



Faculdade Anhanguera Jaraguá do Sul

FERNANDO BUSS FRECKI

**DEFINIÇÃO DE REDE INDUSTRIAL E PROTOCOLO DE
COMUNICAÇÃO ABERTO, À SER UTILIZADO À NÍVEL DE
CAMPO**

Jaraguá do Sul
2017

FERNANDO BUSS FRESCKI

**DEFINIÇÃO DE REDE INDUSTRIAL E PROTOCOLO DE
COMUNICAÇÃO ABERTO, À SER UTILIZADA À NÍVEL DE
CAMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade Anhanguera de Jaraguá do Sul,
como requisito parcial para a obtenção do título
de graduado em Engenharia de Controle e
Automação.

Orientador: Patrícia Vilanova Maldonado Leite

FERNANDO BUSS FRESCKI

**DEFINIÇÃO DE REDE INDUSTRIAL E PROTOCOLO DE
COMUNICAÇÃO ABERTO, À SER UTILIZADA À NÍVEL DE CAMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade Anhanguera de Jaraguá do Sul,
como requisito parcial para a obtenção do título
de graduado em Engenharia de Controle e
Automação.

BANCA EXAMINADORA

Prof^(a). Titulação Nome do Professor (a)

Prof^(a). Titulação Nome do Professor (a)

Prof^(a). Titulação Nome do Professor (a)

Jaraguá do Sul, 5 de dezembro de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa, Graciele Dagostim Frescki, pelo apoio e incentivo dedicados durante todo o curso.

Aos meus filhos, Dominique Dagostim Frescki e Miguel Dagostim Frescki, por serem a força e inspiração para sempre caminhar para frente.

Aos meu pais, Vergilino Frescki e Maria Lurdes Buss Frescki e minha irmã, Franciele Buss Frescki Kestring, por me auxiliarem sempre que necessário.

A Deus, pela saúde e proteção necessários para poder estudar e trabalhar.

FRESCKI, Fernando Buss. **Definição de Rede Industrial e Protocolo de Comunicação Aberto, à ser Utilizada à Nível de Campo**. 2017. 41 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Controle e Automação – Faculdade Anhanguera, Jaraguá do Sul, 2017.

RESUMO

As evoluções tecnológicas que rodeiam o meio industrial trazem inúmeras vantagens e melhorias para os processos. A automação industrial permite aumentar a produção, reduzir custos e desperdícios de uma planta sem aumentar seu tamanho, apenas adequando sua maneira de produzir. Para aumentar a velocidade, capacidade de gerenciamento da planta e confiabilidade do processo foram desenvolvidas as redes industriais, porém esse desenvolvimento na sua origem foi realizado por várias empresas, cada uma com suas características próprias, sem um órgão de controle para fazer a padronização, situação que foi sendo regularizada mais tarde. Devido ao grande número de tecnologias existentes no mercado é importante o estudo e a análise de um profissional especializado para tomar a decisão mais acertada no momento da definição da rede industrial a ser utilizada em uma planta, evitando subdimensionamento ou sobredimensionamento. O trabalho foi baseado em uma revisão de literatura do tipo narrativa, buscando verificar as abordagens dos autores sobre o tema, visando estudar o histórico das redes, as características das redes industriais e algumas das tecnologias com protocolo de comunicação aberto disponíveis no mercado. Por fim, pode ser verificado que devido a existência de grande variedade de produtos no mercado é importante a verificação do tamanho do projeto para definir a rede industrial mais adequada, pois existem redes simples, de médio porte e redes complexas, que podem integrar parte de um processo ou sua totalidade, sendo que muitas vezes várias redes podem fazer parte de um projeto, respeitando a especificação de cada uma.

Palavras-chave: Automação; Redes Industriais; Protocolo de comunicação.

FRESCKI, Fernando Buss. **Definition of Industrial Network and Open Communication Protocol, to be Used at Field Level**. 2017. 41 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Controle e automação – Faculdade Anhanguera, Jaraguá do Sul, 2017.

ABSTRACT

The technological evolutions that surround the industrial environment bring innumerable advantages and improvements to the processes. Industrial automation allows you to increase production, reduce costs and waste a plant without increasing its size, just by adjusting its way of producing. In order to increase speed, plant management capacity and process reliability, industrial networks were developed, but this development in its origin was carried out by several companies, each with its own characteristics, without a control body to do the standardization, situation which was later regularized. Due to the large number of technologies available in the market, it is important to study and analyze a specialized professional to make the right decision when defining the industrial network to be used in a plant, avoiding undersizing or oversizing. The work was based on a literature review of the narrative type, seeking to verify the authors' approaches on the subject, aiming to study the history of the networks, the characteristics of the industrial networks and some of the technologies with open communication protocol available in the market. Finally, it can be verified that due to the existence of a great variety of products in the market, it is important to verify the size of the project to define the most adequate industrial network, since there are simple, medium-sized networks and complex networks that can integrate part of a process or its totality, and many times many networks can be part of a project, respecting the specification of each one.

Key-words: Automation; Industrial networks; Communication protocol.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REDES DE COMUNICAÇÃO	9
2.1	HISTÓRICO	9
2.2	REDES DE COMPUTADORES (CONVENCIONAIS OU DE ESCRITÓRIO).....	10
2.2.1	<i>Topologia de rede</i>	<i>11</i>
2.2.2	<i>Tipos de rede</i>	<i>12</i>
2.3	A PADRONIZAÇÃO DOS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO	13
2.4	REDES INDUSTRIAIS.....	15
3	REDES INDUSTRIAIS E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	16
3.1	CLASSIFICAÇÃO DAS REDES INDUSTRIAIS	16
3.2	MODELOS DE COMUNICAÇÃO	18
3.3	MEIO FÍSICO DE TRANSMISSÃO	21
3.3.1	<i>Cabos coaxiais</i>	<i>21</i>
3.3.2	<i>Cabos de par trançado.....</i>	<i>22</i>
3.3.3	<i>Fibra óptica.....</i>	<i>23</i>
3.3.4	<i>Radiofrequência</i>	<i>23</i>
4	TECNOLOGIAS DE REDES INDUSTRIAIS	25
4.1	AS-INTERFACE.....	25
4.2	SERCOS.....	27
4.3	CANOPEN.....	28
4.4	MODBUS	30
4.6	O PROTOCOLO HART	31
4.7	DEVICENET	33
4.8	FOUNDATION FIELDBUS.....	35
4.9	INTERBUS-S	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

As redes de computadores são ferramentas relativamente novas dentro de um cenário histórico, começaram a ser desenvolvidas entre as décadas de 60 e 70 do século passado, primeiramente como necessidade militar, onde era buscada uma maneira de manter a comunicação mesmo diante de uma situação de guerra ou catástrofe. Depois disso começaram a serem utilizadas pelas empresas, principalmente quando foi iniciado o processo de globalização e a velocidade da informação tornou-se primordial. Por fim, foram incorporadas ao ambiente industrial, juntamente com os processos de automatização dos sistemas, também objetivando maior velocidade, controle e confiabilidade, recebendo o nome de redes industriais. Estudos e modificações específicas foram realizados para atender as exigências dos processos industriais.

As redes industriais, juntamente com seus protocolos de comunicação, que tratam da semântica, organização da comunicação, são extremamente importantes para as indústrias nos dias atuais, pois possibilitam respostas rápidas, controle do processo, segurança para os funcionários, simplificação das instalações, entre outros. Para a comunidade científica o aumento exponencial do uso da tecnologia fortalece a necessidade de estudos constantes para a melhoria e desenvolvimento de redes industriais mais rápidas, eficazes e confiáveis.

As indústrias foram sendo modificadas e a forma de produção melhorada com o passar dos anos e as revoluções industriais que foram feitas. Com o surgimento da automação gradativamente os processos foram passando de manual para automático, mesmo assim a forma como os equipamentos eram conectados continuou sendo a mesma, ou seja, cabos, tanto os comuns quanto os blindados. Com os constantes avanços tecnológicos, necessidades militares e posteriormente as necessidades industriais por comunicação mais rápida, com menor percentual de erros, surgiram as redes industriais, que são um estudo específico, derivado das redes de escritório, com a promessa de melhorias para o ambiente de chão de fábrica, como simplificação das instalações, maior velocidade na transmissão de informações, maior confiabilidade, entre outros. No entanto o desenvolvimento dessa tecnologia foi realizado por vários grupos de empresas, sendo que não houve padronização, portanto existem diferenças entre as redes industriais existentes no mercado. Sendo assim, para um novo projeto de automação industrial, como definir

a rede industrial e o protocolo de comunicação à ser utilizado e quais as principais características devem ser levadas em consideração?

O objetivo geral deste trabalho foi apontar as diferenças entre algumas das redes industriais e protocolos de comunicação aberto, assim como levantar quais as principais características devem ser levadas em consideração. Para alcançar o resultado esperado foram realizadas as seguintes etapas, divididas em objetivos específicos: Revisar as bibliografias existentes para fundamentar o estudo, observando o histórico das redes de computadores até a criação das redes industriais, baseado nas comprovações realizadas pelos estudiosos do tema; Descrever as características das redes industriais; Mostrar algumas das tecnologias de redes industriais, juntamente com seus protocolos de comunicação aberto, mais utilizadas pelas indústrias.

Foi realizada uma revisão de literatura do tipo narrativa, visando selecionar e interpretar as opiniões disponibilizadas pelos estudiosos do tema. As referências foram buscadas em livros, artigos científicos e *web sites*. As principais bibliografias utilizadas foram: Redes Locais Industriais (Marcelo Ricardo Stemmer), Redes Industriais para Automação Industrial, AS-I, *Profibus* e *Profinet* (Alexandre Baratella Lugli e Max Mauro Dias Santos) e, artigos científicos.

2 REDES DE COMUNICAÇÃO

2.1 HISTÓRICO

A partir do surgimento dos microprocessadores em meados da década de 1970 os computadores passaram a fazer parte do cotidiano das áreas comerciais e industriais, apesar de serem equipamentos enormes, de alto custo e de grande complexidade, foram gradativamente conquistando espaço, diante das simplificações observadas para diversas tarefas. Nos dias atuais os dispositivos computacionais estão por toda parte, até mesmo nos automóveis, eletrodomésticos, objetos de uso pessoal, ou seja, tiveram uma evolução exponencial, diminuíram muito seu tamanho, ganharam performance invejável, além de uma infinidade de recursos, transformando-se em itens de uso diário, adentrando nos lares dos usuários, como mostra a Figura 1. Na indústria os computadores também foram muito bem aceitos, assim como uma série equipamentos dele derivado. Aos poucos equipamentos como o CLP (Controlador Lógico Programável) foram sendo utilizados para substituir sistemas antes comandados por relés, depois também veio o CNC (*Computerized Numerical Control*) para comandar máquinas como tornos por exemplo. A Figura 2 mostra um dos primeiros CLPs, desenvolvido pela Modicon na década de 1980. (STEMMER, 2010).

Figura 1 - Um dos primeiros computadores pessoais, Macintosh da Apple, 1984



Fonte: Veja (2014)

Figura 2 - CLP da Modicon, década de 1980.



