

# Aplicação de Redes Industriais em Equipamentos de Campo para Monitoração de Processos

Cléverson Leandro de Souza<sup>1</sup>, Luís Augusto Mattos Mendes (Orientador)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ciência da Computação – Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC)  
Rodovia MG 338, Km 12 – Colônia Rodrigo Silva – Barbacena – MG – Brasil

[cleversonsenai@yahoo.com.br](mailto:cleversonsenai@yahoo.com.br), [luisaugustomendes@yahoo.com.br](mailto:luisaugustomendes@yahoo.com.br)

***Resumo:** Existem hoje uma série de opções quando se fala em automação industrial. Possuem características em comum, bem como algumas diferenças. Tratando-se de migração, o sistema HART é bastante atrativo Sua compatibilidade com os sistemas de 4-20 mA bem como o grande número de fornecedores de equipamentos para esta tecnologia, dentre outras características vantajosas o colocam em boa posição no momento da escolha. Este trabalho analisa parâmetros específicos da tecnologia HART frente à realidade implantada na maioria das instalações fabris e frente a outras tecnologias disponíveis.*

## 1. Introdução

A introdução das redes nas indústrias foi um grande passo para o desenvolvimento do setor fabril. Há pouco tempo todo o processo era comandado por painéis elétricos o que tornava difícil qualquer alteração no processo de produção. Com o avanço tecnológico surgiram os CLPs,<sup>1</sup> que substituíram os painéis oferecendo não só a grande vantagem de tornar flexíveis os processos de produção, como também oferecendo através da utilização das rede industriais a possibilidade de controle e monitoria destes processos.

O sistema de redes industriais é dividido por níveis, o objeto de pesquisa deste artigo é o nível 0, responsável pela interligação dos sistemas de controle aos dados do equipamento e componentes do processo.

Em termos de aplicação de redes uma das soluções é a tecnologia HART, objeto desse trabalho. O HART conta com uma fundação que promove e dissemina seu uso [HART Communication Foundation 2007] Utilizando como metodologia a comparação entre parâmetros relevantes desta tecnologia e de outras populares procura-se oferecer subsídios para estudos de implantação do HART como meio de incremento em processos automatizados.

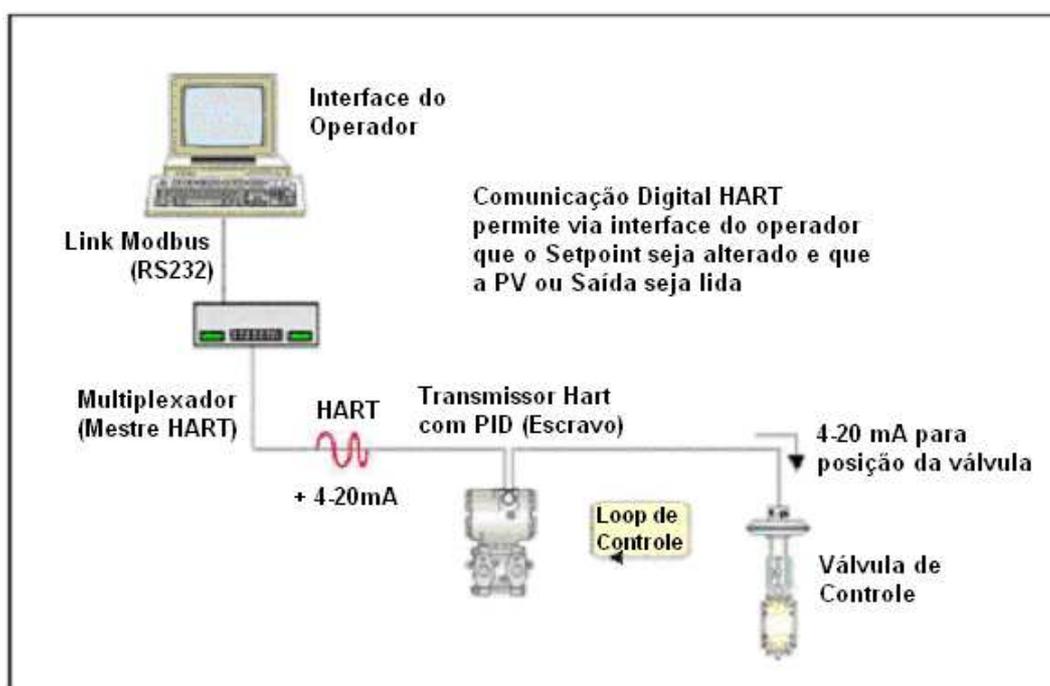
Como forma de implementar tal comparação é realizada uma análise de aspectos tecnicamente importantes de redes industriais e é feita uma contextualização do HART frente a outras tecnologias utilizadas nas redes industriais.

---

<sup>1</sup> Controladores Lógicos Programáveis (Computadores dedicados a controle de processos através da recepção de dados de campo e envio de comandos ou informações)

## 1.1 . O HART no contexto da automação

O protocolo Hart “*Highway Addressable Remote Transducer*”, introduzido pela Fisher Rosemount em 1980, possibilita o uso de instrumentos inteligentes em cima dos cabos 4-20 mA utilizados nos sistemas de instrumentação [Seixas Filho 2004]. Os sinais de comunicação digitais são sobrepostos aos analógicos, sem interferência e na mesma fiação. Utilizando as conexões multiponto vários equipamentos podem ser interligados por um único par de fios comunicando-se de forma digital. Em uma rede multiponto cada equipamento possui um endereço único, ou seja, cada equipamento é um nó na rede. Este protocolo de comunicação digital não se resume apenas a isto, ele define meio físico, categoria de equipamentos, linguagem de descrição de equipamentos para integração nos sistemas de software e técnicas de aplicação. A Figura 1 ilustra a aplicação do HART em um sistema industrial onde uma válvula tem suas variáveis monitoradas e controladas. [Seixas Filho 2007].



