

# Redes Industriais

## Aula 05 - Protocolo Foundation Fieldbus

# Apresentação

---

Nesta aula, daremos uma visão geral de um protocolo de comunicação, o Foundation Fieldbus (FF). As implementações dos protocolos são bem complexas e envolvem várias políticas de implantação, e a ideia desta disciplina é que vocês possam conhecer as funcionalidades e aplicações desses protocolos, bem como diferenciá-las. Hoje, conheceremos mais um protocolo.

## Objetivos

- Reconhecer o Protocolo de comunicação Foundation Fieldbus (FF);
- Descrever exemplos de aplicações;

# Foundation Fieldbus

---

A organização Fieldbus Foundation (não confundir com o protocolo, que é Foundation Fieldbus) surgiu em 1994, com a principal finalidade de desenvolver protocolos com tecnologias para trabalhar em áreas com risco de explosão (áreas classificadas). O objetivo era criar um padrão internacional baseado em normas da International Electrotechnical Commission (IEC), que pudesse ser utilizado pela indústria de automação e controle de processo. A organização Fieldbus Foundation surgiu da união de dois grupos de empresas internacionais denominadas Interoperable Systems Project (ISP) e World Factory Instrumentation Protocol (WorldFIP), que foi responsável pela criação e manutenção do protocolo FF.

**Figura 01** - Logo da Organização Fieldbus Foundation.



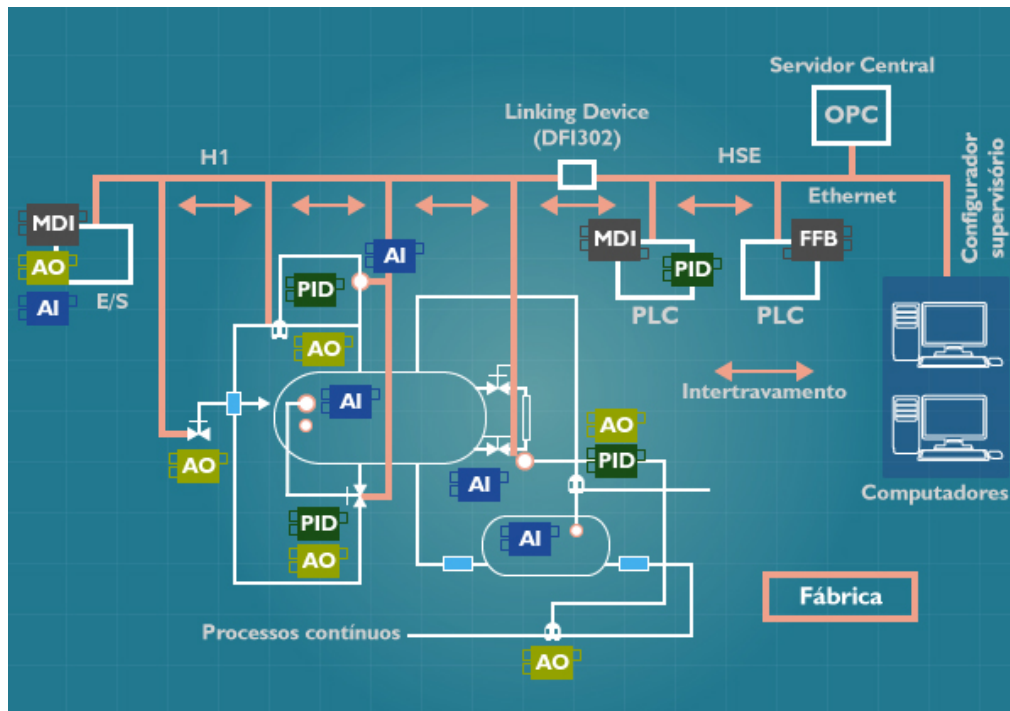
**Fonte:** <<http://www.fieldbus.org/>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

Enquanto o Profibus PA (outro protocolo de redes industriais) tem uma forte penetração no mercado europeu, os mercados americano e asiático tendem a adotar o FF como solução para barramentos de processo. A tecnologia do FF substitui a fiação tradicional de 4 a 20mA como método de transmissão de dados entre instrumentos e controladores, mantendo as suas características positivas como alimentação e comunicação na mesma fiação e possibilidade de uso em áreas classificadas. A ideia básica é disponibilizar um padrão internacional de barramento de campo para uso em instrumentos de processo em áreas classificadas. Inicialmente, foram especificados três tipos de barramento:

- H1 – Para instrumentos de processo em áreas classificadas;
- H2 – Interligação de instrumentos em geral;
- HSE – Interligação dos barramentos H1 via *Linking Devices*.

Mas o barramento H2 não chegou a ser implementado, como inicialmente pensado, sendo substituído pelo barramento HSE.

**Figura 02** - Rede do tipo FF.



**Fonte:** <[http://www.mecatronicaatual.com.br/files/image/fieldbus\\_figura\\_01\\_2\\_.jpg](http://www.mecatronicaatual.com.br/files/image/fieldbus_figura_01_2_.jpg)>. Acesso em: 10 abr. 2015.

Esse protocolo geralmente é usado em novos sistemas de automação ou ampliação de sistemas existentes, visando uma redução dos custos de instalação, redução dos tempos de implantação e aumento da confiabilidade, com incremento de novas funcionalidades nos instrumentos.

- redução de fiação pelo seu compartilhamento entre vários dispositivos;
- comunicação de múltiplas variáveis de processo de um único instrumento;
- diagnósticos avançados;

- interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fornecedores;
- implementação de técnicas de controle avançado no campo;
- maior integridade dos dados e confiabilidade devido à ausência de erros de conversão D/A e A/D e verificação de erros de transmissão