Fonte: CRK (2017)

Juntamente com a informatização foi percebida a necessidade de troca de informações entre os equipamentos, então foram iniciados estudos sobre as redes de computadores, para permitir a interação de várias pessoas simultaneamente com um único computador. O avanço nos estudos sobre redes foi tão grande e sua utilização cada vez mais essencial, que foi criada uma “rede de redes”, para interligar computadores no mundo todo, a internet. No chão de fábrica não foi diferente e as redes tornaram-se algo de fundamental importância para os processos, porém estudos específicos foram realizados, pois alguns problemas podem afetar as redes de chão de fábrica, situação que não é comum nos escritórios. (STEMMER, 2010).

2.2 REDES DE COMPUTADORES (CONVENCIONAIS OU DE ESCRITÓRIO)

“Uma rede de computadores consiste basicamente da interligação de equipamentos computacionais através de um sistema de comunicação de dados, objetivando a troca de informações entre si”. (LASKOSKI, 2006).

A ARPANET foi a precursora das redes de computadores, é a origem da atual e fundamental INTERNET. Seus estudos e desenvolvimento nasceram de necessidades de guerra, onde se buscava alternativas para manter a comunicação entre órgãos do governo e as universidades, isso nos Estados Unidos da América. Juntamente com a rede, foi criado também um protocolo de comunicação, o TCP/IP (TCP – Protocolo de Controle de Transmissão, IP – Protocolo de Interconexão)

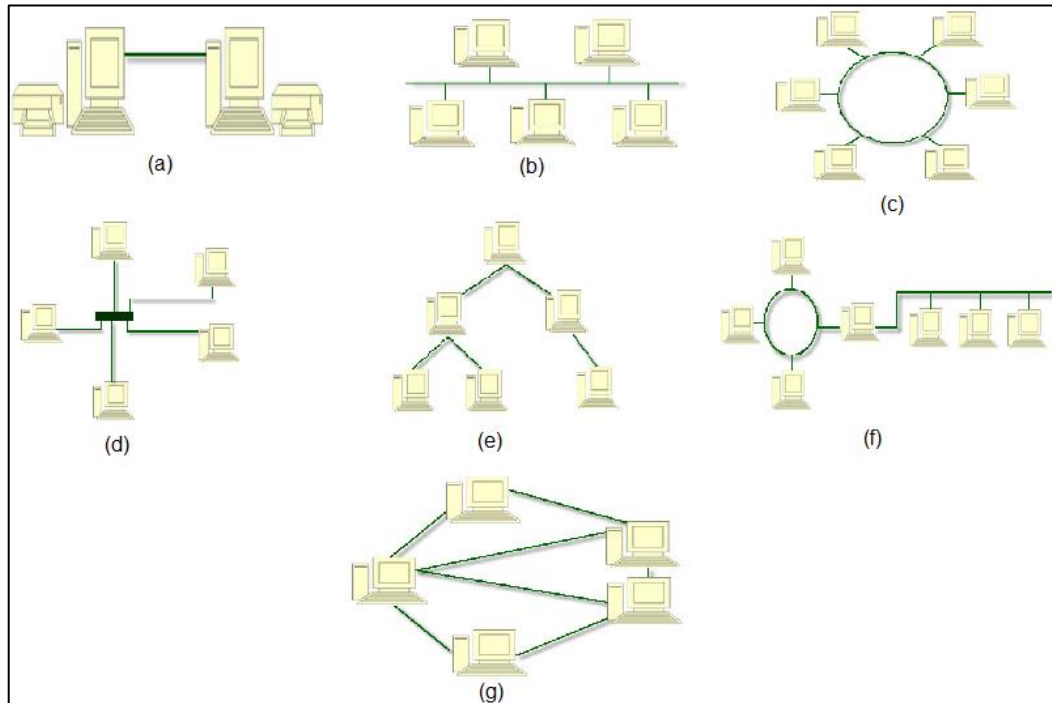
responsável por organizar, impor regras, garantir a troca de dados entre as estações. Com o final da Guerra Fria, a ARPANET foi disponibilizada de maneira integral para a sociedade, primeiramente para as universidades e depois começou a ter escala comercial. (OLIVEIRA, 2017).

2.2.1 Topologia de rede

A maneira como as redes estão interligadas fisicamente são ditas como topologias, existem alguns tipos, entre eles:

- Ponto a ponto: é a mais simples e une dois computadores através de um meio de transmissão;
- Barramento: os nós estão conectados a uma barra, onde todos os computadores têm acesso, seu meio de transmissão é o cabo coaxial;
- Anel: normalmente utiliza ligações ponto a ponto que fazem a transmissão em um sentido único. É pouco tolerável à falha e sua expansão é limitada, pois gera um tempo maior na transmissão, que não é desejável na comunicação;
- Estrela: existe um nó central fazendo o gerenciamento da comunicação entre os dispositivos. Faz a conversão dos sinais quando transmitidos por protocolos distintos e determina a velocidade da transmissão;
- Árvore: é uma série de barras interconectadas, representando várias conexões do tipo estrelas ligadas uma na outra;
- Mista: é complexa e utilizada em grandes redes. Possui uma mistura de topologias;
- Grafo: também consiste da mistura de várias topologias, porém cada nó da rede possui uma rota alternativa, utilizada em situações de falha ou congestionamento da rede. Também tem a função de rotear endereços que não pertencem a sua rede. A Figura 3 apresenta exemplos dos vários tipos de topologias existentes. (INFO ESCOLA, 2017).

Figura 3 - Tipos de topologia: (a) ponto a ponto; (b) barramento; (c) anel; (d) estrela; (e) árvore; (f) mista; (g) grafo.



Fonte: Info escola (2017)

2.2.2 Tipos de rede

De acordo com Laskoski (2006), de forma geral as redes são divididas em três tipos:

- **LAN (*Local Area Network*)**: são utilizadas para distâncias curtas, geralmente dentro de escritórios, num mesmo prédio, instalações industriais. Tem a característica de proporcionar uma velocidade muito maior que os outros tipos de rede;
- **MAN (*Metropolitan Area Network*)**: rede parecida com a LAN, porém com alcance maior, pode interligar estações em uma mesma cidade, pode ser privada ou pública. Sua estrutura é simplificada, utilizando no máximo dois cabos. A velocidade é inferior a LAN, principalmente por causa da distância de alcance;
- **WAN (*Wide Area Network*)**: rede de longas distâncias podem abranger um país ou um continente. Composta por *hosts*, que fazem a execução

dos programas do usuário. Estes são conectados por sub-redes, onde as mensagens são transmitidas de um *host* para outro. O maior exemplo de WAN é a internet, que chegam às residências ou escritórios e está conectada no roteador (*host*), que passa a ser uma LAN nesse espaço pequeno e restrito. Nas Wans a velocidade de transmissão dos dados é muito menor que nas LANs.

2.3 A PADRONIZAÇÃO DOS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

Devido ao grande número de empresas investindo na tecnologia de redes e protocolos de comunicação, iniciou-se dentro da ISO (*International Standards Organization*) os estudos para a criação de um modelo padrão para serem feitas as arquiteturas de rede, podendo desta forma equipamentos de diferentes fabricantes se comunicar, facilitando o acesso e manutenção para o usuário final. Baseado nisso foi criado o sistema RM-OSI (*Reference Model for Open Systems Interconnection*). (STEMMER, 2010).

O modelo OSI foi criado em 1978 e desde 1984 é o padrão mundial, onde os fabricantes devem se basear para criar produtos, garantindo a comunicação com sistemas diferentes. Este modelo é composto por sete camadas, conforme mostra a Figura 4, são elas:

- Camada de aplicação: comunicação com os usuários e fornecimento de serviços básicos de comunicação. Serve como “janela” de acesso entre os aplicativos e os serviços da rede. Aplicativos que normalmente estão nesta camada são banco de dados, e-mail, FTP (*File Transfer Protocol*) e HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*);
- Camada de apresentação: define o formato da troca de dados entre os computadores. Faz papel de tradutor para os protocolos, a criptografia, compressão de dados, entre outras tarefas;
- Camada de sessão: funciona como um elo de comunicação entre duas aplicações que estão sendo executadas em computadores diferentes. Faz o gerenciamento de diálogos entre os aplicativos, permitindo que estes possam abrir, usar e fechar uma sessão. Nesta camada são executadas as funções de reconhecimento de nomes e segurança;

- Camada de transporte: responsável pela confiança na comunicação, ou seja, garantir a total entrega dos pacotes enviados até o seu destino. Nesta camada opera o protocolo TCP;
- Camada de rede: identifica os endereços dos sistemas na rede e faz a transmissão dos dados. Ela deve conhecer o meio físico da rede e fazer o empacotamento da informação para que a camada de link possa enviá-la para a camada física;
- Camada de link: faz a definição de como a informação será transmitida pela camada física e também o funcionamento correto desta camada. Quando ocorre um erro na transmissão da informação no meio físico, como por exemplo rompimento de cabo ou colisão de dados, a camada de link deve resolver estes problemas ou comunicar às camadas superiores sobre o ocorrido;
- Camada física: é a parte visível do sistema, são os cabos, conectores utilizados para interligar os sistemas de rede. A informação transita pela camada física na forma de sinais elétricos. (CASTELUCCI, 2011).

Figura 4 - Representação Modelo OSI



Fonte: Oficina da net (2016)

2.4 REDES INDUSTRIAIS

Segundo Lugli e Santos (2010, p. 23), “as redes industriais são conhecidas como redes determinísticas, pois possuem tempos exatos para o tráfego das informações (conhecidos como tempo de varredura)”.

Para Stemmer (2010), as redes locais industriais permitem levar em conta as particularidades de um processo, considerando fatores como comunicação. Alguns requisitos tornam-se fundamentais, como tempo de resposta e confiabilidade da informação e dos equipamentos.

Schneider (2007, p. 4), completa dizendo que “a utilização das redes permite a comunicação rápida e fiável entre equipamentos e o uso de mecanismos padronizados, que são hoje em dia fatores indispensáveis no conceito de produtividade industrial”.

De acordo com Stemmer (2010), a transmissão dos dados no ambiente industrial requer requisitos dos quais a maioria das redes de automação utilizadas nos escritórios não conseguem atender, alguns deles são descritos:

- Ambiente propício a perturbações, temperaturas elevadas, sujeira, vibração, entre outros;
- Muitas vezes não existe um operador humano visualizando a troca de informações, impossibilitando a imediata percepção de falhas ocorridas;
- Existe criticidade nos tempos de resposta e segurança dos dados;

3 REDES INDUSTRIAIS E SUAS CARACTERÍSTICAS

3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS REDES INDUSTRIAIS

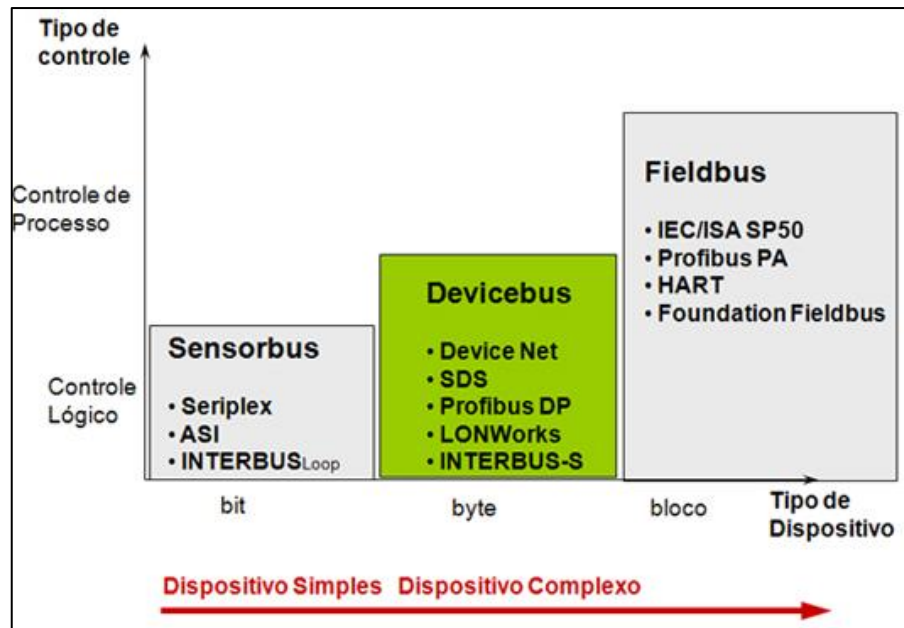
Segundo Antonelli (2011), as redes industriais têm sua classificação ligada ao tipo de dado suportado (de maior ou menor complexidade), formato da informação e tempo total entre a emissão da informação e sua chegada ao receptor. Quando as redes industriais começaram a ser utilizadas, estavam excepcionalmente interligadas ao “chão de fábrica”, ligando essencialmente os dispositivos inteiramente direcionados para o processo, como os sensores e atuadores. O progresso nos estudos, desenvolvimentos e o avanço tecnológico em todas as áreas, trouxe para a indústria a necessidade de conexão global do sistema, desde o “chão de fábrica”, considerado o nível mais baixo, até o nível mais elevado, o corporativo, sendo assim, redes industriais mais abrangentes, com maior sofisticação, ou seja, com maior capacidade de arranjo e disposição das informações foram desenvolvidas para suprir as exigências de comunicação de um universo cada vez mais digital.

