



**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO, CONTROLE E ROBOTICA.**

EMANUEL REINER ROMÃO

**BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DA INTERFACE IO-LINK COM
BASE NA EVOLUÇÃO DOS MEIOS DE COMUNICAÇÃO
DE DISPOSITIVOS I/Os EM CHÃO DE FÁBRICA.**

Salvador
2015

EMANUEL REINER ROMÃO

**BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DA INTERFACE IO-LINK COM
BASE NA EVOLUÇÃO DOS MEIOS DE COMUNICAÇÃO
DE DISPOSITIVOS I/Os EM CHÃO DE FÁBRICA.**

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Automação, Controle e Robótica.

Professor Orientador: Oberdan Rocha Pinheiro, Professor Mestre do SENAI Cimatec.

Salvador
2015

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

R756b Romão, Emanuel Reiner

Benefícios da utilização da interface IO-Link com base na evolução dos meios de comunicação de dispositivos I/Os em chão de fábrica / Emanuel Reiner Romão. – Salvador, 2015.

58 f. : il. color.

Orientador: Prof. MSc. Oberdan Rocha Pinheiro.

Monografia (Especialização em Automação, Controle e Robótica) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2015.

Inclui referências.

1. IO-Link. 2. Benefícios de rede. 3. Parametrização de rede. 4. Redes industriais. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Pinheiro, Oberdan Rocha. III. Título.

CDD 629.895

*Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais e à minha esposa
que foram quem me deram fé, fundamentos, direcionamento
educação para conquistar tudo que eu tenho até hoje,
sejam bens materiais ou o carinho das pessoas,
mas o melhor de tudo, o meu caráter e dignidade.*

EMANUEL REINER ROMÃO

**BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DA INTERFACE IO-LINK COM BASE
NA EVOLUÇÃO DOS MEIOS DE COMUNICAÇÃO DE
DISPOSITIVOS I/Os EM CHÃO DE FÁBRICA.**

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia
SENAI CIMATEC como requisito parcial para a
Obtenção do Título de Especialista em
Automação Controle e Robótica.

Salvador, ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Oberdan Rocha Pinheiro
SENAI CIMATEC

Prof. Milton Bastos de Souza
SENAI CIMATEC

Salvador
2015

RESUMO

O crescimento de interfaces no cotidiano faz com que cada vez mais os usuários de equipamentos, sejam eles domésticos ou industriais, se sintam mais seguros e embasados para utilizá-los. Devido ao crescimento da população mundial, o aumento de produção industrial tem cada vez mais aumentado, e para isto é necessário cada vez mais que a indústria tenha possibilidade de absorver a demanda e se torne ágil para realizar. Para tanto, este trabalho apresenta uma evolução histórica dos meios de comunicação dentro das plantas industriais nas últimas décadas, destacando o avanço da indústria na agilidade e na distribuição de informações na malha de chão de fábrica na comunicação industrial, a fim de poder integrar setores e cada vez mais melhorar os processos e reduzir cada vez mais a perda de produção. Para isto, este trabalho apresenta, nesta atual conjuntura, sobre os benefícios da interface IO-Link, oferecendo aos usuários deste meio, cada vez mais base de parâmetros e diagnósticos para prestação de um bom serviço.

Palavras-chave: IO-Link, Benefícios, Parametrização, Redes, Indústria.

ABSTRACT

The growth of interfaces in everyday life makes more and more equipment users, be they domestic or industrial, feel safer and grounded to use them. Because of the growing world population, industrial production has increasingly risen, and this requires more and more that the industry has been able to absorb the demand and become responsive to accomplish. Therefore, this work presents a historical evolution of the media within the industrial plants in recent decades, highlighting the industry breakthrough in speed and distribution of information on mesh factory floor in industrial communication, in order to integrate sectors and increasingly improve processes and increasingly reduce production loss. Therefore, this work presents, at this juncture, the benefits of IO-Link interface, which offers a low cost of application, users of industrial environments the possibility to view and obtain parameters, with greater flexibility and applicability, leaving open the possibility of providing better maintenance diagnostics of field devices.

Keywords: IO-Link, Benefits, parameterization, Networks, Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fabrica da GM Automatizada na década de 70.....	10
Figura 2 – Painel de Relês.....	11
Figura 3 – PLC	12
Figura 4 – Controle Centralizado.....	13
Figura 5 – Caixa de Passagem com conexão de bornes.....	14
Figura 6 – Cabo de PUR e PVC.....	14
Figura 7 – Cabo com conexão M12 macho e fêmea.....	15
Figura 8 – Bloco Passivo I/O.....	16
Figura 9 – Centralização de sinais I/O.....	17
Figura 10 – Descentralização de sinais I/O.....	18
Figura 11 – Comunicação Bidirecional.....	19
Figura 12 – Redes no Mundo, década de 80.....	20
Figura 13 – CANBUS pela Bosch.....	21
Figura 14 – Exemplos de Redes.....	23
Figura 15 – Topologia em Estrela.....	24
Figura 16 – Topologia em Barramento.....	25
Figura 17 – Topologia em Árvore.....	25
Figura 18 - Benefícios.....	29
Figura 19 – Limitação de Comunicação.....	31
Figura 20 – Membros IO-Link.....	33
Figura 21 – Conector M12.....	35
Figura 22 – Comunicação através de 3 fios.....	36
Figura 23 – Exemplo de Mestre IO-Link.....	37
Figura 24: Entendendo as Ligações.....	40
Figura 25: Ligação do Sensor Analógico sem IO-Link.....	42
Figura 26: Ligação do Sensor Analógico com IO-Link.....	43
Figura 27: Parametrização de Sensor sem IO-Link.....	44
Figura 28: Parametrização de Sensor com IO-Link.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo das principais redes do mercado industrial.....	28
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 OBJETIVO.....	9
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	9
2. EVOLUÇÃO DOS MEIOS DE COMUNICAÇÃO DE DISPOSITIVOS I/Os.....	10
2.1 HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO.....	10
2.2 CONTROLES E CONECTIVIDADE.....	14
3. REDES FIELDBUS.....	17
3.1 INTRODUÇÃO HISTÓRICA.....	17
3.2 NASCIMENTO E DEFINIÇÃO DAS REDES FIELDBUS.....	19
3.3 PRINCIPAIS TOPOLOGIAS E CARACTERÍSTICAS DE REDES.....	23
3.4 COMPARATIVO DAS PRINCIPAIS REDES NO MERCADO ATUAL.....	26
3.4.1 PROFIBUS.....	26
3.4.2 INTERBUS.....	26
3.4.3 DEVICENET.....	26
3.4.4 CANOPEN.....	27
3.4.5 ETHERNET/IP.....	27
3.4.6 PROFINET.....	27
3.4.7 CC-LINK.....	27
3.5 BENEFÍCIOS DE UMA REDE DE CAMPO.....	28
3.6 LIMITAÇÕES DE UMA REDE DE CAMPO.....	30
4. INTERFACE IO-LINK.....	32
4.1 PERFIL HISTÓRICO.....	32
4.2 CARACTERÍSTICAS DO IO-LINK.....	33
4.3 MOTIVOS PARA SE UTILIZAR IO-LINK.....	34
4.4 COMO FUNCIONA O IO-LINK.....	36
4.5 BENEFÍCIOS DO IO-LINK.....	40
4.5.1 INSTALAÇÃO.....	41
4.5.2 PARAMETRIZAÇÃO.....	43

4.5.3 DIAGNÓSTICOS.....	45
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS.....	48
ANEXOS.....	55

1. INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVO

Tomando como base fundamentos teóricos históricos a respeito de tecnológicas nascidas e transcendentais a partir da década de 60 e 70, estas as quais vêm cada vez mais sendo atualizadas nos dias frequentes. Além disto, há a intenção de evidenciar o meu conhecimento de campo em demonstrar as funcionalidades e comparativos de meios de comunicação de dispositivos I/Os industriais com base na apresentação da tecnologia IO-Link.

Portanto, foco deste trabalho é poder apresentar a evolução dos meios de comunicação de dispositivos I/Os em meios industriais, afim de tomar como base os benefícios de manter-se atualizado com a tecnologia fabril e avançar com o incentivo do uso destas em ambientes industriais, como exemplo a tecnologia de interface IO-Link, apresentada neste trabalho como uma solução de melhoria, através da eficiência de comunicação, agilidade e flexibilidade, tendo como reflexo ganhos na produção e feedback de diagnóstico para a manutenção.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em três partes principais, os quais estão caracterizados da seguinte maneira: Evolução dos Meios de Comunicação de Dispositivos I/Os, Redes Fieldbus e Interface IO-Link.

2. EVOLUÇÃO DOS MEIOS DE COMUNICAÇÃO DE DISPOSITIVOS I/Os.

2.1 HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO

A comunicação de rede industrial como agora entendemos, começou na década de 1960 e 1970, quando fábricas de automóveis passaram a integrar vários processos de produção. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de processadores digitais provocou a utilização de computadores para monitorar e controlar sistemas de instrumentos a partir de um ponto central. Originalmente isso significava fiação até, literalmente, milhares de interruptores de relés individuais para criar sistemas automatizados.