## Foundation Fieldbus e o modelo OSI

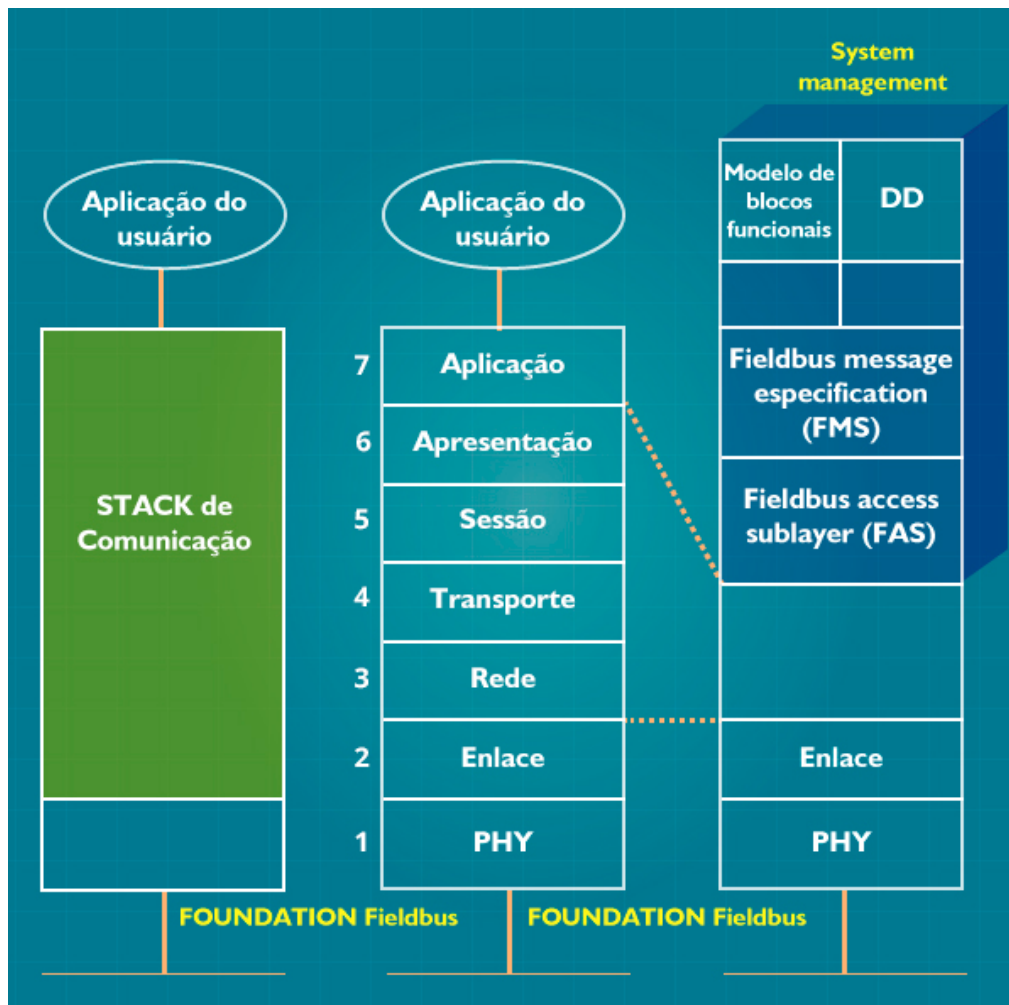
---

As especificações do protocolo FF podem ser divididas em três camadas: física, comunicação e aplicações do usuário. Na camada de comunicação, que pode ser comparada às camadas 2 e 7 do modelo OSI, estão as especificações da:

- FMS – Fieldbus Message Specification;
- FAS – Fieldbus Access Sublayer;
- DATA LINK LAYER – camada de enlace de dados;

A camada de aplicação do usuário está no topo da camada 7 e é muitas vezes chamada de camada “8” do modelo OSI, apesar de formalmente não ser incluída nesse modelo. Esta camada estabelece uma interface entre o software de aplicação e os dispositivos de campo.

**Figura 03** - Modelo OSI do Protocolo FF.



**Fonte:** <[http://www.mecatronicaatual.com.br/files/image/fieldbus\\_figura\\_02\\_2\\_.jpg](http://www.mecatronicaatual.com.br/files/image/fieldbus_figura_02_2_.jpg)>. Acesso em: 10 abr. 2015.

## Camada Física do Foundation Fieldbus

A camada física do FF descreve o tipo de barramento, o meio físico, a codificação e a topologia física. Veremos, a seguir, as especificações deles.

## Barramentos

O barramento H1 segue as especificações da norma IEC 61158-2 e ISA S50.02. O seu comprimento máximo deve ser de 1900 metros, incluindo as derivações (spurs), mas com a utilização de repetidores é possível alcançar 9500 m usando cabo par trançado com blindagem. A utilização de multicabos ou cabos sem blindagem diminui as distâncias permitidas. São necessários terminadores de rede. Os

terminadores são circuitos RC (resistivos e capacitivos – Lembrar aulas de Elementos de Eletricidade) com um resistor de 100 ohms (1/4 W) e um capacitor dimensionado para passar o sinal de 31,25 kHz. O barramento H1 pode suportar:

- de 2 a 32 dispositivos que não são alimentados pelo barramento;
- de 2 a 12 dispositivos alimentados pelo barramento;
- de 2 a 6 dispositivos alimentados pelo barramento em uma área intrinsecamente segura (alto risco de explosão).

O barramento HSE, em 100 Mbps, faz uso de *linking devices* para comunicar-se com um barramento H1 em 31,25 kbps. Os *linking devices* são modems que fazem a interface dos dados do barramento H1 para o HSE.

Itens	H1	HSE
Taxa de Comunicação	31.25 Kbits/s	10 Mbit/s ou 100 Mbit/s
Distância (segmento)	1.900 m	100 m
Dois fios	Sim	Não
Multidrop	Sim	Não (UTP)
Bus-power	Sim	Não
Intrinsicamente Segura	Sim	Não
Redundância	Não	Sim
Determinística	Sim	Sim (com switches)

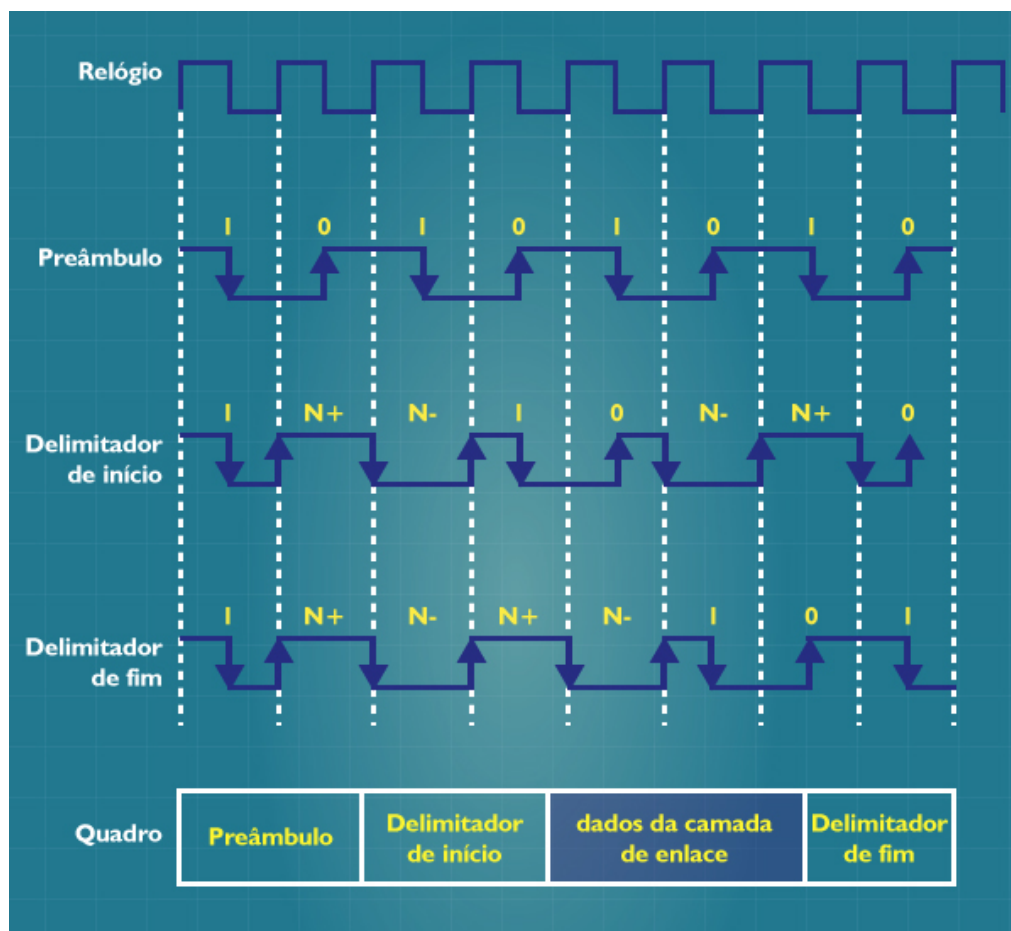
**Tabela 1** - Comparativo H1 e HSE  
Foundation Fieldbus (2008).

