



**Estácio**

# REDES INDÚSTRIAS

## SENSOR BUS

- ASI
- HART

FACULDADE ESTÁCIO FIB  
ENGENHARIA ELÉTRICA

SENSOR BUS

*Este trabalho apresenta à utilização de redes industriais, em estudo a rede sensor bus, que são redes apropriadas para interligar sensores e atuadores discretos, tais como chaves limites, contadores, etc. Como exemplos temos as redes ASI e HART.*

# INTRODUÇÃO

A última década trouxe diversas inovações tecnológicas advindas da intensa utilização de sistemas de informação que se popularizaram neste período. Dentro do objetivo de manter um nível de atendimento adequado aos consumidores e operar o sistema de forma econômica e segura os sistemas de informação passaram a desempenhar um papel fundamental nos processos indústrias. Auxiliando a obter e disponibilizar informações adequadas e confiáveis não apenas aos setores operacionais, mas sim para toda a empresa. Tornando possível aumentar os níveis de segurança e de produtividade, otimização dos recursos humanos e materiais dentre outras vantagens.

As redes industriais surgiram da necessidade de interligar computadores e controlador lógico programável – CLP - que se proliferavam operando independentemente. Essa interligação em rede permitiu o compartilhamento de recursos e bases de dados, que passaram a ser únicos, o que conferiu mais segurança aos usuários da informação.

Devido aos diferentes requisitos de comunicações industriais, existem diferentes tipos de sistemas de comunicação industrial, como partes de um sistema de automação industrial em uma empresa:

- Redes de Sensores/Atuadores (**Sensor Bus**): atuam a nível de chão de fábrica, conectando sensores, atuadores e controles simples
- **Fieldbus**: atuam a nível de chão de fábrica, coletando e distribuindo dados de e para sensores e atuadores, comunicando dados entre os dispositivos de campo e controladores programáveis e consoles de gerenciamento (IHM, SCADA, etc).
- Redes de controladores: atuam a nível dos controladores, transmitindo dados entre dispositivos poderosos de campo e controladores, além de transmitir dados entre controladores.
- Redes Corporativas: atuam a nível da empresa, conectando e transmitindo dados entre segmentos dos sistemas de automação e demais setores da empresa.

As redes de comunicação industrial são de grande importância para as empresas, devido a quantidade de informação que atualmente são utilizadas para as mais diversas aplicações, seja para visualização em algum sistema supervisório ou para sistemas de gerenciamento da produção - Enterprise Production Systems - sendo necessário disponibilizar os dados adquiridos para o sistema em tempo real.

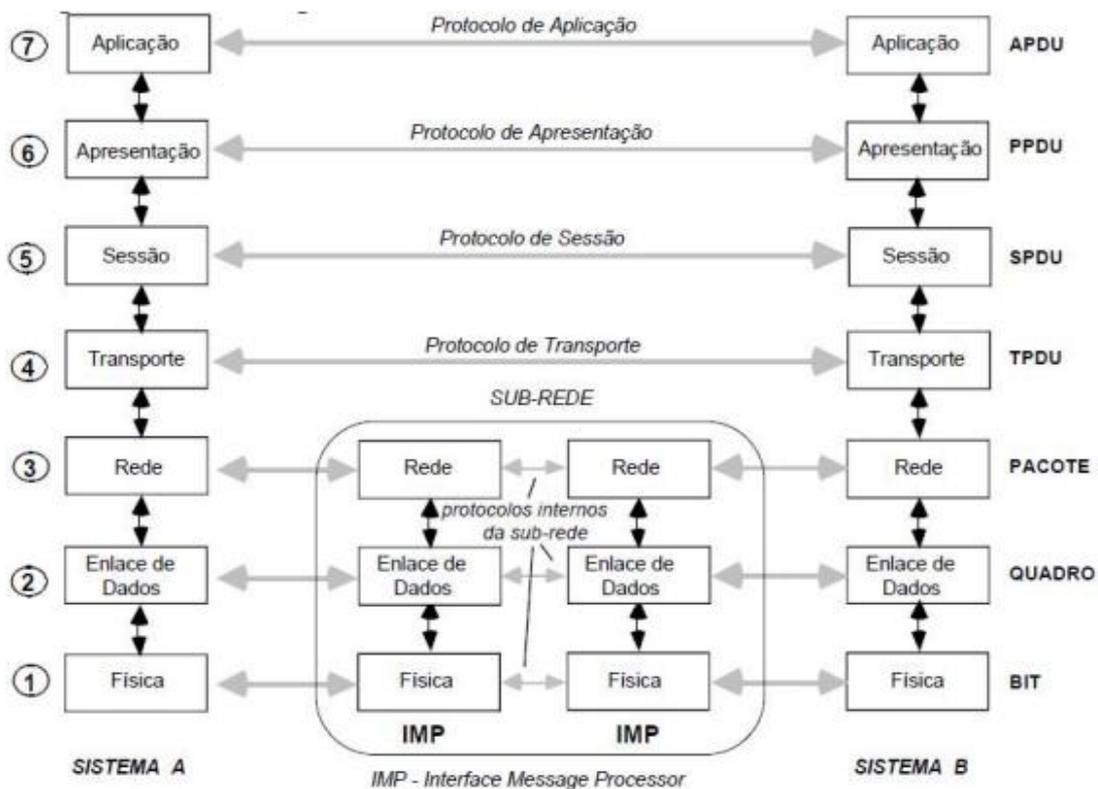
Assim, o ambiente industrial que outrora era isolado, hoje tem a necessidade de estar interligado com o ambiente corporativo da empresa para que assim estes possam compartilhar informações com o intuito de aperfeiçoar o processo de produção, evitando perda de tempo, insumos e mão de obra. Por isso tornou-se necessário a utilização de sistemas de comunicação que conseguissem suportar requisitos típicos das suas aplicações: ambientes hostis, interferências eletromagnéticas, características de tempo real, espectro largo de volume de informação trocada, o que obriga a constante busca por novas técnicas e meios de estabelecer essa comunicação.

Assim as empresas viram-se obrigadas a buscar tecnologias que conseguissem aumentar a agilidade e a eficiência e passaram a investir cada vez mais em sistemas que fossem capazes de gerenciar, supervisionar, controlar e proteger as redes industriais. Devido as crescentes exigências, o emprego de redes de supervisão e controle baseadas em protocolos de

comunicação digital tem crescido nas mais variadas plantas industriais (CHEN; MOK, 2001). Outra solução utilizada hoje em dia é a integração entre a Tecnologia de Automação (TA) e a de Tecnologia de Informação (TI), que possibilita interligar o processo industrial e a diretoria da empresa.

Para que a rede de comunicação funcione corretamente é recomendado que o sistema siga o modelo OSI (Open System Interconnection), modelo este que permite a padronização dos protocolos e assim o fim da falta de compatibilidade entre equipamentos de fabricantes diferentes, permitindo total integração entre os componentes do sistema.

Devido a proliferação das redes proprietárias, a International Organization for Standardization - ISO definiu um modelo referência para a interconexão de sistemas abertos em 1978, o RMOSI. O padrão OSI segue a filosofia das arquiteturas multicamadas, gerencia estruturação da comunicação de dados, através das sete camadas mostradas pela figura abaixo:



Arquitetura a sete camadas do Padrão OSI (STEMMER, 2001).

Cada camada tem um objetivo definido e comunica-se com as camadas adjacentes através de uma interface, que define as operações elementares e os serviços que a camada inferior oferece à camada considerada. Quando o padrão OSI foi desenvolvido foram levados em consideração alguns princípios para determinar quantas camadas o modelo deveria ter. Estes princípios são:

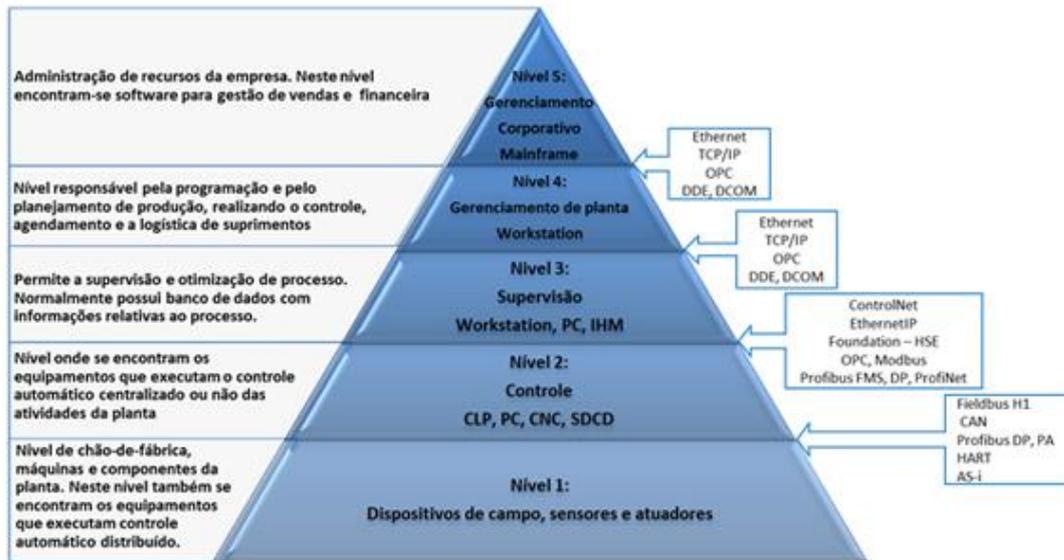
- Cada camada corresponde a um nível de abstração necessário no modelo;
- Cada camada possui suas funções próprias e bem definidas;

