>	1
2	<i>Update State</i>	<i>Unsigned8</i>	1
3	<i>Time Stamp</i>	<i>Time Value</i>	8
4	<i>Subcode</i>	<i>Unsigned16</i>	2
5	<i>Relative Index</i>	<i>Unsigned16</i>	2

Tabela 2.25 – Estrutura de Atualização de Alarme DS-41.

**ESTRUTURA ÍNDICE DE ALARME - DS-42**

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	<i>Current</i>	<i>Bit String</i>	2
2	<i>Unacknowledged</i>	<i>Bit String</i>	2
3	<i>Unreported</i>	<i>Bit String</i>	2
4	<i>Disabled</i>	<i>Bit String</i>	2

Tabela 2.26 – Estrutura do Índice de Alarme.

**SIMULATE – ESTRUTURA DO PONTO FLUTUANTE - DS-50**

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	<i>Simulate Status</i>	<i>Unsigned8</i>	1
2	<i>Simulate Value</i>	<i>Float</i>	4
3	<i>Simule En/Disable</i>	<i>Unsigned8</i>	1

Tabela 2.27 – Simulate - Estrutura do Ponto Flutuante DS-50.

**SIMULATE – ESTRUTURA DISCRETA - DS-51**

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	<i>Simulate Status</i>	<i>Unsigned8</i>	1
2	<i>Simulate Value</i>	<i>Unsigned8</i>	1
5	<i>Simule En/Disable</i>	<i>Unsigned8</i>	1

Tabela 2.28 – Simulate - Estrutura Discreta DS-51.

**ESTRUTURA DE GRUPO - DS-67**

Esta estrutura de dados contém uma estrutura do parâmetro Batch.

E	Nome do elemento na estrutura	Tipo de Dado	Tamanho
1	<i>BATCH_ID</i>	<i>Unsigned32</i>	4
2	<i>RUP</i>	<i>Unsigned16</i>	2
3	<i>OPERATION</i>	<i>Unsigned16</i>	2
4	<i>PHASE</i>	<i>Unsigned16</i>	2

Tabela 2.29 - Estrutura de Grupo DS-67.

## 2.10. FORMATO IEEE-754

O formato *float* usado no Profibus está definido de acordo com o padrão IEEE 754:

- byte\_MSB (byte 1) byte 2 byte 3 byte\_LSB (byte 4)
- byte\_MSB (byte 1) = exp
- byte 2 = mantissa
- byte 3 = mantissa
- byte\_LSB (byte 4) = mantissa

Exemplo: C2 ED 40 00 00

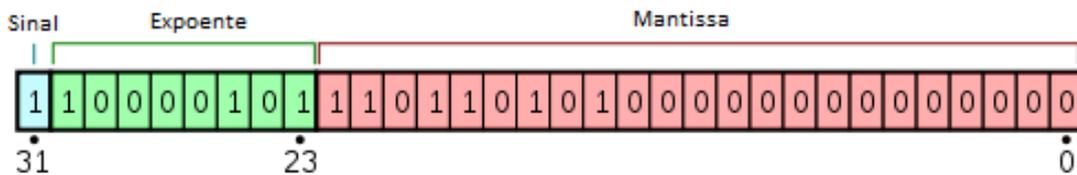
11000010 00000100 00000000 00000000

$$float = (-1)^{bitsignal} * [ 2^{(exp - 127)} * (1 + mantissa) ]$$

Onde: bitsignal é o bit mais significativo do byte\_MSB (byte 1). Se este bit é 0, o número é positivo. Se for 1, é negativo. No exemplo anterior o número é negativo.

O valor de "exp" é a soma dos outros bits do byte\_MSB (byte 1) e do bit mais significativo do byte 2.

Por exemplo:



- ▶ Bit 1 no sinal indica número negativo.
- ▶ Expoente 10000101 = 133<sub>10</sub>
- ▶ Portanto, o valor antes da polarização era:
  - ▶  $x + (2^8 - 1) - 1 = 133$
  - ▶  $x + 127 = 133$
  - ▶  $x = 6$
  - ▶ Com o bit escondido, temos a mantissa:
  - ▶  $1.110110101 \times 2^6 \Rightarrow$  deslocando o ponto em 6 casas: 1110110.101
- ▶ 1110110 = 118<sub>10</sub>
- ▶  $101 = 1 \cdot (2^{-1}) + 0 \cdot (2^{-2}) + 1 \cdot (2^{-3}) = 0.625$
- ▶  $118 + 0.625 = 118.625$
- ▶ Como o bit de sinal representa um número negativo, temos: **-118.625**.

## 2.11. CONFIGURAÇÃO CÍCLICA

O protocolo Profibus-PA possui mecanismos contra falhas e erros de comunicação entre o equipamento da rede e o mestre. Por exemplo, durante a inicialização do equipamento estes mecanismos são utilizados para verificar os possíveis erros.

Após a energização (*power-up*) do equipamento de campo (escravo), pode-se trocar dados ciclicamente com o mestre Profibus classe 1 se a parametrização do escravo estiver correta. Estas informações são obtidas através dos arquivos GSD (arquivos fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos que contém suas descrições).

Através dos comandos abaixo, o mestre executa todo o processo de inicialização com os equipamentos Profibus-PA:

- **Get\_Cfg:** carrega a configuração dos escravos no mestre e verifica a configuração da rede;
- **Set\_Prm:** escreve nos parâmetros dos escravos e executa os serviços de parametrização da rede;
- **Set\_Cfg:** configura os escravos de acordo com as entradas e saídas;
- **Get\_Cfg:** um outro comando, onde o mestre verifica a configuração dos escravos.

Todos estes serviços são baseados nas informações obtidas dos arquivos GSD dos equipamentos. De acordo com a tabela abaixo, pode-se obter dos blocos funcionais quais os parâmetros que participam da troca de dados cíclicos. Um máximo de 244 bytes de entrada e 244 bytes de saída podem ser trocados entre mestre e escravo Profibus.

Em equipamentos que possuem mais de um bloco do mesmo tipo (por exemplo, 3 Blocos AIs e 3 Blocos TOTs), a ordem na configuração cíclica deverá ser AI\_1, AI\_2, AI\_3, TOT\_1, TOT\_2 e TOT\_3. Nos casos onde não se configura nenhum bloco ciclicamente, é necessário preencher a configuração com o módulo vazio (Empty\_Module = 0x00). Por exemplo, no caso onde existem 3 Blocos AIs e 3 Blocos TOTs, mas o usuário só irá utilizar AI\_1, AI\_3, TOT\_1 e TOT\_3, a ordem na configuração cíclica deverá ser AI\_1, Empty\_Module, AI\_3, TOT\_1, Empty\_Module e TOT\_3.

Bloco Funcional	Parâmetro	Identificador	Identificador Especial ou Estendido
Analog Input (AI)	<b>OUT</b>	<b>0x94</b>	<b>0x42, 0x84, 0x08, 0x05</b>
Analog Output (AO)	<b>SP</b>	<b>0xA4</b>	<b>0x82, 0x84, 0x08, 0x05</b>
	SP READBACK POS_D	0x96, 0xA4	0xC6, 0x84, 0x86, 0x08, 0x05, 0x08, 0x05, 0x05, 0x05
	SP CHECK_BACK	0x92, 0xA4	0xC3, 0x84, 0x82, 0x08, 0x05, 0x0A
	SP READBACK POS_D CHECK_BACK	0x99, 0xA4	0xC7, 0x84, 0x89, 0x08, 0x05, 0x08, 0x05, 0x05, 0x05, 0x0A
	RCAS_IN RCAS_OUT	0xB4	0xC4, 0x84, 0x84, 0x08, 0x05, 0x08, 0x05
	RCAS_IN RCAS_OUT CHECK_BACK	0x97, 0xA4	0xC5, 0x84, 0x87, 0x08, 0x05, 0x08, 0x05, 0x0A
	SP READBACK RCAS_IN RCAS_OUT POS_D CHECK_BACK	0x9E, 0xA9	0xCB, 0x89, 0x8E, 0x08, 0x05, 0x08, 0x05, 0x08, 0x05, 0x08, 0x05, 0x05, 0x05, 0x0A
Discrete Input (DI)	<b>OUT_D</b>	<b>0x91</b>	
Discrete Output (DO)	<b>SP_D</b>	<b>0xA1</b>	
	SP_D READBACK_D		0xC1, 0x81, 0x81, 0x83
	SP_D CHECK_BACK		0xC1, 0x81, 0x82, 0x92
	SP_D READBACK_D CHECK_BACK		0xC1, 0x81, 0x84, 0x93
	RCAS_IN_D RCAS_OUT_D		0xC1, 0x81, 0x81, 0x8C
	RCAS_IN_D RCAS_OUT_D CHECK_BACK		0xC1, 0x81, 0x84, 0x9C
	SP_D READBACK_D RCAS_IN_D RCAS_OUT_D CHECK_BACK		0xC1, 0x83, 0x86, 0x9F
Totalizer	<b>TOTAL</b>	-	<b>0x41, 0x84, 0x85</b>
	TOTAL SET_TOT	-	0xC1, 0x80, 0x84, 0x85
	TOTAL SET_TOT MODE_TOT	-	0xC1, 0x81, 0x84, 0x85
Not used		<b>0x00</b>	<b>0x00</b>

Tabela 2.30 - Blocos Funcionais e comunicação cíclica.

## 2.12. UNIDADES

A tabela a seguir possui os códigos de unidades disponíveis no Profibus-PA.

Value	Symbol	Description	Equivalence
0 ... 999	reserved		
1000	K	kelvin	SI
1001	°C	degree Celsius	$T/K = t/°C + 273.15$ $\Delta T = 1°\text{C}$ is equal to $\Delta T = 1\text{K}$
1002	°F	degree Fahrenheit	$T/K = (t/°F + 459.67)/1.8$
1003	°R	degree Rankine	$T/K = (T/°R)/1.8$
1004	rad	radian	= 1 m/m
1005	°	degree	= $(\pi/180)$ rad
1006	'	minute	= $(1/60)^\circ$
1007	"	second	= $(1/60)'$
1008	gon	gon (or grade)	= $(\pi/200)$ rad
1009	r	revolution	= $2\pi$ rad
1010	m	meter	SI
1011	km	kilometer	= 1000.0 m
1012	cm	centimeter	= 0.01 m
1013	mm	millimeter	= $10^{-3}$ m
1014	µm	micrometer	= $10^{-6}$ m
1015	nm	nanometer	= $10^{-9}$ m
1016	pm	picometer	= $10^{-12}$ m
1017	Å	angstrom	= $10^{-10}$ m
1018	ft	foot	= 12 in
1019	in	inch (international)	= 0.0254 m
1020	yd	yard	= 36 in
1021	mile	mile	= 1760 yd
1022	nautical mile	nautical mile	= 1852 m
1023	m <sup>2</sup>	square meter	
1024	km <sup>2</sup>	square kilometer	
1025	cm <sup>2</sup>	square centimeter	
1026	dm <sup>2</sup>	square decimeter	
1027	mm <sup>2</sup>	square millimeter	
1028	a	are	= $10^2$ m <sup>2</sup>
1029	ha	hectare	= $10^4$ m <sup>2</sup>
1030	in <sup>2</sup>	square inch	
1031	ft <sup>2</sup>	square feet	
1032	yd <sup>2</sup>	square yard	
1033	mile <sup>2</sup>	square mile	
1034	m <sup>3</sup>	cubic meter	
1035	dm <sup>3</sup>	cubic decimeter	
1036	cm <sup>3</sup>	cubic centimeter	
1037	mm <sup>3</sup>	cubic millimeter	
1038	L	liter	= $10^{-3}$ m <sup>3</sup>
1039	cl	centiliter	= 0.01 L
1040	ml	milliliter	= 0.001 L
1041	hl	hectoliter	= 100 L
1042	in <sup>3</sup>	cubic inch	
1043	ft <sup>3</sup>	cubic foot	
1044	yd <sup>3</sup>	cubic yard	
1045	mile <sup>3</sup>	cubic mile	
1046	pint	pint (U.S. liquid)	= (1/8) gal
1047	quart	quart (U.S. liquid)	= (1/4) gal
1048	gal	gallon (U.S.)	= 231 in <sup>3</sup>
1049	ImpGal	gallon (Imperial)	= 4.54609 L
1050	bushel	bushel (U.S. dry)	= 2150.42 in <sup>3</sup>
1051	bbl	barrel (U.S. petroleum)	= 42 gal
1052	bbl (liq)	barrel (U.S. liquid)	= 31.5 gal
1053	ft <sup>3</sup> std.	standard cubic foot	
1054	s	second	SI
1055	ks	kilosecond	= $10^3$ s
1056	ms	millisecond	= $10^{-3}$ s
1057	µs	microsecond	= $10^{-6}$ s

Value	Symbol	Description	Equivalence
1058	min	minute	= 60 s
1059	h	hour	= 60 min
1060	d	day	= 24 h
1061	m/s	meter per second	
1062	mm/s	millimeter per second	
1063	m/h	meter per hour	
1064	km/h	kilometer per hour	
1065	knot	nautical mile per hour	= 1.852 km/h
1066	in/s	inch per second	
1067	ft/s	foot per second	
1068	yd/s	yard per second	
1069	in/min	inch per minute	
1070	ft/min	foot per minute	
1071	yd/min	yard per minute	
1072	in/h	inch per hour	
1073	ft/h	foot per hour	
1074	yd/h	yard per hour	
1075	mi/h	mile per hour	= 0.44704 m/s
1076	m/s <sup>2</sup>	meter per second squared	
1077	Hz	hertz	= 1 s <sup>-1</sup>
1078	THz	terahertz	= 10 <sup>12</sup> Hz
1079	GHz	gigahertz	= 10 <sup>9</sup> Hz
1080	MHz	megahertz	= 10 <sup>6</sup> Hz
1081	kHz	kilohertz	= 10 <sup>3</sup> Hz
1082	1/s	per second	= 1 s <sup>-1</sup>
1083	1/min	per minute	= (1/60) s <sup>-1</sup>
1084	r/s	revolution per second	
1085	r/min rpm	revolution per minute	
1086	rad/s	radian per second	
1087	1/s <sup>2</sup>	per second squared	
1088	kg	kilogram	SI
1089	g	gram	= 10 <sup>-3</sup> kg
1090	mg	milligram	= 10 <sup>-6</sup> kg
1091	Mg	megagram	= 10 <sup>3</sup> kg
1092	t	metric ton	= 10 <sup>3</sup> kg
1093	oz	ounce (Avoirdupois)	= 1/16 lb
1094	lb	pound (Avoirdupois)	= 0.45359237 kg
1095	STon	short ton	= 2000 lb
1096	LTon	long ton	= 2240 lb
1097	kg/m <sup>3</sup>	kilogram per cubic meter	
1098	Mg/m <sup>3</sup>	megagram per cubic meter	
1099	kg/dm <sup>3</sup>	kilogram per cubic decimeter	
1100	g/cm <sup>3</sup>	gram per cubic centimeter	
1101	g/m <sup>3</sup>	gram per cubic meter	
1102	t/m <sup>3</sup>	metric ton per cubic meter	
1103	kg/L	kilogram per liter	
1104	g/ml	gram per milliliter	
1105	g/L	gram per liter	
1106	lb/in <sup>3</sup>	pound per cubic inch	
1107	lb/ft <sup>3</sup>	pound per cubic foot	
1108	lb/gal	pound per gallon (U.S.)	
1109	STon/yd <sup>3</sup>	short ton per cubic yard	
1110	°Twad	degree Twaddell	
1111	°Baum (hv)	degree Baume heavy	
1112	°Baum (lt)	degree Baume light	
1113	°API	degree API	
1114	SGU	specific gravity units	
1115	kg/m	kilogram per meter	
1116	mg/m	milligram per meter	
1117	tex	tex	= 10 <sup>-6</sup> kg/m
1118	kg m <sup>2</sup>	kilogram square meter	