# Tipo de codificação

O protocolo FF utiliza a comunicação serial, síncrona, half-duplex (nos dois sentidos não simultaneamente) e com codificação manchester.

É usado o esquema de codificação manchester bifásico com quatro estados de codificação: 0, 1, N+ e N-. Utilizam-se, também, os preâmbulos e dados delimitadores para sinalizar o início e o fim de uma transmissão e sincronizar o sinal de clock dos dispositivos. Os estados "N+" e "N-" são usados nas sequências delimitadoras de início e fim de quadro.

**Figura 04** - Codificação do FF.



**Fonte:** Silva (2005).

# Atividade 01

---

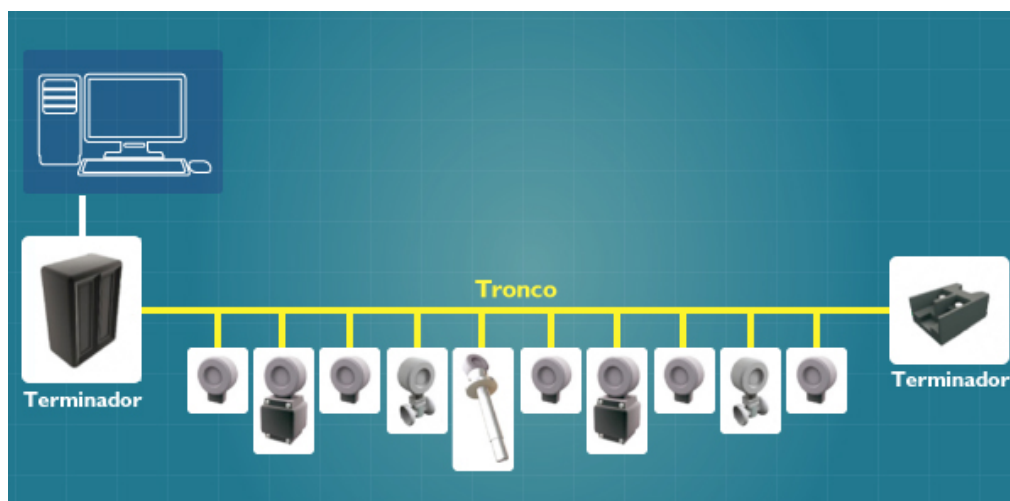
1. Faça uma pesquisa sobre as aplicações do protocolo FF em sistemas já existentes e apresente suas vantagens em relação aos outros protocolos vistos nas aulas anteriores.

## Protocolo FF com topologia física em barramento

---

A Figura 4 mostra uma rede FF em topologia barramento, com detalhes das derivações e terminações com o cabo par trançado. A fonte de alimentação é especial, pois deve ter sua impedância de saída casada com a impedância do meio de transmissão. Estima-se que 70% de tempos de não funcionamento de barramentos de campo devem-se a problemas físicos. Tais problemas são agravados em redes, como o FF, no qual a rede também é responsável pela alimentação elétrica dos dispositivos.

**Figura 05** - Protocolo FF com topologia em barramento.



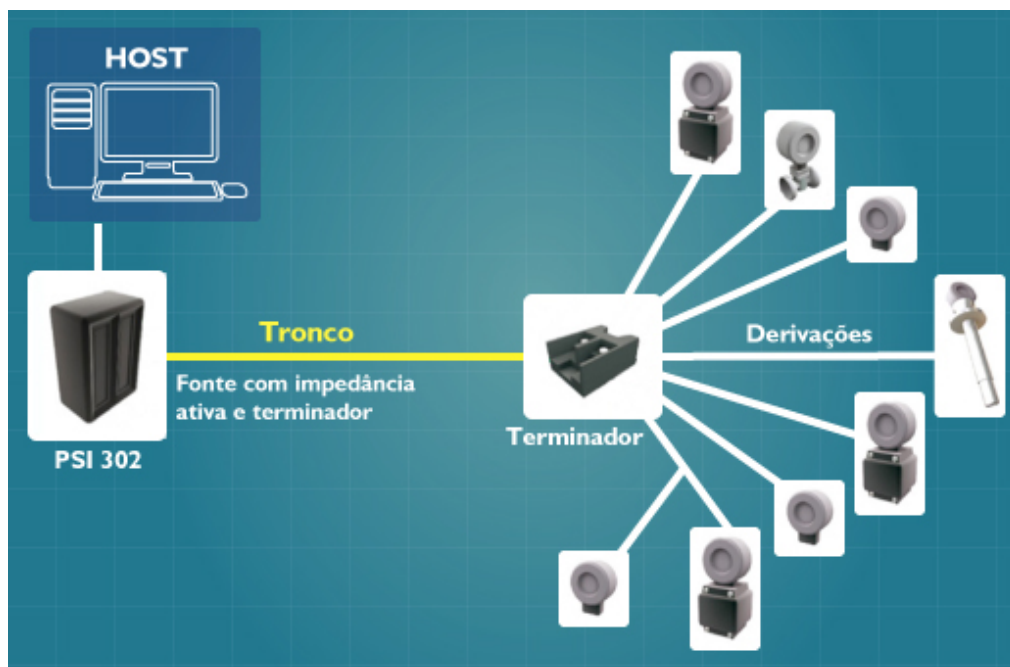
**Fonte:** <[http://www.mecatronicaatual.com.br/files/image/figura12\\_4\\_.jpg](http://www.mecatronicaatual.com.br/files/image/figura12_4_.jpg)>. Acesso em: 10 abr. 2015.