- As funções de cada camada foram escolhidas segundo a definição dos protocolos padronizados internacionalmente;
- A escolha da fronteira entre cada camada deveria ser definida de modo a minimizar o fluxo de informação nas interfaces;
- O número de camadas deveria ser suficientemente grande para evitar a realização de funções muito diversas por uma mesma camada;
- O número de camadas deveria ser suficientemente pequeno para evitar uma alta complexidade da arquitetura (REYNDERS; MACKAY; WRIGHT, 2005). Resumidamente, as principais funções das camadas são:



As sete camadas do Modelo OSI.

Analisando a pirâmide de automação, vemos que no nível de atuadores/sensores existem algumas redes industriais, logo podemos citar a AS-Interface (AS-i) onde os sinais binários de dados são transmitidos via um barramento extremamente simples e de baixo custo, juntamente com a alimentação (24 Vdc) necessária para alimentar estes mesmos sensores e atuadores. Outra característica importante é que os dados são transmitidos ciclicamente, de uma maneira extremamente eficiente e rápida.



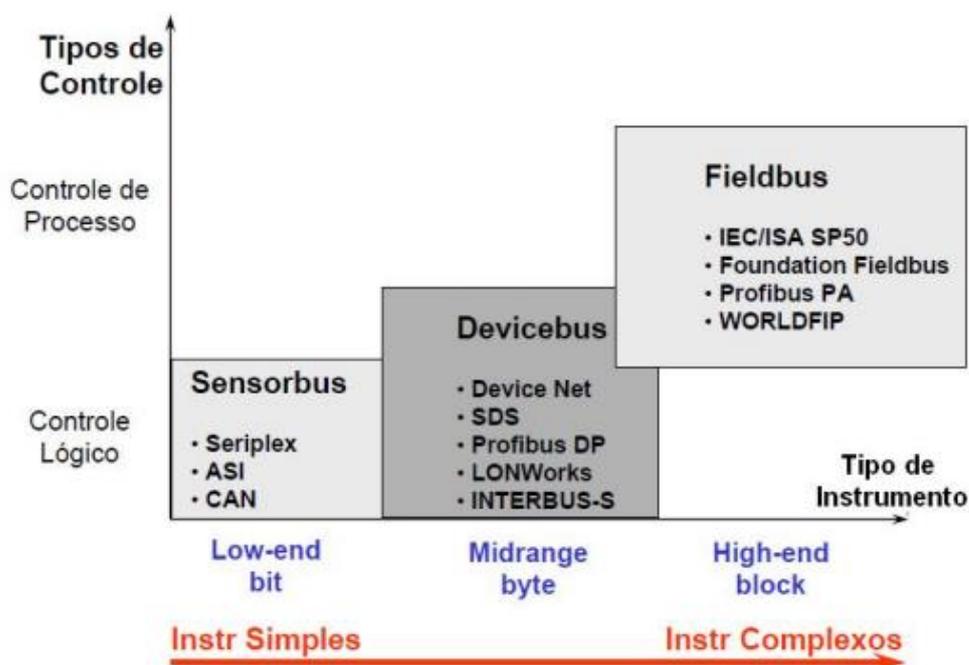
*Pirâmide de Automação*

No nível de campo, a periferia distribuída, tais como módulos de Entrada/Saída (E/S), transdutores, acionamentos (drives), válvulas e painéis de operação, comunicam-se com sistemas de automação via um eficiente sistema de comunicação em tempo real (PROFIBUS-DP ou PA, Foundation Fieldbus, HART, etc.). A transmissão de dados do processo e diagnósticos é efetuada ciclicamente, enquanto alarmes, parâmetros e também diagnósticos são transmitidos aciclicamente, somente quando necessário.

Dessa forma, iremos falar sobre alguns protocolos do nível 1, como o Sensorbus (ASI e HART).

## Sensor Bus

A Sensor Bus conecta equipamentos simples e pequenos diretamente à rede. Os equipamentos deste tipo de rede necessitam de comunicação rápida em níveis discretos e são tipicamente sensores e atuadores de baixo custo. Estas redes não almejam cobrir grandes distâncias, sua principal preocupação é manter os custos de conexão tão baixos quanto for possível. Exemplos típicos de rede Sensor Bus incluem Seriplex, ASI e CAN. A figura abaixo demonstra as principais redes industriais.



## Rede Sensor Bus Seriplex

SERIPLEX Control Bus surgiu como uma alternativa de padronização de cabeamento paralelo. A primeira patente foi concedida em 1897 e, em 1991, a empresa Automated Process Control (APC) instalou o primeiro sistema de controle utilizando esta rede. Em fevereiro de 1995, Square D Company adquiriu a APC já com aproximadamente 200 000 de pontos de entrada/saída instalados.

É uma rede rápida e simples, com pontos de entrada e saída distribuídos responsável pela troca de informações entre elementos de processo tanto para sistemas de controle, como para a indústria de manufatura. Cada dispositivo SERIPLEX possui um circuito integrado (application-specific integrated circuit -ASIC) que possibilita a comunicação na rede.

O meio de camada física e sua operação são exclusivas para seriplex. Ela transmite dados multiplexados em série em um cabo composto blindado, o que reduz o tempo de instalação, reduz os custos e aumenta a confiabilidade. Seriplex é baseado em um chip ASIC que transmite continuamente dados em "quadros" e permite que os níveis de dispositivos relativos a opção de peer-to-peer ou master / slave comunicação. A construção do cabo composto transporta ambos os pares de alimentação e sinais de diferentes tamanhos e características elétricas sob o mesmo casaco.

Esta rede é projetada pra complementar, e não substituir ou competir com redes de interligação de alto nível, como as rede fieldbus. Os dispositivos SERIPLEX podem controlar sensores de proximidade, photo switches, chaves e botões, além de atuadores como válvulas e posicionadores. Estes dispositivos recebem o comando de um mestre instalado em controladores (CLP) ou computadores pessoais. O protocolo SERIPLEX, residente na camada física, possui as seguintes características:

- Determinístico;
- Incorpora um extenso procedimento de detecção de erros;
- Verifica a integridade do barramento em cada ciclo;
- Totalmente transparente para o usuário;
- Número máximo de dispositivos: 510 (255 entradas e 255 saídas) não multiplexadas, ou 7680 pontos discretos ou 480 analógicos multiplexados;
- Tempo de ciclo: Escalonável e determinístico Mínimo de 0.72 m sec para 31 sensores mais 31 atuadores (5.2 m sec para 510 I/O);
- Comprimento do cabo: Máximo 5000 pés ou 1524 metros;
- Meio físico: Cabo de cinco ou sete vias;
- Topologia de rede: Aberta, qualquer combinação de árvore, estrela, loop, etc.;
- Protocolo: Aberto, mas não normalizado;
- Tipo de Comunicação: Mestre/escravo ou ponto a ponto Cíclica.

## Requisitos Mínimos

- Módulos de I/O ou componentes de controle com o chip SERIPLEX;
- Configurador da rede (Set-Up Tool);
- Cabos e conectores;
- Fonte de alimentação;
- Fonte de sincronismo: - módulo de klok para operações ponto a ponto - cartão de interface para operação mestre/escravo.

## ***Rede Sensor Bus (ASI)***

Com o seu característico cabo amarelo, o **AS-Interface** é uma das mais inovadoras soluções de rede ao nível de sensores/atuadores. Foi desenvolvido como uma alternativa de baixo custo de estrutura de cablagem e provou ser extremamente viável, após vários anos de utilização em diversos sectores industriais.

O objetivo é ligar entre si, sensores e atuadores de diversos fabricantes, utilizando um cabo único, capaz de transmitir dados e alimentação simultaneamente.