**FIGURA 1- Estrutura HART para monitoração e controle de uma válvula em um processo de automação [Ron 2007]**

A Figura 1 mostra um transmissor (de nível, pressão ou vazão, por exemplo) conectado a um elemento final de controle, no caso, a válvula de controle. A conexão é realizada por um sistema de controle convencional de 4-20 mA. Existe ainda a conexão ao sistema central de supervisão. A incorporação do HART permite que níveis de informação mais sofisticados possam ser transmitidos sobrepostos ao sinal de 4-20 mA convencional e, com isso, um nível de controle e de documentação mais avançado pode ser obtido. A comunicação via RS 232 permite o monitoramento completo, a confecção de relatórios e alimentação de bancos de dados.

## 2. Rede HART

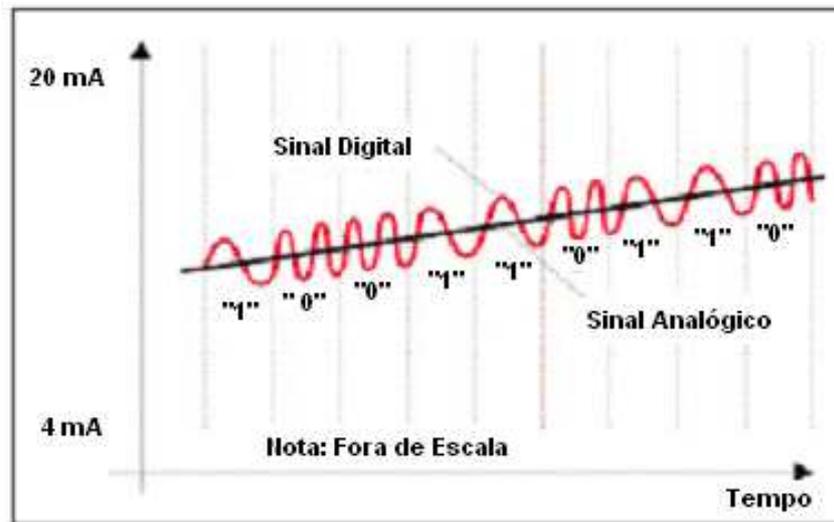
Os elementos que compõe a rede HART são: o par de fios (em geral trançados, blindados e aterrados), fonte de alimentação, equipamentos de campo conectados em série e/ou paralelo, impedâncias associadas, um controlador e pelo menos um mestre primário ou secundário (sendo comum a utilização dos dois) que seria o configurador portátil. Os parâmetros individuais dos instrumentos de campo são ajustados através do configurador portátil que incluem: escala, unidade de engenharia, filtros, relação entre a entrada e saída (ou seja, tipo de resposta que cada equipamento emite em função do tipo, magnitude e comportamento das grandezas de entrada) tipo de válvula, limites de segurança, e outros.

O diagnóstico e manutenção são feitos pelo mestre primário através da sala de controle onde o controlador apenas lê o sinal analógico da variável primária medida e, conseqüentemente, gera um sinal de controle para a variável manipulada, partindo de um ponto (*set-point*) ajustado pelo operador. [Mata 2005 (b)].

### 2.1. Protocolo

O sinal de comunicação analógico tem sido usado há vários anos para realizar a comunicação dos equipamentos de campo responsáveis pelo controle de processos. Este sinal varia de 4 a 20 mA, e em função da corrente enviada, o sistema de controle opera, atualizando a variável de processo representada naquele valor. Todos os sistemas de controle de processos de planta virtualmente usam este padrão internacional para transmitir a informação da variável do processo.

Uma característica vantajosa do protocolo HART é a possibilidade de comunicação digital bidirecional em equipamentos de campo inteligentes sem interferir no sinal analógico de 4-20 mA. Os sinais analógico 4-20 mA e digital HART podem ser transmitidos na mesma fiação sem causar nenhum tipo de interferência entre os sinais, sendo a variável primária e a informação do sinal transmitidos pelo 4-20 mA, ao passo que as medições adicionais, parâmetros de processo, configuração do instrumento, calibração e as informações de diagnósticos são disponibilizadas na mesma fiação e ao mesmo tempo. Além de ser compatível com os sistemas existentes, ao contrário das demais tecnologias de comunicação digital abertas. O HART permite a utilização de diferentes meios físicos: FSK (Frequency-shift keying ou Modulação por chaveamento de frequência) sobreposto ao 4-20mA, RS-232 e RS-485. Porém, abordaremos apenas o FSK sobreposto ao 4-20mA que cobre mais de 95% dos equipamentos HART de mercado além de ser, desde o início, o mais utilizado, sendo então uma comunicação híbrida analógica e digital como pode ser observado na Figura 2. [Mata 2004 (a)].