## Protocolo FF com topologia física em árvore

---

A topologia em árvore é bastante comum quando substituímos um sistema que usava a tecnologia 4-20mA. Trata-se de uma mistura entre barramento e estrela. As ligações são concentradas em um dispositivo passivo, chamado de caixa de junção, de onde parte a ligação para o computador utilizado para configuração e supervisão do sistema. Vamos atentar para a localização dos terminadores. Os *spurs*, devido ao curto comprimento, não necessitam de terminações.

**Figura 06** - Protocolo FF com topologia em estrela.



**Fonte:** <[http://www.mecatronicaatual.com.br/files/image/figura12\\_4\\_.jpg](http://www.mecatronicaatual.com.br/files/image/figura12_4_.jpg)>. Acesso em: 10 abr. 2015.

## Camada de comunicação do Protocolo FF

---

A camada de comunicação do FF corresponde às camadas dois a sete do modelo OSI. O barramento fieldbus não tem um mestre, sendo assim, o controle do acesso ao meio é feito via um programador determinístico para o barramento chamado de Link Active Scheduler (LAS). O LAS é responsável por habilitar os dispositivos a enviar seus dados de maneira ordenada. Para o envio de dados ciclicamente, o LAS envia

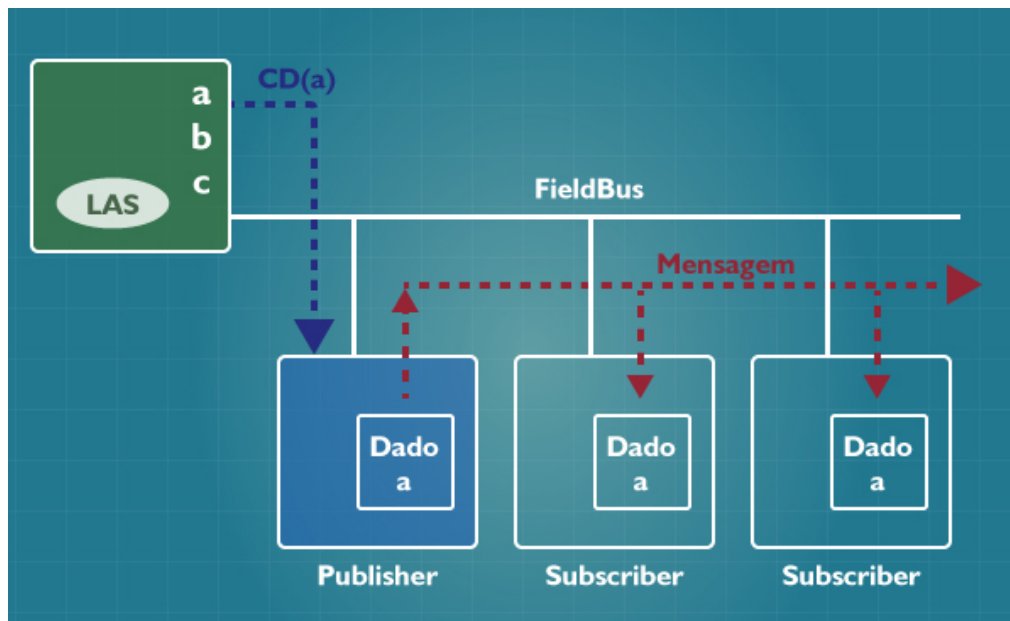
um comando, chamado Compel Data (CD), a cada elemento da rede, permitindo a publicação de seus dados. Nenhum dispositivo pode acessar a rede sem a permissão do LAS. O modelo produtor-consumidor é utilizado, pois os dados enviados por um dispositivo (*publisher*) podem ser usados por todos os demais (consumidores da rede). Temos três tipos de dispositivos na rede:

- básicos (*basic device*) – não podem vir a ser o LAS;
- mestre (*link master*) – podem tornar-se o LAS;
- pontes (*Bridges*) – interconectam diferentes barramentos.

Existem dois tipos de comunicação implementadas: programada e não programada. As mensagens programadas ou cíclicas ou periódicas são usadas para informação que necessitem de atualização regular e periódica entre os dispositivos como variáveis de processo e controle.

A técnica usada para transferência de informação no barramento é conhecida como modelo produtor-consumidor. Baseado na programação predefinida pelo usuário, o LAS garante a permissão para cada dispositivo por vez ao barramento. Uma vez que o dispositivo recebe a permissão para acessar o barramento, ele “publica” sua informação. Todos os outros dispositivos podem, então, escutar a informação publicada e gravá-la na sua memória, tornando-se um consumidor ou assinante, caso ele necessite dessa informação para o seu uso. Dispositivos que não necessitam dessa informação simplesmente ignoram a informação “publicada”.

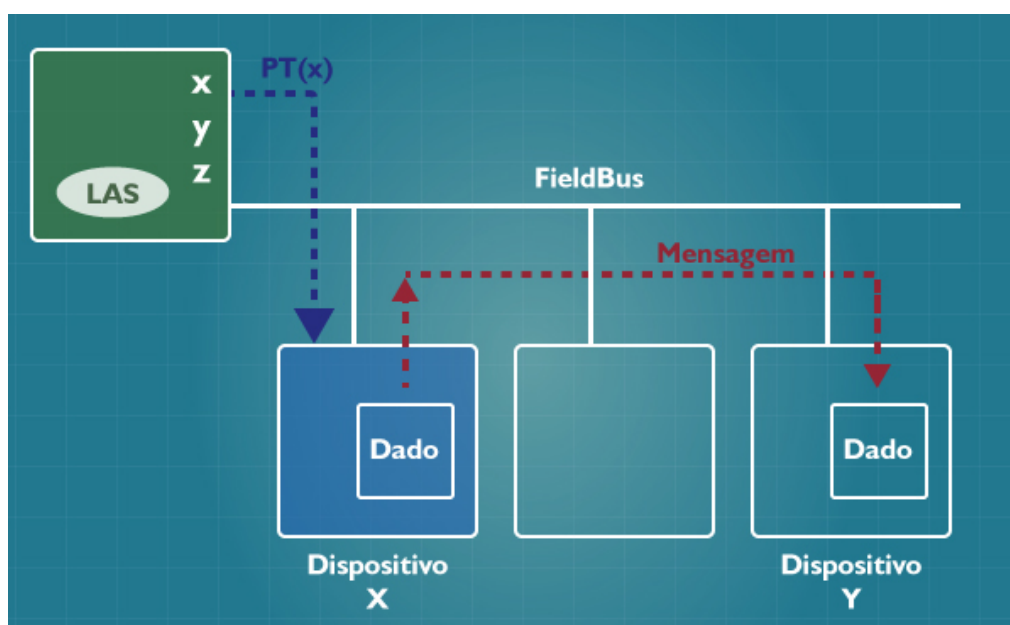
**Figura 07** - Comunicação programada no protocolo FF.