## Histórico

Em 1990, na Alemanha, um consórcio de empresas bem sucedidas elaborou um sistema de barramento para redes de sensores e atuadores, denominado *Actuator Sensor Interface (AS-Interface* ou na sua forma abreviada AS-i). Esse sistema surgiu para atender a alguns requisitos definidos a partir da experiência de seus membros fundadores e para suprir o mercado cujo nível hierárquico é orientado a *bit*. Desta forma, a rede AS-i foi concebida para complementar

os demais sistemas e tornar mais simples e rápida as conexões entre sensores e atuadores com os seus respectivos controladores.

Um sistema industrial formado por redes AS-i é considerado um dos mais econômicos e ideal para comunicação entre atuadores e sensores. Os benefícios da utilização de uma rede AS-i vão desde economias de *hardware* até o comissionamento de uma rede AS-i propriamente dita.

Vejamos alguns benefícios da rede AS-i:

### Simplicidade

Uma rede AS-i é muito simples, pois requer apenas um único cabo para conectar módulos de entradas e saídas de quaisquer fabricantes. Usuários de uma rede AS-i não precisam ter profundos conhecimentos em sistemas industriais ou protocolos de comunicação. Diferentemente de outras redes digitais, a rede AS-i não precisa de terminadores e de arquivos de descrição de equipamentos. A simplicidade é seu ponto forte.

### Desempenho

Sistemas AS-i são eficazes e incrivelmente rápidos, o que os tornam aptos a substituírem sistemas grandes e com altos custos. Existem mestres AS-i, especialmente, desenvolvidos para comunicarem com sistemas legados de controle e promoverem uma suave integração entre as tecnologias existentes. O melhor de tudo é que isto é realizado de forma simples e confiável.

### Flexibilidade

A expansibilidade é muito fácil – apenas conecte um módulo, enderece-o e, então, conecte o cabo da rede. Verifique se LED de alimentação está ligado e, então, você já está liberado para a conexão do próximo módulo. A rede AS-i suporta qualquer topologia de cabeamento: estrela, barramento, árvore, anelar ou qualquer outra configuração com até 100 metros de cabo. Ou, então, com a adição de repetidores é possível expandir o sistema até 300 metros. A rede AS-i é de fácil instalação, pois não há necessidade de terminadores nos pontos finais.

### Custo

Redes AS-i tipicamente reduzem o custo de cabeamento e instalação em torno de 50% em comparação com outras redes convencionais. A utilização de um único cabo para conexão com equipamentos discretos reduz a necessidade de gabinete, conduítes e bandejas. As economias geradas na utilização da rede podem ser realmente significantes, pois a utilização de poucos cabos diminui os custos de instalação, comissionamento e, por ser uma rede simples, as horas de engenharia.

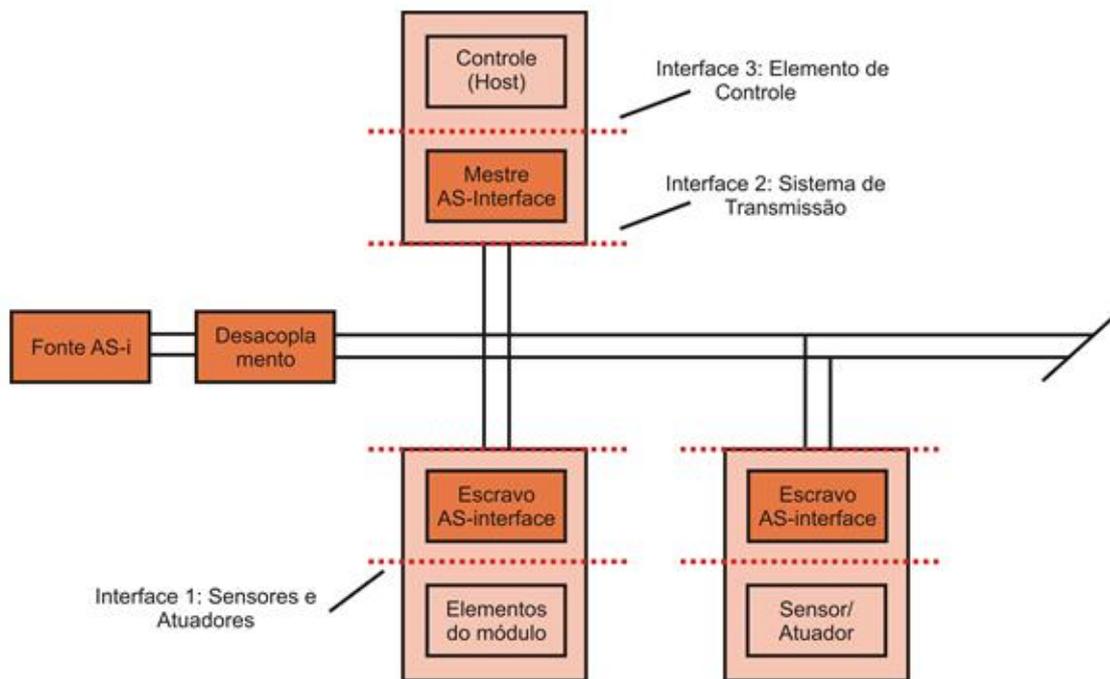
O nome *Actuator Sensor Interface* representa o seu próprio conceito. Apesar de tecnicamente, o "AS-i" ser um barramento, o termo interface mostra que ele fornece uma interface simples para acesso a sensores e atuadores em campo.

As redes industriais AS-i foram concebidas para serem aplicadas em ambientes automatizados, substituindo as conexões tradicionais de atuadores e sensores do tipo "*switch*" (liga-desliga) por um barramento único. Além desses é possível conectar ao barramento sensores/atuadores que realizam uma conversão analógico/digital ou vice-versa. Tradicionalmente essas conexões são feitas por pares de fios que conectam um a um os atuadores e sensores ao controlador correspondente, em geral um Controlador Lógico Programável (CLP).

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

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

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



*Componentes e interfaces*

A rede AS-Interface conecta os dispositivos mais simples das soluções de automação. Um único cabo une atuadores e sensores com os níveis superiores de controle. AS-Interface é um sistema de rede padronizado (EN 50295) e aberto, que interliga de maneira muito simples atuadores e sensores.

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

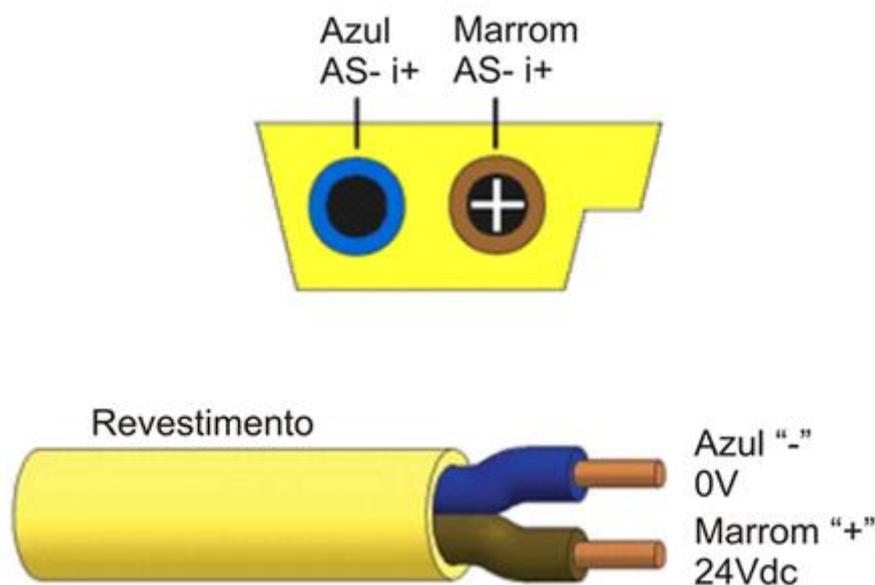
Na tecnologia de conexão usando cabos paralelos, cada contato individual de um equipamento é conectado separadamente para os terminais e bornes de sensores e atuadores. A rede AS-i substitui o tradicional arranjo de cabos múltiplos, caixas de passagem, canaletas, dutos de cabos por um simples cabo especialmente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

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

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

Este cabo de flexível de duas vias é considerado o padrão para a rede AS-i. Existe ainda um outro cabo com formato circular que deve ser usado somente se for explicitamente especificado pelo fabricante.

Este cabo flexível de alta tensão está em conformidade com as normas CENELEC ou DIN VDE 0281, designado por H05VV-F 2X1.5 e é barato e fácil de se obter.