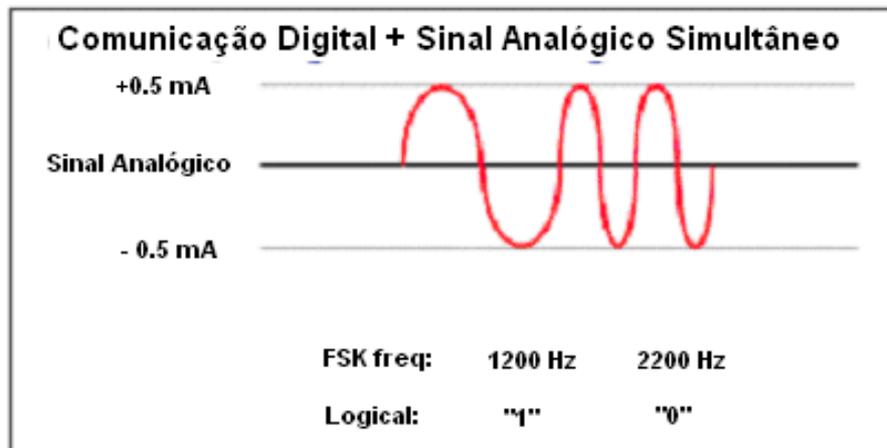


**FIGURA 2: Sinal Digital sobreposto ao sinal 4-20 mA [Ron 2007]**

A Figura 2 mostra que sobreposta ao sinal analógico pode-se utilizar um sinal digital codificado da seguinte forma: o nível lógico alto (“1”) é caracterizado por um sinal de período mais elevado (conseqüentemente menor freqüência) ao passo que o nível lógico baixo (“0”) é caracterizado por um sinal de maior freqüência.

O padrão Bell 202 FSK é o mais utilizado pelo protocolo HART. Nele ocorre a sobreposição do sinal de comunicação digital ao sinal analógico de 4-20 mA via modulação por chaveamento por deslocamento de freqüência. A comunicação nesse padrão é realizada a uma taxa de 1200 bps.

É imposto um sinal modulado em corrente ao sinal de 4-20 mA que corresponde geralmente à variável primária do equipamento. Pela teoria das comunicações um sinal modulado em FSK tem valor médio nulo, não interferindo assim com o sistema de controle analógico, sendo ainda bastante resistente às interferências eletromagnéticas. Como pode ser observado na Figura 3, o sinal digital FSK não interfere no sinal de 4-20 mA por ser simétrico em relação ao zero, não existindo nível DC (corrente contínua) associado ao sinal. A freqüência de 1200 Hz representa o nível lógico “1” ao passo que o nível lógico “0” é representado pela freqüência 2200 Hz. Isso é mostrado na Figura 3. O sinal HART FSK oferece a comunicação digital em duas vias, possibilitando a transmissão e recepção de informações adicionais, além da variável de processo em instrumentos de campo inteligentes. A taxa de propagação do protocolo HART é de 1200 bits por segundo, sem interromper o sinal 4-20 mA, permitindo ainda uma aplicação tipo mestre possibilitando duas ou mais atualizações por segundo vindas de um único instrumento de campo. [Mata 2004 (a)].



**FIGURA 3: Sinal Digital com Chaveamento de Frequência [Ron 2007]**

A Figura 3 mostra que o nível importante notar que a amplitude da fase positiva e aquela da fase negativa do sinal digital são iguais. Isso significa que em ambos os casos, “0” e “1”, o valor médio da informação sobreposta é igual a zero. Dessa forma a informação correspondente ao sinal analógico não é distorcida.

## 2.2 Camada Física, Sinalização e Interfaces de Campo

Utiliza-se como meio físico um par trançado com sinal analógico de 4-20 mA, sendo que os equipamentos HART possuem basicamente três tipos de interfaces de campo: *interface isolada* - para equipamentos como modem de PC e configuradores portáteis não drenando corrente da malha; *interface para transmissores* - controla a corrente na rede, possui baixa impedância; *interface para atuadores* - possui alta impedância. As duas últimas são alimentadas pela corrente da malha que varia entre 3,6 mA e 21 mA, e a tensão de alimentação é entre 12 e 48 VDC.

A *Interface Isolada* não requer alimentação da malha, sendo alimentada por uma fonte externa. Os mestres HART fazem maior utilização desta interface, tanto para E/S de controladores programáveis, *gateways*, multiplexadores ou interfaces HART para conexão USB ou RS-232. [Mata 2005 (b)].

A *Interface para Transmissores* são os equipamentos de campo que controlam a corrente da malha. Neste caso a alimentação vem da malha, variando de 24V a 48V e de 3,6 mA a 21 mA. Em geral não há ou isolamento havendo somente proteção contra interferência eletromagnética. [Mata 2005 (b)].

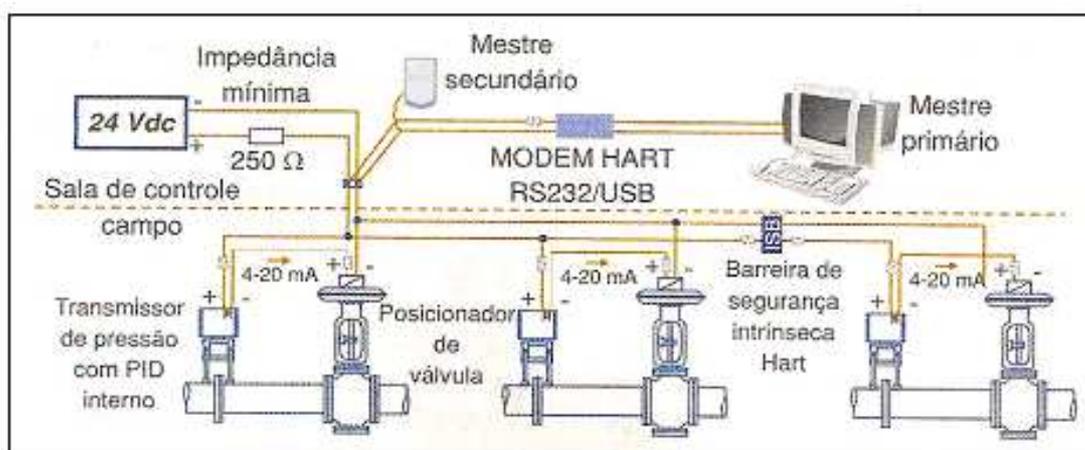
Já a *Interface para Atuadores*, a malha fornece a alimentação, sendo os atuadores os responsáveis por ler o sinal de corrente transmitido pela malha. [Mata 2005 (b)].