No entanto, os engenheiros da GM vislumbraram um controlador para substituir painéis de relés e fornecer uma interface mais simples entre computadores e máquinas. Nasceram assim os controladores lógicos programáveis – PLC¹, tornando-se em pouco tempo o carro-chefe de automação e comunicação de rede de fábrica.

Figura 1 - Fabrica da GM Automatizada na década de 70.



Fonte: GM – Líder mundial²

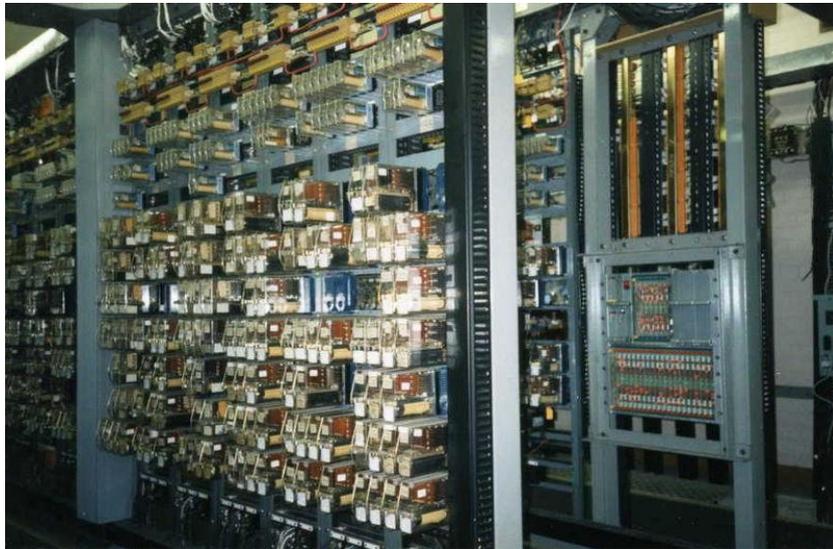
¹ PLC - Programmable Logic Controller. segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais. https://pt.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_program%C3%A1vel. Site acessado em junho de 2015.

² <http://www.noticiasautomotivas.com.br/general-motors-foi-lider-mundial-por-quase-80-anos/> - Acesso em julho de 2015.

Contudo, na automação industrial, células de produção, anteriormente operadas manualmente foram cada vez mais sendo substituídas por modernas linhas de produção automatizadas, baseadas em PLC e redes industriais.

Assim, células de produção geralmente consistidas de componentes mecânicos, sistemas de acionamento elétrico, pneumática, sensores distribuídos, atuadores, luzes indicadoras e de outros sistemas de controle de I/O, tiveram os seus sinais conduzidos a quadros de controle, estes contendo fontes de alimentação do sistema, bem como painéis de controle com fio, controles de processo à base de relé e multiprocessadores PLC, equipamentos de controle baseados em processo industrial.

Figura 2 – Painel de Relês



Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/Relay>

Com a chegada do PLC, iniciou-se a utilização dos protocolos de redes industriais Fieldbus como interfaces de comunicação com os dispositivos, foi possível vincular células de processamento adicionais e automação com equipamentos de manuseio apropriados, tornando as linhas totalmente automatizadas. Passou-se então a ter o processo e gerenciamento de dados monitorados e visualizados por meio de sistemas de computador e interface homem-máquina - IHM³.

³ IHM – Interface homem máquina. Equipamento capaz de fazer o operador interagir com máquinas industriais. <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1501-interface-homem-mquina-ihm>. Acessado em julho de 2015.

Figura 3 – PLC

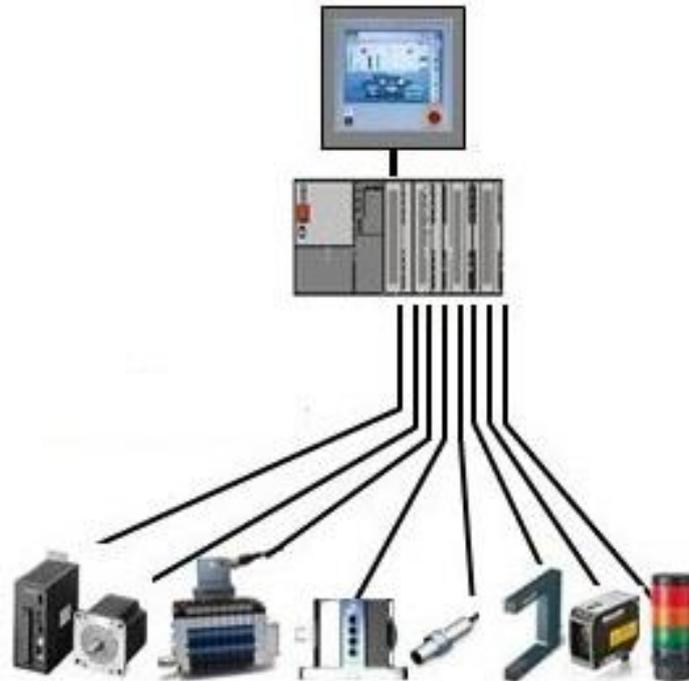
Fonte: <http://www.embarcados.com.br/clp-parte/>

Mesmo com este avanço, no entanto, automação ainda requereu muita fiação, e, portanto, tornou-se um problema de se possuir. Tipos de fiação completamente inflexível com relação a quaisquer modificações, se torna caro para instalar e para se manter, além de requerer muito espaço. Podemos constatar esta afirmação a um simples exemplo, o qual, quando têm-se que se expandir uma rede, necessita-se investir em cabos de rede e alimentação, onde estes têm alto valor agregado no mercado.

Portanto, como são estes dispositivos I/O de ligação de campo e em contrapartida a ligação no lado do controle?

No início, os controles eram a peça central do projeto de controle de automação, onde todos os dispositivos I/O de campo tinham a ligação através de cabos rígidos, em contrapartida no lado do controle usava-se fiação direta, dependendo assim do dispositivo I/O na área, podendo ter sinais analógicos ou digitais.

Onde eram destacados requisitos frequentes de análise, como por exemplo, condutores especiais, sendo necessários para a transmissão de valores analógicos em ambiente com cabos de força. Fatores como este, faziam e ainda fazem com que a especificação de fiação seja bastante complicada, demorada e sujeita a erros, tornando às vezes problemas e/ou componentes simples, difíceis de serem resolvidos e/ou substituídos.

Figura 4 – Controle Centralizado

Fonte: Elaborado pelo autor

Fato, quanto maior o grau de automatização é num sistema ou numa máquina, maior é a quantidade de cabeamento requerido para ligação paralela, devido ao número de pontos I/O. Isso significa custos consideráveis para o planejamento de projeto, instalação, comissionamento e manutenção, tornando a fiação de campo paralelo um sério fator de tempo e custo.

No entanto, um avanço que trouxe algum alívio em design de cabeamento foi o uso de dois níveis de conexão, entre os dispositivos I/O de campo e controlador de fiação mais conveniente ou próxima, através do uso de caixas de junção, ou também conhecida como caixas de passagem, no entanto, para toda melhoria existe despesa, para esta houve aumento com despesas de hardware, ou seja, caixas de junção, bornes e custo com serviços, apesar do ganho na fácil substituição de cabos de dispositivos de campo e ganhos de produção.

Figura 5 – Caixa de Passagem com conexão de bornes



Fonte: <http://www.boatersland.com/newpx3.html>

2.2 CONTROLES E CONECTIVIDADE

Com a evolução da fiação de campo, foi iniciada a utilização de cabeamentos especiais, já revestidos em cobertura a exemplo de Poliuretano (PUR) ou Policloreto de Vinila (PVC), os dois principais cabos para alimentação e sinais de dispositivos de campo mais utilizados até os dias atuais na indústria para ligação de dispositivos como sensores de campo, como podemos encontrar nos principais fabricantes de tecnologia atuais. podendo se constatar que há uma evolução quanto a soluções utilizadas nos projetos para dispositivos I/O.

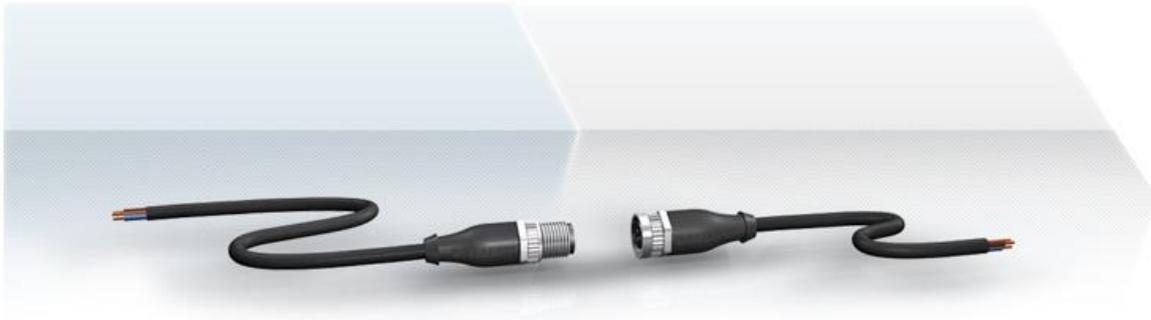
Figura 6 – Cabo de PUR e PVC, respectivamente.