A transmissão dos dados em uma rede industrial pode ocorrer no formato de *bits*, *bytes* ou blocos. Quando são transmitidos apenas sinais discretos, do tipo liga/desliga (0 ou 1), aberto/fechado, os dados são no formato de bits. Redes com dados no formato de *byte* admitem pacotes com elementos com característica discretas e/ou analógicas, por fim, as redes com dados em formato de bloco têm a capacidade de transmitir pacotes com elementos de tamanhos variáveis. (BORGES, 2009 *apud* DOMINIAK, 2012).

Desta maneira, as redes industriais podem ser classificadas basicamente em três tipos:

- Rede do tipo *Sensorbus* – transmite os elementos no formato de *bits*;
- Rede do tipo *Devicebus* – transmite os elementos no formato de *bytes*;
- Rede do tipo *Fieldbus* – transmite os elementos no formato de pacotes (blocos) de mensagens.

Esta classificação está demonstrada na Figura 5.

Figura 5 – Tipos de rede

Fonte: Smar (2011)

As redes do tipo *sensorbus* possuem a característica de transmissão de informações (dados) com o tamanho de *bits*, possibilitando velocidade, ou taxa de transmissão na casa dos milissegundos. Esse tipo de rede suporta equipamentos como sensores e atuadores que trabalham de modo discreto e equipamentos que apresentam a condição de ligado ou desligado, entre eles, relés, botoeiras, sinaleiras e interruptores. (COGHI, 2003 *apud* ANTONELLI, 2011).

As redes *devicebus* ocupam a lacuna em meio as redes *sensorbus* e *fieldbus* podendo ter um alcance de trabalho de até 500m. Os dispositivos ligados a esta rede transmitem uma maior quantidade de dados discretos, também transmite dados analógicos, em menor quantidade, ou faz uma transmissão mista. Do mesmo modo, determinadas redes do tipo *devicebus* toleram a transferência de blocos com prioridade baixa, comparados aos dados no formato de *bytes*. Possui capacidade de gerenciamento de um número maior de equipamentos e dados, se comparada com a rede do tipo *sensorbus*, porém atende as mesmas exigências quanto a transferência rápida de dados. (SMAR EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS, 1998 *apud* LAGE, 2009).

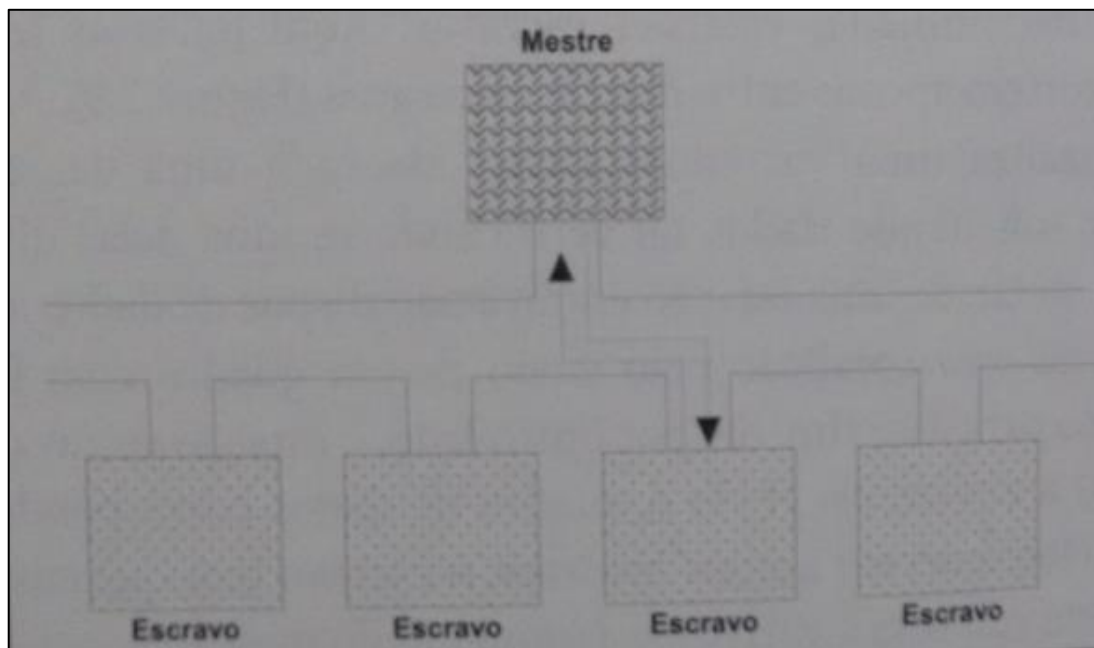
A rede do tipo *fieldbus* conecta os dispositivos de entrada e saída mais inteligentes e podendo atingir uma área de cobertura mais abrangente. Os dispositivos ligados à rede têm inteligência para desempenhar tarefas especiais de controle, tais como, *loops* PID (Proporcional Integral Derivativo), controle de fluxo de

informações e processos. Os tempos de transferências podem ser demorados, mas a rede deve ser capaz de comunicar-se por vários tipos de dados (discreto, analógico, parâmetros, programas e informações do usuário). (BORGES, 2009 apud DOMINIAK, 2012).

3.2 MODELOS DE COMUNICAÇÃO

Conforme Stemmer (2010), o modelo mestre/escravo é caracterizado por somente uma estação poder agir como detentora do direito de transmissão, concedendo este direito às demais a partir de um ciclo de varredura. Essa estação recebe o nome de mestre, já as demais são denominadas escravos. A estação mestre inicia o ciclo de varredura solicitando informações (dados) a cada uma das estações escravas, que mesmo não tendo nada para transmitir, enviam um sinal de resposta para a estação mestre. Este modelo está representado na Figura 6:

Figura 6 – Modelo de comunicação mestre/escravo

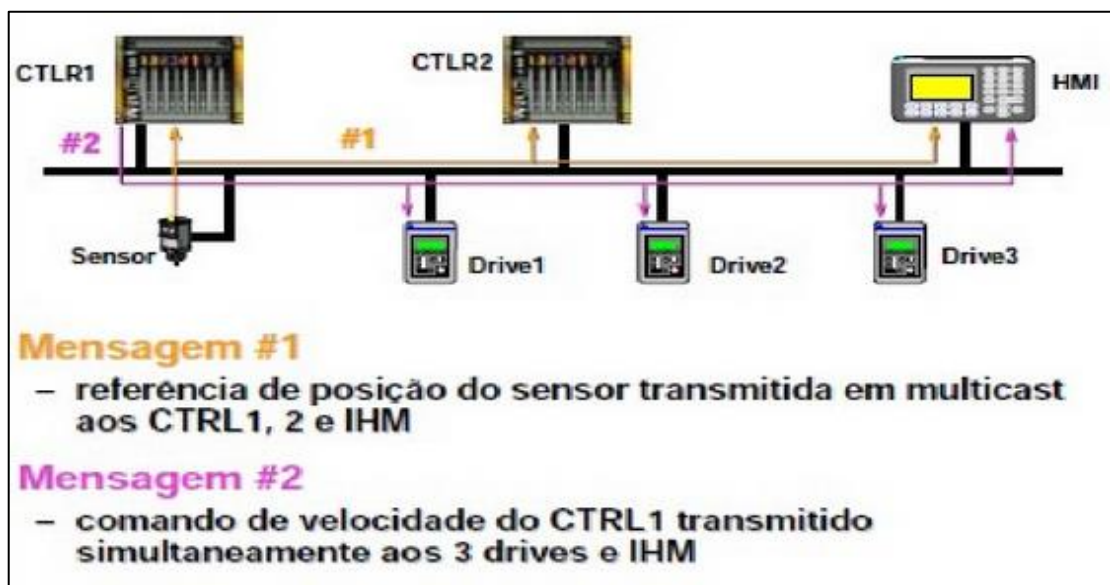


Fonte: Stemmer (2010)

No modelo de comunicação produtor/consumidor, as mensagens que transitam pelo barramento são detentoras de um identificador único, origem ou destino. Todos os pontos (nós) podem interagir de forma perfeita. A utilização deste modelo, mostrado na Figura 7, permite que múltiplos nós (produtores) façam a

transmissão de dados para outros nós que são os consumidores. Existe também a possibilidade de alguns nós poderem assumir tanto a função de produtor, quanto a de consumidor. Essa característica funcional incorpora ao modelo de comunicação produtor/consumidor benefícios como: redução da quantidade de dados transmitidos, já que somente são enviados para os dispositivos que os requisitarem e determinismo, pois não importa a quantidade de dispositivos que requisitam os dados o tempo é o mesmo. (MORAES; CASTRUCCI, 2007 *apud* DOMINIAK, 2012).