*Cabos padrões do barramento AS-i*

## Características Resumidas

- Topologia: Estrutura em árvore.
- Meio: Cabo de 2 condutores para dados e alimentação (24VDC nominal, 2 A tipicamente).
- Comprimento do bus: 100m por cada mestre AS-Interface (300m com repetidores).
- Número de escravos: máximo de 31.
- Número de E/S: Até 4 sensores e 4 atuadores por escravo (máximo 248 E/S digitais).
- Endereçamento: Cada escravo tem um endereço, definido pelo mestre ou equipamento específico.
- Mensagens: Do mestre para o escravo com resposta imediata.
- Formato mensagem: quatro bits por escravo e mensagem.
- Tempo de ciclo: Com 31 escravos: cinco ms. Com menos escravos o tempo diminui.
- Detecção de erros: Mensagens incorretas detectadas, gerando repetição da mensagem.
- Módulo Interface: 4 portas configuráveis (entradas, saídas ou bidirecional) e 4 parâmetros.



## HART/4-20mA

Atualmente muito se fala em termos de redes fieldbus, mas tem-se muitas aplicações rodando em HART (Highway Addressable Remote Transducer), tendo vantagens com os equipamentos inteligentes e utilizando-se da comunicação digital de forma flexível sob o sinal 4-20mA para a parametrização e monitoração das informações.

Introduzido em 1989, tinha a intenção inicial de permitir fácil calibração, ajustes de range e damping de equipamentos analógicos. Foi o primeiro protocolo digital de comunicação bidirecional que não afetava o sinal analógico de controle.

Este protocolo tem sido testado com sucesso em milhares de aplicações, em vários segmentos, mesmo em ambientes perigosos. O HART permite o uso de mestres: um console de engenharia na sala de controle e um segundo mestre no campo, por exemplo um laptop ou um programador de mão.

Em termos de performance, podemos citar como características do HART:

- Comprovado na prática, projeto simples, fácil operação e manutenção.
- Compatível com a instrumentação analógica;
- Sinal analógico e comunicação digital;
- Opção de comunicação ponto-a-ponto ou multidrop;
- Flexível acesso de dados usando-se até dois mestres;
- Suporta equipamentos multivariáveis;
- 500ms de tempo de resposta (com até duas transações);
- Totalmente aberto com vários fornecedores;

As especificações continuamente são atualizadas de tal forma a atender todas as aplicações.

Veremos a seguir alguns detalhes do protocolo HART.

### A simplicidade: o HART e o loop de corrente convencional

As figuras 32 e 33 nos mostram como entender o HART facilmente. Na figura 32, temos um loop de corrente analógica, onde os sinais de um transmissor variam a corrente que passa por ele de acordo com o processo de medição. O controlador detecta a variação de corrente através da tensão sob um resistor sensor de corrente. A corrente de loop varia de 4 a 20mA para frequências usualmente menores que 10 Hz.

A figura 33 é baseada na figura 32, onde o HART foi acrescido. Agora ambas terminações do loop possuem um modem e um amplificador de recepção, sendo que este possui alta impedância de tal forma a não carregar o loop de corrente. Note ainda que o transmissor possui uma fonte de corrente com acoplamento AC e o controlador uma fonte de tensão com acoplamento AC. A chave em série com a fonte de tensão no controlador HART em operação normal, fica aberta.

No controlador HART os componentes adicionais podem ser conectados no loop de corrente, como mostrado ou através do resistor sensor de corrente. Do ponto de vista AC, o resultado é o mesmo, uma vez que a fonte de alimentação é um curto-circuito. Note que o sinal analógico não é afetado, uma vez que os componentes adicionados são acoplados em AC. O amplificador de recepção frequentemente é considerado como parte do modem e usualmente não é mostrado separadamente. Na figura 33 foi desenhado separadamente para mostrar como se

deriva o sinal de tensão de recepção. O sinal de recepção não é somente AC, nem no controlador ou mesmo no transmissor.

Para enviar uma mensagem, o transmissor ao ligar sua fonte de corrente, fará com que se sobreponha um sinal de corrente de 1 mA pico-a-pico de alta frequência sobre o sinal analógico da corrente de saída. O resistor R no controlador converterá este sinal em tensão no loop e esta será amplificada no receptor chegando até ao demodulador do controlador (modem). Do mesmo modo, para enviar uma mensagem ao transmissor, o controlador fecha sua chave, conectando sua fonte de tensão que sobrepõe um tensão de aproximadamente 500 mV pico-a-pico através do loop. Esta é vista nos terminais do transmissor e encaminhada ao amplificador e demodulador.

Note que existe uma implicação na figura 33 que é que o mestre transmita como fonte de tensão enquanto o escravo, como fonte de corrente. A figura 34 mostra detalhes do sinal HART, sendo que as amplitudes podem variar de acordo com as impedâncias e capacitâncias de cada equipamento e perdas causadas por outros elementos no loop. O HART se utiliza do FSK, chaveamento por mudança de frequência (Frequency Shift keying), onde a frequência de 1200 Hz representa o 1 binário e a de 2200 Hz, representa o 0 binário. Note que estas frequências estão bem acima da faixa de frequências do sinal analógico (0 a 10 Hz) de tal forma que não há interferências entre elas. Para assegurar uma comunicação confiável, o protocolo HART especifica uma carga total do loop de corrente, incluindo as resistências dos cabos, de no mínimo 230 Ohms e no máximo 1100 Ohms.