Fonte: Elaborado pelo autor

No entanto, a instalação inicial é ainda demorada, mas componentes defeituosos pode ser substituído com mais facilidade, por existir nestes cabos os conectores Plug&Play, geralmente de conexão M12 na maior parte de sensores, principalmente na indústria de fabricantes de autopeças.

Figura 7 – Cabo com conexão M12 macho e fêmea



Fonte: Conectores e cabos de conexão⁴

O avanço e crescimento da industrial fizeram com que as caixas de passagem, conforme a figura 5 fossem cada vez mais deixadas para trás, a evolução dos meios de comunicação fez com que houvesse uma maior utilização de conectores, facilitando a conexão e agilizando a manutenção, apenas exigindo dos usuários competências técnicas mínimas para desempenhar as atividades de preventivas e corretivas na manutenção, visto que conectores são fáceis manusear. Todavia, os custos de hardware na utilização de dispositivos conectavam se tornam ligeiramente mais elevados do que as soluções de fiação direta, como eram utilizadas com caixas de passagem. Eventualmente, dispositivos I/O tornaram-se mais e mais comuns em máquinas e controles de processos. Isto conduz a soluções para a conexão de sensores e atuadores com o controlador através de interface de blocos I/Os passivas.

O uso de módulos passivos I/Os reduz tanto o comprimento quanto o numero de cabos necessários, por conseguinte, durante o comissionamento, os tempos de instalação são reduzidos em comparação com a fiação convencional, uma vez passa-se a ligar dispositivos em conectores Plug&Play, tornando obsoleto as conexões de borne em caixas de passagem. Portanto, conectores, sensores e outros atuadores se tornam mais fáceis de substituir, implicando em reduções de tempos significativos de paradas para manutenções.

⁴ <http://www.balluff.com/balluff/MBR/pt/products/overview-cables-and-connectors.jsp> - Acessado em Julho de 2015

Módulos passivos I/O muitas vezes vêm com LEDs que indicam o status da unidade, no entanto, passivas de bloco I/O oferecem suporte adicional enquanto solução de problemas? Sim, pois cada vez menos funcionários qualificados são obrigados a manter a instalação, uma vez que apenas a indicação de LED mostra a atuação de componentes de campo.

Figura 8 – Bloco Passivo I/O



Fonte: http://www.balluff.com/balluff/MBR/pt/products/product_detail.jsp#/214522

Na soma dos fatos, a evolução da comunicação tem chegado muito longe até este momento. Passivas de blocos I/Os trouxeram alívio significativamente em relação ao esforço de fiação em automação industrial. Ao mesmo tempo, IO-dispositivos tornaram-se mais inteligente e mais sofisticada. Era hora para o próximo passo evolutivo, neste caso, a introdução de redes serializadas de componentes, utilizando os chamados sistemas FieldBus.

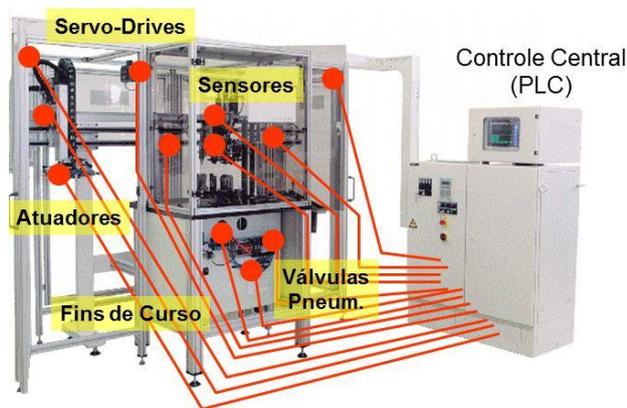
3. REDES FIELDBUS

3.1 INTRODUÇÃO HISTÓRICA

A partir da década de 1980, os engenheiros começaram a desenvolver sensores inteligentes e implementá-los em um ambiente de controle digital microprocessado. Este foi o caminho para a tecnologia Fieldbus, a qual avançou quando os processos automatizados tornaram-se descentralizados.

Com a introdução de sistemas digitais de controle distribuído - SDCD⁵, funcionalidades de controle foram distribuídas para todos os níveis de campo e em todas as instalações de processo. Isto levou à necessidade de integrar os vários tipos de instrumentação digital em redes de campo para aperfeiçoar o desempenho do sistema. A década de 80 marca a época em que a maioria das normas de FieldBus foram desenvolvidas. Os controles são geralmente a peça central do sistema de automação. O sistema é geralmente composto por uma variedade de dispositivos de entrada e de saída, tais como sensores, atuadores, limitadores de curso, unidades de servo-acionamento e válvulas pneumáticas. No passado cada dispositivo I/O no campo são geralmente conectados ao dispositivo de controle central, tal como um PLC.

Figura 9 – Centralização de sinais I/O



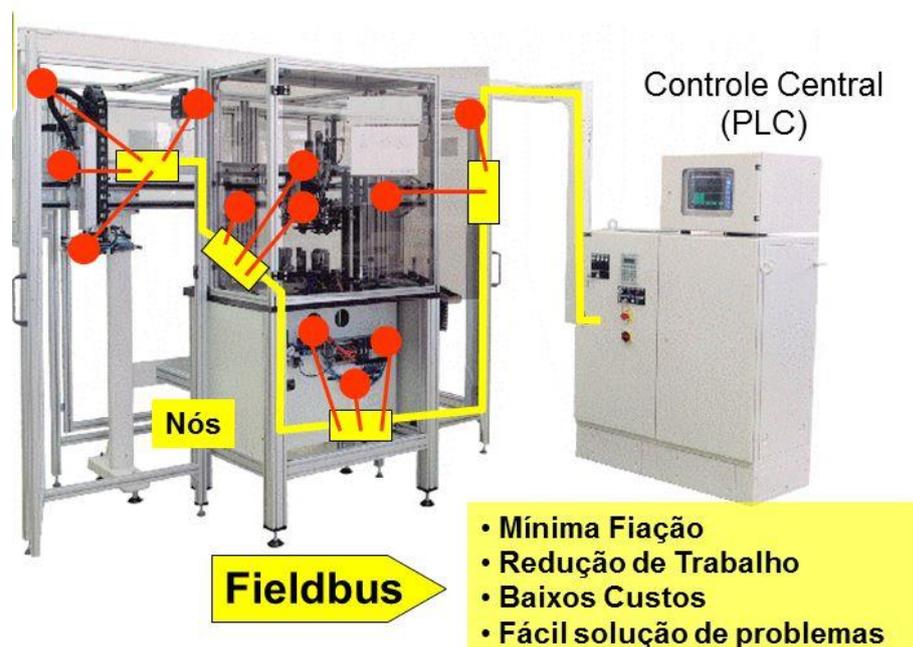
Fonte: Elaborado pelo autor

⁵ SDCD – Sistema Digital de Controle Distribuído. Segundo o é um equipamento da área de automação industrial que tem como função primordial o controle de processos de forma a permitir uma otimização da produtividade industrial. https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_digital_de_controle_distribu%C3%ADdo - Site acessado em agosto de 2015

Esta grande quantidade de dispositivos de campo corresponde a um grande conjunto de fios correndo ao longo da máquina, resultando numa manutenção difícil e complicada quando a estrutura é centralizada. E dependendo dos dispositivos I/O na área que se podem ter, a exemplo daqueles com sinais analógicos, fazendo com que, frequentemente, os requisitos para os cabos destes sejam muito elevados, aumentando o custo com manutenções e melhorias que possam ocorrer.

Os meios de comunicação Fieldbus são redes de comunicação digital, as quais têm como intuito a substituição de fiação em paralelo, utilizando de um único cabo que corre ao longo da máquina, ligando os dispositivos I/Os aos chamados "nós".

Figura 10 – Descentralização de sinais I/O



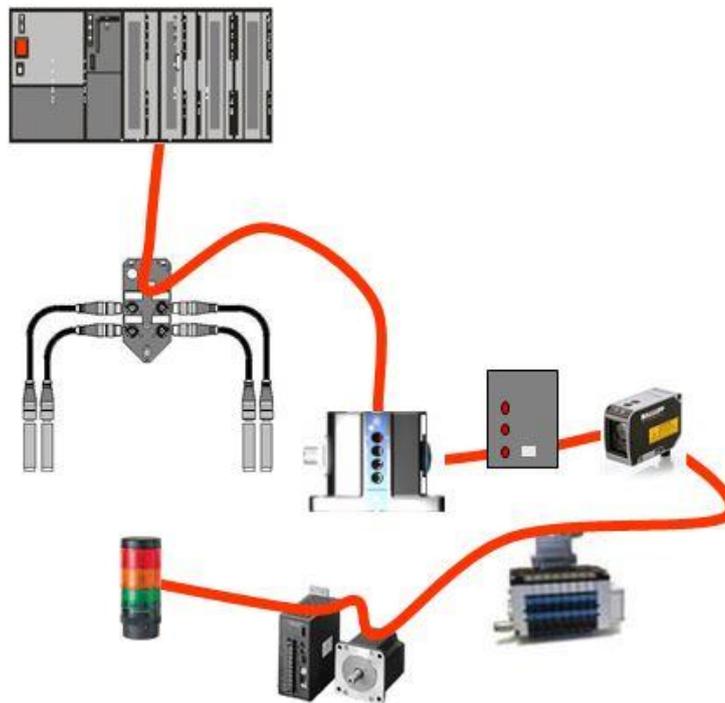
Fonte: Elaborado pelo autor

Os nós reúnem os sinais dos dispositivos e os comunicam através de um cabo de rede Fieldbus e comunicam ao controlador central, economizando assim material e tempo de trabalho, reduzindo significativamente os custos globais da instalação, pois a estrutura irá apresentar menos fiação, tornando a instalação mais fácil de manter, além de reduzir o esforço quando solução de problemas for necessária.