Value	Symbol	Description	Equivalence
1119	kg·m/s	kilogram meter per second	
1120	N	newton	= 1 kg·m/s <sup>2</sup>
1121	MN	meganewton	= 10 <sup>6</sup> N
1122	kN	kilonewton	= 10 <sup>3</sup> N
1123	mN	millinewton	= 10 <sup>-3</sup> N
1124	μN	micronewton	= 10 <sup>-6</sup> N
1125	kg·m <sup>2</sup> /s	kilogram square meter per second	
1126	N·m	newton meter	
1127	MN·m	meganewton meter	
1128	kN·m	kilonewton meter	
1129	mN·m	millinewton meter	
1130	Pa	pascal	= 1 N/m <sup>2</sup>
1131	GPa	gigapascal	= 10 <sup>9</sup> PA
1132	MPa	megapascal	= 10 <sup>6</sup> PA
1133	kPa	kilopascal	= 10 <sup>3</sup> PA
1134	mPa	millipascal	= 10 <sup>-3</sup> PA
1135	μPa	micropascal	= 10 <sup>-6</sup> PA
1136	hPa	hectopascal	= 10 <sup>2</sup> PA
1137	bar	bar	= 100 kPa
1138	mbar	millibar	= 1 hPa
1139	torr	torr	= (1/760) atm
1140	atm	atmosphere	= 101325.0 Pa
1141	lbf/in <sup>2</sup> psi	pound-force per square inch	= (0.45359237 · 9.80665 / 0.0254 <sup>2</sup> ) Pa (unreferenced or differential pressure)
1142	lbf/in <sup>2</sup> <sub>a</sub> psia	pound-force per square inch absolute	= (0.45359237 · 9.80665 / 0.0254 <sup>2</sup> ) Pa (referenced to a vacuum)
1143	lbf/in <sup>2</sup> <sub>g</sub> psig	pound-force per square inch gauge	= (0.45359237 · 9.80665 / 0.0254 <sup>2</sup> ) Pa (referenced to atmosphere)
1144	gf/cm <sup>2</sup>	gram-force per square centimeter	= 98.0665 Pa
1145	kgf/cm <sup>2</sup>	kilogram-force per square centimeter	= 98066.5 Pa
1146	inH <sub>2</sub> O	inch of water	
1147	inH <sub>2</sub> O (4°C)	inch of water at 4°C	
1148	inH <sub>2</sub> O (68°F)	inch of water at 68°F	
1149	mmH <sub>2</sub> O	millimeter of water	
1150	mmH <sub>2</sub> O (4°C)	millimeter of water at 4°C	
1151	mmH <sub>2</sub> O (68°F)	millimeter of water at 68°F	
1152	ftH <sub>2</sub> O	foot of water	
1153	ftH <sub>2</sub> O (4°C)	foot of water at 4°C	
1154	ftH <sub>2</sub> O (68°F)	foot of water at 68°F	
1155	inHg	inch of mercury	
1156	inHg (0°C)	inch of mercury at 0°C	
1157	mmHg	millimeter of mercury	
1158	mmHg (0°C)	millimeter of mercury at 0°C	
1159	Pa·s	pascal second	
1160	m <sup>2</sup> /s	square meter per second	
1161	P	poise	= 0.1 Pa·s
1162	cP	centipoise	= 1 mPa·s
1163	St	stokes	= 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
1164	cSt	centistokes	= 1 mm <sup>2</sup> /s
1165	N/m	Newton per meter	
1166	mN/m	millinewton per meter	
1167	J	joule	= 1 N·m
1168	EJ	exajoules	= 10 <sup>18</sup> J
1169	PJ	petajoules	= 10 <sup>15</sup> J
1170	TJ	terajoules	= 10 <sup>12</sup> J
1171	GJ	gigajoules	= 10 <sup>9</sup> J
1172	MJ	megajoules	= 10 <sup>6</sup> J
1173	kJ	kilojoules	= 10 <sup>3</sup> J
1174	mJ	millijoules	= 10 <sup>-3</sup> J
1175	W·h	watt hour	
1176	TW·h	terawatt hour	
1177	GW·h	gigawatt hour	

Value	Symbol	Description	Equivalence
1178	MW·h	megawatt hour	
1179	kW·h	kilowatt hour	
1180	cal <sub>th</sub>	calorie (thermochemical)	= 4.184 J
1181	kcal <sub>th</sub>	kilocalorie (thermochemical)	= 4.184 kJ
1182	Mcal <sub>th</sub>	megacalorie (thermochemical)	= 4.184 MJ
1183	Btu <sub>th</sub>	British thermal unit (thermochemical)	= (4184 · 0.45359237/1.8) J
1184	datherm	dekatherm	= 1.05506·10 <sup>9</sup> J
1185	ft·lbf	foot pound-force	= 1.3558179483314004 J
1186	W	watt	= 1 J/s
1187	TW	terawatt	= 10 <sup>12</sup> W
1188	GW	gigawatt	= 10 <sup>9</sup> W
1189	MW	megawatt	= 10 <sup>6</sup> W
1190	kW	kilowatt	= 10 <sup>3</sup> W
1191	mW	milliwatt	= 10 <sup>-3</sup> W
1192	µW	microwatt	= 10 <sup>-6</sup> W
1193	nW	nanowatt	= 10 <sup>-9</sup> W
1194	pW	picowatt	= 10 <sup>-12</sup> W
1195	Mcal <sub>th</sub> /h	megacalorie per hour	
1196	MJ/h	megajoule per hour	
1197	Btu <sub>th</sub> /h	British thermal unit per hour	
1198	hp	horsepower (electric)	= 746 W
1199	W/(m·K)	watt per meter kelvin	
1200	W/(m <sup>2</sup> ·K)	watt per square meter kelvin	
1201	m <sup>2</sup> ·K/W	square meter kelvin per watt	
1202	J/K	joule per kelvin	
1203	kJ/K	kilojoule per kelvin	
1204	J/(kg·K)	joule per kilogram kelvin	
1205	kJ/(kg·K)	kilojoule per kilogram kelvin	
1206	J/kg	joule per kilogram	
1207	MJ/kg	megajoule per kilogram	
1208	kJ/kg	kilojoule per kilogram	
1209	A	ampere	SI
1210	kA	kiloampere	= 10 <sup>3</sup> A
1211	mA	milliampere	= 10 <sup>-3</sup> A
1212	µA	microampere	= 10 <sup>-6</sup> A
1213	nA	nanoampere	= 10 <sup>-9</sup> A
1214	pA	picoampere	= 10 <sup>-12</sup> A
1215	C	coulomb	= 1 A·s
1216	MC	megacoulomb	= 10 <sup>6</sup> C
1217	kC	kilocoulomb	= 10 <sup>3</sup> C
1218	µC	microcoulomb	= 10 <sup>-6</sup> C
1219	nC	nanocoulomb	= 10 <sup>-9</sup> C
1220	pC	picocoulomb	= 10 <sup>-12</sup> C
1221	A·h	ampere hour	
1222	C/m <sup>3</sup>	coulomb per cubic meter	
1223	C/mm <sup>3</sup>	coulomb per cubic millimeter	
1224	C/cm <sup>3</sup>	coulomb per cubic centimeter	
1225	kC/m <sup>3</sup>	kilocoulomb per cubic meter	
1226	mC/m <sup>3</sup>	millicoulomb per cubic meter	
1227	µC/m <sup>3</sup>	microcoulomb per cubic meter	
1228	C/m <sup>2</sup>	coulomb per square meter	
1229	C/mm <sup>2</sup>	coulomb per square millimeter	
1230	C/cm <sup>2</sup>	coulomb per square centimeter	
1231	kC/m <sup>2</sup>	kilocoulomb per square meter	
1232	mC/m <sup>2</sup>	millicoulomb per square meter	
1233	µC/m <sup>2</sup>	microcoulomb per square meter	
1234	V/m	volt per meter	
1235	MV/m	megavolt per meter	
1236	kV/m	kilovolt per meter	
1237	V/cm	volt per centimeter	
1238	mV/m	millivolt per meter	

Value	Symbol	Description	Equivalence
1239	$\mu\text{V/m}$	microvolt per meter	
1240	V	volt	= 1 W/A
1241	MV	megavolt	= $10^6$ V
1242	kV	kilovolt	= $10^3$ V
1243	mV	millivolt	= $10^{-3}$ V
1244	$\mu\text{V}$	microvolt	= $10^{-6}$ V
1245	F	farad	= 1 C/V
1246	mF	millifarad	= $10^{-3}$ F
1247	$\mu\text{F}$	microfarad	= $10^{-6}$ F
1248	nF	nanofarad	= $10^{-9}$ F
1249	pF	picofarad	= $10^{-12}$ F
1250	F/m	farad per meter	
1251	$\mu\text{F/m}$	microfarad per meter	
1252	nF/m	nanofarad per meter	
1253	pF/m	picofarad per meter	
1254	C·m	coulomb meter	
1255	A/m <sup>2</sup>	ampere per square meter	
1256	MA/m <sup>2</sup>	megaampere per square meter	
1257	A/cm <sup>2</sup>	ampere per square centimeter	
1258	kA/m <sup>2</sup>	kiloampere per square meter	
1259	A/m	ampere per meter	
1260	kA/m	kiloampere per meter	
1261	A/cm	ampere per centimeter	
1262	T	tesla	= 1 Wb/m <sup>2</sup>
1263	mT	millitesla	= $10^{-3}$ T
1264	$\mu\text{T}$	microtesla	= $10^{-6}$ T
1265	nT	nanotesla	= $10^{-9}$ T
1266	Wb	weber	= 1 V·s
1267	mWb	milliweber	= $10^{-3}$ W
1268	Wb/m	weber per meter	
1269	kWb/m	kiloweber per meter	
1270	H	henry	= 1 Wb/A
1271	mH	millihenry	= $10^{-3}$ H
1272	$\mu\text{H}$	microhenry	= $10^{-6}$ H
1273	nH	nanohenry	= $10^{-9}$ H
1274	pH	picohenry	= $10^{-12}$ H
1275	H/m	henry per meter	
1276	$\mu\text{H/m}$	microhenry per meter	
1277	nH/m	nanohenry per meter	
1278	A·m <sup>2</sup>	ampere square meter	
1279	N·m <sup>2</sup> /A	newton square meter per ampere	
1280	Wb·m	weber meter	
1281	$\Omega$	ohm	= 1 V/A
1282	G $\Omega$	gigaohm	= $10^9$ $\Omega$
1283	M $\Omega$	megohm	= $10^6$ $\Omega$
1284	k $\Omega$	kilohm	= $10^3$ $\Omega$
1285	m $\Omega$	milliohm	= $10^{-3}$ $\Omega$
1286	$\mu\Omega$	microohm	= $10^{-6}$ $\Omega$
1287	S	siemens	= 1 $\Omega^{-1}$
1288	kS	kilosiemens	= $10^3$ $\Omega^{-1}$
1289	mS	millisiemens	= $10^{-3}$ $\Omega^{-1}$
1290	$\mu\text{S}$	microsiemens	= $10^{-6}$ $\Omega^{-1}$
1291	$\Omega\cdot\text{m}$	ohm meter	
1292	G $\Omega\cdot\text{m}$	gigaohm meter	
1293	M $\Omega\cdot\text{m}$	megohm meter	
1294	k $\Omega\cdot\text{m}$	kilohm meter	
1295	$\Omega\cdot\text{cm}$	ohm centimeter	
1296	m $\Omega\cdot\text{m}$	milliohm meter	
1297	$\mu\Omega\cdot\text{m}$	microohm meter	
1298	n $\Omega\cdot\text{m}$	nanoohm meter	
1299	S/m	siemens per meter	

Value	Symbol	Description	Equivalence
1300	MS/m	megasiemens per meter	
1301	kS/m	kilosiemens per meter	
1302	mS/cm	millisiemens per centimeter	
1303	μS/mm	microsiemens per millimeter	
1304	1/H	per henry	
1305	sr	steradian	= 1 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
1306	W/sr	watt per steradian	
1307	W/(sr·m <sup>2</sup> )	watt per steradian square meter	
1308	W/m <sup>2</sup>	watt per square meter	
1309	lm	lumen	= 1 cd·sr
1310	lm·s	lumen second	
1311	lm·h	lumen hour	
1312	lm/m <sup>2</sup>	lumen per square meter	
1313	lm/W	lumen per watt	
1314	lx	lux	= 1 lm/m <sup>2</sup>
1315	lx·s	lux second	
1316	cd	candela	SI
1317	cd/m <sup>2</sup>	candela per square meter	
1318	g/s	gram per second	
1319	g/min	gram per minute	
1320	g/h	gram per hour	
1321	g/d	gram per day	
1322	kg/s	kilogram per second	
1323	kg/min	kilogram per minute	
1324	kg/h	kilogram per hour	
1325	kg/d	kilogram per day	
1326	t/s	metric ton per second	
1327	t/min	metric ton per minute	
1328	t/h	metric ton per hour	
1329	t/d	metric ton per day	
1330	lb/s	pound per second	
1331	lb/min	pound per minute	
1332	lb/h	pound per hour	
1333	lb/d	pound per day	
1334	STon/s	short ton per second	
1335	STon/min	short ton per minute	
1336	STon/h	short ton per hour	
1337	STon/d	short ton per day	
1338	LTon/s	long ton per second	
1339	LTon/min	long ton per minute	
1340	LTon/h	long ton per hour	
1341	LTon/d	long ton per day	
1342	%	percent	= 0.01
1343	% sol/wt	percent solid per weight	
1344	% sol/vol	percent solid per volume	
1345	% stm qual	percent steam quality	
1346	°Plato	degree Plato	
1347	m <sup>3</sup> /s	cubic meter per second	
1348	m <sup>3</sup> /min	cubic meter per minute	
1349	m <sup>3</sup> /h	cubic meter per hour	
1350	m <sup>3</sup> /d	cubic meter per day	
1351	L/s	liter per second	
1352	L/min	liter per minute	
1353	L/h	liter per hour	
1354	L/d	liter per day	
1355	ML/d	megaliter per day	
1356	ft <sup>3</sup> /s	cubic foot per second	
1357	ft <sup>3</sup> /min	cubic foot per minute	
1358	ft <sup>3</sup> /h	cubic foot per hour	
1359	ft <sup>3</sup> /d	cubic foot per day	
1360	ft <sup>3</sup> /min std.	standard cubic foot per minute	
1361	ft <sup>3</sup> /h std.	standard cubic foot per hour	

Value	Symbol	Description	Equivalence
1362	gal/s	gallon (U.S.) per second	
1363	gal/min	gallon (U.S.) per minute	
1364	gal/h	gallon (U.S.) per hour	
1365	gal/d	gallon (U.S.) per day	
1366	Mgal/d	megagallon (U.S.) per day	
1367	ImpGal/s	gallon (Imperial) per second	
1368	ImpGal/min	gallon (Imperial) per minute	
1369	ImpGal/h	gallon (Imperial) per hour	
1370	ImpGal/d	gallon (Imperial) per day	
1371	bbbl/s	barrel per second	
1372	bbbl/min	barrel per minute	
1373	bbbl/h	barrel per hour	
1374	bbbl/d	barrel per day	
1375	W/m <sup>2</sup>	watt per square meter	
1376	mW/m <sup>2</sup>	milliwatt per square meter	
1377	µW/m <sup>2</sup>	microwatt per square meter	
1378	pW/m <sup>2</sup>	picowatt per square meter	
1379	Pa·s/m <sup>3</sup>	pascal second per cubic meter	
1380	N·s/m	newton second per meter	
1381	Pa·s/m	pascal second per meter	
1382	B	bel	= lg(ratio)
1383	dB	decibel	= 10 <sup>-1</sup> B
1384	mol	mole	SI
1385	kmol	kilomole	
1386	mmol	millimole	
1387	µmol	micromole	
1388	kg/mol	kilogram per mole	
1389	g/mol	gram per mole	
1390	m <sup>3</sup> /mol	cubic meter per mole	
1391	dm <sup>3</sup> /mol	cubic decimeter per mole	
1392	cm <sup>3</sup> /mol	cubic centimeter per mole	
1393	L/mol	liter per mole	
1394	J/mol	joule per mole	
1395	kJ/mol	kilojoule per mole	
1396	J/(mol·K)	joule per mole kelvin	
1397	mol/m <sup>3</sup>	mole per cubic meter	
1398	mol/dm <sup>3</sup>	mole per cubic decimeter	
1399	mol/L	mole per liter	
1400	mol/kg	mole per kilogram	
1401	mmol/kg	millimole per kilogram	
1402	Bq	becquerel	= 1 s <sup>-1</sup>
1403	MBq	megabecquerel	
1404	kBq	kilobecquerel	
1405	Bq/kg	becquerel per kilogram	
1406	kBq/kg	kilobecquerel per kilogram	
1407	MBq/kg	megabecquerel per kilogram	
1408	Gy	gray	= 1 J/kg
1409	mGy	milligray	
1410	rd	rad	= 10 <sup>-2</sup> Gy
1411	Sv	sievert	= 1 J/kg
1412	mSv	millisievert	
1413	rem	rem	= 10 <sup>-2</sup> Sv
1414	C/kg	coulomb per kilogram	
1415	mC/kg	millicoulomb per kilogram	
1416	R	roentgen	= 2.58·10 <sup>-4</sup> C/kg
1417	1/J·m <sup>3</sup>		
1418	eV·m <sup>3</sup>		
1419	m <sup>3</sup> /C	cubic meter per coulomb	
1420	V/K	volt per kelvin	
1421	mV/K	millivolt per kelvin	
1422	pH	pH	
1423	ppm	parts per million	= 10 <sup>-6</sup>