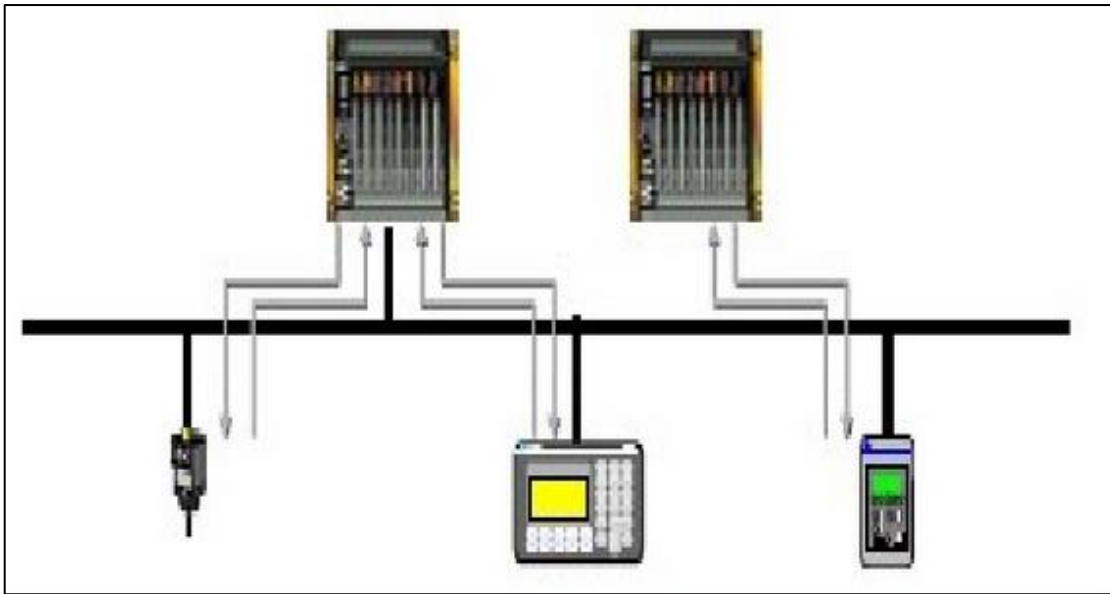
Figura 7 – Modelo de comunicação produtor/consumidor



Fonte: Slidshare (2011)

O modelo multi mestre admite que dois dispositivos configurados como mestres façam uso do mesmo meio físico para trocar informações com os escravos. Este modelo de comunicação é pouco difundido por ter características muito complexas. O mais comum na indústria é o modelo onde cada mestre possui seus escravos, comandando a comunicação na rede. (ELETRÔNICA, 2001 *apud* ANTONELLI, 2011). Um exemplo de representação multi mestre é apresentado na Figura 8:

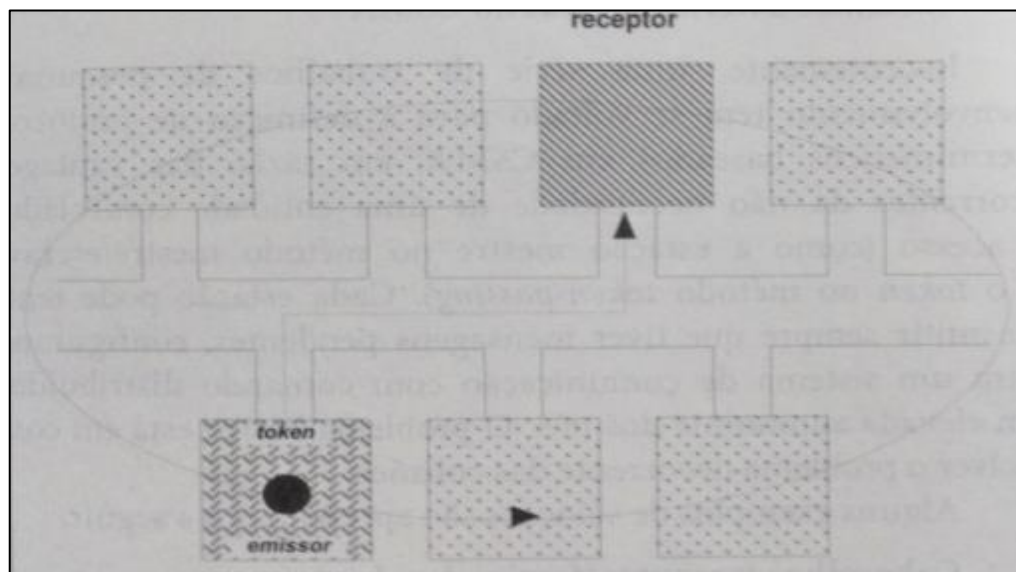
Figura 8 – Modelo de comunicação multi mestre



Fonte: Slidshare (2011)

Já no modelo *token-passing* (passagem de ficha ou bastão), como é ilustrado na Figura 9, cada estação pode ter acesso ao meio sem o intermédio de um mestre, pois o direito do *token* é transmitido de forma cíclica. É um sistema mais complexo, porque algumas providências devem ser tomadas, no caso da perda do *token* por exemplo durante a operação. Se enquadra em operações onde várias unidades independentes desejam trocar informações livremente entre si. (STEMMER, 2010).

Figura 9 – Modelo de comunicação *token-passing*



Fonte: Stemmer (2010)

3.3 MEIO FÍSICO DE TRANSMISSÃO

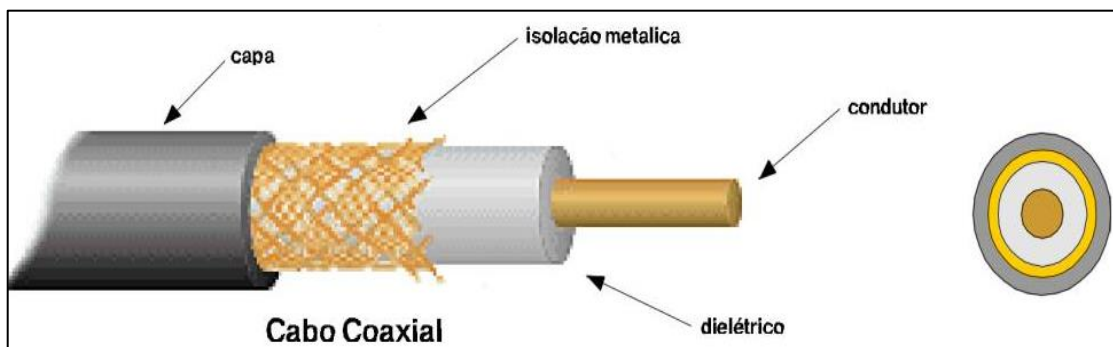
O meio físico compõe essencialmente, o meio por onde as informações do processo são transferidas. São caracterizados como a plataforma física utilizada pelos protocolos completos.

Geralmente, utiliza-se o cabo coaxial, o cabo de par trançado, a fibra óptica e ondas eletromagnéticas (Wi-Fi). A seleção do tipo de cabo utilizado determina como os *bits* (para transmissão de sinais digitais) são codificados e os dados, desta forma, transmitidos, devendo sua escolha ser definida conforme parâmetros como comprimento do barramento, velocidade de transmissão, confiabilidade e resistência mecânica. (LUDWIG, FAGUNDES, 2006 *apud* LAGE, 2009).

3.3.1 Cabos coaxiais

Os cabos coaxiais foram muito utilizados no início da era das redes industriais, porém com a chegada de materiais mais confiáveis e com maior tecnologia embarcada forma perdendo espaço aos poucos, sendo que no início da década de noventa sua utilização já era muito baixa. Formado por um fio de cobre coberto por um material isolante. Este material isolante é protegido por uma malha entrelaçada que diminui a possibilidade de interferências externas atingirem o condutor interno. Já o condutor externo é protegido por uma capa de plástico, conforme é ilustrado na Figura 10. Tem capacidade de transmissão de até 10 Mbps (Megabits por segundo), atingindo uma distância máxima (sem repetidores) de aproximadamente 185 metros. (MARIMOTO, 2007 *apud* LAGE, 2009).

Figura 10 – Cabo coaxial



Fonte: Transcortec (2017)

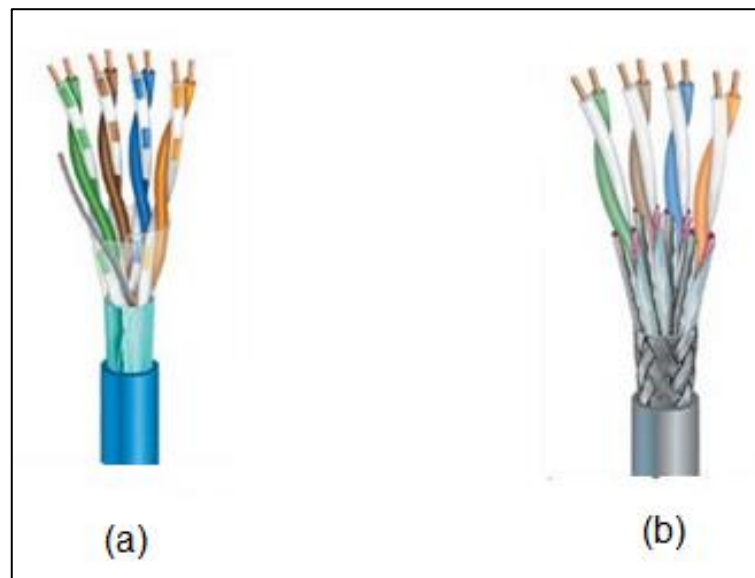
3.3.2 Cabos de par trançado

O cabo par trançado é formado de dois cabos isolados e trançados um ao outro com o intuito de maximizar a rejeição a ruídos e interferências eletromagnéticas. (REGAZZI et al., 2005 *apud* DOMINIAK, 2012).

Esse modelo de cabo possui duas formas construtivas: com capa metálica protetora (*shielded*) e sem capa metálica protetora (*unshielded*). (MORAES e CASTRUCCI, 2007 *apud* DOMINIAK, 2012).

Existe uma variedade de modelos de cabos par trançado sem blindagem (UTP – *Unshielded Twisted Pair*) que podem ser utilizados desde aplicações de telefonia até transmissão em alta velocidade, como *Ethernet*. Na maioria das vezes, é composto por quatro pares de cabos, como é ilustrado na figura 11 (a), enrolados com um passo diferente com a intenção de extinguir a interferência do par adjacente ou de outros componentes elétricos. (MORAES e CASTRUCCI, 2007 *apud* DOMINIAK, 2012).

Figura 11- Par trançado



Fonte: Carvalho (2015)

O cabo par trançado blindado (STP - *Shielded Twisted Pair*) faz uso de blindagem individual para cada par de cabos ou combina a blindagem individual para cada par de cabos com uma segunda blindagem externa, cobrindo todos os pares. O cabo STP, conforme visto na figura 11(b), foi desenvolvido para utilização em

ambientes com ruídos elétricos, como, por exemplo, ambientes industriais já que o cabo UTP pode sofrer interferências por radiofrequência e elétricas. (MORIMOTO, 2008 *apud* DOMINIAK, 2012).