**Fonte:** Silva (2005).

Todos os dispositivos têm uma chance de enviar mensagens não programadas entre as mensagens programadas. O LAS emite uma mensagem de permissão (*Pass Token*) a todos os dispositivos. De posse do PT, um dispositivo pode enviar mensagens a qualquer outro dispositivo ou a toda a rede. Existe outra forma de enviar dados que pode ser utilizada quando o LAS envia, entre as comunicações programadas, uma permissão para envio de dados extras de uma forma não cíclica, que poderão ser endereçados a um elemento da rede específico ou a todos eles.

**Figura 08** - Comunicação não programada no protocolo FF.



Acesso em: Silva (2005).

Analisando a Figura 8, vemos que o LAS envia a permissão PT para cada dispositivo por vez ao barramento entre os intervalos de tempo da comunicação programada. Uma vez que o dispositivo X recebe a permissão para acessar o barramento, ele envia sua informação ao destinatário Y.

O LAS possui várias funções no protocolo FF, entre as quais podemos destacar:

1. manter uma lista dos dispositivos ativos na rede (*Live List*);
2. sincronizar os relógios dos dispositivos por meio de uma mensagem específica (*Time Distribution*);
3. enviar a mensagem para envio programado dos dados (*Compel Data*);
4. enviar a permissão de comunicação não programada aos dispositivos ativos (*Pass token*).

## Atividade 02

---

1. Faça uma pesquisa sobre os tipos de barramento lógico e físico utilizados no protocolo FF e descreva algumas vantagens e aplicações de cada um.

## O Protocolo FF e suas aplicações

---

O controle do processo é efetuado a partir de um modelo de blocos de função distribuídos entre os dispositivos, para cada bloco existe um TAG definido pelo usuário.

Todas as funções e dados de um dispositivo FF estão definidos em três tipos de blocos (Físico, Transdutor e Função). Cada dispositivo tem pelo menos um bloco físico, podendo ter um ou mais blocos de função e transdutor. O bloco Físico descreve as características do dispositivo, como identificador (TAG), fabricante, número de série, versão de firmware etc. O bloco Função descreve quais são as funções do dispositivo e como elas serão acessadas. A especificação do FF define vários tipos de blocos de função:

- AI – Entrada analógica
- AO – Saída analógica
- PID – Controlador Proporcional-Integral e Derivativo
- TOT – Totalizadores
- DI – Entrada digital
- DO – Saída digital

O bloco Transdutor possui as informações necessárias para transformar a medição efetuada pelo sensor em uma grandeza física equivalente e tem também dados sobre o tipo de sensor do instrumento e sua calibração. Além dos blocos, o FF especifica outros objetos responsáveis por outros tipos de serviços para o usuário.

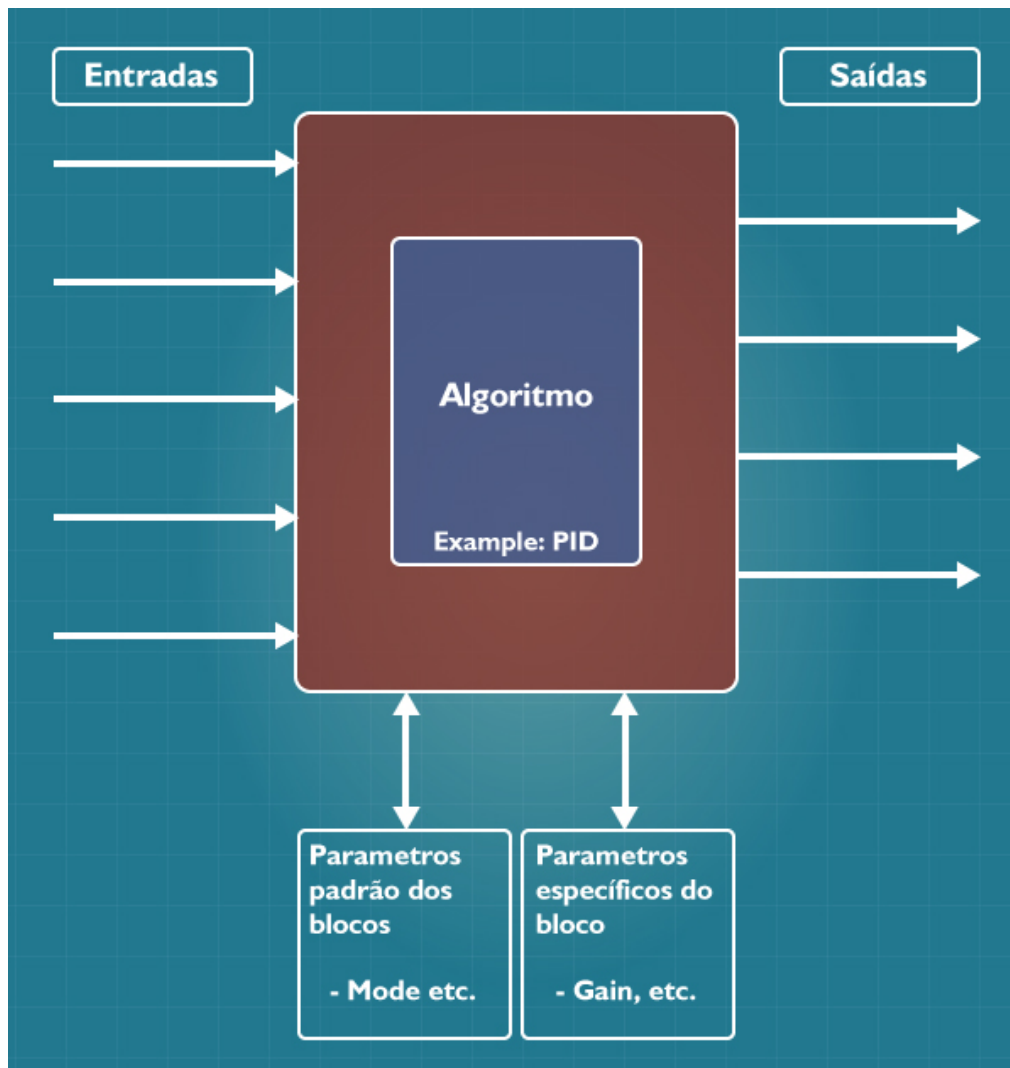
A configuração do sistema por meio desses blocos pré-programados permite que o usuário final economize tempo de programação e que dispositivos sejam substituídos sem grandes traumas, já que o equipamento a ser substituído tem os mesmos blocos do dispositivo substituído.