3.2 NASCIMENTO E DEFINIÇÃO DAS REDES FIELDBUS

Redes Fieldbus é todo e qualquer tipo de rede de comunicações digital utilizadas na indústria. São redes que se diferenciam da comunicação centralizada devido à sua comunicação bidirecional de multipontos digitais, o qual é um meio de comunicação utilizado para conversar com dispositivos de campo isolados, tais como controladores, transdutores, sensores e atuadores. Fazendo com que cada dispositivo seja capaz de executar funções simples, por si só, como por exemplo, diagnósticos de atuação, controles e funções de manutenção, bem como fornecendo capacidades de comunicação multidirecional, sendo capazes de se comunicarem com outros dispositivos de campo.

Figura 11 – Comunicação Bidirecional



Fonte: Elaborado pelo autor

Na década de 80 surgiram ao redor do mundo, através de diversos engenheiros, diversas redes com protocolos diferentes de comunicação, porém, dentre as que mais se popularizaram foram a Profibus de origem europeia, a Devicenet de origem americana e a CC-Link de origem asiática, portanto, qual a rede mais popular do mundo?

Figura 12 – Redes no Mundo, década de 80



Fonte: Elaborado pelo autor

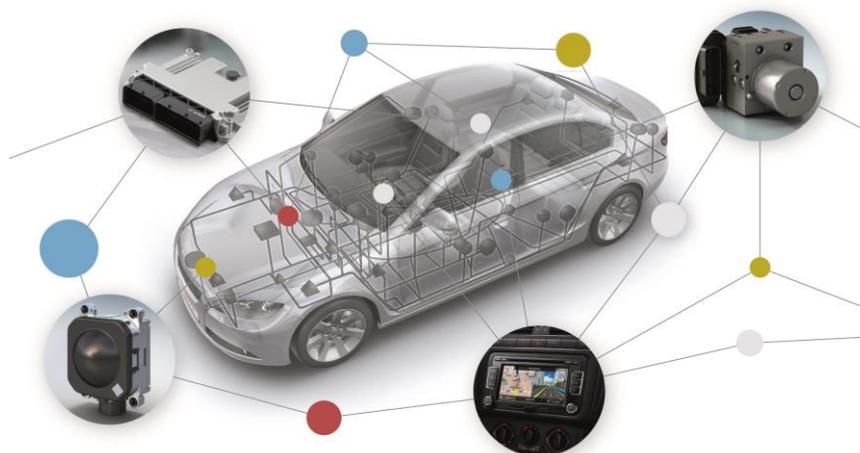
A resposta a esta pergunta pode ser encontrada na indústria de fabricação de automóveis. Novamente, o incentivo e avanço para tecnologia fabril sempre parte do que movimenta o planeta... Automóveis.

No ano de 1982 os engenheiros da General Motors pressionados por desenvolver um novo conceito de comunicação com dispositivos de campo em suas linhas de montagem, perceberam que já existiam no mundo muitos sinais e telecomunicação transmitindo através de um único fio para uma estação de receptor surgiu a ideia de desenvolver um sistema semelhante para dispositivos de campo numa rede de automação.

O que resultou no ano de 1982 foi o Manufacturing Automation Protocol - MAP, onde segundo Willian Bolton (2008), ele destaca que MAP é um protocolo de comunicação padrão para aplicações de automação de fábrica. O primeiro protótipo de protocolo industrial de rede Fieldbus, ao mesmo tempo, as companhias de automóveis trabalhavam simultaneamente em conceitos semelhantes para um uso diferente. Em paralelo outras empresas automobilísticas estavam encaixando muito equipamentos elétricos em seus carros, fazendo com que a fiação crescesse a

proporções escandalosas, estava prestes a ser desenvolvida uma solução de endereçamento.

Figura 13 – CANBUS pela Bosch



Fonte: <http://www.bosch.co.jp/en/press/group-1306-06.asp>

Enxergando este nicho, a BOSCH desenvolveu o Controller Area Network – CAN, onde Segundo Bernhard Bihl, Engenheiro presidente da companhia afirmou que CAN se trata de um sistema de comunicação automotiva, a qual entrou em produção em carros no ano de 1991. Originado voltado a solucionar os problemas de comunicação de controles de dispositivos em automóveis, logo este migrou para outro importante padrão de automação de fábrica, fazendo com que provocasse o Controller Area Network - CAN e Manufacturing Automation Protocol - MAP a iniciar um desenvolvimento mundial de comunicações de conceitos industriais na década de 1980.

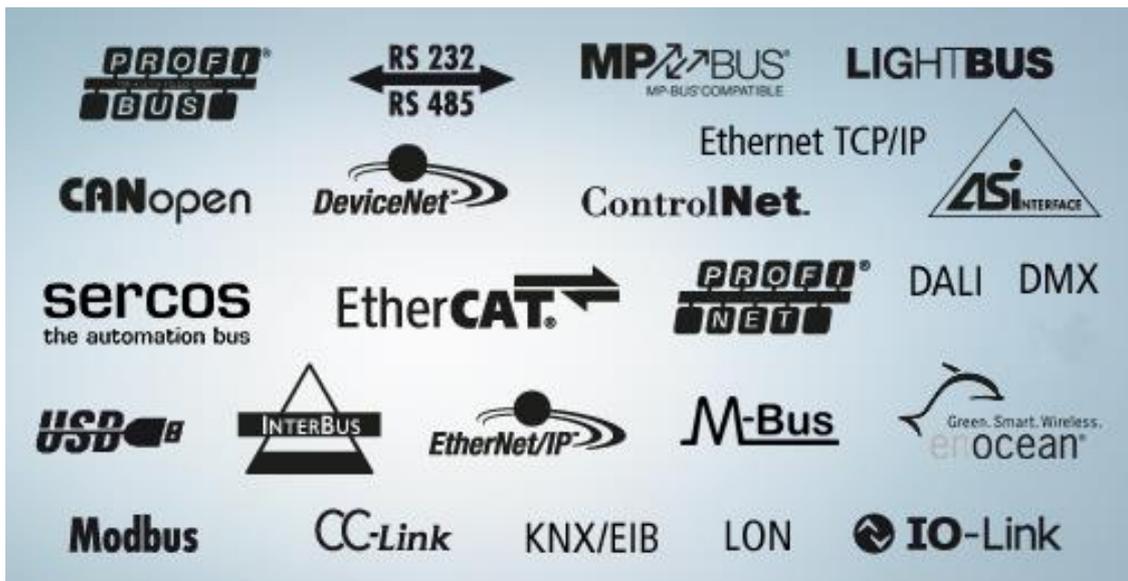
Era inevitável que várias equipes começassem projetos para desenvolver os conceitos de rede de campo quase que simultaneamente, no entanto, infelizmente o desenvolvimento de rede de campo transcorreu em diferentes direções em quase todos os continentes, conforme visto na figura 12.

Cada equipe de desenvolvimento ao redor do mundo, tiveram seus próprios objetivos, assim cada uma saiu ligeiramente em diferentes direções de desenvolvimento, alguns estavam focando em aperfeiçoar fieldbus para um determinado setor, enquanto outros queriam adaptar conceitos disponíveis com determinadas outras tecnologias. Alguns estavam mantendo conceitos mais gerais, outros estavam especializando-se em campos definidos. Como resultado, surgiu o desenvolvido de uma variedade de diferentes redes de comunicação proprietárias.

Esses múltiplos esforços resultaram em uma quantidade de protocolos concorrentes ao redor do mundo, nenhuma das quais poderiam trabalhar juntos. Por exemplo, conforme a figura 12, podemos verificar que nos EUA, a Allen Bradley desenvolveu o padrão DeviceNet, que está em camadas em cima da tecnologia Controller Area Network - CAN, na Europa, a Siemens e outros fabricantes desenvolveu o padrão PROFIBUS, e na década de 1990 no Japão Mitsubishi Electric desenvolveu o padrão CC-Link.

Apesar de cada tecnologia compartilharem genericamente o nome da tecnologia Fieldbus, os vários padrões de redes de campo não eram facilmente intercambiáveis. Como resultado, a interoperabilidade era difícil, equipamentos eram caros e melhorias foram postergadas. Assim, devido ao avanço da tecnologia, cada padrão se tornou forte nas áreas que foram criadas como funcionalidade, sendo eles processos automotivos, químicos, alimentício, siderurgico, entre outros segmentos.

Figura 14 – Exemplos de Redes.



Fonte: Overview fieldbus systems⁶

3.3 PRINCIPAIS TOPOLOGIAS E CARACTERÍSTICAS DE REDES

Dentre os protocolos de redes, muitos deles têm características comuns entre si, mas entre eles existem diferenças significativas no que diz respeito ao meio físico utilizado, a topologia da rede e as taxas de transmissão de dados na qual os dados são transferidos, são os principais exemplos que os diferenciam. A topologia descreve como os dispositivos estão fisicamente ligados entre si, neste caso, existem várias estratégias e designs de ligação de fiação para a instalação de meios de comunicação para uma rede industrial de automação.