O modem HART é o elemento comum e mais importante. Ele transforma a comunicação serial em modulação FSK onde o bit ‘1’ é modulado em 1200 Hz e o bit ‘0’ em 2200 Hz (conforme padrão anteriormente citado). [Mata 2005 (b)].

### 2.3. Topologia

O protocolo HART baseia-se numa estrutura mestre-escravo, havendo um mestre primário e um secundário que podem se comunicar intercaladamente com o instrumento. Esta comunicação é feita ininterruptamente em tempo real para que um sistema de manutenção possa verificar a condição do equipamento.

A comunicação ponto-a-ponto é a mais utilizada, porém a versão 5 do HART permite que até 15 equipamentos estejam conectados a um mesmo par de fios, além dos dois mestres. No caso de equipamentos com segurança intrínseca<sup>2</sup>, o limite é de 4 equipamentos por par. Na Figura 4 podemos ver os elementos típicos de uma instalação HART. A presença de uma barreira de segurança intrínseca é uma possibilidade a qual é contemplada na Figura 4. [Seixas Filho 2007].



**FIGURA 4: Elementos Típicos [Mata 2004 (a)]**

A Figura 4 mostra a impedância mínima a qual garante a integridade da fonte de 24 V em corrente contínua. Observa-se no campo válvulas de controle comandadas pelo sinal presente no barramento. Ao mesmo tempo, observa-se transmissores que convertem grandezas monitoradas em sinais elétricos. O controle do tráfego das informações é dado por meio do equipamento mestre o qual gerencia o acesso de cada equipamento HART ao barramento, seja para transmissão, seja para recepção de informações.

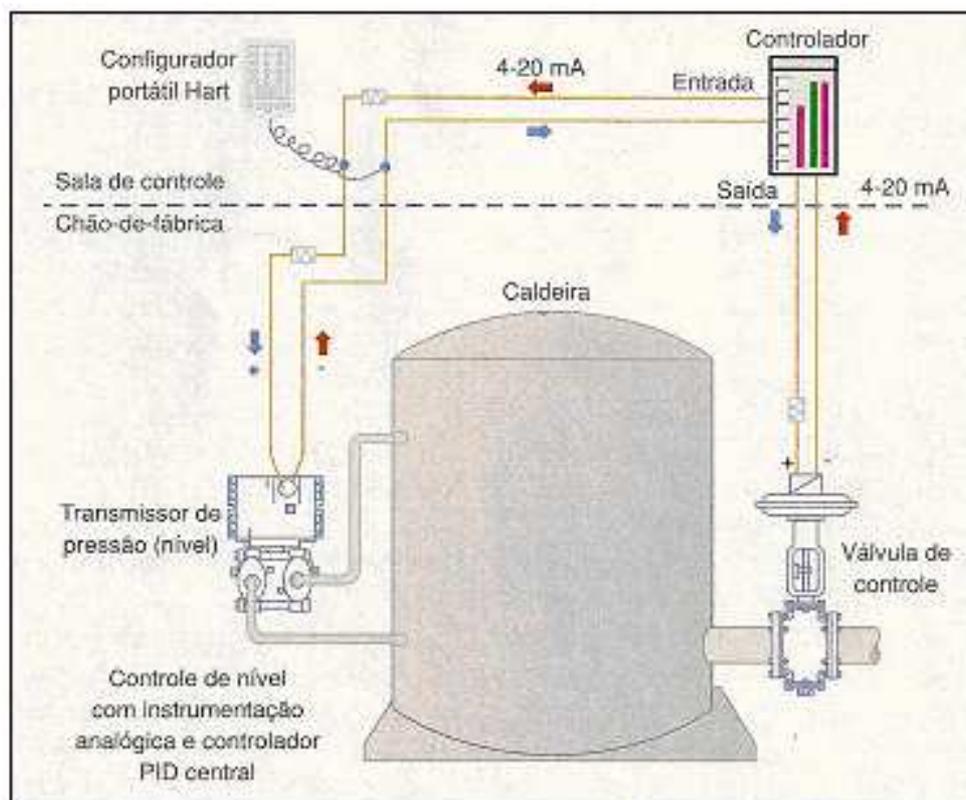
### 2.4. Cabeamento

Em geral, ao se lançar o cabeamento deve-se tomar os mesmos cuidados necessários para as instalações analógicas, como utilizar cabos blindados aterrados. A bitola mínima recomendada é 0,5 mm<sup>2</sup> para distâncias de no máximo 1500 m e 0,8 mm<sup>2</sup> para até 3000 metros. Sendo que os valores especificados para o último é o limite máximo recomendado para o comprimento do par em uma instalação HART. [Seixas Filho 2007].

<sup>2</sup> Equipamentos para uso em áreas classificadas, ou seja, em atmosferas explosivas.