Value	Symbol	Description	Equivalence
1424	ppb	parts per billion	= $10^{-9}$
1425	ppth	parts per thousand	= $10^{-3}$
1426	°Brix	degree Brix	
1427	°Ball	degree Balling	
1428	proof/vol	proof per volume	
1429	proof/mass	proof per mass	
1430	lb/ImpGal	pound per gallon (Imperial)	
1431	kcal <sub>th</sub> /s	kilocalorie per second	
1432	kcal <sub>th</sub> /min	kilocalorie per minute	
1433	kcal <sub>th</sub> /h	kilocalorie per hour	
1434	kcal <sub>th</sub> /d	kilocalorie per day	
1435	Mcal <sub>th</sub> /s	megacalorie per second	
1436	Mcal <sub>th</sub> /min	megacalorie per minute	
1437	Mcal <sub>th</sub> /d	megacalorie per day	
1438	kJ/s	kilojoule per second	
1439	kJ/min	kilojoule per minute	
1440	kJ/h	kilojoule per hour	
1441	kJ/d	kilojoule per day	
1442	MJ/s	megajoule per second	
1443	MJ/min	megajoule per minute	
1444	MJ/d	megajoule per day	
1445	Btu <sub>th</sub> /s	British thermal unit per second	
1446	Btu <sub>th</sub> /min	British thermal unit per minute	
1447	Btu <sub>th</sub> /day	British thermal unit per day	
1448	μgal/s	microgallon (U.S.) per second	
1449	mgal/s	milligallon (U.S.) per second	
1450	kgal/s	kilogallon (U.S.) per second	
1451	Mgal/s	megagallon (U.S.) per second	
1452	μgal/min	microgallon (U.S.) per minute	
1453	mgal/min	milligallon (U.S.) per second	
1454	kgal/min	kilogallon (U.S.) per minute	
1455	Mgal/min	megagallon (U.S.) per minute	
1456	μgal/h	microgallon (U.S.) per hour	
1457	mgal/h	milligallon (U.S.) per hour	
1458	kgal/h	kilogallon (U.S.) per hour	
1459	Mgal/h	megagallon (U.S.) per hour	
1460	μgal/d	microgallon (U.S.) per day	
1461	mgal/d	milligallon (U.S.) per day	
1462	kgal/d	kilogallon (U.S.) per day	
1463	μImpGal/s	microgallon (Imperial) per second	
1464	mImpGal/s	milligallon (Imperial) per second	
1465	kImpGal/s	kilogallon (Imperial) per second	
1466	MImpGal/s	megagallon (Imperial) per second	
1467	μImpGal/min	microgallon (Imperial) per minute	
1468	mImpGal/min	milligallon (Imperial) per minute	
1469	kImpGal/min	kilogallon (Imperial) per minute	
1470	MImpGal/min	megagallon (Imperial) per minute	
1471	μImpGal/h	microgallon (Imperial) per hour	
1472	mImpGal/h	milligallon (Imperial) per hour	
1473	kImpGal/h	kilogallon (Imperial) per hour	
1474	MImpGal/h	megagallon (Imperial) per hour	
1475	μImpGal/d	microgallon (Imperial) per day	
1476	mImpGal/d	milligallon (Imperial) per day	
1477	kImpGal/d	kilogallon (Imperial) per day	
1478	MImpGal/d	megagallon (Imperial) per day	
1479	μbbl/s	microbarrel per second	
1480	mbbl/s	millibarrel per second	
1481	kbbl/s	kilobarrel per second	
1482	Mbbl/s	megabarrel per second	
1483	μbbl/min	microbarrel per minute	
1484	mbbl/min	millibarrel per minute	
1485	kbbl/min	kilobarrel per minute	

Value	Symbol	Description	Equivalence
1486	Mbbl/min	megabarrel per minute	
1487	µbbl/h	microbarrel per hour	
1488	mbbl/h	millibarrel per hour	
1489	kbbl/h	kilobarrel per hour	
1490	Mbbl/h	megabarrel per hour	
1491	µbbl/d	microbarrel per day	
1492	mbbl/d	millibarrel per day	
1493	kbbl/d	kilobarrel per day	
1494	Mbbl/d	megabarrel per day	
1495	µm <sup>3</sup> /s	cubic micrometer per second	
1496	mm <sup>3</sup> /s	cubic millimeter per second	
1497	km <sup>3</sup> /s	cubic kilometer per second	
1498	Mm <sup>3</sup> /s	cubic megameter per second	
1499	µm <sup>3</sup> /min	cubic micrometer per minute	
1500	mm <sup>3</sup> /min	cubic millimeter per minute	
1501	km <sup>3</sup> /min	cubic kilometer per minute	
1502	Mm <sup>3</sup> /min	cubic megameter per minute	
1503	µm <sup>3</sup> /h	cubic micrometer per hour	
1504	mm <sup>3</sup> /h	cubic millimeter per hour	
1505	km <sup>3</sup> /h	cubic kilometer per hour	
1506	Mm <sup>3</sup> /h	cubic megameter per hour	
1507	µm <sup>3</sup> /d	cubic micrometer per day	
1508	mm <sup>3</sup> /d	cubic millimeter per day	
1509	km <sup>3</sup> /d	cubic kilometer per day	
1510	Mm <sup>3</sup> /d	cubic megameter per day	
1511	cm <sup>3</sup> /s	cubic centimeter per second	
1512	cm <sup>3</sup> /min	cubic centimeter per minute	
1513	cm <sup>3</sup> /h	cubic centimeter per hour	
1514	cm <sup>3</sup> /d	cubic centimeter per day	
1515	kcal <sub>th</sub> /kg	kilocalorie per kilogram	
1516	Btu <sub>th</sub> /lb	British thermal unit per pound	
1517	kL	kiloliter	
1518	kL/min	kiloliter per minute	
1519	kL/h	kiloliter per hour	
1520	kL/d	kiloliter per day	
1521	vendor-specific 1521		
1522	vendor-specific 1522		
1523	vendor-specific 1523		
1524	vendor-specific 1524		
1525	vendor-specific 1525		
1526	vendor-specific 1526		
1527	vendor-specific 1527		
1528	vendor-specific 1528		
1529	vendor-specific 1529		
1530	vendor-specific 1530		
1531	vendor-specific 1531		
1532	vendor-specific 1532		
1533	vendor-specific 1533		
1534	vendor-specific 1534		
1535	vendor-specific 1535		
1536	vendor-specific 1536		
1537	vendor-specific 1537		
1538	vendor-specific 1538		
1539	vendor-specific 1539		
1540	vendor-specific 1540		
1541	vendor-specific 1541		
1542	vendor-specific 1542		
1543	vendor-specific 1543		
1544	vendor-specific 1544		
1545	vendor-specific 1545		
1546	vendor-specific 1546		
1547	vendor-specific 1547		

Value	Symbol	Description	Equivalence
1548	vendor-specific 1548		
1549	vendor-specific 1549		
1550	vendor-specific 1550		
1551	S/cm	siemens per centimeter	
1552	$\mu\text{S}/\text{cm}$	microsiemens per centimeter	
1553	mS/m	millisiemens per meter	
1554	$\mu\text{S}/\text{m}$	microsiemens per meter	
1555	M $\Omega$ ·cm	Megohm centimeter	
1556	k $\Omega$ ·cm	kilohm centimeter	
1557	Gew%	Gewichtsprozent	
1558	mg/L	milligram per liter	
1559	$\mu\text{g}/\text{L}$	microgram per liter	
1560	%Sät		
1561	vpm		
1562	%vol	Volume percent	
1563	ml/min	milliliter per minute	
1564	mg/dm <sup>3</sup>	milligram per cubic decimeter	
1565	mg/L	milligram per liter (do not use in new projects; use 1558)	
1566	mg/m <sup>3</sup>	milligram per cubic meter	
1567	ct	carat (jewel)	= 200.0·10 <sup>-6</sup> kg
1568	lb (tr)	pound (troy or apothecary)	= 0.3732417216 kg
1569	oz (tr)	ounce (troy or apothecary)	= 1/12 lb (tr)
1570	fl oz (U.S.)	ounce (U.S. fluid)	= (1/128) gal
1571	cm <sup>3</sup>	cubic centimeter	= 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup>
1572	af	acre foot	= 43560 ft <sup>3</sup>
1573	m <sup>3</sup> normal	Normal cubic meter (0°C, 1atm = 101325Pa)	
1574	L normal	Normal liter (0°C, 1atm = 101325PA)	
1575	m <sup>3</sup> std.	Standard cubic meter (20°C, 1atm = 101325Pa)	
1576	L std.	Standard liter (20°C, 1atm = 101325PA)	
1577	ml/s	milliliter per second	
1578	ml/h	milliliter per hour	
1579	ml/d	milliliter per day	
1580	af/s	acre foot per second	
1581	af/min	acre foot per minute	
1582	af/h	acre foot per hour	
1583	af/d	acre foot per day	
1584	fl oz (U.S.)/s	ounce (U.S. fluid) per second	
1585	fl oz (U.S.)/min	ounce (U.S. fluid) per minute	
1586	fl oz (U.S.)/h	ounce (U.S. fluid) per hour	
1587	fl oz (U.S.)/d	ounce (U.S. fluid) per day	
1588	m <sup>3</sup> /s normal	Normal cubic meter per second (0°C, 1atm = 101325Pa)	
1589	m <sup>3</sup> /min normal	Normal cubic meter per minute (0°C, 1atm = 101325Pa)	
1590	m <sup>3</sup> /h normal	Normal cubic meter per hour (0°C, 1atm = 101325Pa)	
1591	m <sup>3</sup> /d normal	Normal cubic meter per day (0°C, 1atm = 101325Pa)	
1592	L/s normal	Normal liter per second (0°C, 1atm = 101325PA)	
1593	L/min normal	Normal liter per minute (0°C, 1atm = 101325PA)	
1594	L/h normal	Normal liter per hour (0°C, 1atm = 101325PA)	
1595	L/d normal	Normal liter per day (0°C, 1atm = 101325PA)	

Value	Symbol	Description	Equivalence
1596	m <sup>3</sup> /s std.	Standard cubic meter per second (20°C, 1 atm = 101325Pa)	
1597	m <sup>3</sup> /min std.	Standard cubic meter per minute (20°C, 1 atm = 101325Pa)	
1598	m <sup>3</sup> /h std.	Standard cubic meter per hour (20°C, 1 atm = 101325Pa)	
1599	m <sup>3</sup> /d std.	Standard cubic meter per day (20°C, 1 atm = 101325Pa)	
1600	L/s std.	Standard liter per second (20°C, 1 atm = 101325PA)	
1601	L/min std.	Standard liter per minute (20°C, 1 atm = 101325PA)	
1602	L/h std.	Standard liter per hour (20°C, 1 atm = 101325PA)	
1603	L/d std.	Standard liter per day (20°C, 1 atm = 101325PA)	
1604	ft <sup>3</sup> /s std.	standard cubic foot per second	
1605	ft <sup>3</sup> /d std.	standard cubic foot per day	
1606	oz/s	ounce per second	
1607	oz/min	ounce per minute	
1608	oz/h	ounce per hour	
1609	oz/d	ounce per day	
1610	Pa <sub>a</sub>	pascal absolute	
1611	Pa <sub>g</sub>	pascal gauge	
1612	GPa <sub>a</sub>	gigapascal absolute	
1613	GPa <sub>g</sub>	gigapascal gauge	
1614	MPa <sub>a</sub>	megapascal absolute	
1615	MPa <sub>g</sub>	megapascal gauge	
1616	kPa <sub>a</sub>	kilopascal absolute	
1617	kPa <sub>g</sub>	kilopascal gauge	
1618	mPa <sub>a</sub>	millipascal absolute	
1619	mPa <sub>g</sub>	millipascal gauge	
1620	µPa <sub>a</sub>	micropascal absolute	
1621	µPa <sub>g</sub>	micropascal gauge	
1622	hPa <sub>a</sub>	hectopascal absolute	
1623	hPa <sub>g</sub>	hectopascal gauge	
1624	gf/cm <sup>2</sup> <sub>a</sub>	gram-force per square centimeter absolute	
1625	gf/cm <sup>2</sup> <sub>g</sub>	gram-force per square centimeter gauge	
1626	kgf/cm <sup>2</sup> <sub>a</sub>	kilogram-force per square centimeter absolute	
1627	kgf/cm <sup>2</sup> <sub>g</sub>	kilogram-force per square centimeter gauge	
1628	SD4°C	standard density at 4°C	
1629	SD15°C	standard density at 15°C	
1630	SD20°C	standard density at 20°C	
1631	PS	metric horsepower (Pferdestärke)	= 735.49875 W
1632	ppt	parts per trillion	= 10 <sup>-12</sup>
1633	hl/s	hectoliter per second	
1634	hl/min	hectoliter per minute	
1635	hl/h	hectoliter per hour	
1636	hl/d	hectoliter per day	
1637	bbl (liq)/s	barrel (U.S. liquid) per second	
1638	bbl (liq)/min	barrel (U.S. liquid) per minute	
1639	bbl (liq)/h	barrel (U.S. liquid) per hour	
1640	bbl (liq)/d	barrel (U.S. liquid) per day	
1641	bbl (fed)	barrel (U.S. federal)	= 31 gal
1642	bbl (fed)/s	barrel (U.S. federal) per second	
1643	bbl (fed)/min	barrel (U.S. federal) per minute	
1644	bbl (fed)/h	barrel (U.S. federal) per hour	
1645	bbl (fed)/d	barrel (U.S. federal) per day	
1646	Reserved		

Value	Symbol	Description	Equivalence
	...		
1994	Reserved		
1995	Textual unit definition		
1996	Not used		
1997	None		
1998	unknown		
1999	special		
2000 ... 32767	Reserved		
32768 ... 65535	Manufacturer specific		

Tabela 2.31- Tabela de unidades.

## 3 PROFIBUS - MEIO FÍSICO

No modelo de referência ISO/OSI, a camada 1 define o método de transmissão de dados físico, elétrico e mecânico. Isto inclui o tipo de codificação e o padrão de transmissão utilizado. A camada 1 é chamada de camada física.

O Profibus fornece diferentes versões da camada 1 quanto a tecnologia de transmissão (veja tabela 3.1). Todas as versões são baseadas em padrões internacionais e estão declaradas para Profibus em ambas as normas IEC 61158 e IEC 61784.

Conjunto de Perfis	Link de Dados	Camada Física	Implementação
Perfil 3/1	Subconjuntos da IEC 61158 Transmissão assíncrona	RS485 Plastic fiber Glass fiber PCF fiber	PROFIBUS
Perfil 3/2	Subconjuntos da IEC 61158 Transmissão síncrona	MBP	PROFIBUS
Perfil 3/3	ISO/IEC8802-3 TCP/UDP/IP/Ethernet	ISO/IEC 8802-3	PROFINet

Tabela 3.1- Propriedades da família do perfil de comunicação CPF3  
(CPF – Communication Profile Families, Profibus).

A aplicação de um sistema de comunicação industrial é amplamente influenciada pela escolha do meio de transmissão disponível. Assim sendo, aos requisitos de uso genérico, tais como alta confiabilidade de transmissão, grandes distâncias a serem cobertas e alta velocidade de transmissão, somam-se as exigências específicas da área automação de processos, tais como operação em área classificada, transmissão de dados e alimentação no mesmo meio físico, dentre outras.

Partindo-se do princípio de que não é possível atender a todos estes requisitos com um único meio de transmissão, existem atualmente três tipos básicos de meio físicos de comunicação disponíveis no Profibus:

- **RS485** - para uso universal, em especial em sistemas de automação da manufatura;
- **IEC 61158-2** - para aplicações em sistemas de automação em controle de processo;
- **Fibra Ótica** - para aplicações em sistemas que demandam grande imunidade às interferências e grandes distâncias.