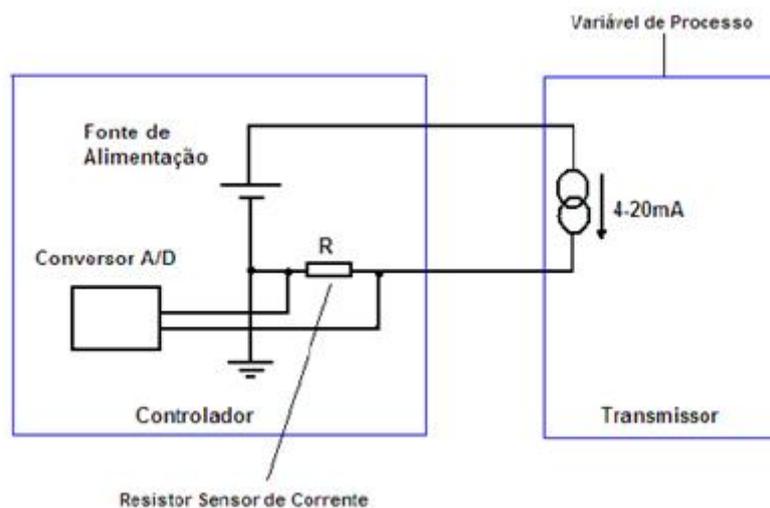


Figura 32 – Loop de corrente convencional

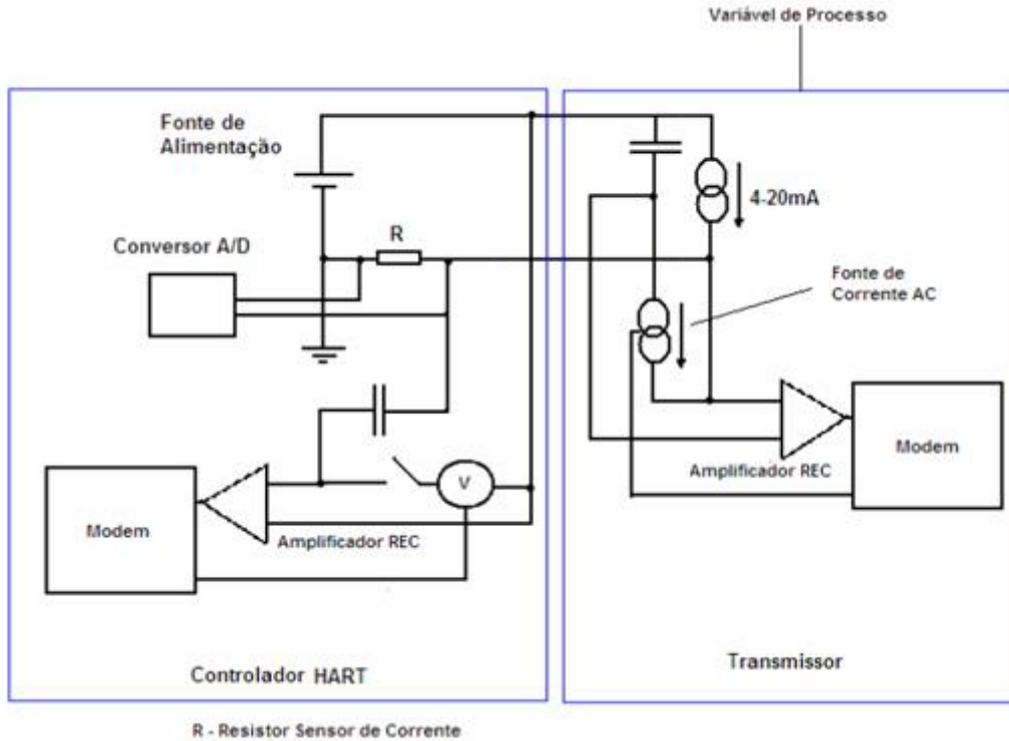


Figura 33 – Loop de corrente acrescido o HART

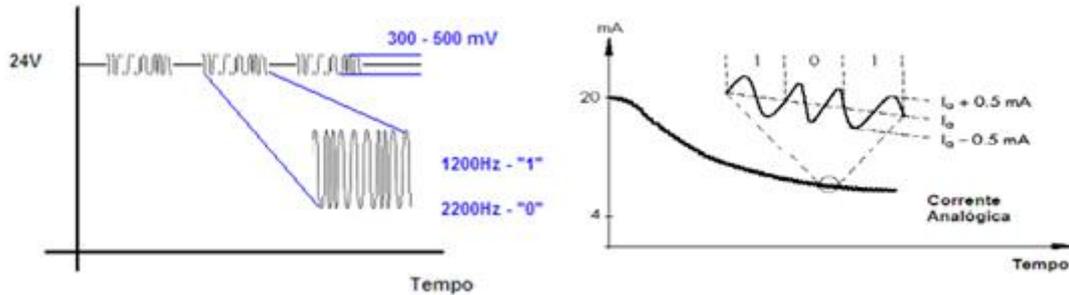


Figura 34 – Modulação e sinal HART

Equipamentos de campo e handhelds (programadores de mão) possuem um modem FSK integrado, onde via port serial ou USB de um PC ou laptop pode-se conectar uma estação externamente. A figura 35 mostra uma conexão típica HART de campo. Veremos posteriormente, outros tipos de conexões.

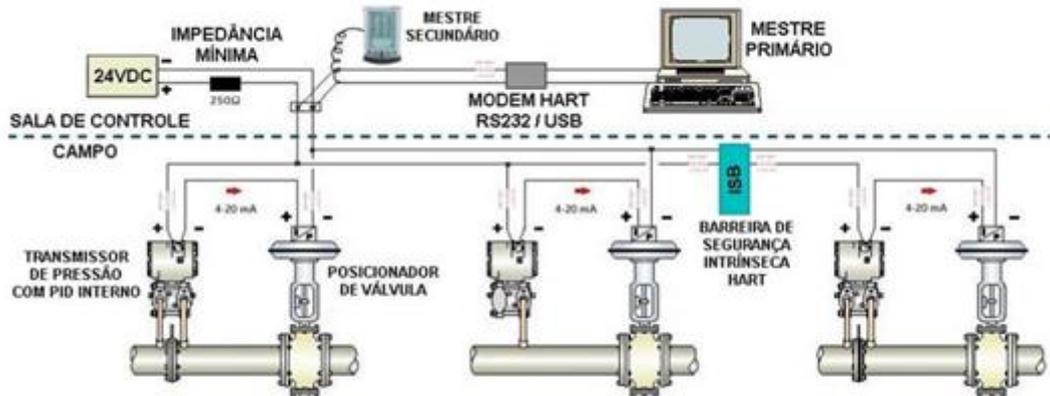


Figura 35 – Elementos típicos de uma instalação HART



Figura 36 – Conexão HART ponto-a-ponto

Em uma conexão do tipo ponto-a-ponto, como a da figura 36, é necessário que o endereço do equipamento seja configurado para zero, desde que se use o modo de endereço na comunicação para acessá-lo.

Em sistemas considerado grandes, pode-se utilizar-se de multiplexadores para acessar grandes quantidades de equipamentos HART, como por exemplo, na figura 37, onde o usuário deverá selecionar o loop de corrente para comunicar via Host. Nesta situação em cascata, o host pode comunicar com vários equipamentos (mais do que 1000), todos com endereços zero.

Ainda podemos ter rede em multidrop e condições de Split-range. Na figura 38, na conexão em multidrop, observe que podem ser ligados no máximo até 15 transmissores em paralelo na mesma linha. A corrente que passa pelo resistor de 250 Ohms (foi ocultado na figura) será alta, causando uma alta queda de tensão.

Portanto, deve-se assegurar que a tensão da fonte de alimentação seja adequada para suprir a tensão mínima de operação.

No modo multidrop a corrente fica fixa em 4mA, servindo apenas para energizar os equipamentos no loop.

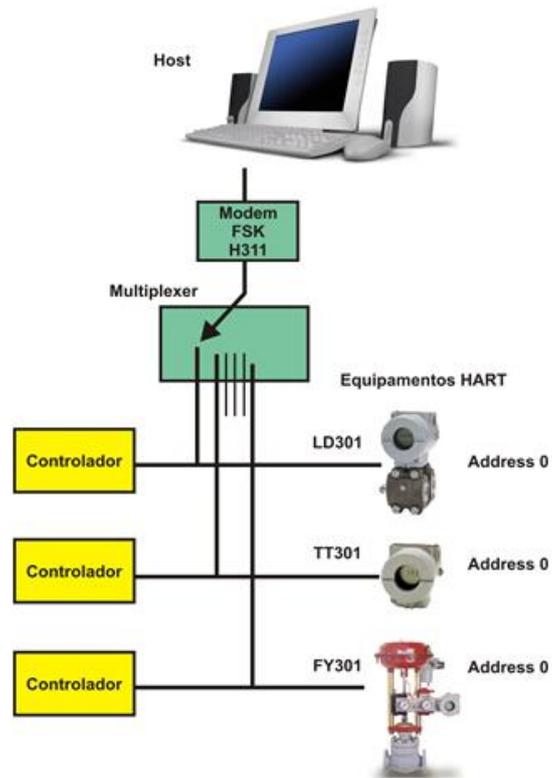


Figura 37 - Conexão HART via multiplexador

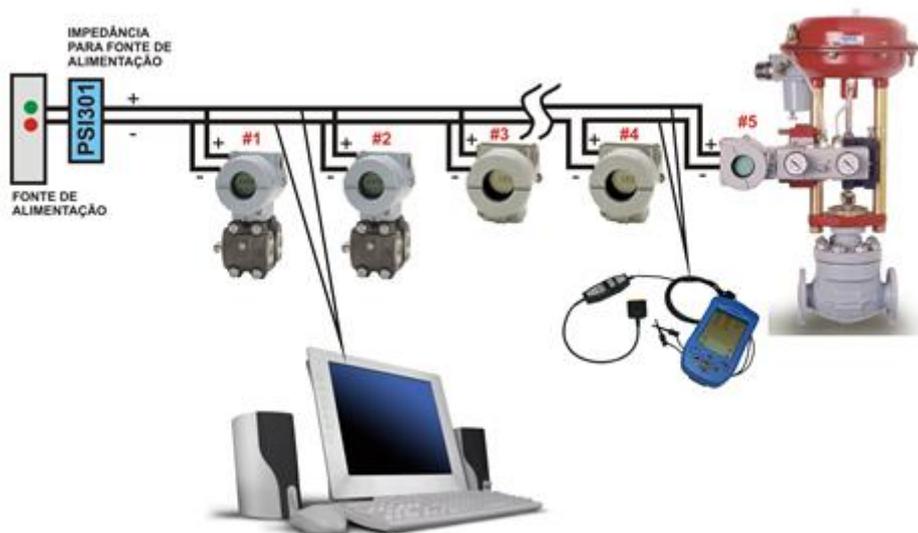


Figure 38 – Conexão HART em Multidrop

A condição de split-range é usada em uma situação especial onde normalmente dois posicionadores de válvulas recebem o mesmo sinal de controle, por exemplo, um operando com corrente nominal de 4 a 12 mA e o outro de 12 a 20 mA. Nesta condição, os posicionadores são conectados em série no loop de corrente com endereços diferentes e o host será capaz de distingui-los via comunicação. Veja figura 39.