## 2.5. Instalação Ponto-a-ponto e Multidrop

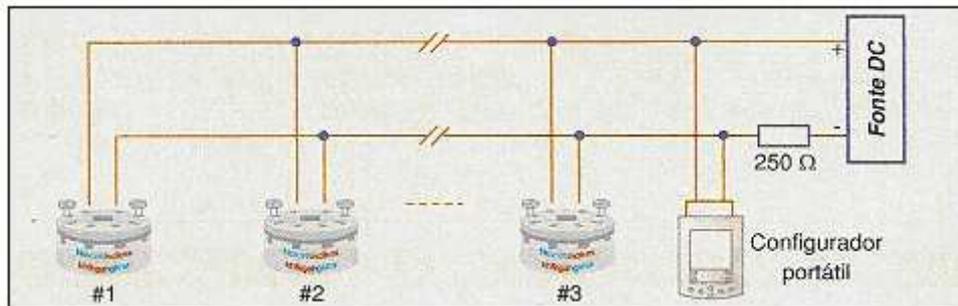
A instalação ponto-a-ponto é a mais utilizada, sendo cada equipamento HART (não importando se transmissor ou atuador) ligado a um ponto de E/S analógica do CLP conforme mostra a Figura 5. Caso seja utilizado um cartão com suporte HART, será possível calibrar, diagnosticar ou supervisionar os equipamento diretamente da CPU do controlador, tornando desnecessário o deslocamento ao campo. Caso apenas o sinal de 4-20 mA for manipulado, o deslocamento ao campo só será desnecessário se tiver instalado um multiplexador HART. [Mata 2005 (b)].



**FIGURA 5: Instalação HART típica.[Mata 2005 (b)]**

A Figura 5 mostra a possibilidade de analisar uma estratégia eficaz de controle aplicado a uma caldeira. No caso, o transmissor de pressão envia uma informação ao controlador o qual avaliará a pressão real em face da pressão desejável. Baseado em algoritmos de controle e em parâmetros de funcionamento programáveis ocorre por parte do controlador a emissão de uma informação de comando para a válvula de controle que através da liberação de conteúdo da caldeira permite a regulação da pressão.

As instalações multidrop não utilizam o sinal de 4-20 mA para transmitir a variável principal (PV). Nesse caso torna-se necessário a utilização de um mestre HART por malha para acessar todas as informações, pois o valor da corrente é fixado em 4 mA não transmitindo nenhuma informação sobre as variáveis do processo. O equipamento deverá ser configurado para um dos 15 endereços multidrop válidos. A Figura 6 ilustra esta instalação. [Mata 2005 (b)].



**FIGURA 6: Instalação típica multidrop. [Mata 2004 (b)]**

A Figura 6 mostra que nesse caso tem-se informações de campo a partir exclusivamente dos sinais digitais transmitidos pelos equipamentos.

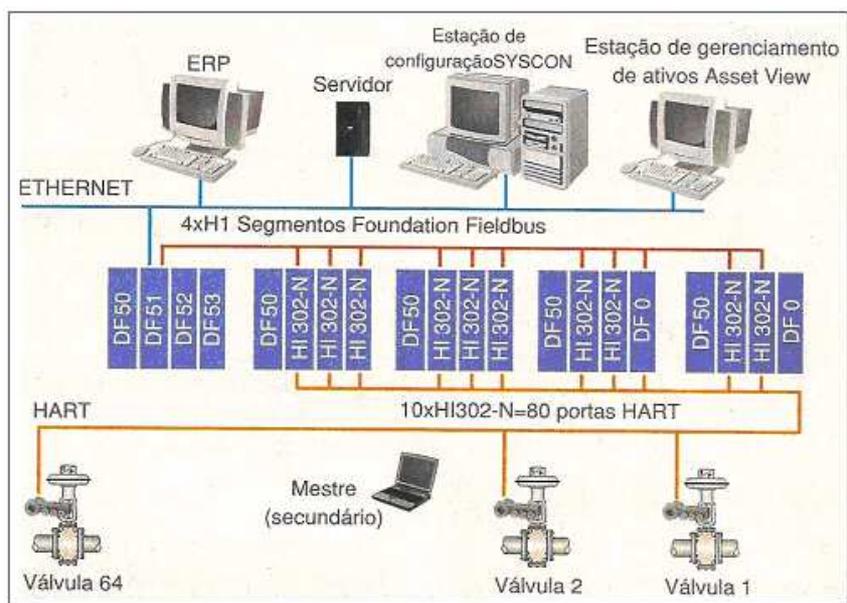
## 2.6. Aplicação da tecnologia HART

O protocolo HART pode ser utilizado em diversos sistemas de monitoramento e controle de equipamentos de campo, como exemplo será tratado o Sistema de diagnóstico e manutenção (SDM).

A comunicação HART é utilizada de forma intensiva neste tipo de sistema, com o objetivo de aumentar a eficiência e a disponibilidade dos equipamentos com o menor custo de manutenção possível.

Paradas programadas de equipamentos não podem ser evitadas fazendo uso da manutenção dos instrumentos de campo, além de também impedir que as malhas de controle operem em condições indesejáveis.

Lembrando que a manutenção pode ser classificada em corretiva - onde o equipamento é reparado ou substituído apenas quando ocorre uma falha; preventiva - o intervalo entre as manutenções é definido pelo fabricante; preditiva - os intervalos de manutenção são baseados em recomendações do fabricante, estatísticas da aplicação particular e nas condições do processo; proativa - é a mais interessante em termos econômicos, pois explora a capacidade de autodiagnóstico dos equipamentos HART. Eles reportam continuamente seu estado para o SDM e, com isso, um mau funcionamento pode ser detectado e corrigido antes que haja uma parada, assim, alcançando o máximo de utilização do equipamento.