*Obs: Atualmente, produtos com tecnologia infravermelho e wireless já estão disponíveis.*

*Links* e acopladores são dispositivos para acoplamento entre vários meios de transmissão. Enquanto o termo Acoplador (*Coupler*) aplica-se a dispositivos que implementam o protocolo somente no que refere-se ao meio físico de transmissão, o termo *Link* aplica-se aos dispositivos inteligentes que oferecem maiores opções na operação entre sub-redes.

### 3.1. RS485

O padrão RS485 é a tecnologia de transmissão mais frequentemente encontrada no Profibus. Sua aplicação inclui todas as áreas nas quais uma alta taxa de transmissão, aliada a uma instalação simples e barata, se faz necessária. Um par trançado de cobre blindado com um único par condutor é o suficiente neste caso.

A tecnologia de transmissão RS485 é muito fácil de ser manuseada. O uso de par trançado não requer nenhum conhecimento ou habilidade especial. A topologia, por sua vez, permite a adição e remoção de estações, bem como um *start-up* do tipo passo-a-passo, sem afetar outras estações. Expansões futuras, portanto, podem ser implementadas sem afetar as estações que já se encontram em operação.

Uma nova opção é a possibilidade do RS485 também operar em áreas intrinsecamente seguras (RS485-IS, veja explanação no final desta seção).

Taxas de transmissão entre 9.6 kbits/s e 12 Mbits/s podem ser selecionadas, porém uma única taxa de transmissão é selecionada para todos os dispositivos no barramento, quando o sistema é inicializado. Redes Profibus-DP trocam dados segundo a codificação NRZ (*Non-Return to Zero*), onde o nível lógico do sinal não se altera durante a transmissão de bits 0 e 1. No Profibus, um caractere é formado por 11 bits (1 *start bit*, 8 bits de dados, 1 bit de paridade e 1 *stop bit*). Quando a linha está ociosa, o nível lógico correspondente ao bit 1 é mantido, e só se modifica para o nível 0 quando se inicia um novo *start bit*.

Até 32 estações podem ser conectadas diretamente, sendo que o máximo comprimento de linha permitido depende da taxa de transmissão. Estas e outras propriedades estão resumidas na tabela 3.3.

### CABEAMENTO

Todos os dispositivos são ligados a uma estrutura de tipo barramento linear. Até 32 estações (mestres ou escravos) podem ser conectadas a um único segmento. O barramento contém um circuito terminador ativo no início e no fim de cada segmento. Para assegurar uma operação livre de erros, ambas as terminações do barramento devem estar sempre ativas, garantindo-se assim potencial pré-determinado de circuito aberto no barramento.

Normalmente estes terminadores encontram-se nos próprios conectores de barramento ou nos dispositivos de campo, acessíveis através de uma *dip-switch*. No caso em que exista a necessidade de se conectar mais de 32 estações, ou no caso em que a distância total entre as estações ultrapassar um determinado limite, devem ser utilizados repetidores (*repeaters*) para interconectar diferentes segmentos do barramento.

A tabela 3.3 indica a pinagem completa em conectores Profibus:

Pino	Sinal	Significado
1	Shield	Blindagem
2	M24	Referência para 24V
3	RxD/TxD-P *	Receive/Transmission +
4	CNTR-P	Sinal de controle para repetidores (direção)
5	DGND *	Referência para 5V
6	VP *	+5V
7	P24	+24V
8	RxD/TxD-N *	Receive/Transmission -
9	CNTR-N	Sinal de controle para repetidores (direção)

\* Sinais obrigatórios

Tabela 3.2 - Pinagem em conectores SUB D de 9 pinos.

A blindagem do cabo deve ser conectada a cada dispositivo Profibus-DP para prevenir o acoplamento de ruídos eletromagnéticos no sinal. Cada estação escrava deve possuir, portanto, um conector fêmea DB de 9 pinos e fornecer para a linha os potenciais de 5V (VP) e DGND através dos pinos 6 e 5, de forma a ser adequada à operação dos terminadores de linha.

O sinal 5V (VP) deve ser capaz de entregar no mínimo 10 mA para alimentar os terminadores de linha, que podem estar fisicamente localizados no conector (usualmente) ou no próprio dispositivo.

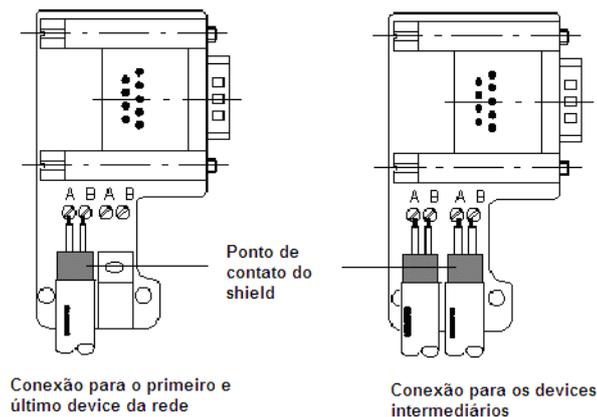


Figura 3.1 – Conector Profibus-DP DB9.

No caso de redes com taxas de comunicação superiores a 1.5 Mbits/s, a seguinte configuração de terminação deve ser utilizada para compensar reflexões de sinal causadas pela carga capacitiva das estações:

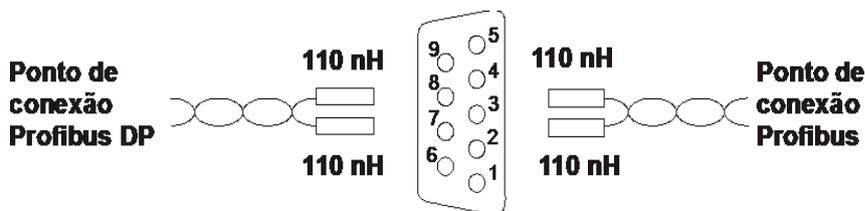


Figura 3.2 – Ligação de conectores e indutores na rede Profibus-DP.

As características desejáveis de um cabo Profibus-DP são:

- Área condutora: 0.34 mm<sup>2</sup> (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.

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

Tabela 3.3 – Taxa de transmissão e alcance para cabo tipo A.

A capacitância típica de um dispositivo Profibus-DP conectado (conector, driver RS485, componentes etc.) é de 15 pF a 25 pF. Se um conector alternativo ao DB9 fêmea for utilizado, o fabricante deverá garantir que os níveis de reflexão não extrapolem os limites definidos por norma. Cabos e conectores para Profibus são oferecidos por uma extensa gama de fabricantes.

Durante a instalação, observe atentamente a polaridade dos sinais (positiva e negativa) de dados (pinos 3 e 8). O uso da blindagem é absolutamente essencial para se obter alta imunidade contra interferências eletromagnéticas. A blindagem por sua vez deve ser conectada ao sistema de aterramento em ambos os lados através de bornes de aterramento adequados.

Adicionalmente recomenda-se que os cabos de comunicação sejam mantidos separados dos cabos de alta tensão. O uso de derivação deve ser evitado para taxas de transmissão acima de 1,5 Mbits/s. Os conectores disponíveis no mercado hoje permitem que o cabo do barramento entre e saia diretamente no conector, possibilitando a um dispositivo ser conectado e desconectado da rede sem interromper a comunicação.

Nota-se que quando problemas ocorrem em uma rede Profibus, cerca de 90% dos casos são provocados por incorreta ligação e/ou instalação. Estes problemas podem ser facilmente solucionados com o uso de equipamentos de teste, os quais detectam falhas nas conexões.

É possível conectar até 126 estações em um sistema Profibus. Para ser capaz de operar com este número de estações, o sistema deve ser dividido em segmentos individuais, conectados por repetidores. Um repetidor, estação escrava, processa o sinal com a finalidade de identificar a comunicação entre estações em segmentos distintos.

Em cada segmento podem se conectar até 32 estações, inclusive o repetidor. É possível configurar segmentos sem estações, de forma a cobrir longas distâncias. Com o uso de fibras óticas, é possível que estações escravos se distanciem em torno de alguns quilômetros. A Vivace disponibiliza um repetidor ótico para Profibus-PA.

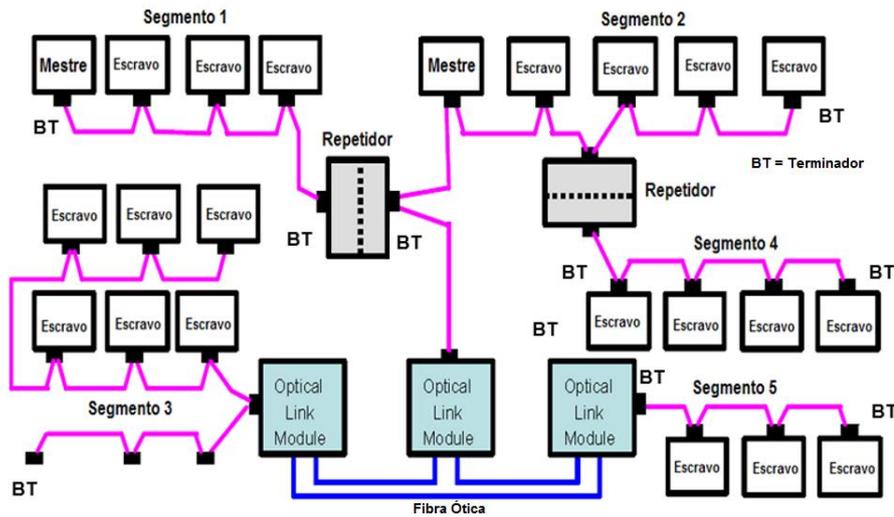


Figura 3.3 – Repetidores, terminadores e link óticos.

### PADRÃO RS485-IS

Houve uma grande demanda entre os usuários no apoio ao uso de RS485 com suas taxas de transmissão rápidas em áreas intrinsecamente seguras. O PNO formulou uma diretriz para a configuração de soluções RS485 em áreas intrinsecamente seguras com simples troca de dispositivo.

A especificação da interface detalha os níveis para corrente e tensão que devem ser aderidas por todas as estações para assegurar funcionamento seguro durante a operação. Um circuito elétrico permite a máxima corrente a um nível de tensão especificado. Ao conectar fontes ativas, a soma das correntes de todas as estações não deve exceder a máxima corrente permitida.

Uma inovação do conceito RS485-IS é que, ao contrário do modelo FISCO (veja adiante), que somente tem uma fonte intrinsecamente segura, todas as estações agora representam fontes ativas. As contínuas investigações da agência de teste nos levam a esperar que seja possível conectar até 32 estações ao barramento intrinsecamente seguro.

A especificação dos detalhes da interface e os níveis para corrente e tensão, que precisam ser aderidos para todas as estações, devem assegurar um funcionamento seguro durante a operação.

Vejam algumas características:

▶ **Áreas perigosas (Ex i)**

- RS485-IS: cada estação representa fontes ativas;
- Tensão de saída máxima ( $U_0$ ) = 4.2V;
- $L/R < 15\mu H/\Omega$  (Cabo);
- $\Sigma I_0 = 4.8A$ ;
- Equipamentos, *Couplers*, *Links* e Terminadores devem atender à classificação;
- A máxima corrente de um equipamento DP-IS é  $4.2V / 32 = 0.149A$ ;
- A corrente restante de 32 mA é reservada para os 2 BTs ativos;
- A resistência limitante da corrente vale  $4.2 / 0.149 = 28.3 \Omega$ ;
- Máximo *baud rate*: 1.5Mbits/s.

A figura 3.4 detalha a terminação para a RS485-IS:

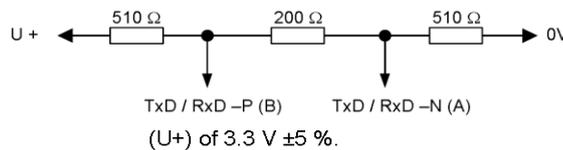


Figura 3.4 – Terminador RS485-IS.

Para detalhes de *shield* e aterramento, veja a figura 3.5.

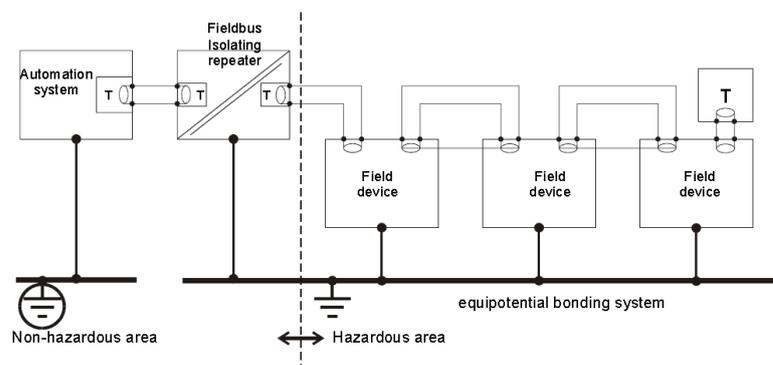


Figura 3.5 – Shield e aterramento no RS485-IS.

Em resumo, o que devemos verificar em termos de RS485-IS:

- Os manuais de cada dispositivo estão de acordo com PTB-Mitteilungen/1/;
- Todos os dispositivos estão de acordo com os guias do PNO (Certificado);
- O cabo utilizado está de acordo com as especificações do cabo tipo A (IEC 61158/IEC61784 /3/) (L', C' and R');
- O cabo atende às regulações à prova de explosão (EN 50014 /19/, EN 50020 /5/ e EN 60079-14 /7/, em termos de instalação, diâmetro mínimo do condutor etc);
- A máxima corrente de cada dispositivo DP-IS é  $\leq 0.149A$  e que a corrente para cada BT é  $\leq 16mA$ ;
- O número máximo de dispositivos é 32 por segmento;
- A tensão de saída máxima é  $(U_o) = 4.2V$ ;
- $L/R < 15\mu H/\Omega$  (Cabo);
- $\Sigma I_o \leq 4.8A$ ;
- Máximo *baud rate*: 1.5 Mbits/s ;
- A distância máxima em função do *baud rate*.

**Para maiores detalhes consulte a documentação da Profibus International.**

## 3.2. MEIO DE TRANSMISSÃO IEC 61158-2

O Profibus-PA é a solução Profibus que atende os requisitos da automação de processos, onde se tem a conexão de sistemas de automação e sistemas de controle de processo com equipamentos de campo, tais como: transmissores de pressão, temperatura, conversores, posicionadores, dentre outros. Pode ser usada em substituição ao padrão 4 a 20 mA.

Existem vantagens potenciais da utilização dessa tecnologia, onde resumidamente destacam-se as vantagens funcionais (transmissão de informações confiáveis, tratamento de status das variáveis, sistema de segurança em caso de falha, equipamentos com capacidades de auto-diagnóstico, faixa de trabalho dos equipamentos, alta resolução nas medições, integração com controle discreto em alta velocidade, aplicações em qualquer segmento, dentre outras).

Além dos benefícios econômicos pertinentes às instalações (redução de até 40% em alguns casos, em relação aos sistemas convencionais), custos de manutenção (redução de até 25% em alguns casos, em relação aos sistemas convencionais) e menor tempo de **startup**, oferece ainda um aumento significativo em funcionalidade e segurança.

O Profibus-PA permite a medição e controle por uma linha a dois fios simples, podendo ainda alimentar os equipamentos de campo em áreas intrinsecamente seguras. Além disso, possibilita a manutenção e conexão/desconexão de equipamentos até mesmo durante a operação, sem interferir em outras estações em áreas potencialmente explosivas.

O Profibus-PA foi desenvolvido em cooperação com os usuários da Indústria de Controle e Processo (NAMUR), satisfazendo as exigências especiais dessa área de aplicação:

- Perfil original da aplicação para a automação do processo e interoperabilidade dos equipamentos de campo dos diferentes fabricantes;
- Adição e remoção de estações de barramentos mesmo em áreas intrinsecamente seguras, sem influência para outras estações;
- Comunicação transparente através dos acopladores de segmento entre o barramento de automação do processo Profibus-PA e o barramento de automação industrial Profibus-DP;
- Alimentação e transmissão de dados sobre o mesmo par de fios baseado na tecnologia IEC 61158-2;
- Uso em áreas potencialmente explosivas com blindagem explosiva tipo “intrinsecamente segura” ou “sem segurança intrínseca”.

A transmissão síncrona, em conformidade à norma IEC 61158-2, possui uma taxa de transmissão definida em 31,25 Kbits/s, e veio a atender os requisitos das indústrias químicas e petroquímicas. Permite, além de segurança intrínseca, que os dispositivos de campo sejam energizados pelo próprio barramento, possibilitando que a tecnologia seja utilizada em áreas classificadas.