3.3.3 Fibra óptica

A fibra óptica é um filamento cilíndrico, derivado do vidro ou plástico, semelhante a um fio de cabelo, que transmite luz. A luz aplicada a uma das terminações viaja pela fibra, levando informações, até alcançar a outra terminação. Atualmente, com os estudos voltados para a tecnologia de transmissão de dados via fibra óptica, a velocidade de transmissão passa dos 50 Tbps (Terabits por segundo). Mesmo assim, a velocidade permitida e utilizada atualmente é de 10 Tbps. Suas vantagens são muitas, como velocidade de transmissão muito alta, não sofre interferências eletromagnéticas, transporta muita informação e baixa atenuação de sinal quando respeitadas suas limitações quanto a dobras e curvas, podendo atingir até mesmo centenas de quilômetros. No entanto, o que faz sua utilização não ser tão difundida é seu custo elevado. (LUDWIG, FAGUNDES, 2006 *apud* LAGE 2009). A Figura 12 apresenta um exemplo de cabo de fibra óptica:

Figura 12 – Fibra óptica



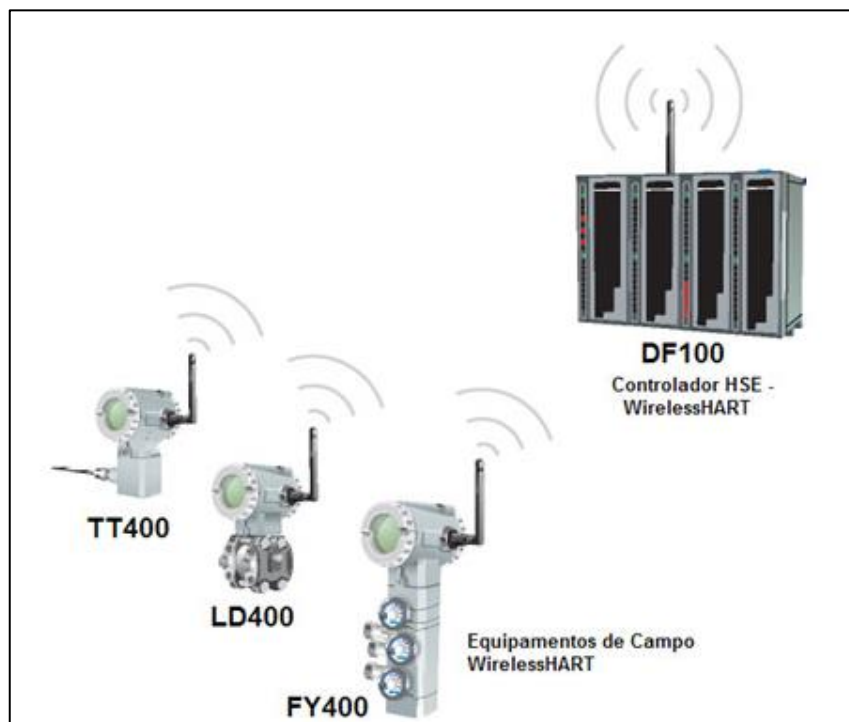
Fonte: Projeto de redes (2013)

3.3.4 Radiofrequência

Ainda que sua utilização seja pequena no ambiente industrial, comunicação por radiofrequência é compatível com determinados protocolos. Destinado para

aplicações em longas distâncias onde vários quilômetros separam dois dispositivos ou para aplicações móveis onde é inviável a utilização de cabos metálicos ou fibra óptica. Nas redes sem fio (*wireless networks*), conforme Figura 13, os dados são transmitidos pelo ar, em canais de alta frequência de rádio, normalmente 915 MHz, 2,4 GHz, 5,8 GHz, etc. Sua instalação é simples, no entanto possuem algumas desvantagens, como por exemplo: velocidade de transmissão eventualmente mais baixa, problemas gerados por reflexão das ondas eletromagnéticas em contato com objetos sólidos, possíveis interferências provocadas por fontes que geram sinais na mesma banda de frequência da rede além de maior vulnerabilidade de segurança das informações. (REGAZZI et al., 2005 *apud* DOMINIAK, 2012).

Figura 13 – Sistema de radiofrequência



Fonte: Smar (2011)

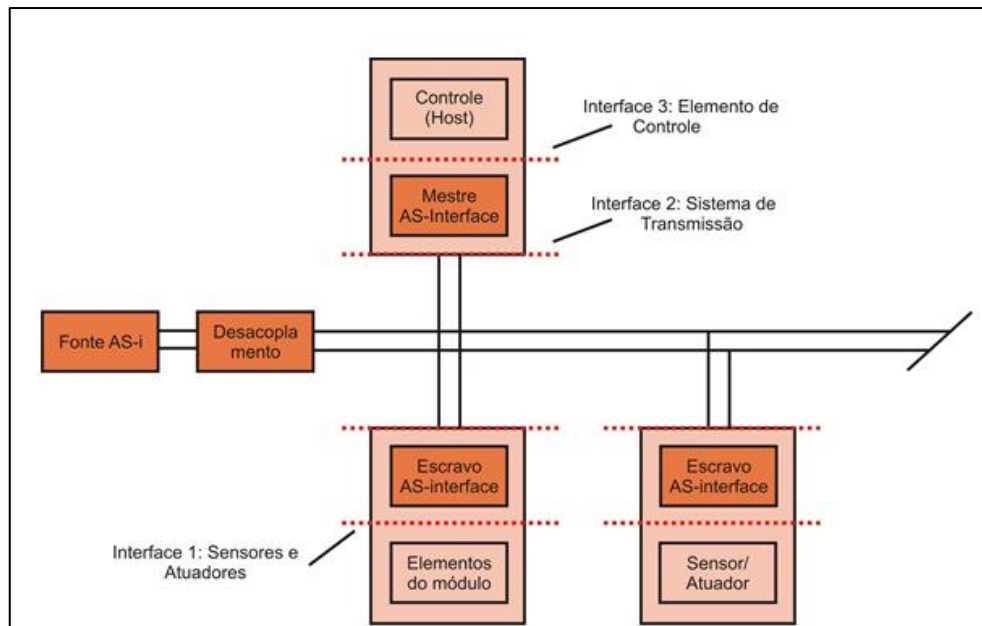
4 TECNOLOGIAS DE REDES INDUSTRIAIS

4.1 AS-INTERFACE

A rede AS-Interface surgiu no mercado para fornecer aos usuários uma opção com custo relativamente baixo quanto a fiação, sendo que com o passar dos anos se transformou em um produto de grande utilização na indústria, devido também a sua confiabilidade. Seu propósito é conectar dispositivos de baixo nível como sensores e atuadores de fabricantes distintos, conduzindo por meio de um cabo apenas a fonte de energia (alimentação) e os dados (informações). Sua origem se deu na década de 1990, quando algumas empresas europeias se juntaram para desenvolver uma tecnologia acessível e eficiente para comunicação no “chão de fábrica”, atualmente é utilizada no mundo todo.

Esta rede utiliza um “chip” escravo, por onde os sensores e atuadores são conectados ao cabo AS-Interface. A cada ciclo de leitura são enviados pelo mestre, aos seus dispositivos escravos, 4 *bits* de informação, que devolvem ao mestre outros 4 bits, logo depois as entradas e saídas são atualizadas. (SCHNEIDER, 2007).

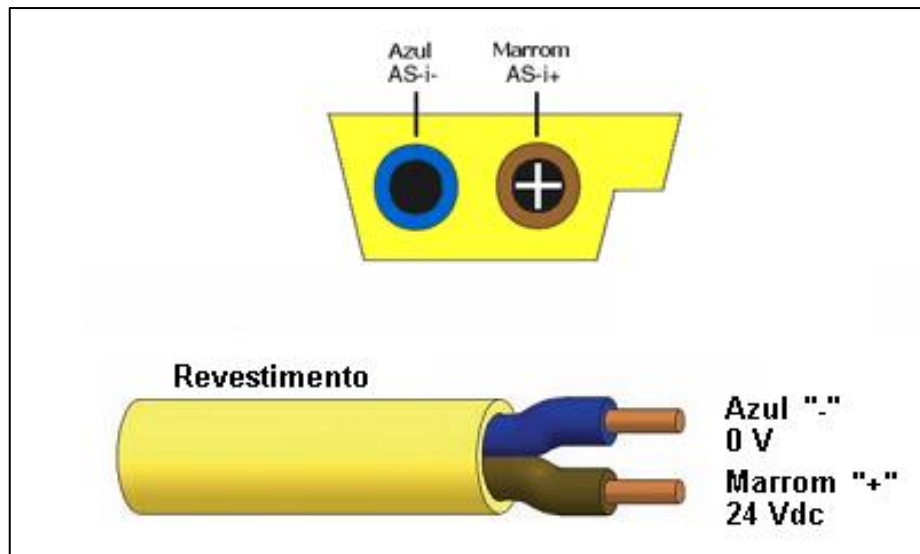
A rede AS-Interface tem como característica a facilidade de expansão, simplicidade na instalação e flexibilidade, sendo que para ser adicionado um novo módulo não é necessário parar o sistema, a conexão é “a quente”. Depois de inserido o módulo deve ser verificado a alimentação, para se certificar que o componente está ligado, observando o *led* de *status*. Essa tecnologia admite todas as topologias de cabeamento, podendo alcançar uma distância de até 100 metros, porém podem ser instalados repetidores de sinal, podendo o sistema atingir até os 300 metros. A Figura 14 demonstra um modelo de instalação utilizando a rede AS-Interface.

Figura 14 – Configuração AS-INTERFACE

Fonte: Smar (2011)

Além de interligar os componentes de complexidade mais baixa da automação, a rede AS-Interface possui um sistema totalmente padronizado e de livre acesso. O tempo para realização das instalações, montagens é reduzido consideravelmente, pois ao invés de utilizar vários cabos para realizar as conexões é utilizado apenas o cabo padrão AS-Interface, conforme Figura 15, que possui duas vias, uma de dados e a outra de alimentação (fonte de energia). O sistema permite a instalação de até 62 dispositivos (escravos), que recebem e retornam informações solicitadas pelo mestre, durante cada ciclo de leitura do *software*. (SMAR, 2011).

Lugli e Santos (2010), apontam que os benefícios da rede AS-Interface estão ligados a: economia de *hardware*, por utilizar apenas um cabo, utilização de um mestre ao invés de vários cartões de entrada/saída, facilidade e segurança na instalação, baixo custo relacionado a cada escravo de rede instalado, diminuição do tempo de manutenção, facilidade de operação e monitoramento, instalação com custo reduzido, utilização de um padrão internacional aberto. Por outro lado, existem as limitações, que são: informações limitadas a quatro bits de entrada ou quatro bits de saída para cada escravo durante cada ciclo de varredura, é uma rede unicamente mestre/escravo, limita-se a 62 escravos na versão mais atual, a transferência de informações dos escravos só pode ser feita através do mestre da rede, o comprimento é limitado em 100 metros sem repetidor e 300 metros com repetidor.

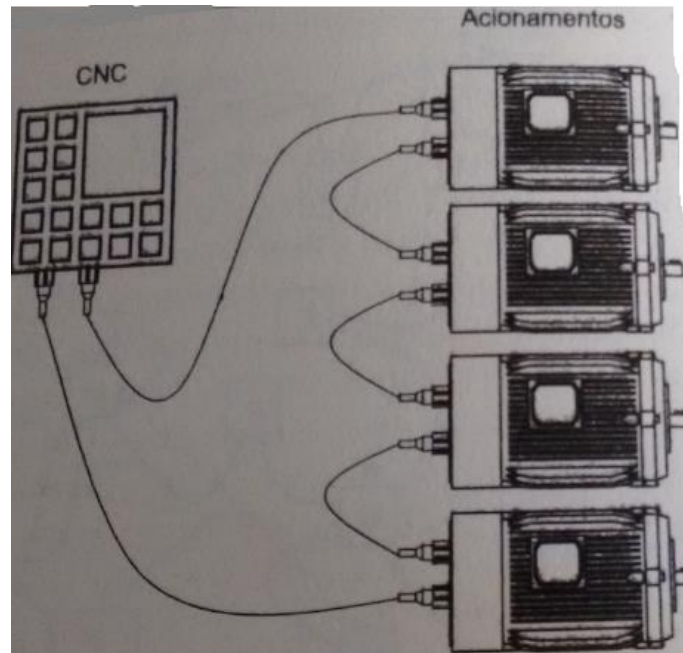
Figura 15 – Cabo AS-Interface

Fonte: Smar (2017)

4.2 SERCOS

A rede SERCOS (*SERial Real-time COmmunication System*) teve como propósito de desenvolvimento a implementação de malhas fechadas de controle em CNC, interligados a servo acionamentos, totalmente pela rede, no final da década de 1980. A falta de tecnologia que pudesse suportar os altos níveis de ruídos e interferências eletromagnéticas motivou o estudo e de uma rede com topologia do tipo anel tendo a fibra óptica como meio de transmissão, já que possui a característica de não sofrer interferência magnética. (STEMMER, 2010). A Figura 16 ilustra um sistema utilizando a rede SERCOS.