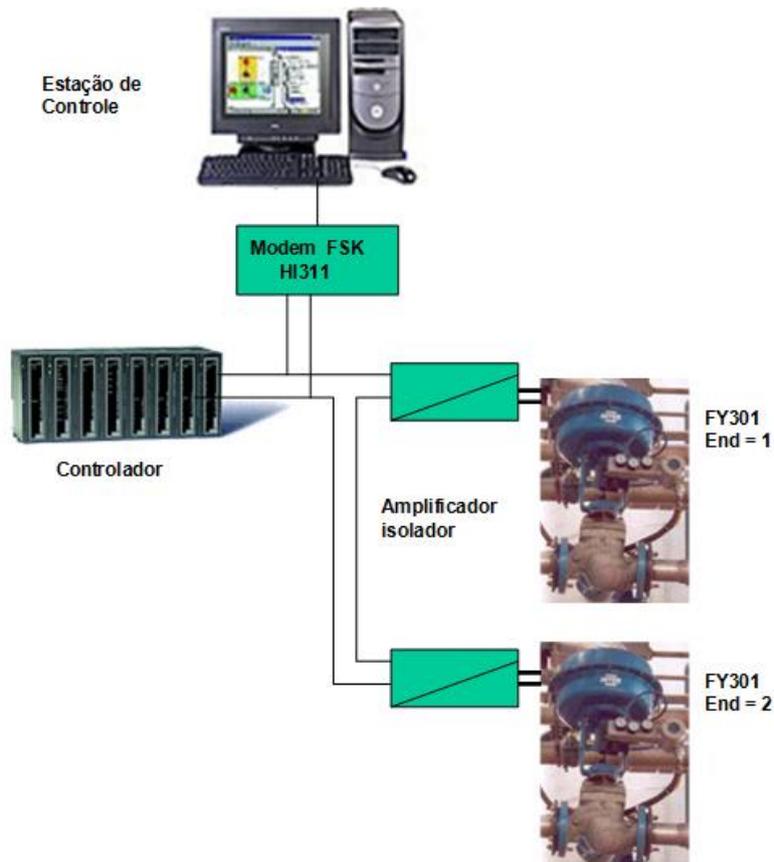


Figura 39 – Conexão HART via Split Range

Como visto anteriormente, o HART se utiliza do sinal de 4-20mA, sobrepondo um sinal em técnica FSK, chaveamento por mudança de frequência (Frequency Shift keying), onde a frequência de 1200 Hz representa o 1 binário e a de 2200 Hz representa o 0 binário. Cada byte individual do telegrama do layer 2 é transmitido em 11 bits, usando-se 1200 kHz.

## Cabeamento

Utiliza-se um par de cabos trançados onde se deve estar atento à resistência total já que esta colabora diretamente com a carga total, e agindo na atenuação e distorção do sinal. Em longas linhas e sujeitas a interferências, recomenda-se o cabo com shield, sendo este aterrado em um único ponto, preferencialmente no negativo da fonte de alimentação.

## Layer 2

O protocolo HART opera segundo o padrão Mestre-Escravo, onde o escravo somente transmitirá uma mensagem se houver uma requisição do mestre. A figura 40 mostra de maneira simples o modelo de troca de dados entre mestre e escravo. Toda comunicação é iniciada pelo mestre e o escravo só responde algo na linha se houve um pedido para ele. Existe todo um controle de tempo entre envios de comandos pelo mestre. Inclusive existe um controle de tempo entre mestres quando se tem dois mestres no barramento.

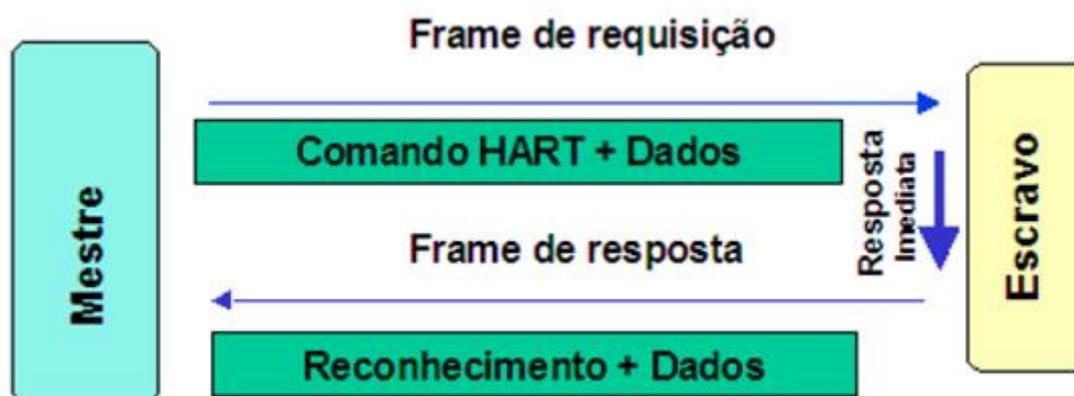


Figura 40 – Frame HART

## A convivência de vários protocolos em uma mesma planta

Daqui para frente é esperado que a convivência entre vários protocolos torne-se uma constante, principalmente onde o parque instalado for grande e deseja-se preservar os investimentos feitos. A figura 41 é um exemplo típico de sistema onde se tem em uma mesma planta os protocolos Foundation Fieldbus e HART. Neste caso, uma interface HART-FF, o HI302, é utilizado, permitindo conexões ponto-a-ponto e multidrop. O HI302 é uma ponte entre equipamentos HART e sistemas Foundation Fieldbus, possui 8 canais HART master e permite ao usuário executar manutenção, calibração, monitoramento de status do sensor, status geral do equipamento, dentre outras informações.

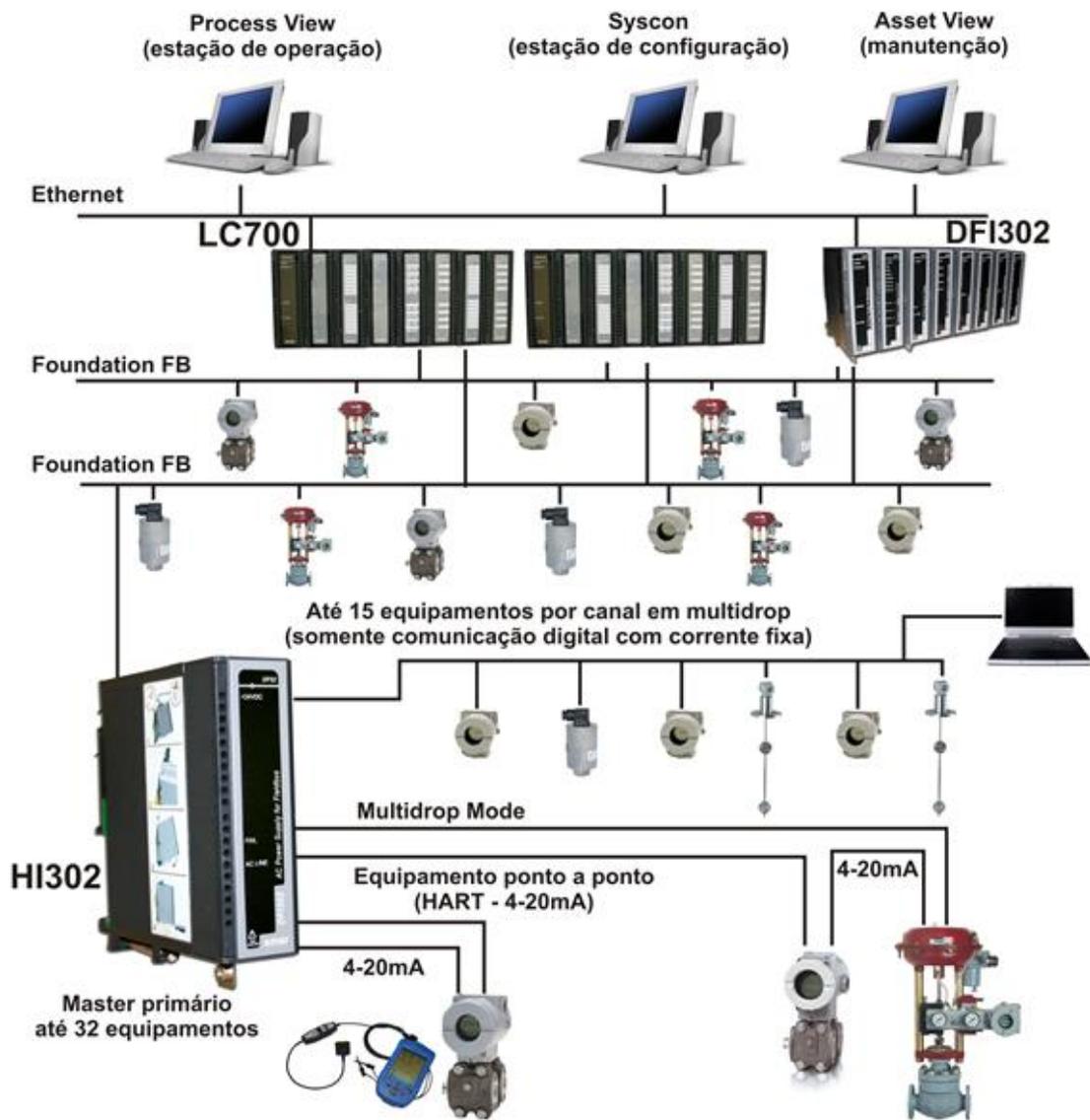


Figura 41 - Integração Foundation Fieldbus e HART usando o HI302

### *WirelessHART™*

Nos últimos anos, a tecnologia de redes sem fio sofreu grandes avanços tecnológicos o que hoje pode proporcionar: segurança, confiabilidade, estabilidade, auto-organização (mesh), baixo consumo, sistemas de gerenciamento de potência e baterias de longa vida.