Conforme dito acima, existem diversas estratégias de ligação de cabeamento de comunicação para uma rede de automação industrial, dentre as várias maneiras, seguem as mais conhecidas topologias de rede, as quais incluem:

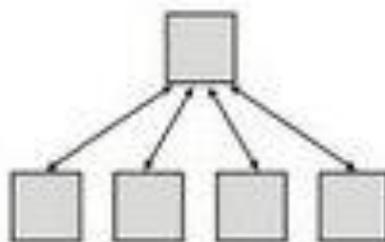
- Topologia em estrela;
- Topologia em barramento, conhecida como queda ou linha;
- Topologia em anel também, conhecida como cadeia, ou árvore.

⁶ https://www.beckhoff.com/english.asp?fieldbus_components/system_overview.htm - Acessado em agosto de 2015.

Os melhores sistemas de rede de campo são aqueles que aproveitam melhor as topologias Estrela, Barramento e Anel sem reduzir a capacidade do sistema, pois são mais populares entre as plantas, sendo estas também as melhores estruturas lógicas.

Em uma rede de topologia em estrela todas as mensagens são enviadas através de um nó central comum (hub, switch) que por sua vez encaminha as mensagens para os dispositivos conectados. Nesta topologia, cada dispositivo recebe a mensagem, porém se a mensagem não corresponde àquele dispositivo de destino, ele a descarta. As vantagens incluem a capacidade de extensão do sistema e, no que diz respeito aos segmentos, a estabilidade na referida rede um único dispositivo defeituoso, tais como uma válvula ou sensor, a qual não afeta o restante da rede. No entanto, uma única falha no nó central da rede pode derrubá-la.

Figura 15 – Topologia em Estrela



Fonte: http://asset.balluff.com/blaetterkataloge/869880_E15_EN/blaetterkatalog/index.de.php

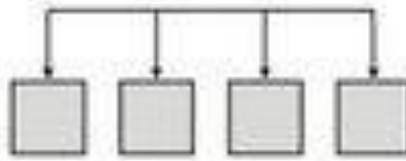
A topologia de barramento é uma das topologias mais adotadas em redes tradicionais de automação industrial, a qual um cabo de tronco único conecta todos os dispositivos na rede geralmente via conectores passivos ou ativos em T.

Os dispositivos geralmente podem ser instalados em qualquer lugar ao longo da rede, reduzindo os custos de cabeamento e oferecendo flexibilidade para que a rede possa ser facilmente modificada se os aplicativos mudarem. Uma das desvantagens de tal configuração da rede é que se ocorrer qualquer dano ao cabo tronco, trás toda a rede para baixo. A topologia em anel é entendida no sentido de um anel lógico, onde cada nó da rede tem um predecessor e um sucessor. As mensagens são retransmitidas para o dispositivo próximo, onde os dados viajam em

uma direção usando um sinal de controle chamado de "Token". Uma vantagem da topologia em anel é que ela é relativamente barata de instalar e expandir.

Porém se algum nó falhar, o sinal pode não ser passado em torno do anel e toda a rede falha.

Figura 16 – Topologia em Barramento

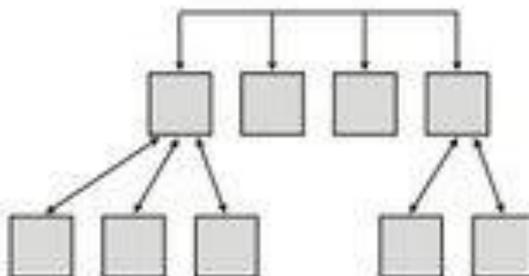


Fonte: http://asset.balluff.com/blaetterkataloge/869880_E15_EN/blaetterkatalog/index.de.php

Já a topologia em árvore, bastante popular, na verdade, corresponde à topologia em estrela, onde obtém as mesmas características, porém com apenas uma diferença, abaixo dos switches ou hubs existem diversas ramificações. Podemos enxergar esta diferença na figura 17.

Uma topologia em árvore conecta várias redes em estrela para outras redes estrela, criando grupos lógicos resultados na solução de problemas relativamente simples. Este tipo de rede oferece uma ótima relação custo/benefício, por outro lado, o desacoplamento de determinados dispositivos faz cair a rede.

Figura 17 – Topologia em Árvore



Fonte: http://asset.balluff.com/blaetterkataloge/869880_E15_EN/blaetterkatalog/index.de.php

3.4 COMPARATIVO DAS PRINCIPAIS REDES NO MERCADO ATUAL

Se tratando dos principais protocolos de rede do mercado industrial, podemos realizar um comparativo em vários aspectos, dentre eles distâncias e taxa de velocidade de transferência de informações. Dentre estes, destacam-se os protocolos abaixo:

3.4.1 PROFIBUS

É um sistema de rede de campo avançada de mestres e escravos para ambiente de fábrica e automação de processos. Ela pode expandir até 126 estações, ou conhecido como “nós” por rede. O comprimento máximo pode chegar a entre 100 e 1200 metros.

3.4.2 INTERBUS

Podemos afirmar que é um protocolo de comunicação mestre/escravo rápido e eficiente, otimizado para transferência de dados I/O. Sua topologia é um anel ativo com ramos, e o comprimento máximo do cabo entre dois dispositivos pode ser de até 400m, podendo chegar até 13 km no total, utilizando repetidores, comunicando através de um mestre e até 511 escravos.

3.4.3 DEVICENET

É uma rede de nível de campo baseada em CAN fornecendo recursos avançados de comunicações para dispositivos de campo. Ele pode lidar com até 64 estações por rede, suportando topologias de barramento e estrela. A rede Profibus utiliza um cabo blindado com 2 pares de 2 fios, um par para rede e outro para alimentação 24V dos dispositivos em campo. O comprimento do segmento varia entre 100 e 500 metros e dependendo da taxa de transmissão e cabo.

3.4.4 CANOPEN

Trata-se de um sistema de comunicação rápido e eficiente permitindo comunicação diversa de mestre/escravo. A Canopen pode suportar apenas a topologia de barramento utilizando 2 fios num cabo blindado de par trançado. Suporta o máximo de 127 estações ou nós, tendo o comprimento máximo de 25 a 500m dependendo da velocidade de transmissão de dados.

3.4.5 ETHERNET/IP

Em grande expansão, a rede Ethernet/IP é uma rede avançada nível de controle baseada em Ethernet, utilizando protocolos Ethernet TCP/IP padrão. É uma rede muito flexível e suporta topologia de barramento, estrela, e árvore, tendo o número máximo de nós quase ilimitados. O protocolo de rede utiliza como padrão cabos e conectores de prateleira, mas também utiliza cabos blindados e fibra óticas que podem chegar a velocidades de 100Mbit. O comprimento máximo de rede de até 100m.

3.4.6 PROFINET

É um protocolo de nível de campo com bom desempenho em tempo real e configuração avançada, diagnóstico e tratamento de alarmes. É muito flexível com topologia do tipo barramento, estrela e árvore, esta rede também utiliza transmissão Ethernet comutada com cabos par trançado blindado e conectores padrões de mercado. O número máximo de nós na rede é quase ilimitado.

3.4.7 CC-LINK

É um sistema de comunicação rápida e confiável de mestre/escravo, sendo muito flexível, suportando topologia de barramento, estrela, árvore e anel. O número máximo de estações/nós pode chegar até 64 pontos, e sua distância total percorrida

pode chegar a uma faixa de 100 a 1200m dependendo da taxa de transmissão de dados.

Tabela 1 – Comparativo entre as principais redes do mercado industrial

Rede	Qtd. De Nós	Ligação	Topologia	Máx. Distância	Velocidade
Profibus	126	2 fios	Barramento, Estrela, Árvore, Anel	100m -1200m	9.6KB/s - 12MB/s
Interbus	256	5 fios	Anel	400m - 2,5Km	500 KB/s
Devicenet	64	5 fios	Barramento, Estrela, Anel	100-500 m	125-500 KB/s
CANopen	64	4 fios	Barramento	25-500 m	10KB/s - 1MB/s
Ethernet/IP	Inlimitada	4 fios	Barramento, Estrela, Árvore.	100m	10 - 1000 MB/s
Profinet	Inlimitada	4 fios	Barramento, Estrela, Árvore, Anel.	100-500m	10 - 1000 MB/s
CC-Link	64	4 fios	Barramento, Estrela, Árvore, Anel.	100-1200m	156 KB/s- 2500 MB/s
ControlNet	99	Coaxial	Barramento, Estrela, Árvore.	1000m	5000 KB/s

Fonte: http://www.automation.com/pdf_articles/BR_Industrial_Fieldbus_Technologies.pdf

3.5 BENEFÍCIOS DE UMA REDE DE CAMPO

Uma rede de campo tem uma infinidade de benefícios quando implantada numa fábrica a qual disponibilizava de um sistema antigo e centralizado de comunicação. O principal benefício dentre outros, seria a redução em custos de capital. As economias deste capital são atingidas pelo usuário final em 03 grandes áreas, redução de custos iniciais, economia na manutenção e economia devido ao melhor desempenho do sistema, acarretando em menor perda em produção e processo.