As opções e limites do Profibus com tecnologia de transmissão IEC 61158-2 para uso em áreas potencialmente explosivas são definidas pelo modelo FISCO (*Fieldbus Intrinsically Safe Concept*). O modelo FISCO foi desenvolvido pelo instituto alemão PTB - *Physikalisch Technische Bundesanstalt* (Instituto Tecnológico de Física) e é hoje internacionalmente reconhecido como o modelo básico para barramentos em áreas classificadas.

A transmissão é frequentemente referida como H1 e se baseia nos seguintes princípios:

- Cada segmento possui somente uma fonte de energia, a fonte de alimentação;
- Alimentação não é fornecida ao barramento enquanto uma estação está enviando um sinal;
- Os dispositivos de campo consomem uma corrente básica constante quando em estado de repouso;
- Os dispositivos de campo agem como consumidores passivos de corrente (*sink*);
- Uma terminação passiva de linha é necessária, em ambos os fins da linha principal do barramento;
- Topologias linear, árvore e estrela são permitidas.

No caso da modulação, supõe-se uma corrente básica de pelo menos 10 mA consumida por cada dispositivo no barramento. Através da energização do barramento, esta corrente alimenta os dispositivos de campo e os sinais de comunicação são gerados pelo dispositivo, que os enviará, por modulação de + /- 9 mA, sobre a corrente básica.

<b>Transmissão de Dados</b>	Digital, sincronizado a bit, código Manchester
<b>Taxa de Transmissão</b>	31,25 kbits/s, modo tensão
<b>Segurança de Dados</b>	Preâmbulo, start e end limiter e FSC (frame check sequence)
<b>Cabos</b>	Par trançado blindado
<b>Alimentação</b>	Via barramento ou externa (9-32 Vdc)
<b>Classe Proteção à Explosão</b>	Segurança Intrínseca (Eex ia/ib) e invólucro (Eex d/m/p/q)
<b>Topologia</b>	Linha ou árvore, ou combinadas.
<b>Número de Estações</b>	Até 32 estações por segmento, máximo de 126
<b>Distância Máxima sem repetidor</b>	1900 m (Cabo tipo A)
<b>Repetidores</b>	Até 4 repetidores

Tabela 3.4 - Características da IEC 61158-2.

Para operar uma rede Profibus em área classificada é necessário que todos os componentes utilizados na área classificada sejam aprovados e certificados de acordo com o modelo FISCO e IEC 61158-2 por organismos certificadores autorizados, tais como PTB, BVS (Alemanha), CEPEL, UL, FM (EUA).

Se todos os componentes utilizados forem certificados e as regras para seleção da fonte de alimentação, comprimento de cabo e terminadores forem observadas, então nenhum tipo de aprovação adicional do sistema será requerida para o comissionamento da rede Profibus.

## FISCO

- $R' = 15 \dots 150 \text{ Ohm/km}$ ;
- $L' = 0,4 \dots 1 \text{ mH/km}$ ;
- $C' = 80 \dots 200 \text{ nF/km}$ .
- Cabo tipo A = 0,8 mm<sup>2</sup> (AWG18)
- Terminadores:
  - $R = 90 \dots 100 \text{ Ohms}$
  - $C = 0 \dots 2.2 \text{ }\mu\text{F}$

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 ( $R'$ ,  $L'$  e  $C'$ ) e terminadores, atendendo a categorias e grupos de gases com uma simples avaliação da instalação envolvendo segurança intrínseca.

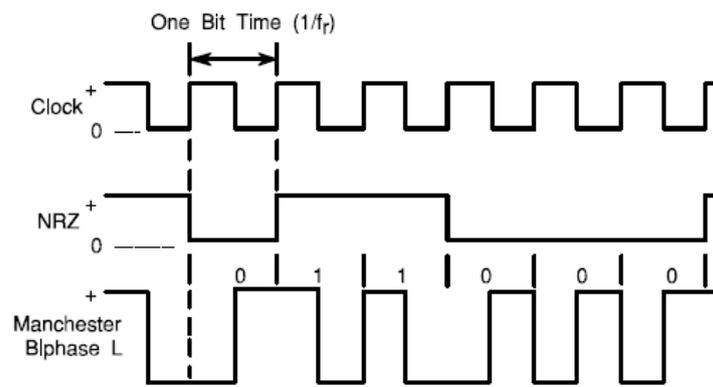


Figura 3.6 – Exemplo de sinal Profibus-PA em modo tensão.

Com isto, aumentou-se a capacidade de corrente por segmento, facilitando a avaliação pelo usuário. Além disso, ao adquirir produtos certificados, o usuário não precisa preocupar-se mais com cálculos, mesmo em substituição durante a operação.

A transmissão de um equipamento tipicamente fornece 10 mA a 31,25 kbit/s em uma carga equivalente de 50  $\Omega$ , criando um sinal de tensão modulado de 750 mV a 1000mV pico a pico. A fonte de alimentação deve fornecer de 9 a 32 Vdc, porém em aplicações seguras (IS) deve-se atender os requisitos das barreiras de segurança intrínseca.

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

## INSTRUÇÕES DE INSTALAÇÃO PARA O IEC 61158-2

Normalmente, na sala de controle estão localizados os sistemas de controle de processo, bem como dispositivos de monitoração e operação interconectados através do padrão RS485. No campo, acopladores (*couplers*) ou *links* adaptam os sinais do segmento RS485 aos sinais do segmento IEC 61158-2. Eles também fornecem a corrente para alimentação remota dos dispositivos de campo. A fonte de alimentação limita a corrente e tensão no segmento IEC 61158-2.

Os acopladores de segmento (*couplers*) são conversores de sinal que adaptam os sinais RS485 ao nível do sinal IEC 61158-2. Do ponto de vista do protocolo os acopladores são transparentes. Se acopladores de segmento são utilizados, a velocidade do segmento RS485 ficará limitada no máximo a 45,45 kbit/s ou 93,75 kbit/s, ou ainda até 12 Mbit/s em se tratando de *couplers* de alta velocidade.

Os *links*, por sua vez, possuem sua própria inteligência intrínseca. Eles tornam todos os dispositivos conectados ao segmento IEC 61158-2 em um único dispositivo escravo no segmento RS485. Neste caso não existe limitação de velocidade no segmento RS485, o que significa que é possível implementar redes rápidas, por exemplo, para funções de controle, incluindo dispositivos de campo conectados em IEC 61158-2. Além disso, aumentam a capacidade de endereçamento.

A rede Profibus-PA permite estruturas em árvore ou linha, ou ainda uma combinação das duas. A combinação geralmente otimiza o comprimento do *bus* e permite a adaptação de um sistema eventualmente existente.

<b>Cabo</b>	Par trançado blindado
<b>Área do Condutor</b>	0,8 mm <sup>2</sup> (AWG 18)
<b>Resistência de Loop</b>	44 Ohms/Km
<b>Impedância a 31.25 kHz</b>	100 Ohms +/-20%
<b>Atenuação a 39 kHz</b>	3 dB/Km
<b>Capacitância Assimétrica</b>	2 nF/Km

Tabela 3.5 - Especificação do cabo para IEC 61158-2.

Em uma estrutura linear, os equipamentos de campos são conectados ao cabo principal através de conectores do tipo T ou das chamadas caixas de junções. A estrutura em árvore pode ser comparada à técnica clássica de instalação em campo. O cabo multivias pode ser substituído pelo par trançado do barramento. O painel de distribuição continua a ser utilizado para a conexão dos dispositivos de campo e para a instalação dos terminadores de barramento. Quando uma estrutura em árvore é utilizada, todos os dispositivos de campo conectados ao segmento de rede são interligados em paralelo ao distribuidor.

Independentemente da topologia utilizada, o comprimento da derivação da ligação deverá ser considerado no cálculo do comprimento total do segmento. Uma derivação não deve ultrapassar 30 m em aplicações intrinsecamente seguras.

Um par de fios blindados é utilizado como meio de transmissão. Ambas as terminações do cabo devem possuir um terminador passivo de linha, que consiste em um elemento RC (um resistor em série de 100 Ohm e um capacitor de 1  $\mu$ F). Tanto os *couplers* quanto os *links* podem possuir o terminador de barramento integrados. O número de estações que podem ser conectadas a um segmento é limitado a 32. Este número pode ser mais reduzido em função do tipo de classe de proteção a explosões.

Em redes intrinsecamente seguras, tanto a tensão máxima quanto a corrente máxima de alimentação são especificadas dentro de limites claramente definidos. Observe que, mesmo nos casos em que a segurança intrínseca não é utilizada, a potência da fonte de alimentação é limitada.

Tipo	Área de Aplicação	Alimentação	Corrente Máxima	Potência Máxima	No. Típico de Estações
I	EEX ia/ib IIC	13,5 V	110 mA	1,8 W	8
II	EEx ib IIC	13,5 V	110 mA	1,8 W	8
III	Eex ib IIB	13,5 V	250 mA	4,2 W	22
IV	Não intrinsecamente seguro	24,0 V	500 mA	12,0 W	32

Importante: Esta especificação é baseada em uma corrente de consumo de 10 mA por equipamento de campo Profibus-PA.

Tabela 3.6- Alimentação padrão.

De modo geral, para determinar o comprimento máximo do barramento, calcula-se a corrente consumida pelos dispositivos de campo, seleciona-se uma unidade de alimentação, conforme a tabela 3.6, e determina-se o comprimento para o tipo de cabo selecionado conforme a tabela 3.7.

A corrente necessária é obtida da soma das correntes básicas dos dispositivos de campo do segmento selecionado, somada à uma reserva de corrente de 9 mA por segmento, destinado para a operação do FDE (Corrente consumida pelo equipamento quando em falha). O FDE evita que dispositivos defeituosos bloqueiem o barramento permanentemente.

		Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo IV	Tipo IV
<b>Tensão</b>	V	13,5	13,5	13,5	24	24	24
<b>Soma das correntes necessárias</b>	mA	≤110	≤110	≤250	≤110	≤250	≤500
<b>Comprimento da linha para 0.8 mm<sup>2</sup></b>	m	≤900	≤900	≤400	≤1900	≤1300	≤650
<b>Comprimento da linha para 1.5 mm<sup>2</sup></b>	m	≤1000	≤1500	≤500	≤1900	≤1900	≤1900

Tabela 3.7 - Comprimentos de linha para IEC 61158-2.

A conexão em um barramento intrinsecamente seguro com equipamentos de campo alimentados pelo próprio barramento e equipamentos alimentados externamente é possível, desde que os dispositivos alimentados externamente estejam equipados com isolamento apropriado de acordo com EN 50020. Deve ser considerada, entretanto, no cálculo da corrente total, a corrente que o dispositivo com alimentação externa consome do barramento.

## TIPOS DE CABO RECOMENDADOS PARA PROFIBUS-PA

A IEC 61158-2 determina que o meio físico do Profibus-PA deve ser um par de fios trançados. As propriedades de um barramento de campo são determinadas pelas condições elétricas do cabo utilizado. Embora a IEC 61158-2 não especifique tecnicamente o tipo do cabo, o cabo tipo A é altamente recomendado a fim de garantir as melhores condições de comunicação e distâncias envolvidas.

A Tabela 3.8 apresenta em detalhes as especificações dos diversos cabos a 25 °C. Vale lembrar 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 o cabeamento é passado e se o cabo escolhido é adequado para tal temperatura. 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 <b>Shield</b>	Um ou mais pares trançados total com <b>Shield</b>	Diversos pares trançados sem <b>Shield</b>	Diversos pares não-trançados, sem <b>Shield</b>
Área de Seção do Condutor Nominal	0,8 mm <sup>2</sup> (AWG 18)	0,32 mm <sup>2</sup> (AWG 22)	0,13 mm <sup>2</sup> (AWG 26)	0,25 mm <sup>2</sup> (AWG 16)
Máxima Resistência DC ( <b>Iloop</b> )	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 μs/Km	**	**	**
Superfície Coberta pelo Shield	90%	**	-	-
Recomendação para Extensão de Rede (incluindo <b>spurs</b> )	1900 m	1200 m	400 m	200 m

Tabela 3.8 – Características dos diversos cabos utilizados em Profibus-PA.

## COMPRIMENTO TOTAL DO CABO, 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. Vale lembrar que braços menores que 1 m não entram neste cálculo.

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 cabo do tipo A, deve ser no máximo 1900 m, em áreas não-seguras. Em áreas seguras com cabo tipo A, pode chegar, no máximo, a 1000 m, considerando que os *spurs* não podem exceder 30 m.

Em termos de 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. Em comprimentos menores 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:

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

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 dos mesmos. A quantidade de equipamentos PA (devem ser considerados os repetidores, quando houver) deve estar de acordo com a Tabela 3.9. Em áreas classificadas o *spur* máximo deve ser de 30 m.

Total de equipamentos PA por segmento coupler DP/PA	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 3.9 - *Spur* x número de equipamentos PA.

Obs: O limite de capacitância do cabo deve ser considerado desde que o efeito no sinal de um *spur* seja menor que 300 m e se assemelha a um capacitor. Na ausência de dados do fabricante do cabo, um valor de 0.15 nF/m pode ser utilizado para cabos Profibus.

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

Onde:

- $C_t$ : Capacitância total em nF;
- $L_s$ : Comprimento do *spur* em m;
- $C_s$ : Capacitância do fio por segmento em nF (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:

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

Sendo que 14 dB é o que permitirá o mínimo de sinal necessário para haver condições de detectá-lo com integridade.

Existem algumas regras que devem ser seguidas, em termos do cabeamento e da separação entre outros cabos, quer sejam de sinais ou de potência. Deve-se preferencialmente utilizar bandejas ou calhas metálicas, observando as distâncias conforme a tabela 3.10.

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. Além disso, o sinal Profibus deve ser isolado de fontes de ruídos, como cabos de força, motores e inversores de frequência.

Recomenda-se colocar o cabo Profibus 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. Convém lembrar que o cruzamento entre os cabos deve ser feito em ângulo de 90°.

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

Tabela 3.10 – Distâncias mínimas de separação entre cabeamentos.

### 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.

Se houver uma caixa de junção no final do tronco principal com vários braços (*spurs*) na distribuição do cabeamento, o terminador de campo deverá ser colocado neste ponto, o que facilitará a manutenção no momento de remover equipamentos.

É preciso certificar-se da correta conexão do terminador, lembrando que a falta de terminadores proporcionam 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 também degrada o sinal, uma vez que parte do cabeamento funcionará como uma antena. Esta ausência pode aumentar em mais de 70% o sinal e um terminador a mais pode atenuar o sinal em até 30%. Atenuação e intermitência podem gerar falhas de comunicação.

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

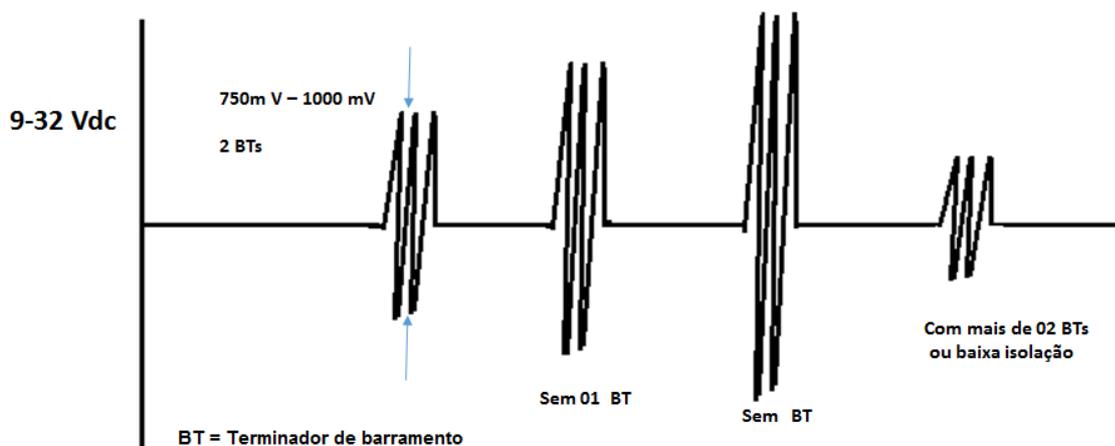


Figura 3.7 – Formas de onda típicas do Profibus-PA, de acordo com a terminação.

## SUPRESSOR DE TRANSIENTES

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, no ponto inicial e final da medição. Na prática, na horizontal, entre 50 e 100 m recomenda-se o seu uso. Esta regra também deve ser aplicada para o Profibus-DP.