## Configuração de uma rede FF

---

A configuração dos instrumentos Fieldbus consiste basicamente na interligação lógica dos diversos blocos funcionais implementados em cada dispositivo da rede por meio de um software configurador, além da definição dos parâmetros de controle de cada bloco. São definidas, também, as conexões indicadoras de alarme e os diversos eventos que podem ocorrer na malha de controle.

**Figura 09** - Bloco funcional PID.



**Fonte:** <<http://image.slidesharecdn.com/fieldbustutorialpart6-fieldbusstandard-101111063002-phpapp02/95/fieldbus-tutorial-part-6-fieldbus-standard-4-638.jpg?cb=1422644781>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

Na Figura 9, temos a representação genérica de um bloco funcional que possui suas entradas, saídas e parâmetros de controle. Analisando, em nível de protocolo, observa-se que esse tipo de configuração envolve apenas a camada superior, ou seja, a camada do usuário. Não existe nenhuma preocupação com relação à forma como se procederá a comunicação (solicitação de *token* etc.) nem como será entregue a comunicação ao nível físico. O protocolo de comunicação é tratado internamente pelos próprios blocos funcionais, que são responsáveis tanto pelas comunicações cíclicas (publicações de parâmetros para supervisão e links) quanto pelas comunicações acíclicas (notificações de alarmes/eventos, informações de diagnóstico e de *display* etc.).

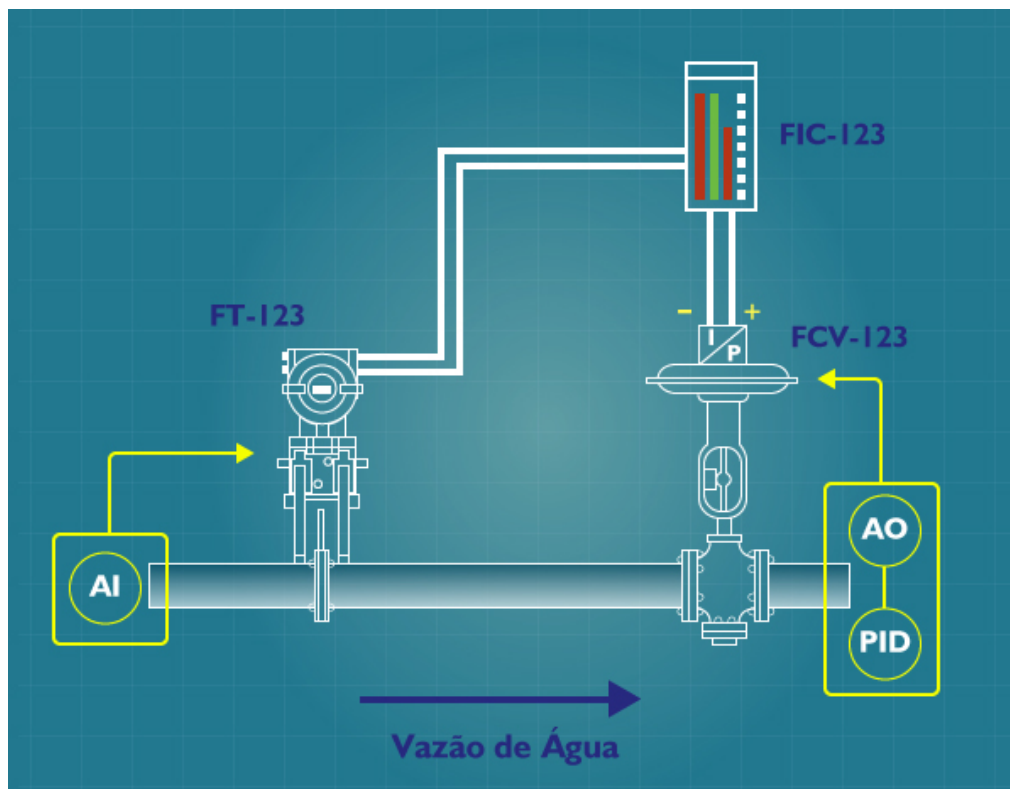
## Exemplo de aplicação FF com controle de vazão

Neste exemplo, mostra-se como montar uma configuração FF que realize a lógica de controle de vazão de água usando um controlador PID. Fisicamente, serão necessários dois instrumentos FIELDBUS:

- um transmissor de pressão diferencial (FT-123) que fará a leitura da vazão da tubulação;
- um conversor de sinal *fieldbus* para corrente, cujo sinal de saída (4 a 20mA) alimentará um atuador de campo (a válvula FCV- 123) que fará o controle da vazão.

Além dos instrumentos, será necessária uma interface para a configuração, que pode ser uma placa de rede FF para instalação em um PC ou uma placa de interface para um controlador lógico programável, também chamado de bridge ou ainda um *linking device*. O controlador PID não existe fisicamente. Sua função está embutida em um bloco de função PID no conversor FF/corrente.

**Figura 10** - Diagrama da planta de controle de vazão.



**Fonte:** Silva (2005).

Na estratégia de controle são visualizados os blocos utilizados e suas interligações. Essa estratégia é montada no software de configuração e enviada para os dispositivos por meio de um procedimento chamado de download, geralmente feito através do cabo de comunicação ou interfaces de configuração. Em cada instrumento físico é obrigatório o uso dos blocos de RESOURCE (RES) e TRANSDUTOR (TRD).

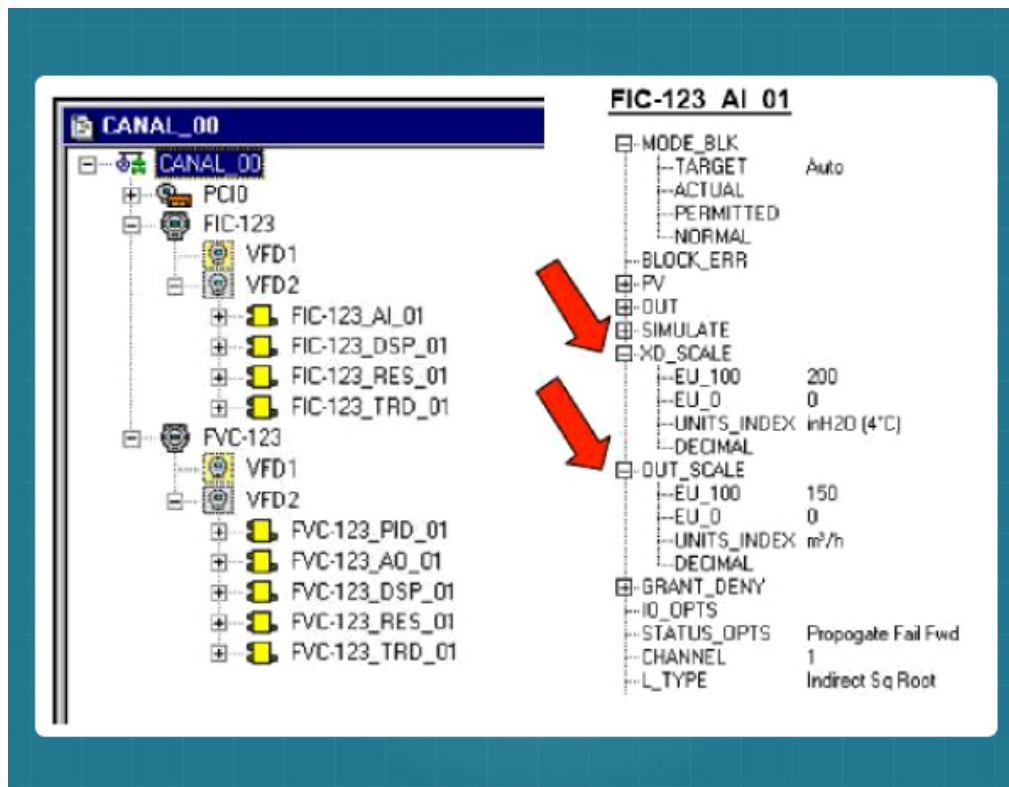
O uso dos blocos DISPLAY (DSP) é vinculado à existência de *display* local em cada instrumento. Para o uso dos blocos de função, são necessários a entrada analógica (AI) do FT – 123, que disponibilizará a vazão medida para o bloco PID do FCV-123, e um bloco de saída analógica (AO), que enviará o valor de abertura da válvula de controle.