Figura 18 - Benefícios



Fonte: Elaborado pelo autor

A vantagem mais óbvia de um sistema de rede de campo é a redução de cabeamento, onde visivelmente substitui-se um tronco de cabos paralelos por um cabo barramento único de rede. Diretamente, isso significa uma economia de custo, além de um sistema mais arrumado sem a confusão que um sistema multi cabos geralmente provoca. Também existem outras grandes vantagens quando se utiliza uma rede de campo, segue abaixo:

- O sistema de rede de campo requer menos trabalho de instalação do que a fiação convencional, e a concepção mais simples implica que menos desenhos do sistema sejam necessários.
- Menos componentes e menos cabos significa um sistema que pode ser mantido e configurado mais facilmente.
- Sistemas Fieldbus oferecem ferramentas de diagnóstico online para que os operadores possam ver todos os dispositivos incluídos no sistema e facilmente interpretar a interação, assim como diagnóstico pelo sistema com

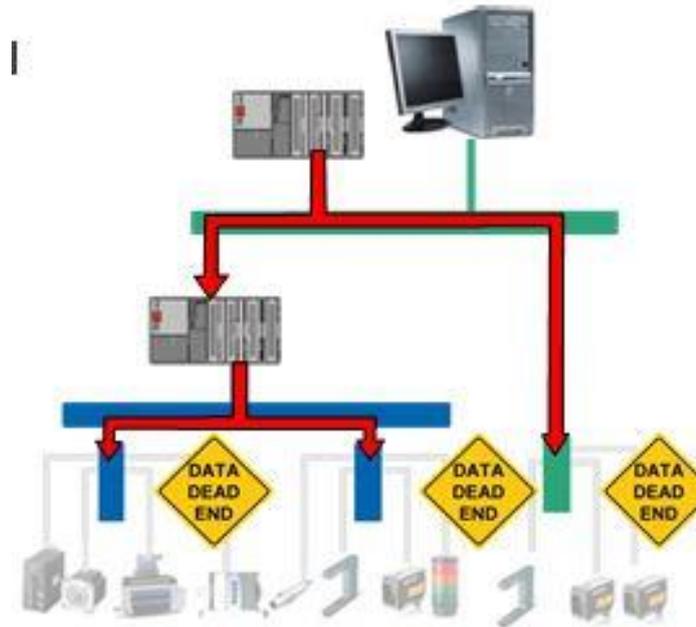
mensagens de texto simples ajudam a reduzir o tempo de inatividade e manutenção.

- A comunicação bidirecional entre dispositivos de campo e o sistema de controle é possível. Portanto comunicação pode ocorrer diretamente entre dois dispositivos de campo, em vez de através do sistema de controle.
- Um benefício adicional da tecnologia Fieldbus é, o usuário torna-se independente do nível de fabricantes individuais.
- Assegurando a interoperabilidade, e um instrumento de campo pode ser facilmente alterado com outro durante o tempo de execução, o que significa intercâmbio-capacidade.
- . Os controles podem ser distribuídos em qualquer parte do campo de reduzir o tamanho global do sistema de controle principal.
- Futuras extensões e modificações são fáceis de transportar para fora, garantindo alta flexibilidade e, em contrapartida um investimento seguro no futuro.

3.6 LIMITAÇÕES DE UMA REDE DE CAMPO

A tecnologia de rede de campo é um grande passo em frente em automação de processo, porém todas elas têm uma coisa em comum. Embora este tipo de comunicação tenha uma integração vertical até o controle total da planta, indo até o nível de campo, infelizmente, não inclui o link para o nível mais baixo, o nível dos sensores e atuadores.

Figura 19 – Limitação de Comunicação



Fonte: Elaborado pelo autor

Sensores e atuadores modernos equipados com múltiplas funções e inteligência normalmente requerem configuração, além de poder fornecer o controle de dados de processo, a exemplo de sensores analógicos de distância e/ou sensores ultrassônicos para leitura de níveis de tanques, estes em seu funcionamento informam os valores medidos em sinais digitais ou analógicos.

Como a comunicação de rede de campo não inclui sensores e atuadores, a integração de sensores e atuadores inteligentes geralmente requer cabos adicionais e soluções de interface proprietárias, tornando integração de dispositivos de campo cada vez mais caros.

Em resposta às dificuldades descritas, os principais fabricantes da área de automação se uniram para criar uma solução simples e única que permitesse a comunicação consistente de todo o caminho até baixo nível onde se encontrava os sensores e atuadores. Sua solução engenhosa trouxe um avanço na comunicação e eliminou o gargalo entre o nível de campo e o nível de atuadores e sensores em sistemas de automação, foi desta maneira que foi criada a interface IO-Link.

4. INTERFACE IO-LINK

IO-Link, interface de comunicação independente, nasceu para suprir o elo perdido entre a comunicação de automação de fábrica e os sensores e atuadores de campo. Sendo a primeira interface universalmente padronizada em tecnologia de controle, IO-Link transmite todos os sinais de sensores e atuadores para o controlador. Da mesma forma, a interface IO-Link passa dados de controle para os níveis mais baixos, onde estão os sensores. Tudo isso torna a automação ainda mais poderosa do que nunca, através de uma atuação bem simples, sendo necessária uma conexão de apenas 3 fios.

4.1 PERFIL HISTÓRICO

Para atender às demandas de desempenho de máquinas modernas, um consórcio aberto de 14 grandes fabricantes de sensores, redes e hardware industrial se uniram em 2006 e fundaram IO-Link. O amplo apoio a esses fabricantes líderes foi um passo importante para a criação de um padrão das novas comunicações.

O objetivo é desenvolver e comercializar a interface IO-Link como um padrão independente de tecnologia de sistemas Fieldbus, permitindo e apoiando a comunicação em todas as áreas de sensores, atuadores e tecnologia de controle. A lista de empresas que apoiam ativamente a expansão do IO-Link está em constante crescimento, atualmente ultrapassa cerca de 80 empresas, as quais constantemente estão lançando novos produtos com IO-Link e ganhando terreno na América do Norte, bem como na Europa.

Figura 20 – Membros IO-Link



Fonte: <http://www.io-link.com/en/WirUeberUns/Manufacturer.php?thisID=44>

4.2 CARACTERÍSTICAS DO IO-LINK

- É uma interface simples de comunicação independente e aberta que integra tipos de ligações binários convencionais e inteligentes, analógicos ou sensores digitais e atuadores para sistemas de automação sem esforço ou despesa adicional.

- IO-Link não é um novo sistema de rede, é uma interface de conexão serial bidirecional ponto-a-ponto entre dispositivos IO-Link e o dispositivo mestre.
- A tecnologia transfere o conhecido sinal binário, assim como um “add-on” pode transferir um conjunto de dados de I / O via protocolo serial. Ele elimina o gargalo entre o nível do sensor e a rede de campo, fazendo interface com sensores padrão binários atuais, fazendo-os se comunicar.
- A interface usa sistemas existentes de comunicações (barramentos de campo ou sistemas baseados em Ethernet) todo o caminho para os atuadores e sensores. E, portanto, IO-Link é 100% compatível com a tecnologia existente em termos de cabeamento e utiliza plataforma de comunicações de rede campo já existente, como Profinet, Profibus, Devicenet, e outras.
- IO-Link encontra a compatibilidade com sensores e atuadores padrão. Assim sensores e atuadores IO-Link sempre pode ser conectados a módulos I/O existentes. Da mesma forma que um sensor que não tem as capacidades de comunicação inteligente pode ser ligado a um módulo com tecnologia IO-Link.
- Baixo custo, o uso de 3 (três) fios sem blindagem industrial padrão para todas as conexões entre a interface IO-Link, sensores e atuadores, independentemente da sua complexidade. IO-Link envia o sinal de comunicação através do mesmo cabo de três fios utilizados para fornecer a energia 24V ao sensor. E desta forma IO-Link agrega inteligência e flexibilidade em um cabo comercial padrão.

4.3 MOTIVOS PARA SE UTILIZAR IO-LINK

Antes da introdução do IO-Link, a comunicação de informações em um processo automatizado geralmente terminava no nível de campo. A interface de conexão dos sensores e atuadores para sistemas de automação eram puramente binária, portanto soluções proprietárias tinham que ser criadas a fim de tornar o sensor e o atuador inteligente disponível para fins de comunicação.

Com a introdução do IO-Link, todo o caminho individual até o sensor e atuador foi viabilizado, tornando a inteligência destes dispositivos disponíveis para o nível superior de automação. Sensores e atuadores modernos são "inteligentes", que significa que eles possuem microprocessadores para parametrização e processamento de dados internos, armazenando internamente a sua configuração e comunicando via IO-Link para o dispositivo acima dele. Isso fornece recursos de administração de dados de upload, de dados de parâmetro e download. Além de acesso on-line para informação de diagnósticos individuais dos dispositivos de campo. E, finalmente, o baixo custo e utilização de cabo de 3 fios sem blindagem industrial padrão para todas as conexões, isso ajuda a alcançar uma redução da variedade de interfaces, pois a maior parte dos itens de campo têm a conexão M12, como podemos ver na figura 21 abaixo.