Em termos de benefícios podemos citar, entre outros:

- a redução de custos e simplificação das instalações
- a redução de custos de manutenção, pela simplicidade das instalações
- monitoração em locais de difícil acesso ou expostos a situações de riscos
- escalabilidade

- integridade física das instalações com uma menor probabilidade à danos mecânicos e elétricos (rompimentos de cabos, curto circuitos no barramento, ataque químico, etc)

Hoje no mercado vemos várias redes proprietárias e também algumas padronizadas. Existem muitos protocolos relacionados com as camadas superiores da tecnologia (ZigBee, WirelessHART™, ISA SP100) e o protocolo IEEE 802.15.4 (2006) para as camadas inferiores. O protocolo IEEE 802.15.4 define as características da camada física e do controle de acesso ao meio para as LR-WPAN (*Low-Rate Wireless Personal Area Network*).

A padronização para redes sem fio mostra que, ainda que existam diferenças, as normas estão convergindo e a principal dentre elas, a SP100 e WirelessHART™, da ISA e HCF (HART Foundation e que hoje vem sendo adotado como padrão para a Foundation Fieldbus e Profibus). Vamos comentar um pouco sobre o WirelessHART™.

A estrutura de uma rede WirelessHART™ está representada no diagrama da figura 42, onde a comunicação de uma rede WirelessHART™ é feita através de uma *gateway*.

Conseqüentemente, o *gateway* precisa ter a funcionalidade de um roteador de pacotes para um destino específico (instrumento da rede, aplicação hospedeira ou gerenciador da rede). O *gateway* usa o padrão de comandos HART para comunicar com os instrumentos na rede e aplicações hospedeiras (*host applications*).

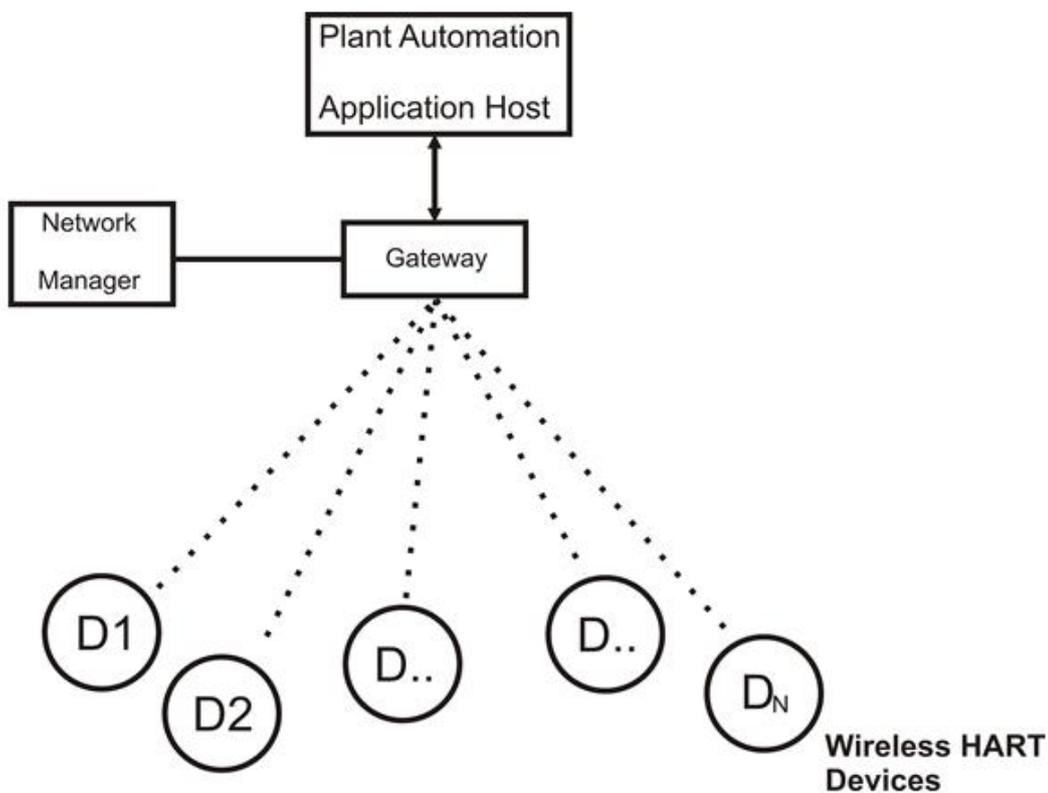


Figura 42 – Estrutura de uma rede WirelessHART™

Incluso ao HART 7 está o WirelessHART™, o primeiro padrão aberto de comunicação sem fio desenvolvido especificamente para atender as necessidades da indústria de processo.

Opera na frequência de 2.4 GHz ISM usando o *Time Division Multiple Access* (TDMA) para sincronizar a comunicação entre os vários equipamentos da rede. Toda a comunicação é realizada dentro de um *slot* de tempo de 10ms. Uma *slots* de tempo formam um *superframe*.

Suporta chaveamento de canais (*channel hopping*) a fim de evitar interferências e reduzir os efeitos de esvanecimento *multi-percurso* (*multi-path fading*). O protocolo HART foi elaborado com base na camada 7 do protocolo OSI. Com a introdução da tecnologia sem fio ao HART têm-se duas novas camadas de *Data Link*: *token-passing* e TDMA. Ambas suportam a camada de aplicação HART.

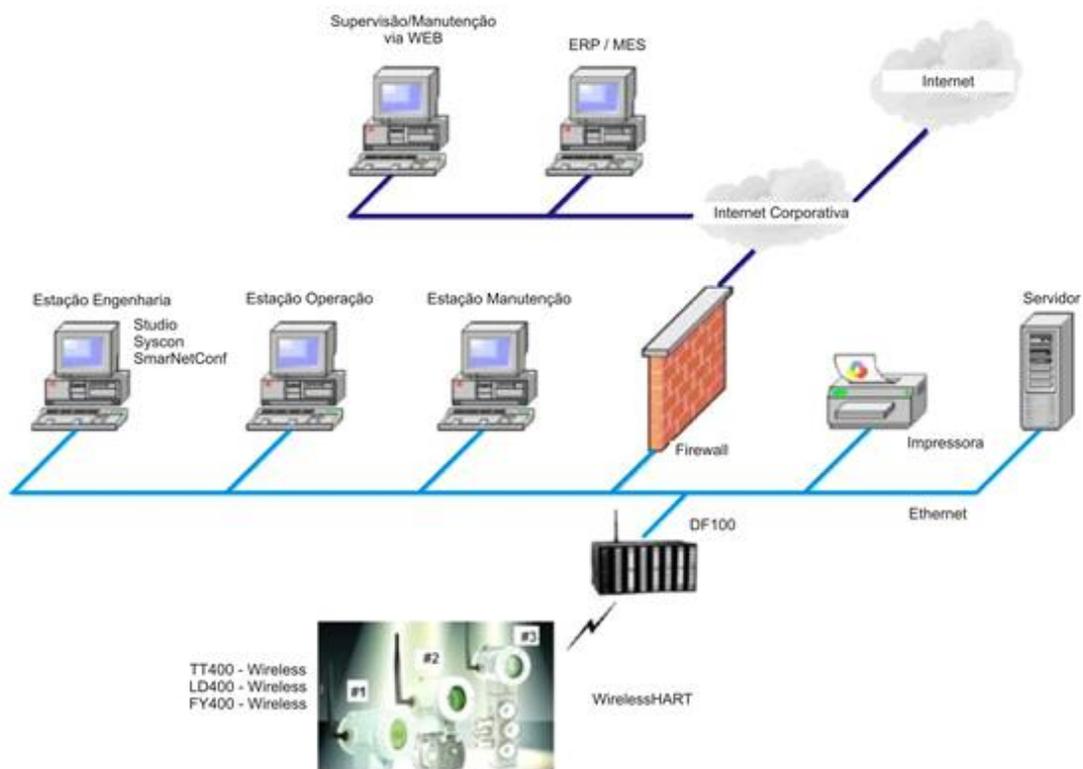


Figura 43- Sistema Wireless com o DF100 (Controlador HSE- WirelessHART™)

Na figura 43 temos o primeiro controlador HSE (High Speed Ethernet) WirelessHART™. É um controlador da SMAR que traz ao mercado mais uma inovação. É um controlador com tecnologia digital aberta e integrável em sistemas baseados em HSE.