É indicado instalar o protetor de transiente imediatamente após o *coupler* DP/PA, antes de cada equipamento e mesmo na caixa de junção. Em áreas classificadas, recomenda-se o uso de protetores certificados.

## FONTE DE ALIMENTAÇÃO E SINAL DE COMUNICAÇÃO PROFIBUS-PA

O consumo de energia varia de um equipamento para outro, assim como de fabricante para fabricante. É importante que a resistência do cabeamento não seja muito alta, a fim de não gerar uma queda de tensão ao longo do cabeamento. Para manter a resistência baixa são necessárias boas conexões e junções.

Em termos de sinal de alimentação, consideram-se como valores aceitáveis:

12 a 32 Vdc na saída do coupler DP/PA (depende do fabricante do <i>coupler</i> )			
Ripple (r, mv)		Sinal de comunicação (c, mVpp)	
r < 25	excelente	750 < c < 1000	Excelente.
25 < r < 50	bom, ok	c > 1000	Muito alto, pode ser que tem um terminador a menos.
50 < r < 100	marginal	c > 1500	Sem terminação.
> 100	não aceitável	c < 250	Excesso de terminação ou baixa isolação.

Tabela 3.11 – Valores de *ripple* e amplitude do sinal de comunicação Profibus-PA.

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, ainda assim permitindo uma operação adequada.

Alguns equipamentos têm polaridade, outros não, por isso é muito importante assegurar-se da correta conexão do barramento Profibus-PA aos equipamentos.

## SHIELD E ATERRAMENTO

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

- 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 Volt devem ser conectadas ao terra e galvanicamente isoladas do barramento Profibus. 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.

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

Em áreas classificadas, quando uma equalização de potencial entre a área segura e área perigosa não for possível, o *shield* deverá ser conectado diretamente ao terra (*equipotential bonding system*) somente no lado da área perigosa. Na área segura, o *shield* deverá ser conectado através de um acoplamento capacitivo (capacitor preferencialmente cerâmico, com dielétrico sólido,  $C \leq 10\text{nF}$ , tensão de isolamento  $\geq 1,5\text{kV}$ ).

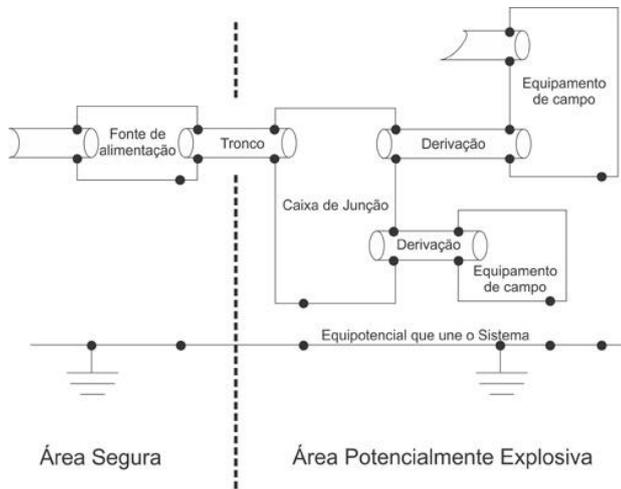


Figura 3.8 – Combinação ideal de *shield* e aterramento.

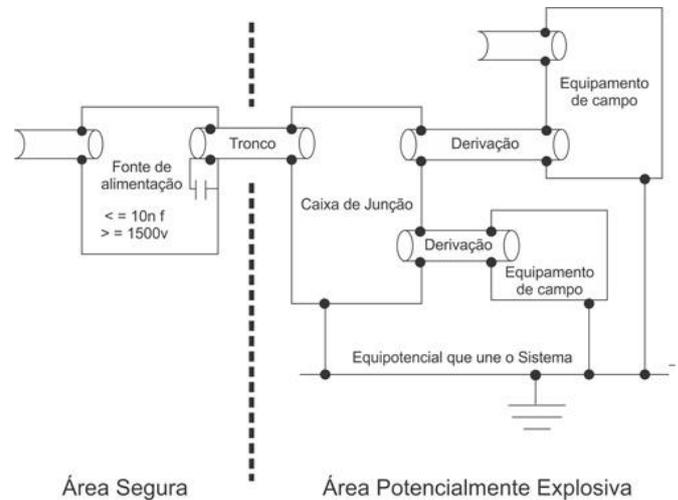


Figura 3.9 – Aterramento capacitivo.

A IEC 61158-2 recomenda que se tenha a isolação completa. Este método é utilizado principalmente nos Estados Unidos e na Inglaterra. Neste caso, o *shield* é isolado de todos os terras, a não ser o ponto de terra do negativo da fonte ou da barreira de segurança intrínseca do lado seguro. O *shield* tem continuidade desde a saída do *coupler* DP/PA, passando pelas caixas de junções e distribuições e chegando até os equipamentos.

As carcaças dos equipamentos são aterradas individualmente do lado não seguro. Este método tem a desvantagem de não proteger os sinais totalmente da alta frequência e, dependendo da topologia e comprimento dos cabos, podendo gerar intermitência na comunicação. Recomenda-se, nestes casos, o uso de canaletas metálicas.

Outra forma complementar à primeira, seria ainda aterrar as caixas de junções e as carcaças dos equipamentos em uma linha de equipotencial de terra, do lado não seguro. Os terras do lado não seguro com o lado seguro são separados.

A condição de aterramento múltiplo também é comum, onde se tem uma proteção mais efetiva às condições de alta frequência e ruídos eletromagnéticos. Este método é preferencialmente adotado na Alemanha e em alguns países da Europa. Nele, o *shield* é aterrado no ponto de terra do negativo da fonte ou da barreira de segurança intrínseca do lado seguro e, além disso, no terra das caixas de junções e nas carcaças dos equipamentos, sendo estas também aterradas pontualmente, no lado não seguro. Outra condição seria complementar a esta, porém os terras seriam aterrados em conjunto em uma linha equipotencial de terra, unindo o lado não seguro ao lado seguro.

Para mais detalhes, deve-se sempre consultar as normas de segurança local. Recomenda-se utilizar a IEC 60079-14 como referência em aplicações em áreas classificadas.

### 3.3. FIBRA ÓTICA

Algumas condições de aplicações de rede de campo impõem restrições à tecnologia de transmissão limitada por fios, como em ambientes com alta interferência eletromagnética ou quando grandes distâncias necessitam ser alcançadas. A transmissão por fibra ótica sobre condutores óticos (FOC ou *Fibre-Optic Cable*) é apropriada nesses casos.

A orientação Profibus 2022 para a transmissão em fibra ótica especifica a tecnologia disponível para este propósito. As especificações foram definidas com grande critério e cuidado a fim de possibilitar a integração segura dos dispositivos Profibus existentes na rede de fibra ótica, sem a necessidade de alterar o comportamento do protocolo Profibus (camada 1), assegurando a compatibilidade retroativa com instalações Profibus pré-existentis.

Os tipos de fibra ótica suportados são mostrados na tabela 3.12. As características de transmissão suportam topologias do tipo estrela, anel ou lineares. Nos casos mais simples, uma rede de fibra ótica é implementada utilizando-se conversores elétrico-ótico (OLPs ou *Optical Link Plugs*), conectados ao dispositivo e à fibra ótica sobre a interface RS485. Isso possibilita que se alterne entre RS485 e transmissão de fibra ótica dentro de uma planta, dependendo das circunstâncias.

O mercado oferece um chip ASIC (*Fiber Optical Communication System Interface*) com porta FOC, fornecido pela Siemens. Entretanto, com esta tecnologia só é possível a configuração de topologias em linha. Para a configuração de topologias em anel, o uso de repetidores que realizem a conversão do sinal se faz necessário.

Tipo da Fibra	Diâmetro do núcleo (µm)	Alcance
Fibra de vidro multimodo	62.5/125	2 a 3 Km
Fibra de vidro monomodo	9/125	> 15 Km
Fibra plástica	980/1000	< 80 m
Fibra HCS	200/230	Até 500 m

Tabela 3.12 – Características das fibras óticas.

O repetidor ótico Profibus-PA VRP10-O da *Vivace Process Instruments* permite que interfaces elétricas Profibus-PA (H1, 31.25kbits/s) sejam convertidas em interfaces óticas Profibus-PA e vice-versa. A comunicação é do tipo *half-duplex* em distâncias de até 4 km, com o grande benefício da imunidade a EMI, garantindo uma alta integridade dos sinais e disponibilidade de rede Profibus-PA.

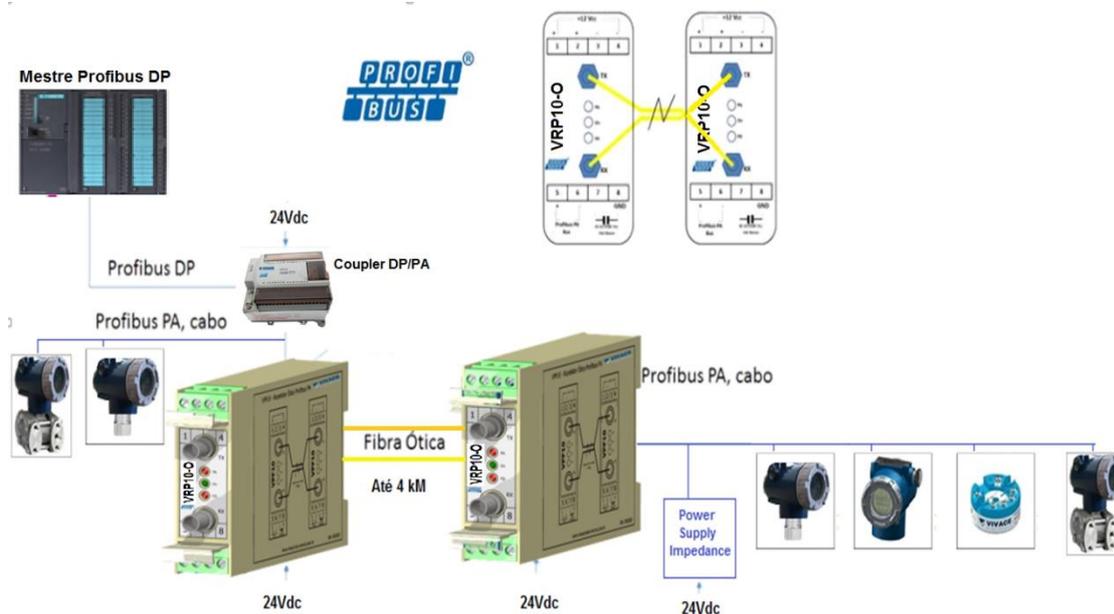


Figura 3.10 – Repetidor ótico Profibus-PA.

### 3.4. ELEMENTOS DA REDE PROFIBUS-PA

Basicamente, pode-se citar os seguintes elementos de uma rede Profibus:

- ▶ **Mestres (Masters):** são elementos responsáveis pelo controle do barramento. Podem ser de duas classes:
  - Classe 1: responsável pelas operações cíclicas (leitura/escrita) e controle das malhas abertas e fechadas do sistema de controle/automação (CLP);
  - Classe 2: responsável pelos acessos acíclicos dos parâmetros e funções dos equipamentos PA (estação de engenharia ou estação de operação: Simatic PDM, Pactware).
  
- ▶ **Acopladores (Couplers):** são dispositivos utilizados para traduzir as características físicas entre o Profibus-DP e o Profibus-PA (H1: 31,25 kbits/s). Além disso:
  - São transparentes para os mestres (não possuem endereço físico no barramento);
  - Atendem aplicações seguras (*Ex*) e não-seguras (*Non-Ex*), definindo e limitando o número máximo de equipamentos em cada segmento PA. O número máximo de equipamentos em um segmento depende, entre outros fatores, da somatória das correntes quiescentes, de falhas dos equipamentos (FDE) e distâncias envolvidas no cabeamento;
  - Podem ser alimentados com até 24 Vdc, dependendo do fabricante e da área de classificação;
  - Podem trabalhar com as seguintes taxas de comunicação, dependendo do fabricante: P+F (93.75 kbits/s e SK3: até 12 Mbits/s), Siemens (45.45 kbits/s).
  
- ▶ **Link devices:** São dispositivos utilizados como escravos da rede Profibus-DP e mestres da rede Profibus-PA (H1: 31,25 kbits/s). São utilizados para atingir altas velocidades (de até 12 Mbits/s) no barramento DP. Além disso:
  - Possuem endereço físico no barramento;
  - Permitem que sejam acoplados até 5 *couplers* e aumentam a capacidade de endereçamento da rede DP.

### 3.5. TOPOLOGIAS NO PROFIBUS-PA

Na figura 3.11, temos as topologias principais do Profibus-PA, embora na prática encontraremos um misto das duas.

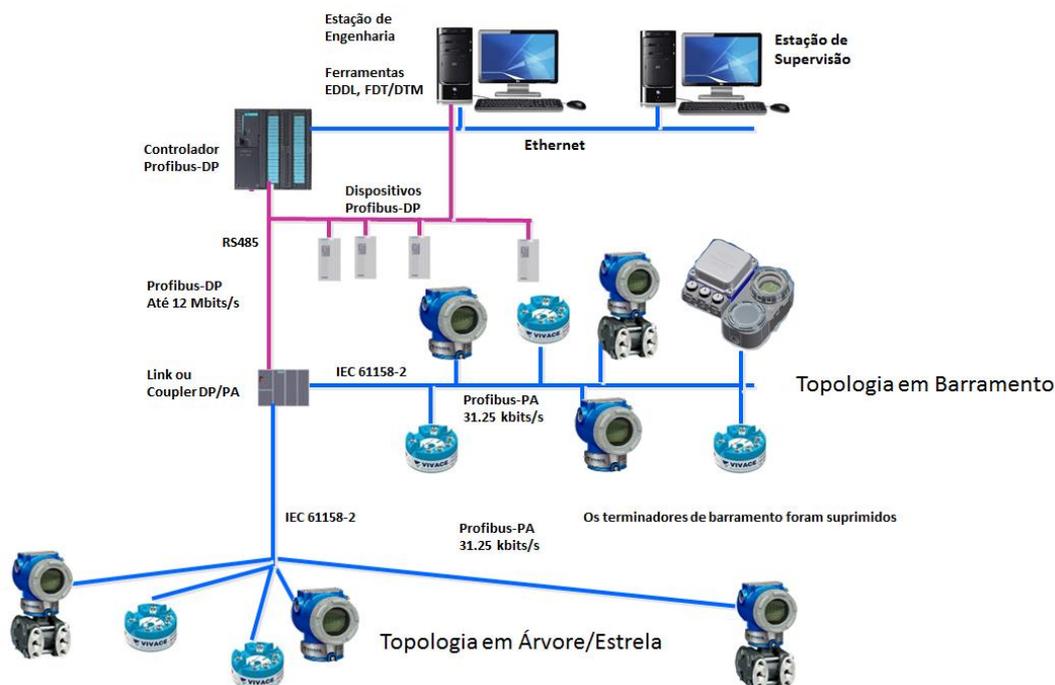


Figura 3.11 – Profibus-PA: IEC 61158-2 - Topologias em barramento e árvore/estrela.

### 3.6. TECNOLOGIA DE TRANSMISSÃO NO PROFIBUS-PA

A tecnologia de transmissão síncrona com codificação Manchester em 31.25 Kbits/s (modo voltagem) está definida segundo o IEC 61158-2 e foi pensada para satisfazer os requisitos das indústrias químicas e petroquímicas: segurança intrínseca e possibilidade de alimentar os equipamentos de campo pelo barramento. As opções e limites de trabalho em áreas potencialmente explosivas foram definidas segundo o modelo FISCO (*Fieldbus Intrinsically Safe Concept*).

A tabela 3.13 mostra algumas características do IEC 61158-2.

Características	Meio Físico de acordo com IEC61158-2, variante Profibus-PA
Taxa de comunicação	31.25 kbits/s
Cabo	Par trançado com blindagem
Topologia	Barramento, árvore/estrela, ponto a ponto.
Alimentação	Via barramento ou externa
Segurança Intrínseca	Possível
Número de equipamentos (considerando consumo quiescente de 10 mA)	Máximo:32 ( <i>non-Ex</i> ) Explosion Group IIC: 9 Explosion Group IIB: 23
Cabeamento Máximo	1900 m, expansível a 10Km com 4 repetidores
Máximo comprimento de <i>spur</i>	120m/ <i>spur</i>
Sinal de comunicação	Codificação Manchester, com modulação de corrente.

Tabela 3.13 - Características da tecnologia de transmissão IEC 61158-2.