**FIGURA 7: Gerenciamento de válvulas inteligentes HART. [Bechuete 2005] [Mata 2005]**

A verificação permanente do estado dos equipamentos pode ser obtida através de um sistema *on-line* de diagnóstico e manutenção. A Figura 7 exemplifica uma infraestrutura de *hardware* que nos proporciona este benefício, onde as informações são periodicamente coletadas e analisadas obtendo a probabilidade de acontecer uma falha. Na Figura 7 observa-se a utilização de módulos (HI302) responsáveis pela compatibilização entre os equipamentos HART e o sistema Foundation Fieldbus. Desse modo um sistema baseado em Foundation Fieldbus consegue as informações pertinentes para monitoramento de cada instrumento HART.

A Figura 8 demonstra a arquitetura de funcionamento do SDM. [Bechuete 2005] [ Mata 2005].



**FIGURA 8: Arquitetura dos módulos SDM. [Bechuete 2005] [ Mata 2005]**

Analisando a Figura 8 vê-se que a tarefa de aquisição de dados dos equipamentos será responsável pela observação dos valores e tendências ocorrentes. Essas informações são acrescentadas à base de dados que servirá de apoio a uma análise dos acontecimentos e geração de informações e ações de manutenção. Esses dados são processados e acrescentados à base de dados do equipamento. Mediante uma análise constante o controle detecta tendências e situações que exijam atenção e os atuadores (responsáveis pela válvula, ação sobre a pressão, ação sobre a temperatura e acionamento no motor) implementarão as respectivas ações de modo a minimizar ou eliminar situações inconvenientes.

A vantagem de se utilizar uma boa ferramenta de manutenção inicia-se já na fase de instalação, economizando tempo na configuração dos equipamentos, pois, toda a configuração inicial pode ser feita de forma remota, diretamente da sala de operação, dispensando o deslocamento do técnico a cada equipamento separadamente.

A ferramenta de manutenção envia aos responsáveis um alerta sobre algum problema que por ventura aconteça a um equipamento, informando também a melhor ação a ser tomada. [Bechuete 2005] [Mata 2005].

A partir do momento em que todos os equipamentos entram em operação, a manutenção objetiva mantê-los operando sem intervenções. O estado de funcionamento dos equipamentos pode ser monitorado pela comunicação HART em tempo real. Ao menor sinal de falha, uma interface SDM pode gerar um alarme ao operador ou responsável pela manutenção, possibilitando um ajuste dos parâmetros antes que o equipamento ou até mesmo o processo seja comprometido. [Bechuete 2005] [Mata 2005].

O *audit trail* (*auditoria de mudanças*) possibilita através de um banco de dados acessar todas as alterações de parametrização feitas no equipamento, fornecendo os valores novos e os antigos bem como data de modificação e o responsável pela mudança. Através de relatórios permite o acompanhamento e a evolução das alterações feitas bem como correções de falhas na configuração. [Bechuete 2005] [Mata 2005].

### **3. Comparativo entre os Protocolos HART, PROFIBUS e DEVICENET.**

É conhecido a ampla gama de ofertas na área de redes industriais. Fatores técnicos e econômicos devem ser analisados para implementação racional de uma das tecnologias disponíveis. Entre as tecnologias disponíveis há uma grande popularidade da PROFIBUS e da DEVICENET.

#### **3.1. PROFIBUS**

A rede PROFIBUS é um padrão aberto de rede de comunicação industrial que permite a comunicação entre dispositivos de diferentes fabricantes através de transmissão de dados em alta velocidade em tarefas complexas e extensas de comunicação [Pereira 2005].

A PROFIBUS usa como meios físicos típicos de comunicação o sistema RS 485 e mesmo a fibra óptica.

### 3.2. DEVICENET

A DEVICENET é uma rede usada para interligação de equipamentos de campo, tais como sensores, atuadores, acionadores de motores elétricos e CLPs. Como meio físico usa-se um par de fios de comunicação associado a um par de fios dedicado à alimentação em corrente contínua.

Os sinais de comunicação utilizam a técnica de tensão diferencial para os níveis lógicos. Com isso reduz-se a interferência eletromagnética uma vez que eventuais ruídos dessa natureza são induzidos igualmente nos dois fios e anulados pela diferenciação da tensão. [Pereira 2005].

### 3.3. A Tecnologia HART no contexto da tecnologia PROFIBUS e DEVICENET

A Tabela 1 a seguir permite a comparação entre as tecnologias HART, PROFIBUS e DEVICENET. Essa tabela é uma adaptação do descritivo apresentado por Pereira (2005) sendo acrescentada a coluna relativa aos parâmetros do HART.