Figura 16 – Modelo de rede SERCOS



Fonte: Stemmer (2010)

Registrada como uma marca SERCOS interface™, no entanto é o único protocolo totalmente livre para utilização em aplicações de sincronia de alto desempenho. (FRAIANELI e ADNET, 2009).

A utilização de fibra óptica deixa o sistema extremamente rápido, fazendo com que o tempo de leitura das informações em cada ciclo se tornem muito baixos, esse tempo pode ser de μs , porém esse tempo deve configurado conforme a capacidade de leitura do CNC, já que ele é o mestre da rede, sendo que podem ser conectados até 254 escravos dentro do anel. A fibra óptica fabricada a partir do plástico pode ser utilizada em conexões de até 40 metros, para a fibra óptica fabricada a partir do vidro a distância pode ser de até 1.000 metros. O protocolo SERCOS utiliza a camada física, a camada de enlace de dados e a camada de aplicação do modelo OSI. (STEMMER, 2010).

4.3 CANOPEN

A rede CANopen a princípio foi desenvolvida para utilização em aplicações específicas como CNC e máquinas empacotadeiras, sendo que mais tarde veio a ser utilizada em aplicações como transporte público, automação predial e equipamentos

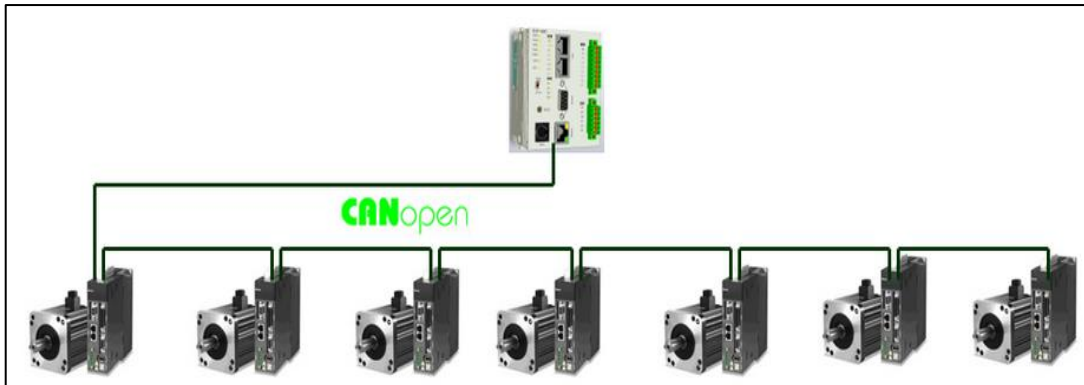
médicos. Suas características físicas lhe tornam uma rede para ser utilizada em espaços limitados. (STEMMER, 2010).

A empresa alemã BOSCH é a responsável pelo desenvolvimento da tecnologia CAN, que se deu no início da década de 1980. Utiliza protocolo de comunicação do tipo multi-mestre, onde é permitida a utilização de qualquer tipo de topologia, garantindo direitos iguais a todos os dispositivos que fazem parte da rede, podendo até ser feita um tipo de configuração sem a utilização de mestre. O tráfego de informações na rede é reduzido, pois a transmissão dos dados é realizada por eventos. Por ser um protocolo de comunicação aberto, o CAN possibilita a interligação de equipamentos de fabricantes distintos. Durante a transmissão dos dados, cada dispositivo pode transmitir mensagens com no máximo 8 *bytes*. O gerenciamento da rede é do tipo mestre/escravo. A rede possui uma estrutura de controle para fazer a correta distribuição das mensagens, já que todos os dispositivos recebem todas as mensagens, por isso um tipo de filtro é utilizado para verificar o destino de cada mensagem assim que a fila de dados chega no dispositivo, fazendo com a mensagem chegue somente para seu receptor real. As mensagens também são identificadas para diferenciar sua prioridade e tempo de transmissão, garantindo assim que as informações de maior criticidade tenham a vez durante a transmissão dos dados.

O protocolo CAN possui estruturas internas para detecção e tratamento de erros, fazendo com que a rede seja muito confiável. No meio físico é utilizado o cabo de par trançado, contendo dois pares: CAN-H, CAN-L, CAN-GND. Seu comprimento pode atingir até 1.000 metros, entregando uma velocidade de transmissão de dados de 10 Kbps no pior caso, chegando até 1 Mbps. Permite no máximo 126 equipamentos na rede. (SCHNEIDER, 2007).

A Figura 17 ilustra uma configuração CANopen.

Figura 17 – Rede CANOPEN



Fonte: Kalatec (2017)

4.4 MODBUS

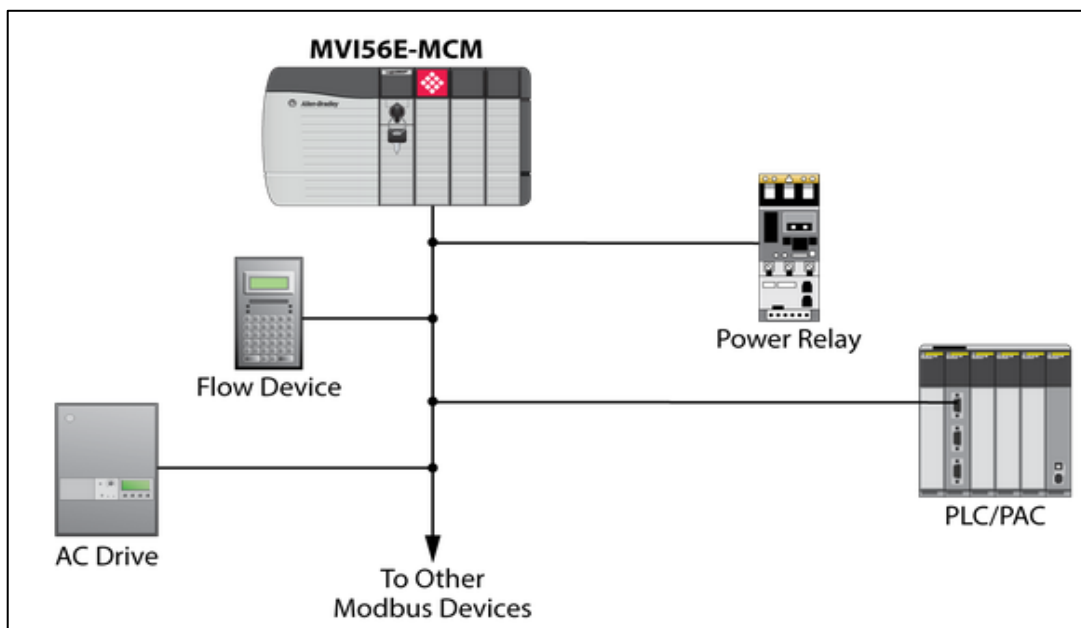
Protocolo de comunicação aberto, muito utilizado no mundo, foi um dos pioneiros no “chão de fábrica”, desenvolvido na década de 1970, pela Modicon Inc. Logo ganhou espaço no mercado, principalmente por ser simples, sendo assim muitos fabricantes aderiram à tecnologia, criando equipamentos compatíveis com o Modbus. Pode ser utilizado em equipamentos como máquinas especiais, *robots*, entre outros. Como é usual nas redes industriais, o Modbus utiliza a camada física, a camada de enlace de dados e a camada de aplicação, do modelo OSI. O meio físico utilizado é o cabo de par trançado. Na camada de enlace de dados, o acesso à rede é feito pelo modelo mestre/escravo, com característica de verificação para controle de erros. Na camada de aplicação são feitas as definições das funções de leitura e escrita das variáveis e das funções para diagnosticar e levantar dados estatísticos de ocorrências na rede. (SCHNEIDER, 2007).

O protocolo Modbus é utilizado para fazer a comunicação entre dispositivos inteligentes como CLPs, com os sensores e atuadores que enviam os sinais discretos para que o controle possa realizar as devidas atualizações nas saídas, conforme a leitura das entradas. Utiliza o modelo mestre/escravo para estabelecer a comunicação, sendo que cada dispositivo sabe seu endereço conforme definição do próprio protocolo. Na camada física o Modbus pode utilizar vários tipos de meios para se comunicar (par trançado, fibra óptica, radiofrequência, etc.). (STEMMER, 2010).

Este protocolo permite um mestre e no máximo 247 escravos. As mensagens que o mestre envia aos seus escravos podem ser do tipo *unicast*, quando um escravo específico recebe uma mensagem do mestre, a requisição, tendo que enviar uma resposta, ou *broadcast*, que ocorre quando o mestre envia mensagens, requisições, a todos os escravos e não recebe retorno. (MORAIS; CATRUCCI, 2007 *apud* NOGUEIRA, 2009).

Os dois modelos de protocolo Modbus são o RTU (*Remote Terminal Unit*) que é o mais utilizado, transmite seus dados de forma binária, consumindo oito *bits*, que podem ser compactados. O outro modelo é o ASCII (*American Standard Code for Information Interchanger*), onde os dados são transmitidos na forma de caracteres ASCII com sete *bits*, isso gera mensagens legíveis, porém ocupa muito espaço na rede. A Figura 18 apresenta um modelo de rede utilizando a tecnologia Modbus.

Figura 18 – Rede Modbus



Fonte: Prosoft (2017)

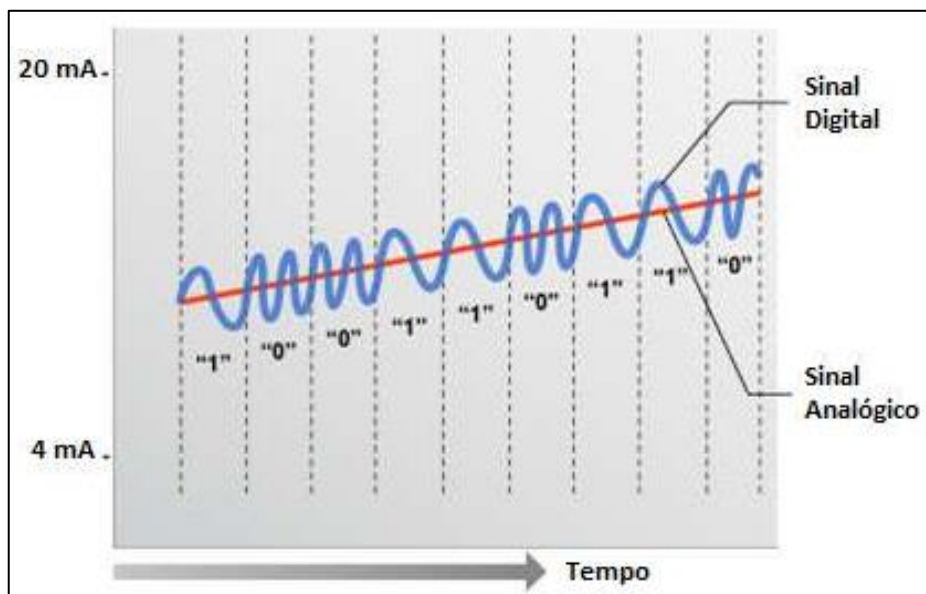
4.6 O PROTOCOLO HART

Para Smar (2011), o protocolo HART (*Highway Addressable Transducer*) foi uma revolução no campo da comunicação digital, por ser o primeiro a permitir dados digitais e sinais analógicos de 4 a 20 mA no mesmo barramento, sem afetar, ou

distorcer este sinal analógico. Foi introduzido na indústria na década de 1980, sendo utilizado em diversas aplicações com sucesso, até mesmo em ambientes perigosos.