## Parametrização dos blocos

---

O trabalho de configuração dos instrumentos FF consiste, entre outras coisas, na parametrização dos blocos funcionais que serão utilizados pelos instrumentos. Na Figura 11, podemos ver como o software de configuração mostra os blocos de cada instrumento existente na rede. Na Figura 11, à direita, entramos no do bloco AI. Em geral, todo bloco funcional possui uma entrada para algum tipo de variável (seja de um elemento sensor ou simplesmente uma variável de saída de outro bloco). Na figura a seguir, são destacados dois parâmetros que podem causar alguma confusão. Trata-se dos parâmetros de escalonamento da variável de entrada (XD\_SCALE) e de saída (OUT\_SCALE) presente no bloco. Esses parâmetros fazem a conversão de valores de entrada ou saída para valores em unidades de engenharia. No caso, o bloco AI tem como entrada um sinal de pressão diferencial de 0 a 200 polegadas de água. Esse sinal sofre uma operação de raiz quadrada (L\_TYPE), sendo disponibilizado na saída como um sinal de vazão entre 0 a 150 m<sup>3</sup>/h.

**Figura 11** - Parametrização do controle de vazão.

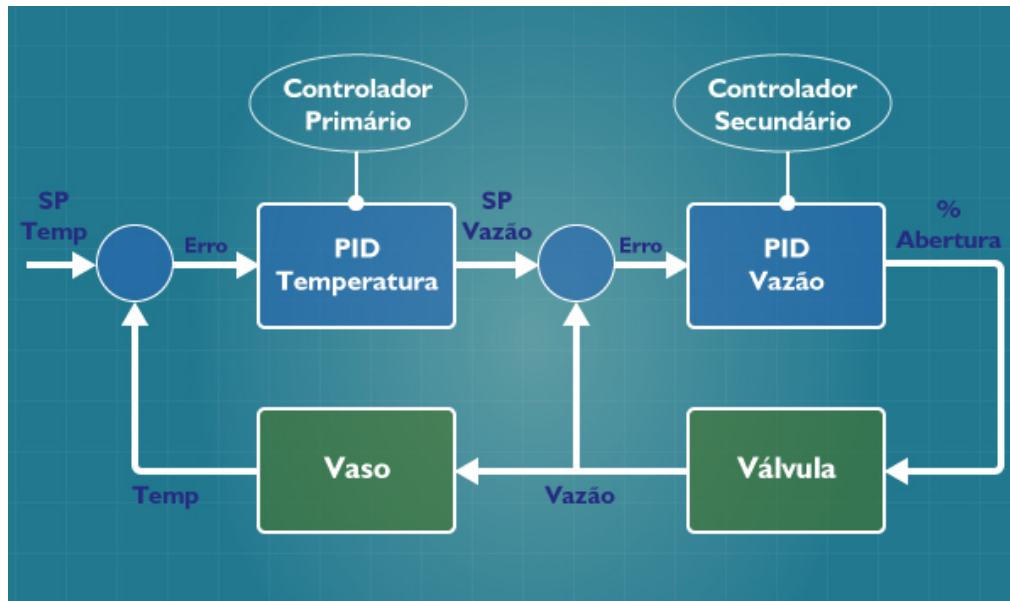


**Fonte:** Silva (2005).

## Exemplo de aplicação FF com controle de temperatura

Para essa aplicação usaremos o controle em cascata, que é uma técnica moderna de controle na qual são empregados dois controladores e o secundário ou escravo recebe seu setpoint do primário ou mestre. Essa técnica é usada para melhorar a rejeição a distúrbios e o desempenho do sistema, reduzindo as constantes de tempo de malha fechada. A Figura 12 ilustra o caso de controle de temperatura dentro de um vaso que contém uma substância aquecida com vapor. A vazão de vapor é controlada por uma válvula de controle cuja abertura varia a partir do sinal do controlador secundário.