Figura 21 – Conector M12



Fonte: <https://phoenixcontactuk.wordpress.com/2013/04/29/will-17-go-into-m-12/>

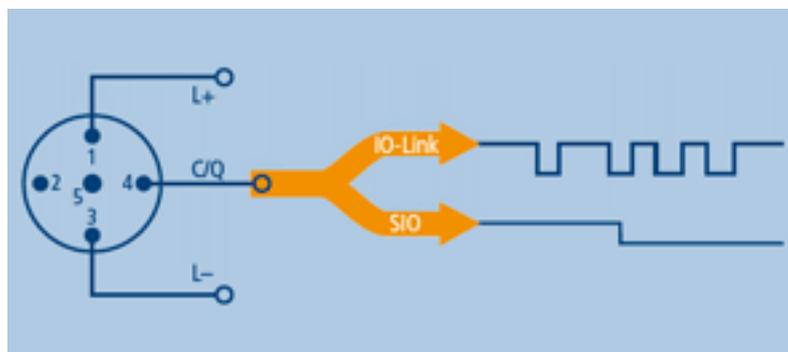
Devido ao padrão aberto, as ligações IO podem ser integradas em todos os sistemas de rede de campo de automação populares, de modo que um nível elevado de flexibilidade no que diz respeito à utilização de produtos de quaisquer fornecedores para se manter a manutenção em dia.

4.4 COMO FUNCIONA O IO-LINK

Os cérebros engenhosos por trás do IO-Link encontraram uma solução única, mas surpreendentemente simples para adicionar inteligência e flexibilidade no mesmo cabo padrão de 3 fios, sem blindagem usado por sensores e atuadores.

IO-Link usa a conexão de 3 condutores, geralmente através de conectores e plugues M12, normalmente utilizado como um sinal de comutação digital para dispositivos comuns, e se comunicando com os dispositivos IO-Link, através de um sinal serial. Isso significa que informações adicionais podem ser trocadas na forma de um protocolo serial entre o nível de I/O e o dispositivo de campo. Desta forma, os sensores e atuadores inteligentes podem ser ligados à interface IO-Link em conjunto com qualquer sensor ou atuador padrão, utilizando o mesmo cabo.

Figura 22 – Comunicação através de 3 fios



Fonte: <http://www.microsonic.de/en/Products/IO-Link.htm>

Um sistema de IO-Link consiste em um ou mais dispositivos de IO-Link, que pode ser um sensor ou atuador inteligente. O dispositivo IO-Link vem com um Input/Output Device Description, também conhecido como o arquivo IO-DD⁷ (*Um conjunto de arquivos que descreve formalmente um dispositivo IO-Link. Criado pelo consórcio IO-Link, é uma ferramenta de engenharia para identificar, comunicar, parametrizar e diagnosticar dispositivos com a interface IO-Link.*).

⁷ Traduzido pelo autor, original disponível em http://www.io-link.com/share/Downloads/Spec-IO-DD/IO_Device_Description_V1.0.1_Specification.zip. Acessado em agosto de 2015.

O IODD baseia-se no padrão XML⁸ (Segundo a organização W3C, *Extensible Markup Language (XML) é um formato de texto simples e muito flexível. Originalmente concebido para enfrentar os desafios da publicação eletrônica em grande escala, XML também está desempenhando um papel cada vez mais importante na troca de uma ampla variedade de dados na Web e em outros lugares*) aberta e contém as informações sobre o dispositivo, incluindo:

- Propriedades e características de comunicação;
- Variáveis específicas de dispositivos;
- Tipos de dados do processo;
- Eventos e Códigos de erro;
- Interface de usuário

Estes componentes, uma vez já dita, conectados através de um cabo padrão de 3 fios, sem blindagem, com um comprimento máximo de 20 metros de cabo, é finalmente, conectado ao módulo mestre IO-Link, o qual fornece a interface, ou seja, constrói a porta de entrada para o controlador de nível superior no campo. O mestre IO-Link controla a comunicação com os dispositivos IO-Link conectados a ele.

Figura 23 – Exemplo de Mestre IO-Link



Fonte: http://www.balluff.com/balluff/MBR/pt/products/product_detail.jsp#/219301

Sendo um dispositivo de campo, o mestre IO-Link também possui um arquivo de descrição chamado General Station Description - GSD⁹ (Segundo a organização

⁸Traduzido pelo autor, original disponível em <http://www.w3.org/XML/>. Acessado em agosto de 2015.

⁹Fonte: <http://www.profibus.com/products/gsd-files/>. Acessado em agosto de 2015.

Profibus/Profinet, eles afirmam que GSD são arquivos que contêm informações sobre as capacidades básicas de um dispositivo.). Estes são arquivos de texto que permite que uma ferramenta de configuração, reconheça o hardware, neste caso o módulo referenciado, e o usuário possa configurar o dispositivo no processo. Este arquivo fornece informações sobre um dispositivo, como por exemplo:

- Informações necessárias para identificar o dispositivo conectado;
- Descrição dos dados do dispositivo que podem ser acessados através da rede (por exemplo, os parâmetros de configuração);
- Descrição dos recursos de comunicação suportados pelo dispositivo (por exemplo, taxa de transmissão).

Visualmente, sensores IO-Link são exatamente iguais a sensores padrão, a única diferença é a forma como o pino 4 é usado. Para manter a compatibilidade com versões anteriores, os dispositivos IO-Link geralmente suporta dois modos de comunicação, ou seja, o modo padrão de I/O e IO-Link. Em um conector normal de 4 pinos, onde se utiliza apenas 3 pinos do conector, têm-se dois estados de saída de comutação binários no pino 4, são eles, 24V (Estado Alto) e 0V (Estado Baixo), este modo de comunicação é também conhecido como o modo padrão SIO, ou Standard Input/Output.

Com a introdução do IO-Link, um modo adicional conhecido como modo de comunicação (COMM) foi disponibilizado para o pino 4 do conector padrão. Portanto, o IO-Link usa a linha de saída digital de 24V como um estado de comutação combinado e canal de dados. Fazendo com que sensores e atuadores padrão possam operar em modo SIO enquanto os dispositivos IO-Link podem se comunicar através de um protocolo de série UART¹⁰ (*Universal Asynchronous Receiver / Transmitter. É um hardware que converte os dados entre as formas seriais e paralelas.*) pulso 24V modulada de maneira bidirecional.

IO-Link transmite processos e serviços de dados através de pino 4 do conector como uma função add-on¹¹ (refere-se a módulos de hardware ou software (sub-sistemas ou pseudo-programas) que suplementam ou aumentam as

¹⁰ Traduzido pelo autor, original disponível em <https://www.futureelectronics.com/en/Signal-Interface/uart.aspx>. Acessado em agosto de 2015.

¹¹Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Add-ons>

ferramentas e possibilidades de uso ou características originais onde são utilizados), tendo a mesma lógica de uso de um pendrive em um notebook, aumentando a capacidade do dispositivo original.

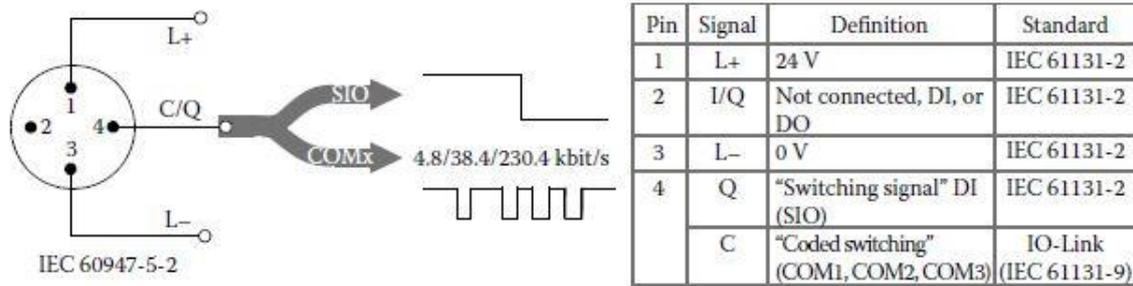
Isto não só aumenta significativamente a quantidade de dados do processo, mas também satisfaz as exigências atuais, no que diz respeito aos sistemas de diagnóstico e de transmissão de dados de parâmetros, graças ao canal de dados de serviço adicional. Para isto, a taxa de transmissão de comunicações depende do dispositivo IO-Link, podendo variar entre 4,8 kBaud¹² (também conhecidas como COM1), 38,4 kBaud (COM2) ou 230.4KBaud (COM3).

Existem basicamente três tipos de mensagens que são manipulados pela interface IO-Link, são elas:

1. Estado de comutação, ou seja, Standard I/O, também chamado de SIO. Esta é uma mensagem binário de 1 bit que é trocada ciclicamente;
2. Dados do processo (PD), são trocados ciclicamente entre o mestre IO-Link e o dispositivo IO-Link via protocolo serial de pulso 24V modulado. Os dados podem variar entre 1 byte e 32 bytes em um ciclo, dependendo da capacidade de informações do tipo de dispositivo IO-Link.
3. Dados de serviço (SD), são transmitidos apenas sob demanda, são acionados pelo módulo mestre. Estes dados incluem parâmetros do dispositivo e dados de diagnóstico. É trocada de forma acíclica também via protocolo serial de pulso 24V modulado.

¹² Kbaud - É uma medida de velocidade de sinalização e representa o número de mudanças na linha de transmissão (seja em frequência, amplitude, fase etc...) ou eventos por segundo.