O protocolo HART utiliza o padrão Bell 202 FSK (*Frequency Shift Key*), no qual o sinal digital é modulado e sobreposto ao sinal analógico de 4 a 20 mA. Não existe nível DC (*Direct Current*) associado ao sinal FSK, pois o sinal é simétrico em relação ao zero (1 mA pico a pico), desta maneira não existe interferência sobre o sinal analógico, conforme ilustrado na Figura 19. A frequência que representa o nível lógico “1” é de 1.200 Hz, já o nível lógico “0” é representado por uma frequência de 2.200 Hz. O HART amplia o padrão 4 a 20 mA, permitindo medições mais inteligentes dentro do processo. É possível obter informações de *status*, diagnósticos, variáveis de processo dos instrumentos de campo inteligentes. (BORGES, 2009 *apud* DOMINIAK 2012).

Figura 19 – Sinal HART



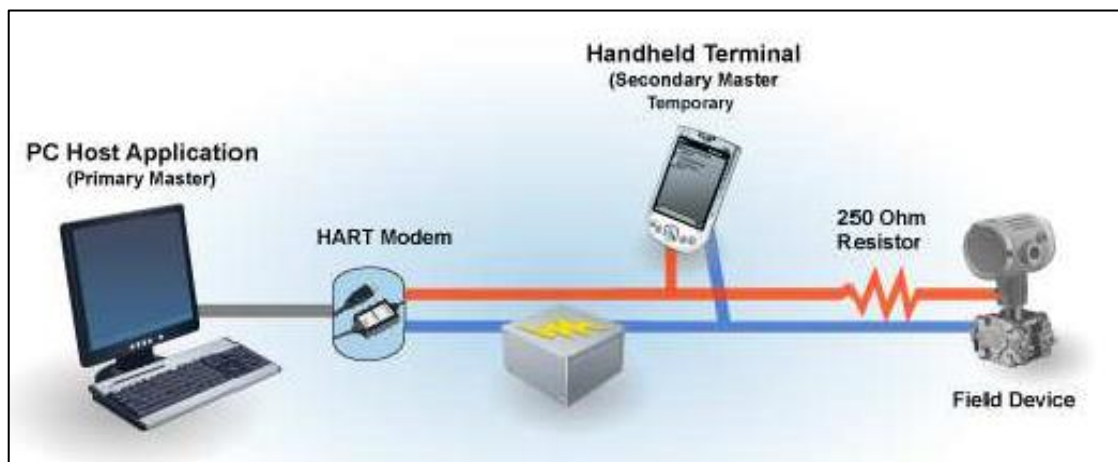
Fonte: Vivace (2017)

No nível físico o protocolo HART utiliza como meio de transmissão o par trançado, com taxa de transmissão de 1.200 bps, possui transmissão assíncrona de caracteres UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), que é composto de 1 *start bit*, 8 *bits* de dados, 1 *bit* de paridade e 1 *stop bit*. O tempo médio para aquisição de um dado é de 500 ms, seu método de acesso ao meio é o mestre/escravo, utilizando topologia do tipo barramento ou árvore. São permitidos 15

dispositivos conectados ao mesmo par trançado, já em áreas de segurança intrínseca são apenas quatro dispositivos por par. Devido ao período de amostragem suportado só permitir a implementação de malhas de controle para processos com dinâmica muito lenta, o HART não é utilizado para o controle de processo em si. (STEMMER, 2010).

A Figura 20 ilustra um exemplo de comunicação mestre/escravo HART.

Figura 20 – Comunicação mestre/escravo HART



Fonte: Vivace (2017)

4.7 DEVICENET

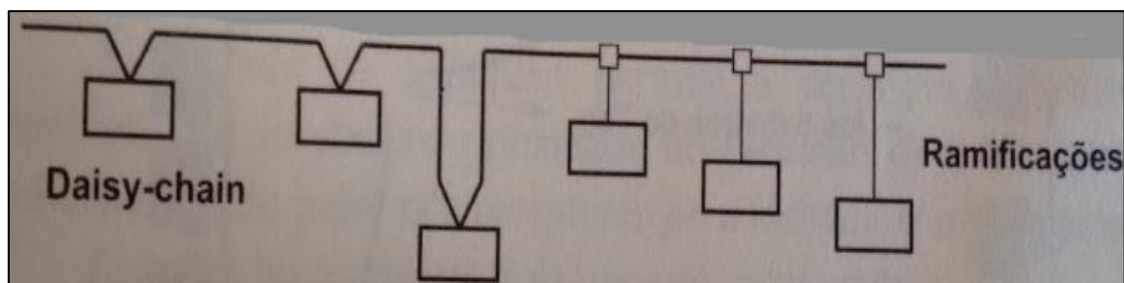
Criado na década de 1990 o Devicenet é baseado na tecnologia CAN. É gerenciado pela ODVA (*Open Devicenet Vendor Association*), que trabalha em conjunto com diversos fabricantes, distribuidores e usuários finais, possuindo mais de 300 membros. Proporciona comunicação fiável, aplicada ao nível operacional, permitindo troca de informações entre dispositivos de diferentes fabricantes. (SCHNEIDER, 2007).

Rede industrial de baixo custo utilizada para conectar dispositivos como chaves fim de curso, motores, válvulas, *drives*, células fotoelétricas, entre outros. É baseada no modelo produtor/consumidor, sua camada física suporta topologia em barramento, na forma *daisy-chain* ou ramificações, conforme Figura 21, tendo a vantagem de ser possível remover os nós sem interromper a linha. Suporta até 64 dispositivos, a taxa de transmissão pode ser de 125 kbps, 250 kbps ou 500 kbps, para distâncias que podem chegar a 500 metros, a alimentação pode ser enviada no

mesmo cabo de sinal, este cabo é o par trançado com dois pares de fios, sendo um para o sinal e outro para a alimentação. Na camada de enlace de dados o DeviceNet segue o padrão CAN, já a camada de aplicação estabelece prioridades no processo de arbitragem e faz a identificação das mensagens, que podem ser de entradas/saídas para os dados de controle críticos no tempo, mensagens para funções cliente/servidor ou fragmentação para dados maiores que 8 *bytes*. A camada de aplicação ainda dispõe as funções de verificação de consistência dos dados de aplicação e detecção de identificadores duplicados. (STEMMER, 2010).

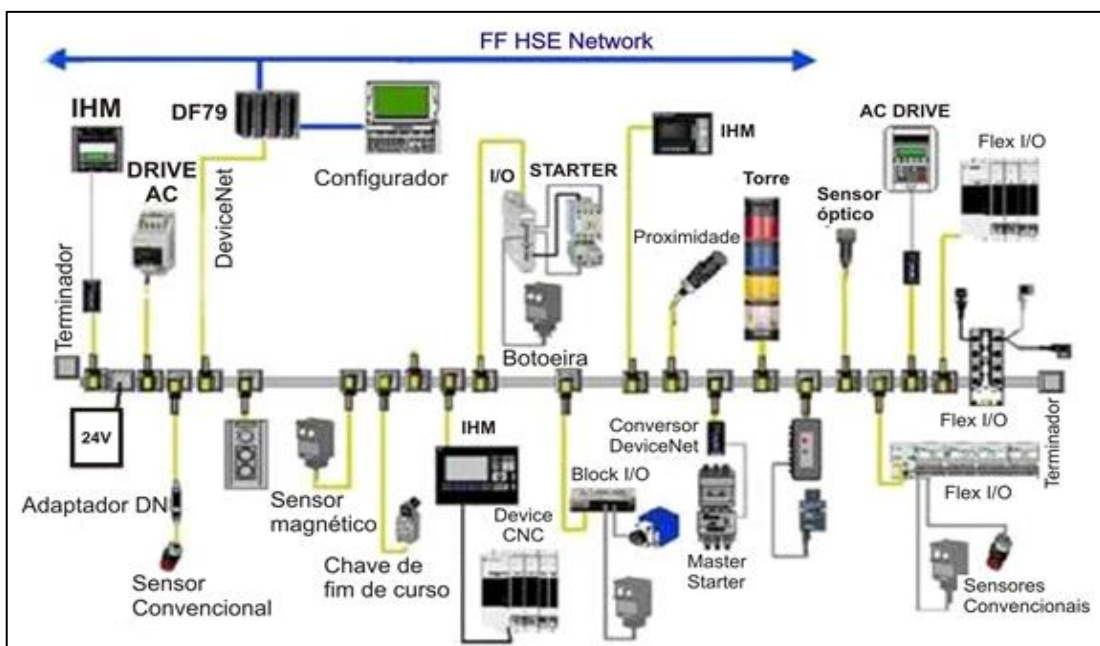
A Figura 22 apresenta um exemplo de rede DeviceNet.

Figura 21 – Topologia DeviceNet



Fonte: Stemmer (2010)

Figura 22 – Rede DeviceNet



Fonte: Smar (2011)

4.8 FOUNDATION FIELDBUS

Para Smar (2011) o *Foundation Fieldbus* é um protocolo que permite a comunicação entre equipamentos de diversos fabricantes, é digital e bidirecional, baseado no padrão OSI, utilizando a camada física, a camada de enlace de dados e a camada de aplicação. O meio físico recebe da camada de enlace as mensagens, que são convertidas em sinais físicos no meio de transmissão e vice-versa, preâmbulos são incluídos e removidos para delimitar o começo e o fim das mensagens.

O *Foundation Fieldbus* pode executar aplicações de controle de processo ao invés de somente transferir dados no modo digital, é considerado uma evolução técnica para a comunicação digital. Mantém características operacionais do sistema 4 a 20 mA, oferecendo possibilidades adicionais aos usuários, entre elas o processamento distribuído e a redundância. (SMAR, 2008 *apud* DOMINIAK, 2012).

A camada física é definida pela Norma ANSI/ISA-SP50.02-1992, sendo que os instrumentos ligados aos barramentos de campo têm uma taxa de transmissão definida em 31.25 Kbps, podendo ter até 32 equipamentos conectados, sem a utilização de repetidores a rede pode ter comprimento máximo de 1.900 metros e utilizando um número máximo de 4 repetidores pode chegar a 10 quilômetros, possui característica de continuar em funcionamento enquanto instrumentos são conectados e desconectados. As topologias suportadas são do tipo barramento, ponto a ponto, fim-fim, árvore e mista, conforme Figura 4.10. (STEMMER, 2010).