Uma rede de comunicação *WirelessHART™* é estruturada em malhas, onde cada sensor funciona como um *“router”* ou como um repetidor. Deste modo, o alcance de uma rede não depende apenas de uma *“gateway”* central, o que permite a configuração de uma ampla estrutura de rede distribuída. É uma forma inteligente de se garantir que em uma situação de obstrução que possa causar a interrupção de um caminho de comunicação, o sistema remaneja e consegue rotas alternativas, aumentando e garantindo assim a disponibilidade da rede.

O *WirelessHART™* adota uma arquitetura utilizando uma rede *“Mesh”* baseado no IEEE 802.15.4 operando na faixa de 2,4 GHz. Os rádios utilizam o método de DSSS (espalhamento espectral com seqüenciamento direto) ou salto de canais FHSS (Spread Spectrum de salto de frequências) para uma comunicação segura e confiável assim como comunicação sincronizada entre os dispositivos da rede utilizando TDMA (Time Division Multiple Access).

As redes “Mesh” permitem que os nós da rede comuniquem entre si estabelecendo caminhos redundantes até a base, aumentando a confiabilidade, pois se um caminho esta bloqueado existem rotas alternativas para que a mensagem chegue ao seu destino final. Este tipo de rede também permite escalabilidade simplesmente adicionando mais nós ou repetidores na rede. Outra característica é que quanto maior a rede maior a confiabilidade porque mais caminhos alternativos são automaticamente criados.

Uma rede *WirelessHART™* possui três dispositivos principais:

- *Wireless Field devices*: equipamentos de campo
- *Gateways*: permitem a comunicação entre os equipamentos de campo e as aplicações de controle
- *Network Manager*: responsável pela configuração da rede, gerenciamento da comunicação entre os dispositivos, rotas de comunicação e monitoramento do estado da rede. O *Network Manager* pode ser integrado em um gateway, aplicação no host ou em um controlador de processo.

#### *Sistema de automação aberto baseado em redes industriais*

A figura 44 mostra um exemplo de um sistema verdadeiramente aberto baseado em redes industriais. O SYSTEM302, sistema de automação e controle da SMAR, fornece uma plataforma de automação com ampla capacidade de conectividade com as mais diversas tecnologias (Foundation Fieldbus, Profibus-DP, Profibus-PA, HART/4-20mA, DeviceNet, AS-i, I/O convencional, Modbus, DNP3, HSE, etc), criando um ambiente amigável, flexível, escalonável, integrado e colaborativo. O ambiente integrado facilita a engenharia, comissionamento, manutenção e gestão de redes de campo. Sua interface intuitiva permite a fácil operação e diagnóstico de todo o sistema. É uma arquitetura poderosa de informações e a solução para:

- Sistemas de automação para os mais diversos segmentos industriais
- Aplicações de pequeno, médio e grande porte
- Sistemas híbridos de controle de processo, combinando o melhor dos dois mundos, SDCD e CLP
- Controle contínuo e discreto, controle avançados, tempos de varreduras menores, arquiteturas redundantes
- Melhoria da eficácia operacional através de informações integradas
- Gerar soluções eficazes através da engenharia simplificada e integrada
- Gerenciamento de informações e alarmes
- Gerenciamento de Ativos e gestão de Negócios (MES)
- Conectividade, modularidade e facilidade de expansão
- Segurança aliada à confiabilidade de hardware e software
- Excelência operacional

Para mais detalhes, consulte: [www.system302.com.br](http://www.system302.com.br)

Zoom

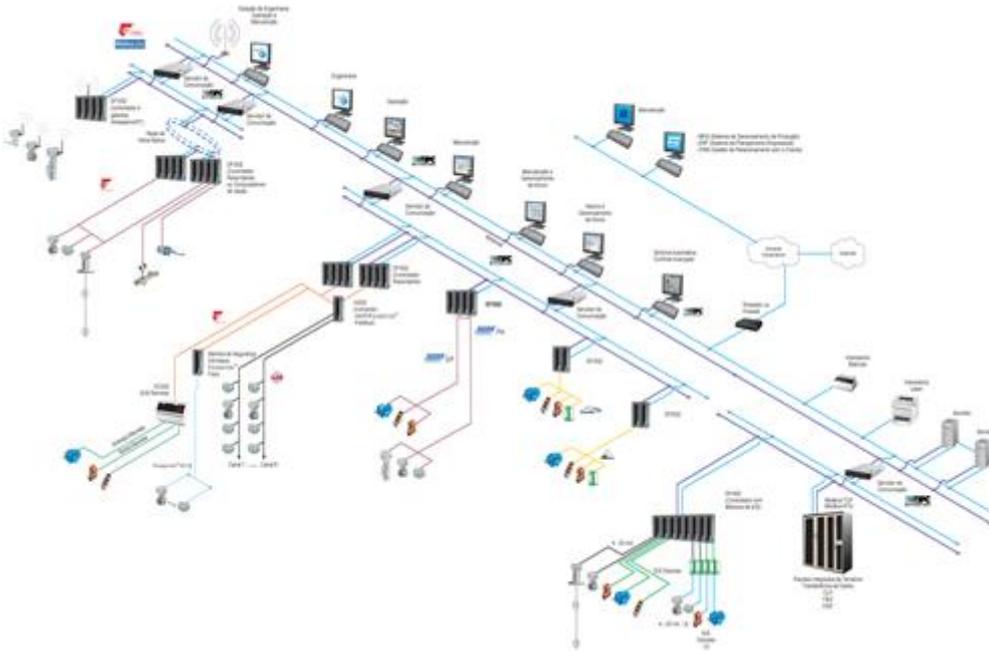


Figura 44 – Exemplo de um Sistema Digital Aberto, baseado em redes industriais: SYSTEM302, SMAR

### *Conclusão:*

As Redes de Comunicação Industrial têm um papel fundamental para as indústrias em geral. Hoje a automação extrapola o chão de fábrica e chega ao mundo dos negócios. Vimos vários padrões abertos e suas características.

O fator tecnológico é imprescindível para a sustentabilidade de uma unidade industrial. A inovação tecnológica é responsável pelo rompimento e/ou aperfeiçoamento das técnicas e processos de produção. Pode, desta forma, trazer ganhos em termos de competitividade. Neste caso, deve-se romper com a tecnologia convencional e ampliar as possibilidades de sucesso com a inovação demandada pelo mercado, neste caso sistemas de automação verdadeiramente aberto, com tecnologia digital, baseado em redes industriais e com várias vantagens comparadas aos convencionais SDCDs:

- Redução do erro de medição com a eliminação da conversão A/D do sinal vindo do transmissor de campo
- Visibilidade acrescida de toda a instrumentação digital, isto é, desde o chão de fábrica até a automação dos negócios
- Diagnósticos em linha, em qualquer ponto do sistema
- Expansão da rede com o sistema em funcionamento
- Redução de materiais na fase de montagem: eletrocalhas, eletrodutos, condulets, caixas de junção, cabos, etc.
- Reduções de tempo e custo de comissionamento e partida de sistemas
- Redução no uso de armários de rearranjo
- Interoperabilidade entre equipamentos de fabricantes diferentes.
- Atualização de firmware

- Instrumentos multivariáveis
- Redução do cabeamento, painéis, borneiras, fontes de alimentação, conversores e espaço na sala de controle
- Alimentação do instrumento pelo mesmo cabo de sinal
- Opções de segurança intrínseca
- Capacidade de auto sensing (auto reconhecimento) do instrumento permitindo fácil instalação e download de parâmetros
- Redução dos custos de engenharia, instalação e manutenção. Além do controle de fluxo de informações e processos.

A mudança do controle de processo da tecnologia 4-20 mA para as redes digitais e sistemas abertos já se encontra num estágio de maturidade tecnológica e usuários colhendo seus benefícios. Essa mudança é encarada como um processo natural demandado pelos novos requisitos de qualidade, confiabilidade e segurança do mercado. A sua utilização traz uma vantagem competitiva, no sentido que essa nova tecnologia traz aumentos de produtividade pela redução das variabilidades dos processos e redução dos tempos de indisponibilidade das malhas de controle.

### **Fontes:**

[http://www.feng.pucrs.br/professores/tergolina/Redes\\_e\\_Protocolos\\_Industriais/APRESENTA\\_CAO - Aula\\_08\\_Sensor\\_Bus.pdf](http://www.feng.pucrs.br/professores/tergolina/Redes_e_Protocolos_Industriais/APRESENTA_CAO_-_Aula_08_Sensor_Bus.pdf)

<http://www.smar.com/brasil/asi>

<http://www.smar.com/brasil/artigo-tecnico/redes-industriais>

[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://186.235.223.7:8080/files/000204/G2\\_Sensor\\_Bus - Final.pdf](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://186.235.223.7:8080/files/000204/G2_Sensor_Bus_-_Final.pdf)