CARACTERÍSTICA	REDE		
	PROFIBUS DP/PA	DEVICENET	HART
<b>Topologia</b>	Linha, Estrela e Barramento.	Linha Tronco com Ramificações.	Ponto-a-Ponto ou Multidrop
<b>Método de Comunicação</b>	Mestre/Escravo	Produtor / Consumidor	O mais utilizado é o Mestre/Escravo, porém o protocolo HART pode utilizar diversos métodos.
<b>Nº de Estações Ativas</b>	32 estações em cada segmento sem repetidores. Com repetidores, até 126 estações.	Até 64 nós ativos (Máximo:8192 sinais digitais ou 4096 sinais analógicos).	Máximo de 15 equipamentos de campo além dos dois mestres utilizando a topologia Multidrop.
<b>Distância Máxima</b> (Distância máxima entre os componentes da rede com nós ou estações)	Depende da velocidade de transmissão entre os elementos da rede.	A distância máxima entre qualquer dispositivo não pode ser maior que 6 m, sendo que o total acumulado para todas as derivações da rede deve ser menor que 156 m a 125 Kbps, 78 m a 250 Kbps e 39 m a 500 Kbps.	Varia em função da capacitância do cabo e do número de dispositivos.
<b>Comprimento Máximo</b> (Comprimento máximo da rede em função do número de repetidores e do meio físico utilizado)	Até 24 Km com fibra ótica / 1200 m com par trançado.	Deve-se considerar o tipo de cabo (grosso, fino ou flat). Para velocidade de transmissão de 125 Kbps, 100 a 500 m. A 250 Kbps, 100 a 250m. E 500 Kbps, 75 a 100 m.	Com par trançado blindado é de até 3000 metros , e com cabo múltiplo com blindagem simples de até 1500 metros.
<b>Velocidade da Rede</b>	12 Mbps dependendo da distância e número de nós na DP e 31,25 Kbps na PA.	500 Kbps, 250 Kbps, 125 Kbps.	1200 bps

<b>Aterramento</b>	Deve ser aterrada em um único ponto, independentemente do número de fontes, e no ponto em que o aterramento for feito, deve-se ligar o negativo da fonte.	Deve ser aterrada em um único ponto, independentemente do número de fontes, e no ponto em que o aterramento for feito, deve-se ligar o negativo da fonte.	O aterramento deve ser feito em apenas um dos lados, preferencialmente o lado do painel de controle, mantendo as malhas bem isoladas nas partes decapadas.
<b>Alimentação da Rede</b>	Via barramento ou externa (9-32Vdc).	Alimentação 24 Vcc. Permite conexão de múltiplas fontes de alimentação.	Depende do tipo de interface utilizada, podendo ser de fonte externa ou da própria malha variando entre 24 a 48 V.

**Tabela 1: Comparativo entre as tecnologias PROFIBUS, DEVICENET e HART.  
[Pereira 2005]**

Não há, evidentemente, um tipo perfeito de rede. Seria infrutífero tentar apresentar qualquer desses tipos como uma solução universal. É importante, porém, dentro de um contexto de aplicação e de relação custo/benefício analisar as características próprias de cada solução e investigar as potencialidades.

Os pontos de comparação mais notáveis na tabela apresentada são: topologia de utilização, método de comunicação, número de estações ativas, distância máxima, comprimento máximo e velocidade da rede.

O HART em contraste com as outras tecnologias demonstra uma certa flexibilidade quanto ao método de comunicação. Embora seu uso clássico seja na forma Mestre/Escravo, também é possível a utilização de outros métodos (como passagem de *Token*, *Byte Oriented* ou *Binary*). Esta flexibilidade torna o HART mais adaptável a certas arquiteturas de controle que de outra forma teriam de ser substituídas.

A Tabela 1 mostra que o HART apresenta um comprimento máximo menor do que as outras tecnologias (se as outras utilizarem meios físicos diferentes do par trançado). Mas, o fato do HART ser deliberadamente projetado para trabalho sobre os cabos de 4-20mA torna seu comprimento máximo efetivamente maior no campo de aplicação a ele pertinente. É importante notar que a utilização dos cabos de 4-20 mA cujas informações não sofrerão interferência pela veiculação do protocolo usado em HART pode inclusive configurar-se numa solução bem factível para implementação de controle via rede em plantas convencionais.

Quando um par trançado é utilizado com blindagem passa a receber uma proteção eletromagnética considerável quanto a interferências. No caso do HART esse fator é associado ao fato de se trabalhar a informação a ser transmitida em termos da frequência a ela associada. Desse modo os efeitos da queda de tensão pela resistência ôhmica do cabo tornam-se bem menos sensíveis o que amplia o comprimento máximo aceitável.

Por outro lado a velocidade de transmissão é decididamente bem baixa. Dificilmente poderia ser apresentado um quadro em que essa característica negativa torne-se vantajosa. Portanto esse parâmetro deve ser levado em conta ao se analisar as características de desempenho desejadas.

A rede DEVICENET é projetada para o nível de campo ligando em redes dispositivos ou equipamentos diretamente envolvidos na execução dos processos. A PROFIBUS PA atua em nível de planta. O HART por sua vez atua em ambos os níveis, fazendo a comunicação entre os equipamentos como transmissores de pressão, vazão e temperatura aos CLPs, conversores e inversores de frequência.

#### **4. Considerações Finais**

A migração dos sistemas convencionais para métodos mais poderosos é hoje uma necessidade. A tecnologia oferecida pelo protocolo HART é, sem dúvida, o melhor caminho para esta migração. Pode-se chegar a essa conclusão quando enfatiza-se que o contexto em que a HART será aplicada é um contexto em que a automação convencional de 4-20 mA normalmente já se encontra implantado solidamente. E é justamente sobre esse padrão (4-20 mA) que situa-se o meio de transmissão de HART. Fica claro que a otimização da manutenção será fonte de aumento real de produtividade.