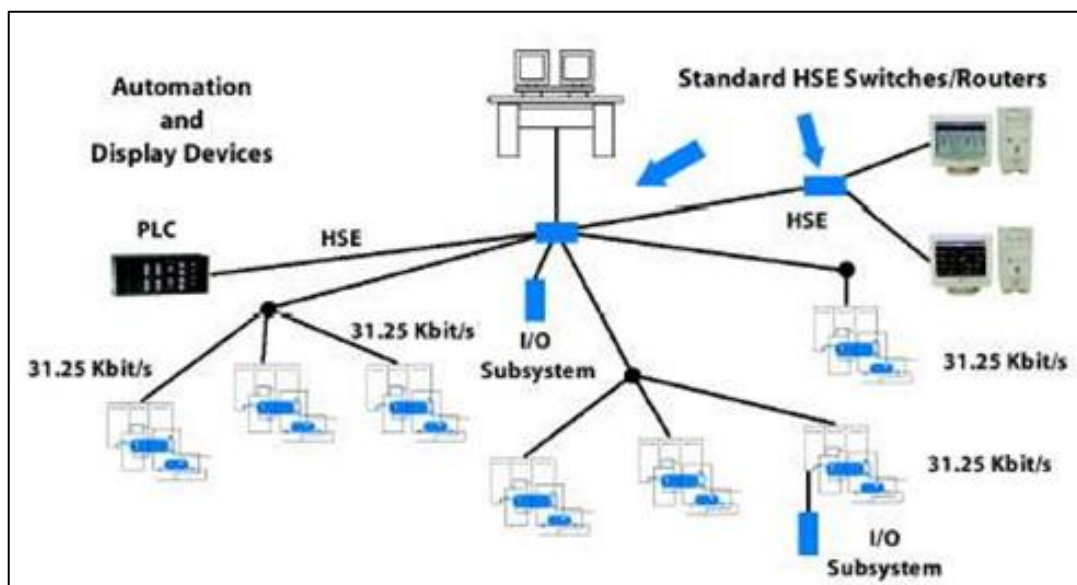
A camada de enlace controla o acesso ao meio de transmissão, definindo quem pode transmitir e quando pode receber a transmissão de dados, garante a integridade das mensagens e a entrega para o equipamento correto. Os equipamentos da rede podem ser do tipo *Link Master*, que tem a capacidade de se tornar LAS (*Link Active Scheduler*), ou *Basic Device*, que não podem se tornar LAS. O acesso a rede pode ser feito por passagem de *token*, resposta imediata ou requisição de *token*. O LAS é quem controla e faz o planejamento da comunicação no barramento. (SMAR, 2011).

A camada de aplicação é dividida em duas partes, FAS (*Fieldbus Access Sublayer*), que é responsável por VCRs (Relacionamento de Comunicação Virtual) do tipo Cliente/Servidor, que suporta comunicação ponto a ponto bidirecional, faz a

transferência de dados não escalonados e enfileirados, do tipo Distribuição de Relatório, que suporta comunicação *multicast* e *unicast* unidirecional, utilizado para transferência de dados não escalonados e enfileirados e do tipo Editor/Assinante, que suporta comunicação *broadcast* unidirecional, este serviço é orientado à conexão e permite a transferência de dados escalonados e “*bufferizados*”. (STEMMER, 2010).

A Figura 23 ilustra um modelo de rede Foundation Fieldbus.

Figura 23 – Configuração de rede Foundation Fieldbus



Fonte: Smar (2011)

4.9 INTERBUS-S

A empresa Phoenix Contact desenvolveu o protocolo Interbus durante a década de 1980 para ser utilizado no nível mais baixo da automação, conectando os sensores e atuadores. Os dispositivos não necessitam de endereçamento, a rede possui como característica a configuração automática. Protocolo do tipo mestre/escravo. Produto muito utilizado em máquinas de montagem de peças e manuseio de materiais. (SCHNEIDER, 2007).

O Interbus-s utiliza topologia em anel, suporta até 256 dispositivos conectados, a distância entre as estações pode ser de até 400 metros, sendo que o anel pode chegar a 13 quilômetros, sem a utilização de repetidores, com taxa de

transmissão de 500 Kbps utilizando par trançado e 2 Mbps com fibra óptica. Na camada de aplicação, o Interbus-s utiliza o PMS (Peripherals Message Services), que gerencia as conexões, faz a identificação e verificação se status, realiza o gerenciamento de objetos, permite acesso as variáveis de gerenciamento de programas. (STEMMER, 2010).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As redes industriais começaram a ser difundidas algum tempo depois das chamadas redes de escritório, foram uma necessidade específica para o ambiente mais agressivo do “chão de fábrica” que também quiz desfrutar das vantagens da tecnologia. Para atender as exigências pontuais da indústria como alta velocidade de transmissão de dados, maior segurança para as informações trocadas e também confiabilidade, o padrão OSI de sete camadas, no qual os protocolos são baseados, precisou ser modificado, desta maneira, grande parte das redes industriais utilizam em seus protocolos de comunicação apenas três camadas, com maior robustez para atender a todos os requisitos necessários, possibilitando atender principalmente a necessidade de velocidade na transmissão dos dados.

As características das redes industriais permitem que algumas definições sejam feitas, pois indicam seu alcance e limite. Existem redes do tipo *sensorbus*, *devicebus* e *fieldbus*, que determinam o modo como os dados são transmitidos, *bits*, *bytes* e pacote de dados respectivamente, que podem ser utilizados em um projeto pontual, com dispositivos simples ou projetos de plantas inteiras que envolvem requisitos complexos. Existem vários tipos de topologias, sendo que cada rede tem sua especificação que deve ser observada. Também existem os modelos de comunicação, que estão definidos para cada produto, podem ser do tipo mestre/escravo, produtor/consumidor, multi mestre e *token passing*, que são responsáveis por arbitrar o método como a comunicação ocorre no protocolo. Outra característica importante das redes industriais são os meios físicos que podem ser utilizados, que vão desde os antigos cabos coaxiais, cabo de par trançado, fibra óptica e radiofrequência, tendo em vista que algumas redes exigem meios físicos específicos, já outras permitem definir a melhor opção conforme tipo de instalação, distância e agressividade do projeto onde será aplicado.

As várias tecnologias de redes que utilizam protocolos de comunicação aberto existentes, proporcionam uma gama enorme de produtos para serem aplicados em ambientes industriais, desde aplicações básicas como interligação de sensores e atuadores até aplicações que fazem o controle total de um processo, levando as informações até o nível de gerência. Desta maneira é imprescindível para a definição da rede industrial e protocolo de comunicação aberto à ser utilizado à nível de

campo a existência de um profissional ou empresa capacitados para levantar todas as informações necessárias sobre o projeto que deseja-se implantar, para elencar quais as características serão mais relevantes, qual o custo desejado para o projeto, nível de segurança e velocidade necessários para atender a especificação. Depois de uma análise minuciosa, certamente a melhor escolha será feita, fazendo com que a escolha possa satisfazer as premissas do projeto com custo adequado.

Como sugestão pode ser citada a grande ascensão dos protocolos baseados em Ethernet, que são os mais novos produtos lançados no mercado, são eles Modbus TCP/IP, Ethernet/IP, EtherCAT e PROFINET. Esses protocolos trazem consigo vantagens como performance e maior simplicidade e estão sendo introduzidos no mercado de forma exponencial, principalmente em instalações novas, por isso merecem estudo e atenção, pois são a tendência do mercado de redes industriais.

REFERÊNCIAS

ANTONELLI, Pedro Luis. **Redes industriais:** características dos padrões mais utilizados. 2011. 48 p. Monografia de Especialização – Curso de Pós-Graduação Latu Sensu em Redes de Computadores, Escola superior Aberta do Brasil – ESAB, Vila Velha – ES, 2011. Disponível em: <http://pedraorc.com.br/producoes/Tcc_Redex_Industriais.pdf>. Acesso em: 26 set. 2017.

CASTELUCCI, Daniella. **Protocolos de comunicação em redes de computadores.** Disponível em: <<https://daniellacastelucci.wordpress.com/2011/04/08/protocolos-de-comunicacao-em-redes-de-computadores/>>. Acesso em: 26 de ago. 2017.

CRK. **Controlador lógico programável.** Disponível em: <<http://www.crkautomacao.com.br/pt-br/artigos/controlador-logico-programavel>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

DOMINIAK, Altivir Luiz. **Projeto de uma bancada didática para o estudo de redes industriais.** 2012. 76 p. Monografia de Especialização – Programa de Pós-Graduação em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba – PR, 2012. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1854/1/CT_CEAUT_III_2012_07.pdf>. Acesso em: 25 set. 2017.

CARVALHO, Elis. **Cabo par trançado.** Disponível em: <<https://liscarvalho.wordpress.com/2015/06/12/cabo-par-trancado/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

FRAIANELI, Daniel; ADNET, Thiago Alberto F. **Construção de uma grua para coleta de material ferroso controlada por clp.** Monografia de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Controle e Automação – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília – Brasília – DF, 2009. Disponível em: <<https://lara.unb.br/~gaborges/arquivos/pf.daniel.fraianeli.thiago.adnet.2009.2.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2017.

KALATEC. **Servo motor ASDA-A2-comunicação CANopen.** Disponível em: <<http://www.kalatec.com.br/servo-motor-asda-a2-comunicacao-canopen-2/>>. Acesso em 28 set. 2017.

LAGE, Felipe Stiegert. **Comunicação industrial.** 2009. 114p. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Controle e Automação – Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto – MG, 2009. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1854/1/CT_CEAUT_III_2012_07.pdf>. Acesso em: 25 set. 2017.

LASKOSKI, Jackson. **Redes de computadores:** conceitos. Disponível em: <<http://www.jack.eti.br/redes-de-computadores-conceitos/>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

LUGLI, Alexandre Baratella; SANTOS, Max Mauro Dias. **Redes industriais para automação industrial: as-i, profibus e profinet**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2010. 176 p.

INFO ESCOLA. **Topologias de redes**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/informatica/topologias-de-redes/>>. Acesso em: 24 de ago. de 2017.

OLIVEIRA, Felipe Soares de. **Conheça tudo sobre a história das redes de computadores**. Disponível em: <<http://blog.unipe.br/graduacao/conheca-tudo-sobre-a-historia-das-redes-de-computadores>>. Acesso em: 25 ago. De 2017.

SCHNEIDER. **Redes de comunicação industrial**: Documento técnico nº2. 2007. 44p. Disponível em: <https://www.schneider-electric.pt/documents/product-services/training/doctecnico_redes.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2017

OFICINA DA NET. **O que é o modelo osi?** Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/post/15976-o-que-e-o-modelo-osi>>. Acesso em: 25 ago. de 2017.

PROJETO DE REDES. **Fibras ópticas**. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_fibras_opticas.php>. Acesso em: 27 set. 2017.

PROSOFT. **Módulo de comunicação mestre/escravo modbus**. Disponível em: <prosoft-technology.com/Produtos/Rockwell-Automation/Platform/ControlLogix/Modulo-de-Comunicacao-Mestre-Escravo-Modbus>. Acesso em: 26 set. 2017.

SLIDESHARE. **Redes industriais aula-1**. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/vsvasconcelos/redes-industriais-aula1>>. Acesso em: 27 set. 2017.

SMAR. **Redes industriais**. 2011. Disponível em: <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index150.html>>. Acesso em: 26 set. 2017.

STEMMER, Marcelo Ricardo. **Redes locais industriais: a integração da produção através das redes de comunicação**. Florianópolis: UFSC, 2010. 272 p.

TRANSCORTEC. Cabeamentos & conexões. Disponível em: <<http://www.transcortec.com.br/cabeamentoconexoes.php>>. Acesso em: 24 set. 2017.

VEJA. **Primeiro computador macintosh, da apple, completa 30 anos**. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/tecnologia/primeiro-computador-macintosh-da-apple-completa-30-anos/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

VIVACE. **Hart 7 @: detalhando o protocolo**. Disponível em: <http://www.vivaceinstruments.com.br/en/article/hart-7-detalhando-o-protocolo>. Acesso em: 24 set. 2017.