### 3.7. ENDEREÇAMENTO NA REDE PROFIBUS

Quanto ao endereçamento, podemos ter duas arquiteturas a analisar, onde fundamentalmente temos a transparência dos *couplers* e a atribuição de endereços aos *links devices*, conforme podemos ver nas figuras a seguir.

Note que a capacidade de endereçamento é significativamente aumentada com a presença dos *links*, uma vez que estes são escravos para o Profibus-DP e mestres para o Profibus-PA.



Figura 3.12- Endereçamento com *couplers*.

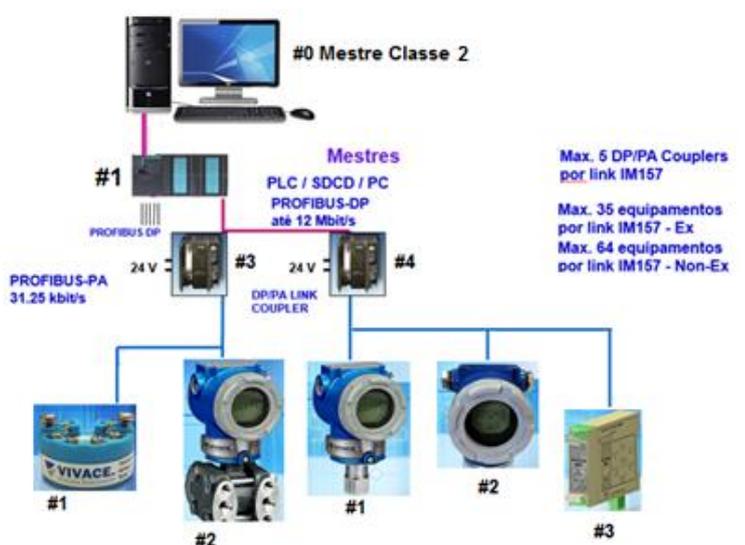


Figura 3.13 – Endereçamento com *links*.

## 3.8. REGRAS BÁSICAS DE PROJETO

### PROFIBUS-DP

O Profibus-DP é o *backbone* de uma rede Profibus, onde se tem *link devices*, *starter motors*, *digital I/O* e segmentos Profibus-PA. Esta característica de uma rede híbrida envolvendo variáveis analógicas e digitais é algo muito forte no Profibus.

Vejamos agora, algumas regras básicas envolvendo o RS485:

- 1 - Não exceda 32 nós por segmento;
- 2 - Não use derivações se a taxa de comunicação for maior do que 1.5 Mbits/s (nota 1);
- 3 - Atente-se aos requisitos para taxa de comunicação maior do que 1.5 Mbits/s;
- 4 - Cada final de segmento deve possuir um terminador ativo;
- 5 - Não exceda 125 endereços por cartão Profibus;
- 6 - Não use mais do que 9 repetidores entre mestres e escravos Profibus (nota 2);
- 7 - Respeite as regras entre taxa de comunicação e comprimentos de tronco e *spurs*;
- 8 - Use as boas práticas de aterramento e *shielding*;
- 9 - Use as boas práticas no roteamento de cabos, inversores de frequência e layout de painéis, evitando interferência eletromagnética;
- 10 - Calcule o projeto para a mais alta taxa de comunicação, mas use, sempre que possível, taxas menores, pois são menos suscetíveis a ruídos e interferências.

### PROFIBUS-PA

O Profibus-PA tem mais flexibilidade em termos de *layout*, quando comparado ao Profibus-DP.

Vejamos agora, algumas regras básicas envolvendo o Profibus-PA:

- 1- Esteja atento à topologia (nota 1);
- 2- Esteja atento ao máximo número de *spurs* e equipamentos por *spur* (nota 1);
- 3- Use preferencialmente cabo tipo A e evite *splices* (mudança de impedância);
- 4- Esteja atento ao comprimento total por segmento e use repetidores;
- 5- Garanta mais de 10 Vdc de alimentação em cada equipamento;
- 6- Verifique o número total de equipamentos e a corrente total por segmento (nota 1);
- 7- Cada final de segmento deve possuir um terminador;
- 8- Proteja os *spurs* PA com protetores de transiente e use protetores de curto;
- 9- Use as boas práticas de aterramento e *shielding*;
- 10- A segurança intrínseca afeta o número máximo de *spurs* e o comprimento total.

Notas:

- 1- O efeito capacitivo dos *spurs* em altas taxas de comunicação pode afetar o sinal de comunicação.
- 2- Alguns modelos de repetidores limitam-se a um máximo de 4 unidades para não estender os atrasos de comunicação.

### 3.9. CUIDADOS E RECOMENDAÇÕES COM ATERRAMENTO E *SHIELD*

#### REDE PROFIBUS-DP

Em campo é muito comum encontrar problemas devido a EMC (Emissão Eletromagnética). Aliados à diferença de potencial de terra, geram inconvenientes perturbações de forma intermitente na comunicação e, normalmente, não são fáceis de serem detectados.

Quando se tem o sinal de comunicação Profibus-DP e o cabeamento distribuído entre as diversas áreas, o recomendado é equalizar o terra conforme a figura 3.14. Com isso, elimina-se a possível diferença de potencial entre o aterramento da área 01 e o sinal DP, assim como a diferença de potencial entre o aterramento da área 02.

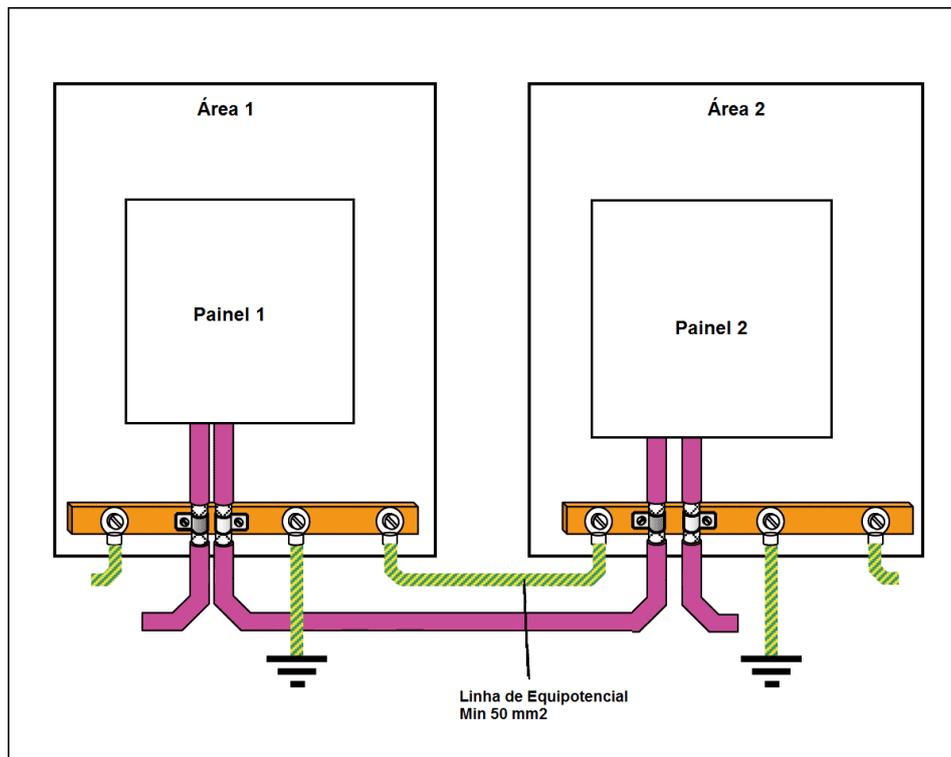


Figura 3.14 – Sistema de aterramento com diferentes áreas em Profibus-DP.

#### TERRA EQUIPOTENCIAL

A condição ideal de aterramento para uma planta e suas instalações é obtida quando o mesmo potencial é medido em qualquer ponto. Isso pode ser conseguido com o interligamento de todos os sistemas de aterramento da planta através de um condutor de equalização de potencial. Essa condição é chamada na literatura técnica de terra equipotencial.

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

Na prática existem outras maneiras de tratar o assunto *shielding* e aterramento, já que existe muita controvérsia. Por exemplo, o aterramento do *shield* pode ser feito em cada estação através do conector 9-pinos sub D, onde a carcaça do conector faz contato com o *shield* neste ponto e ao conectar-se na estação é aterrado. Este caso, porém, deve ser analisado pontualmente, verificando a graduação de potencial dos terras a fim de equalizar estes pontos, se necessário.

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. Algumas boas práticas para este procedimento:

- Use 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;
- Conecte todas as ligações de terra e de blindagem (se existirem) do instrumento ao sistema de linha equipotencial;
- 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;
- Se as partes forem pintadas, remova a tinta do ponto de conexão antes de conectá-lo;
- 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, além de arruelas de pressão para evitar que as conexões fiquem frouxas por causa de vibração ou movimento;
- Use terminais nos cabos flexíveis da linha equipotencial (as extremidades do cabo não devem nunca ser estanhadas);
- Faça o roteamento da linha equipotencial o mais perto possível do cabo;
- Conecte as partes individuais de bandejas de cabos metálicas umas às outras. Use 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);
- Sempre que possível, conecte as bandejas de cabos feitas de metal ao sistema de linha equipotencial;
- Use anéis de acoplamento flexíveis (*flexible bonding links*) para expansão das juntas (estes 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, mantendo as seguintes seções transversais mínimas, de acordo com a IEC 60364-5-54:
  - Cobre: 6 mm<sup>2</sup>
  - Alumínio: 16 mm<sup>2</sup>
  - Aço: 50 mm<sup>2</sup>

Em áreas perigosas deve-se sempre fazer o uso das recomendações dos órgãos certificadores e das técnicas de instalação exigidas pela classificação das áreas. Um sistema intrinsecamente seguro deve possuir componentes que devem ser aterrados e outros que não. O aterramento tem a função de evitar o aparecimento de tensões consideradas inseguras na área classificada.

Na área classificada evita-se o aterramento de componentes intrinsecamente seguros, a menos que o mesmo seja necessário para fins funcionais, quando se emprega a isolamento galvânica. A normalização estabelece uma isolamento mínima de 500 Vca. A resistência entre o terminal de aterramento e o terra do sistema deve ser inferior a 1Ω. Para mais detalhes, consulte a ABNT NBR IEC 60079-14, que regulamenta projetos, seleção e montagem de instalações elétricas em atmosferas potencialmente explosivas.

Quanto ao aterramento, recomenda-se agrupar circuitos e equipamentos com características semelhantes de ruído em distribuição em série e unir estes pontos em uma referência paralela, além de aterrar as calhas e bandejamentos.

Um erro comum é o uso de terra de proteção como terra de sinal. Vale lembrar que este terra é muito ruidoso e pode apresentar alta impedância. É interessante o uso de malhas de aterramento, pois apresentam baixa impedância. Condutores comuns com altas frequências apresentam a desvantagem de terem alta impedância. Os *loops* de correntes devem ser evitados. O sistema de aterramento deve ser visto como um circuito que favorece o fluxo de corrente sob a menor impedância possível. O terra recomendado deve possuir um valor inferior a 10 Ω.

O *shield* (a malha, assim como a lâmina de alumínio) deve ser conectado ao terra funcional do sistema via conector Profibus-DP, a fim de proporcionar uma ampla área de conexão com a superfície condutiva aterrada. Na passagem do cabo, deve-se verificar com cuidado que o acabamento do *shield* esteja bem feito e não dando contato com outros pontos, a não ser os pontos de terra. A máxima proteção se dá com os pontos aterrados, onde proporciona-se um caminho de baixa impedância aos sinais de alta frequência.

Em casos onde existe um diferencial de tensão entre os pontos de aterramento (por exemplo, áreas distintas em prédios separados), recomenda-se passar uma linha de equalização de potencial junto ao cabeamento (a própria calha metálica pode

ser usada ou, por exemplo, um cabo AWG 10-12). Desta forma a proteção se torna mais efetiva para uma ampla faixa de frequência.

A Figura 3.14 apresenta detalhes de cabeamento, *shield* e aterramento em áreas distintas.

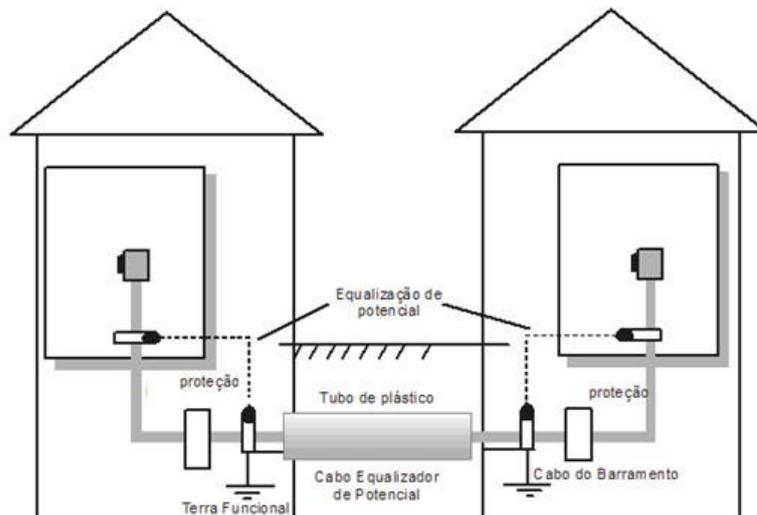


Figura 3.14 - Detalhe de cabeamento em áreas distintas com potenciais de terras equalizados.

## REDE PROFIBUS-PA

Veja detalhes na seção 3.2 – Shield e aterramento.

Recomenda-se verificar a ABNT NBR IEC 60079-14 para aterramento e ligação com sistema equipotencial de sistemas intrinsecamente seguros.

Um circuito intrinsecamente seguro deve estar flutuando ou estar ligado ao sistema equipotencial associado com a área classificada em somente um ponto.

O nível de isolamento requerido (exceto em um ponto) deve ser projetado para suportar 500 V no ensaio de isolamento de acordo com 6.4.12 da IEC 60079-11.

Quando este requisito não for atendido, o circuito deverá ser considerado aterrado naquele ponto. Mais de uma conexão ao terra é permitida no circuito, desde que o circuito seja dividido em sub-circuitos galvanicamente isolados, cada qual aterrado somente em um ponto.

Blindagens devem ser conectadas à terra ou à estrutura de acordo com a ABNT NBR IEC 60079-14.

Sempre que possível, conecte as bandejas de cabos ao sistema de linha equipotencial.

As malhas (*shield*) devem ser aterradas em um único ponto no condutor de equalização de potencial. Se houver necessidade, por razões funcionais, de outros pontos de aterramento, são permitidos por meio de pequenos capacitores, tipo cerâmico, inferiores a 1 nF e para 1500 V, desde que a somatória das capacitâncias não ultrapasse 10 nF.

Nunca instale um dispositivo que tenha sido instalado anteriormente sem uma barreira intrinsecamente segura em um sistema intrinsecamente seguro, pois o diodo *zener* de proteção pode estar queimado, não atuando seguramente em áreas intrinsecamente seguras.

Em síntese, pode-se adotar, as seguintes formas de aterramento do *shield*:

- Aterramento somente em uma extremidade: do lado do *coupler* (no negativo da fonte que alimenta o *coupler*, e que é aterrado no painel).

- Aterramento capacitivo de um lado do *shield*: do lado do *coupler* (no negativo da fonte que alimenta o *coupler*, e que é aterrado no painel) e no lado da conexão do *shield* ao terra. Capacitor cerâmico, < 10 nF, isolamento > 1500 V.

- Aterramento do *shield* nas duas extremidades: somente nos casos onde a diferença em tensão, entre ambos os extremos for no máximo 1 V (rms) para que os efeitos dos *loops* de terra sejam minimizados.

Quando se tem os aterramentos em dois pontos, a resistência do aterramento deve ser a mais baixa possível em ambos os extremos para minimizar os *loops* de terra, principalmente em baixas frequências.

Em frequências de níveis de CC até 1 MHz, a blindagem do cabo pode ser aterrada em uma única extremidade e oferecer uma boa resposta quanto aos efeitos da interferência eletromagnética. Em frequências mais altas, recomenda-se aterrar a blindagem do cabo em ambas as extremidades. Nesses casos, é muito importante que as diferenças de potencial de terra em ambos os pontos de conexão ao aterramento sejam as mínimas possíveis.

A diferença em tensão, entre ambos os extremos deve ser, no máximo 1 V (rms) para que os efeitos dos *loops* de terra sejam minimizados. É também importante considerar que em altas frequências existe a capacitância parasita de acoplamento que tende a completar o *loop* quando a blindagem está aterrada em um único extremo do cabo.