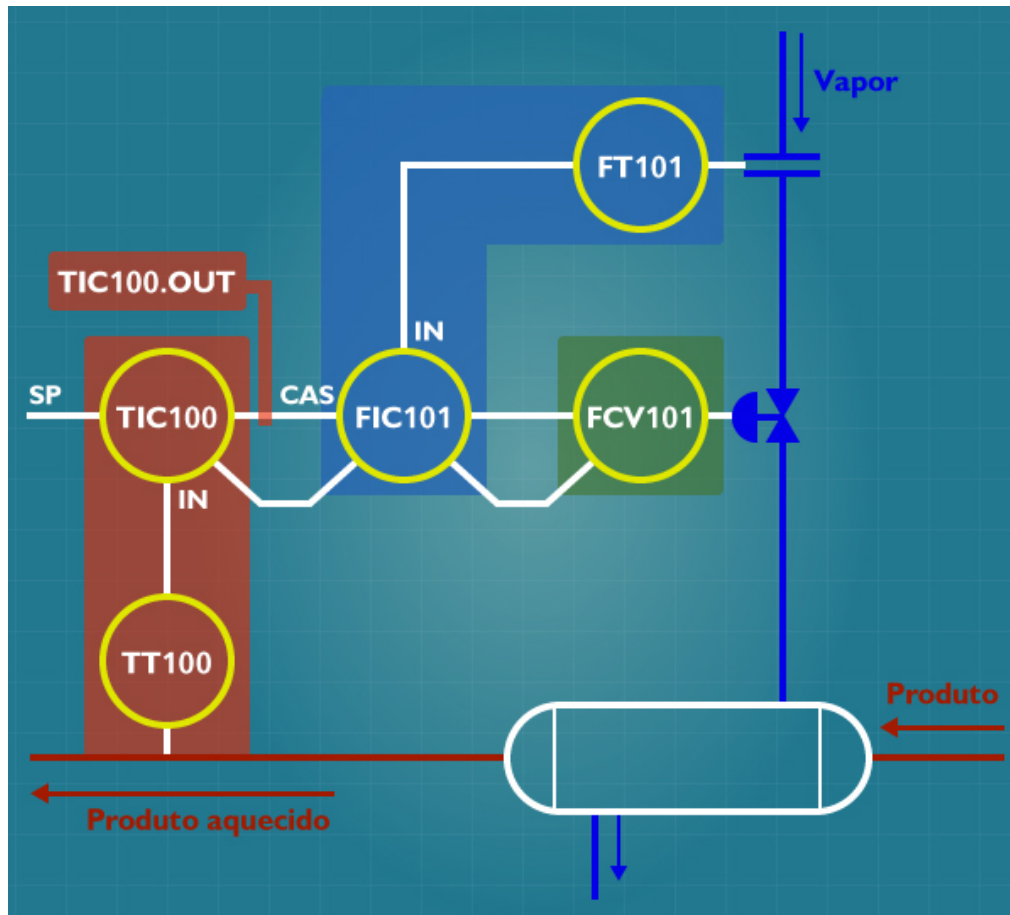
**Figura 12** - Diagrama de blocos do controle de temperatura.



**Fonte:** Silva (2005).

São ilustrados controladores PID, mas a prática recomenda que o controlador secundário seja apenas proporcional, já que erros de *offset* não são importantes nessa etapa. Já o controlador primário, deve ser proporcional-integral para eliminar os erros de *offset* na variável final de controle, a temperatura.

**Figura 13** - Diagrama da planta do controle de temperatura.



**Fonte:** Silva (2005).

O FF foi criado para permitir que mesmo controles em cascata em dois ou três níveis fossem implementados totalmente dentro dos instrumentos de campo. No exemplo acima são usados três instrumentos, um transmissor de temperatura (TT100), um transmissor de vazão (FT101) e uma válvula de controle (FCV101) em um mesmo segmento de rede FF H1. Na estratégia de controle, o controlador PID de temperatura é configurado usando um bloco de função do instrumento de medição de temperatura tendo a sua saída ligada com o setpoint do controlador de vazão, implementado, por sua vez, no instrumento de medição de vazão. São usados os blocos de função AI dos instrumentos de processo para disponibilização das variáveis medidas e um bloco de função AO para estabelecer o valor de abertura da válvula de controle. O barramento FF H1, usando os seus serviços de comunicação, será o responsável por transferir os dados entre os blocos de função localizados em instrumentos diferentes. O *setpoint* será definido na estação de supervisão ou interface homem-máquina, onde serão utilizados os serviços de comunicação do FF para a disponibilização de alarmes e tendências, e ainda eventuais reconfigurações.

# Resumo

---

Nesta aula, conhecemos o protocolo Foundation Fieldbus, vimos sua origem, os objetivos para sua criação, como são divididos seus barramentos e as funções de cada um deles. Ainda apresentamos como é feita a sua comunicação e mostramos algumas aplicações, ilustrando a utilização do sistema de configuração por blocos.

## Autoavaliação

---

1. Qual a origem do Foundation Fieldbus?
2. Quais as diferenças entre os barramentos Foundation Fieldbus H1, H2 e HSE?
3. O que é e qual a função do LAS?
4. Como é realizada a configuração dos instrumentos Foundation Fieldbus?

Para verificar suas respostas, clique [aqui](#).

## Respostas

1. Qual a origem do Foundation Fieldbus?

A organização Fieldbus Foundation (não confundir com o protocolo, que é Foundation Fieldbus) surgiu em 1994, com a principal finalidade de desenvolver protocolos com tecnologias para trabalhar em áreas com risco de explosão (áreas classificadas). O objetivo era criar um padrão internacional baseado em normas da International Electrotechnical Commission (IEC), que pudesse ser utilizado pela indústria de automação e controle de processo. A organização Fieldbus Foundation surgiu da união de dois grupos de empresas internacionais denominadas Interoperable Systems Project (ISP) e World Factory Instrumentation Protocol (WorldFIP), que foi responsável pela criação e manutenção do protocolo FF. A tecnologia

do FF substitui a fiação tradicional de 4 a 20mA como método de transmissão de dados entre instrumentos e controladores, mantendo as suas características positivas como alimentação e comunicação na mesma fiação e possibilidade de uso em áreas classificadas. A ideia básica é disponibilizar um padrão internacional de barramento de campo para uso em instrumentos de processo em áreas classificadas.

2. Quais as diferenças entre os barramentos Foundation Fieldbus H1, H2 e HSE?

O H1 foi desenvolvido para instrumentos de processo em áreas classificadas, o H2 para interligação de instrumentos em geral e o HSE para interligação dos barramentos H1 via Linking Devices. O barramento H2 não chegou a ser implementado, como inicialmente pensado, sendo substituído pelo barramento HSE.

3. O que é e qual a função do LAS?

O barramento fieldbus não tem um mestre, sendo assim, o controle do acesso ao meio é feito via um programador determinístico para o barramento chamado de Link Active Scheduler (LAS). O LAS é responsável por habilitar os dispositivos a enviar seus dados de maneira ordenada. Para o envio de dados ciclicamente, o LAS envia um comando, chamado Compel Data (CD), a cada elemento da rede, permitindo a publicação de seus dados. Nenhum dispositivo pode acessar a rede sem a permissão do LAS.

4. Como é realizada a configuração dos instrumentos Foundation Fieldbus?

A configuração dos instrumentos Fieldbus consiste basicamente na interligação lógica dos diversos blocos funcionais implementados em cada dispositivo da rede por meio de um software configurador, além da definição dos parâmetros de controle de cada bloco. São definidas, também, as conexões indicadoras de alarme e os diversos eventos que podem ocorrer na malha de controle.

## Referências

---

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. **Histórico.** [2012]. Disponível em: <<http://www.automacaoindustrial.info/protocolo-foundation-fieldbus/>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

FUNDATION FIELDBUS. **Manual dos procedimentos se instalação, operação e manutenção.** 2008. Versão 3. Disponível em: <[www.smar.com/PDFs/manuals/GERAL-FFMP.pdf](http://www.smar.com/PDFs/manuals/GERAL-FFMP.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2015.

SILVA, W. A. C. M. **Notas de aula da disciplina Redes Industriais.** Natal: IFRN, 2005.