Quando se trata de tecnologia de comunicação, será difícil igualar-se ao HART no tocante à grande variedade de instrumentos disponíveis no mercado pela maioria dos fornecedores de instrumentação. Esse fator é importante visto lidar diretamente com a capacidade de expansão da planta atual e compatibilidade com equipamentos de diversos fabricantes. Seja qual for a opção de rede escolhida, é recomendável seguir sempre todas as orientações dos fabricantes, pois esta é a garantia de atingir o melhor desempenho e eficácia os quais serão visíveis no decorrer do processo.

O HART oferece grande parte dos mesmos benefícios do PROFIBUS além de ser compatível com os sistemas existentes de 4-20 mA. Alguns benefícios são permitidos pelo HART como: comunicação remota, flexibilidade e precisão da comunicação digital de dados, o diagnóstico dos instrumentos de campo e o uso de poderosos instrumentos com múltiplas variáveis não necessitando trocar sistemas inteiros.

É preciso salientar, porém, que a velocidade de comunicação é bem inferior à do PROFIBUS. Isto cria a possibilidade de equacionamentos que levem em conta a relação custo-benefício e o nível de controle em tempo real necessário. Em suma, o HART surge como uma solução extremamente atraente em situações cuja velocidade de comunicação não seja um fator de extrema importância e que se deseje fazer uso de uma estrutura convencional de controle já existente a fim de introduzir o trabalho com equipamentos inteligentes.

Ao comparar o HART com outras tecnologias similares percebe-se um nível de facilidade de implantação realmente superior o que tende a aumentar a relação custo/benefício tornando essa aplicação mais competitiva em certos casos onde a velocidade não seja um requisito crítico. O uso de interfaces com outros protocolos faz do HART uma fonte de grande utilidade para monitoramento do estado de equipamentos com objetivos de gerenciamento de ativos. E um fator extremamente importante é a abundância de equipamentos compatíveis com tal tecnologia (não se esquecendo do uso da tecnologia 4-20 mA tão amplamente difundida e que serve de suporte para o HART). Esses são fatores que não são apresentados facilmente por outras tecnologias de redes industriais e podem portanto fazer do HART a solução mais óbvia para sistemas de automação em expansão.

Como sugestão de trabalhos futuros, outras estruturas de redes, aqui não discutidas, podem ser comparadas como segmento deste trabalho, ou até mesmo podem ser trabalhados outros níveis de aplicação. Com isso pode-se gerar novas informações que ajudem a equacionar a relação entre custo de implantação e aumento de produtividade. Uma outra linha de investigação pode consistir na utilização do HART em níveis mais elevados de controle permitindo maior amplitude de sua aplicação no gerenciamento de ativos de controle (*asset management* que neste trabalho foi abordado como SDM “Sistema de Diagnóstico e Manutenção”). Outra sugestão seria em torno de um estudo de caso de aplicação do HART com ênfase em características econômicas tangentes tanto a custos de implantação quanto a ganho de produtividade. E, ainda, um outro estudo sugerido seria o de possibilidades adicionais de controle e monitoramento obtidos pela ligação de equipamentos HART com outros protocolos otimizados para aplicações específicas.

A Ciência da Computação sem dúvida, oferece elementos determinantes para a implementação de tais investigações. Além dos aspectos de comunicação em rede que são intrínsecos ao estudo ora apresentado encontra-se também a relevância do conhecimento de programação o qual é essencial para as configurações e otimizações dos sistemas de redes industriais. Quanto maior o nível de automação obtido, mais sofisticada é a forma de parametrização dos dispositivos e processos de comunicação. Nesse ponto uma boa formação em linguagem computacional e programação são essenciais. Não se pode descartar também a utilidade de conhecimentos em computação gráfica como forma de melhorar a amigabilidade da apresentação do comportamento dos sistemas automatizados.

## **5. Referências Bibliográficas**

Bechuete, Luiz Gustavo - Mata, Rogério Souza - *A Tecnologia Hart na Indústria – parte 4 –in Mecatrônica Atual nº22 - Editora Saber, 2005.*

Mata, Rogério Souza – (a) *A Tecnologia Hart na Indústria – parte 1 –in Mecatrônica Atual nº19 - Editora Saber, 2004.*

Mata, Rogério Souza – (b) *A Tecnologia Hart na Indústria – parte 2 –in Mecatrônica Atual nº20 - Editora Saber, 2005.*

Mata, Rogério Souza – (c) *A Tecnologia Hart na Indústria – parte 3 –in Mecatrônica Atual nº21 - Editora Saber, 2005.*

Pereira, João Paulo – **Comunicação de Dados em Ambientes Industriais – Redes Profibus e Devicenet.** Barbacena, Artigo, Curso de Ciência da Computação. UNIPAC, 2005.

Prizon, Delcio – **Redes de Automação Industrial – Parte 1.** Disponível em:  
<[http://www.capriconsultorios.com/Aula9Redes\\_na\\_Automacao\\_Industrial\\_Parte1.pdf](http://www.capriconsultorios.com/Aula9Redes_na_Automacao_Industrial_Parte1.pdf)>. Acessado em: 04/03/2007.

Ron, Élson – **Protocolo HART.** Disponível em:  
<<http://www.smar.com/brasil2/hart.asp>>. Acessado em: 04/03/2007.

Seixas Filho, Constantino – **Introdução ao Protocolo HART.** Disponível em:  
<<http://www.cpdee.ufmg.br/~seixas/PaginaSDA/Download/DownloadFiles/Hart.pdf>>. Acessado em: 04/03/2007.

HART Communication Foundation – **HART Communication – the global standard for smart instrument Communication.** Disponível em: <  
<http://www.hartcomm2.org/index.html>>. Acessado em: 29/06/2007.