*Deve-se sempre consultar o padrão IEC 61158 e os perfis e guias técnicos do Profibus. Em caso de discrepância ou dúvida, o padrão IEC 61158, perfis, guias técnicos e manuais de fabricantes prevalecem em suas últimas versões.*

## 4 INSTALAÇÃO ELÉTRICA E MECÂNICA

### CUIDADOS BÁSICOS

Existem alguns cuidados básicos recomendados durante a instalação dos equipamentos Profibus-PA. De forma geral, valem para qualquer outro tipo de equipamento, independentemente do protocolo.

Evitar instalar o equipamento em pontos onde haja exposição direta às mudanças ambientais, pois o efeito da variação de temperatura pode, em alguns casos, afetar o desempenho desejado. Quando necessário, utilizar isolamento térmico para proteger o equipamento de fontes externas de calor.

Áreas sujeitas a vibrações devem ser evitadas. Sempre que possível, utilizar bases sólidas e mangueiras flexíveis.

Da mesma forma, evitar instalar o equipamento em áreas sujeitas a umidade, sempre garantindo a perfeita vedação das tampas, assim como das conexões elétricas, utilizando *o-rings* e prensa-cabos adequados. A entrada de água pode danificar os circuitos eletrônicos, causando baixa isolamento ou mesmo queimando seus componentes. Vale lembrar que na condição de entrada de água, os danos causados ao equipamento, não são cobertos pela garantia, por se tratarem de falha de instalação. Para mais detalhes sobre o termo de garantia, acesse [www.vivaceinstruments.com.br](http://www.vivaceinstruments.com.br).

Ao abrir as tampas do equipamento, evitar utilizar chaves de fendas ou objetos pontiagudos que possam marcar ou danificar as roscas. Não deixar as tampas abertas, pois as condições do ambiente podem danificar o *o-rings* e roscas, facilitando a degradação da vedação. Utilizar selante não-endurecível nas conexões elétricas a fim de evitar a penetração de umidade. Alguns tipos de selantes não são permitidos em áreas classificadas. Em áreas classificadas utilize tampões certificados.

*Obs: As instalações feitas em áreas classificadas devem seguir as recomendações da norma NBR/IEC60079-14.*

### ROTAÇÃO DA CARÇAÇA E LCD

Dependendo da posição de instalação do equipamento, pode ser necessária a rotação da carcaça para proporcionar uma melhor visualização do LCD. Para rotacioná-la, solte o parafuso de trava da carcaça. Da mesma forma, o LCD permite rotações de 90 graus, facilitando a visualização em 4 posições.

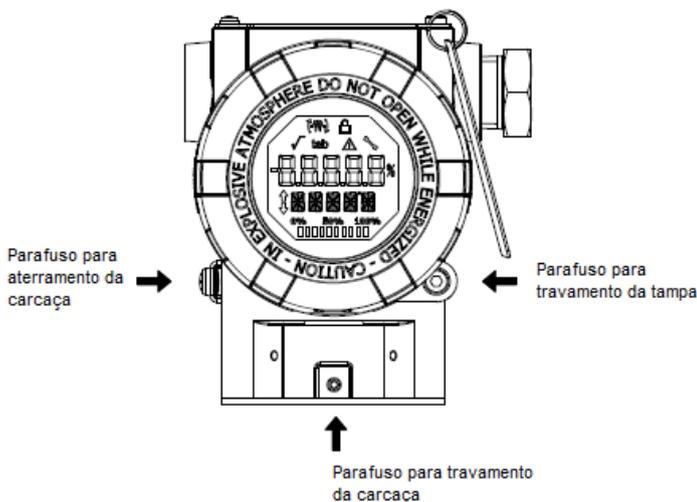


Figura 4.1 – Rotação da carcaça.

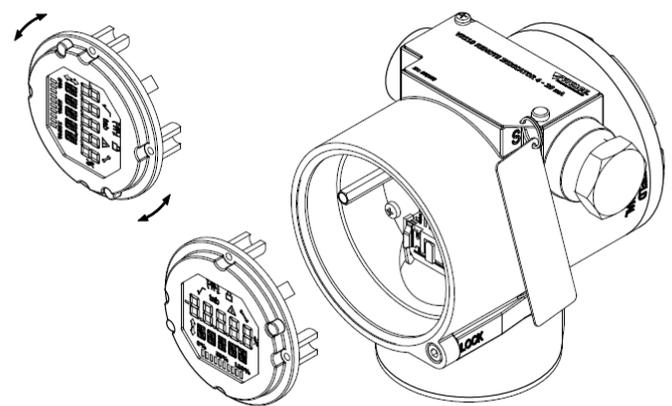


Figura 4.2 – Rotação do display LCD – 4 posições possíveis.

### LIGAÇÃO FÍSICA NA REDE PROFIBUS-PA

Para proteger o cabo Profibus-PA, sempre que possível, utilize eletrodutos (esteja atento à classificação da área), executando as conexões aos equipamentos Profibus-PA de forma a evitar a entrada de umidade, conforme a figura 4.3.

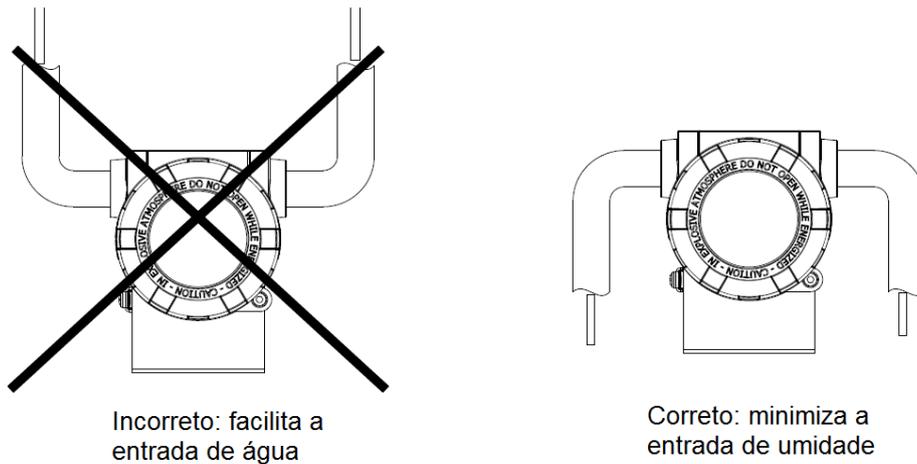


Figura 4.3 - Instalação adequada de eletrodutos.

O cabo Profibus-PA deve ser instalado na borneira do equipamento, conforme a figura 4.4. Os equipamentos Profibus-PA da Vivace são alimentados pelo barramento e não possuem polaridade na entrada. Alguns equipamentos, como transmissores de temperatura, utilizam o nível inferior da borneira para conexões auxiliares (conexão do sensor de temperatura, por exemplo). Utilize terminais do tipo garfo ou olhal para garantir uma conexão robusta.

Utilize os terminais internos e externos para aterramento, de acordo com a regulamentação local. Os equipamentos da Vivace são alimentados de 9 Vdc a 32 Vdc, consumindo uma corrente quiescente de 12 mA. Para mais detalhes, consulte as especificações técnicas de cada equipamento.

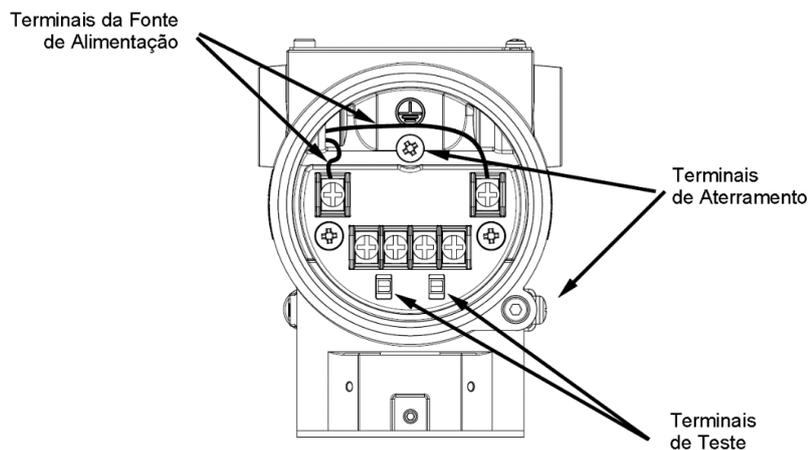


Figura 4.4 - Instalação do cabo Profibus-PA.

Esteja atento ao cabeamento, sua distribuição na planta, respeitando os limites de troncos, *spurs*, topologia, terminadores, acopladores, caixas de junções, consumo por segmento, aterramento e *shield*, classificação da área e todos os tópicos vistos anteriormente.

Para mais detalhes sobre instalações específicas, consulte os manuais dos equipamento Profibus-PA da Vivace Process Instruments.

## 5 LCD E AJUSTE LOCAL

A figura a seguir representa o display LCD dos produtos Profibus-PA da *Vivace Process Instruments*.

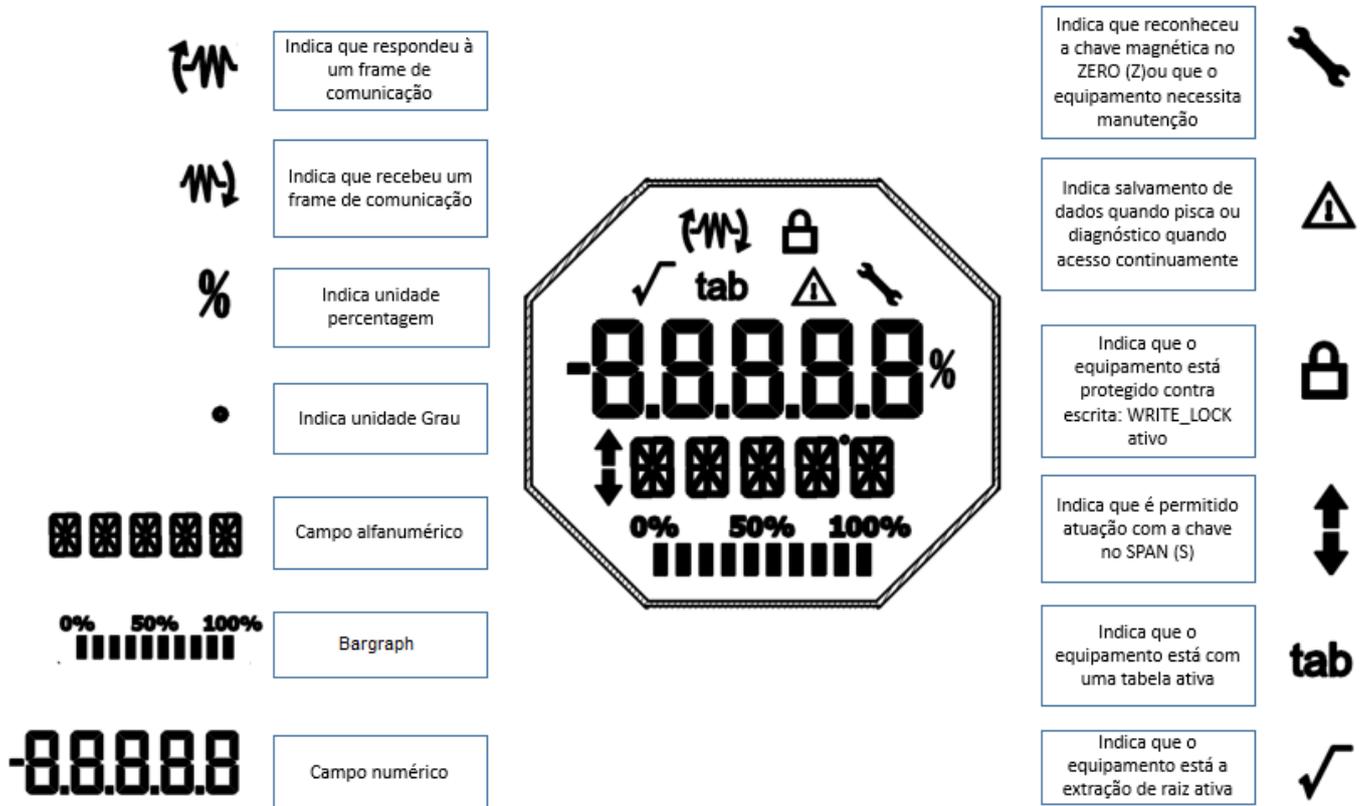


Figura 5.1 – LCD e ícones.

A atuação no ajuste local é feita com a chave magnética, através dos orifícios ZERO (Z) e SPAN (S), conforme a figura 5.2.

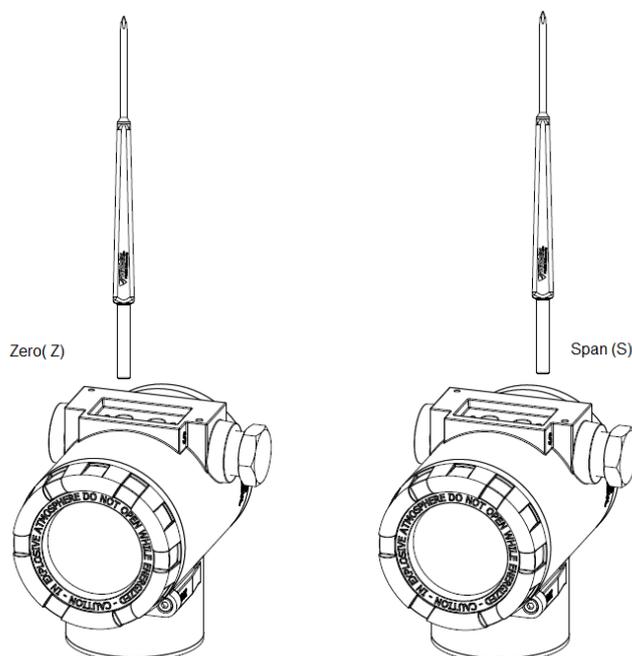


Figura 5.2 – Atuação no ajuste local.

Insira a chave no orifício *Zero* (Z). O ícone  será exibido, indicando que o equipamento reconheceu a chave magnética. Permaneça com a chave inserida até que a mensagem "LOCAL ADJST" seja exibida e remova a chave por 3 segundos. Insira novamente a chave em Z. Com isto, o usuário poderá navegar pelos parâmetros do ajuste local.

Parâmetros onde o ícone  aparece ativo permitem a atuação pelo usuário, ao colocar a chave magnética no orifício *Span* (S). Nesta condição, o campo numérico entrará no modo de edição, o ponto decimal começará a piscar e a se deslocar para a esquerda. Ao remover a chave de S, o dígito menos significativo (à direita) começará a piscar, indicando que ao colocar a chave em S será incrementado, indo de 0 a 9.

Após o usuário editá-lo, removendo a chave de S, o próximo dígito à esquerda começará a piscar, permitindo a sua edição. O usuário poderá editar cada dígito independentemente, até que o dígito mais significativo (5º dígito à esquerda) seja preenchido. Após a edição do 5º dígito, pode-se atuar no sinal do valor com a chave em S.

Durante cada etapa, se o usuário colocar a chave em Z, a edição retornará ao dígito anterior (à direita), permitindo que correções sejam feitas. A qualquer momento, removendo-se a chave, as etapas posteriores piscarão e o modo de edição será finalizado, salvando o valor editado pelo usuário. Caso o valor editado não seja um valor aceitável para o parâmetro editado, retornará o valor antes da edição como valor válido.

Dependendo do parâmetro, valores de atuações podem ser mostrados no campo numérico ou alfanumérico, de forma a melhor exibir as opções ao usuário.

Sem a chave magnética inserida em Z ou S, o modo de monitoração será exibido após alguns segundos.

Ao entrar em ajuste local o usuário poderá:

- Alterar o endereço do equipamento;
- Configurar o modo de monitoração, selecionando até 3 parâmetros, podendo escolher bloco funcional, parâmetro e *sub-index* (quando pertinente, por exemplo em uma estrutura de dados);
  - O número de casa decimais
  - Se o *bargraph* estará ou não ativo
  - Se fará ou não uso do campo alfanumérico para mostrar valores maiores que 99999
- Atuar em parâmetros;
- Configurar unidades e escalas;
- Calibrar o equipamento;
- Configurar o parâmetro USER que permitirá ao usuário atuar neste parâmetro configurado.

*Mais detalhes são mostrados na seção de ajuste local específica de cada equipamento.*