Figura 24: Entendendo as Ligações



Fonte: https://www.crcpress.com/rsc/downloads/K21551_Sample_Ch5.pdf

Durante este processo de troca de mensagens, o módulo mestre envia uma solicitação com um sinal definido para o dispositivo de campo, visando estabelecer a comunicação. Neste momento, o IO-Link pode transferir dados a três velocidades diferentes: COM1: 4.8Kbps, COM2: 38.4Kbps, e COM3: 230,4Kps. Durante o estabelecimento da comunicação, o módulo mestre tentará se conectar pela primeira vez na taxa de transmissão mais rápida, a COM3, se o dispositivo não responder, o mestre vai tentar novamente com uma taxa de transmissão inferior, COM2 e conseqüentemente COM1. Uma vez que uma tentativa de comunicação foi bem sucedida, ou seja, o mestre recebe uma resposta válida a partir do dispositivo, o envio de dados terá início.

Entretanto, considerando as conexões binárias atuais de sensores e atuadores, estas são projetadas para enviar os dados do processo como um único bit, ou seja, as informações de estado de comutação, esse gargalo é permanentemente eliminado com IO-Link. Neste caso, um canal de serviço é disponibilizado para que os sensores com uma saída binária possam ser operados em modo I/O padrão ou em modo IO-Link.

Já os sensores e atuadores analógicos têm um sinal de saída ou entrada contínuo, portanto, para se realizar a integração destes sempre foi associado a grandes esforços e custos, por conta da exigência de blindagem de cabos e cuidados na instalação. Neste caso, quando ligados em IO-Link, os modelos IO-Link de sensores ou atuadores têm o sinal analógico digitalizado e transferido através do cabo padrão de 3 vias, sem blindagem, portanto, o a interface estudada não só aumenta a quantidade de dados de processo de forma significativa, mas também

satisfaz exigências atuais com relação ao parâmetro e transmissão de dados de diagnóstico.

4.5 BENEFÍCIOS DO IO-LINK

Apesar de algumas limitações da interface, como por exemplo, a sua popularidade dentro das instituições de ensino, em caráter de aprendizado aos estudantes. Ou a ligação de cabeamento 3 vias ser limitada em até 20 metros do sensor/atuador até o módulo/controle. Ou até mesmo, não haver compatibilidade com muitos protocolos de rede, como por exemplo, protocolos como o Ethernet, Profinet, Profibus, Devicenet, CC-Link, CanOpen. O IO-Link como interface abre caminho para as prestações de melhorias em 3 grandes áreas, o que possibilita que algumas limitações são desprezíveis quando comparadas aos ganhos que se podem ter com certas tecnologias.

São elas: Instalação, parametrização e diagnóstico. E para entender estes ganhos, serão destacados neste trabalho os benefícios com base na utilização de um sensor padrão e o mesmo modelo com a tecnologia de interface IO-Link. Ambas as folhas de dados dos sensores se encontram no anexo deste trabalho.

4.5.1 INSTALAÇÃO

Dispositivos equipados com múltiplas funções e inteligência, que normalmente requerem configuração e também pode fornecer controles com dados de processo (valores medidos em sinais digitais ou analógicos), além de informações de diagnóstico. Como já foi dito neste trabalho, a comunicação de rede de campo não inclui o nível de sensor e atuador inteligentes, a integração destes, geralmente requer cabos adicionais e soluções de interface proprietárias.

Em um breve comparativo, podemos verificar as instalações de um modelo de sensor analógico de distância, em modo padrão e em modo IO-Link.

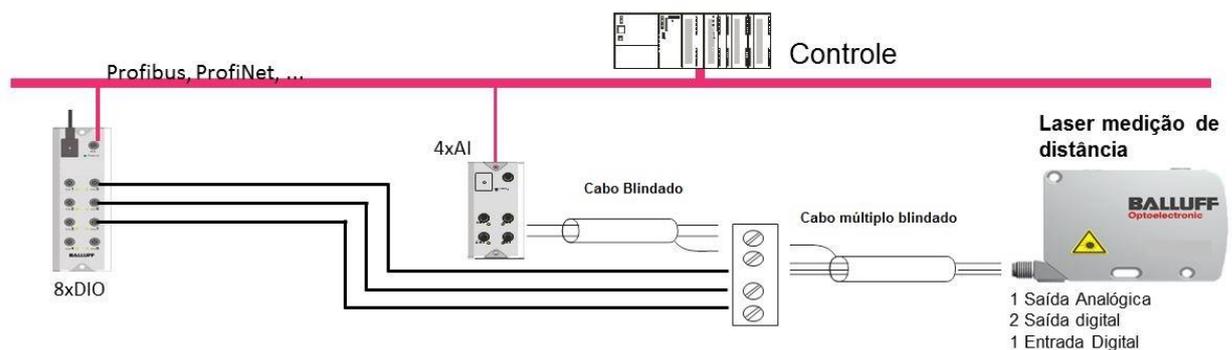
Na figura 25 a seguir, o trabalho apresenta uma instalação típica de um sensor de distância a laser com 8 vias de ligação, dentre as vias, tem-se alimentação e sinais digitais e analógicos de entrada e saída. São eles: 24Vdc e 0V,

duas saídas digitais (Output 1 e Output 2), uma saída de alarme (error), uma entrada digital (Laser - habilita e desabilita) e um sinal de saída analógico (duas vias), proporcional à distância medida pelo sensor, e por fim o aterramento (blindagem).

Para isto, certas precauções devem ser tomadas para que se tenha uma ligação adequada até os níveis de controle, e para isto, primeiramente, a conexão do sinal analógico requer um cabo com blindagem, devido a possíveis ruídos oriundos do campo que possam alterar o sinal de saída do sensor. Estes vários sinais são conectados em interfaces, conhecidos também como cartões de I/O, dentre eles, modelos com 4 portas de I/O digital e 1 porta de entrada analógica. Um bloco de terminais também é necessária para adaptar o cabo de 8 condutores blindados para as várias interfaces diferentes.

A fiação no interior do recinto é complexa. O sinal analógico deve ser ligado à porta de entrada analógica através de um cabo blindado, e as I/Os digitais e alimentação do sensor é conectado separadamente, resultando com que a instalação do sensor ótico de distância a laser passe a ser demorada.

Figura 25: Ligação do Sensor Analógico sem IO-Link



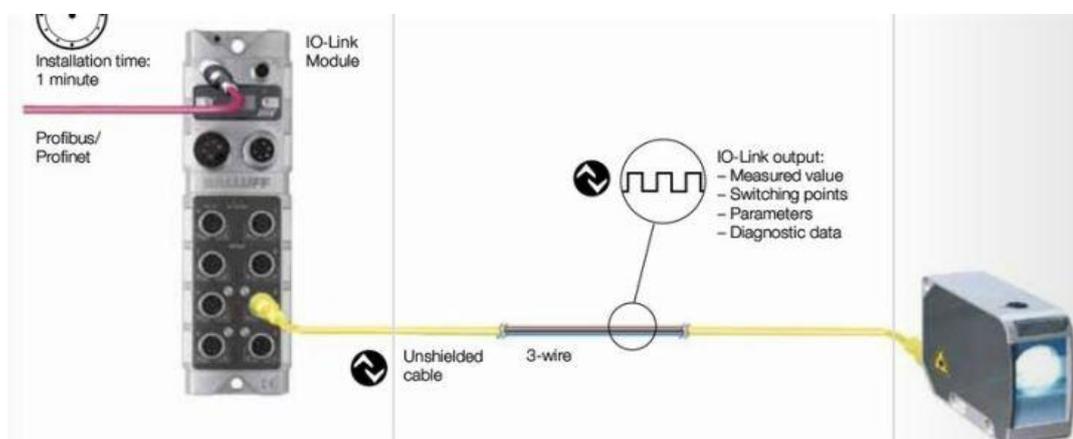
Fonte: Elaborado pelo autor¹³

Com a solução IO-Link apenas requerido um tipo de cabo de conexão, no caso, um conjunto de cabos de 3 fios, sem blindagem padrão. Para isto é necessário que o sensor tenha a interface IO-Link internamente, para que transmita o valor medido através de pulsos digitais, transmitindo através de 24V sinal, e, portanto, não correm risco de quaisquer perdas de sinal ou interferência a partir de ruídos

externos. Para isto, trabalha-se com conectores do tipo M12 padrão, não sendo necessários nenhum invólucro ou campo de fiação para blindar, e desta forma, apenas a uma porta IO-Link é necessária para ligar o sensor à rede de campo, ou seja, 3 vias, sendo 2 com alimentação (24Vdc e 0V) e 1 de sinal IO-Link, podendo ser transferidos sinais de I/Os digitais e analógicas.

Como mostrado na figura 26 logo a seguir, o IO-Link não só reduz esforços de instalação, como, o mesmo IO-Link dá acesso aos dados do processo e os dados de serviço do sensor. Como por exemplo, a saída de erro, onde o sensor pode enviar uma mensagem para os controles, quando a lente do mesmo está contaminada de sujeira.

Figura 26: Ligação do Sensor Analógico com IO-Link



Fonte: http://asset.balluff.com/std.lang.all/pdf/binary/869880_E15_EN.pdf

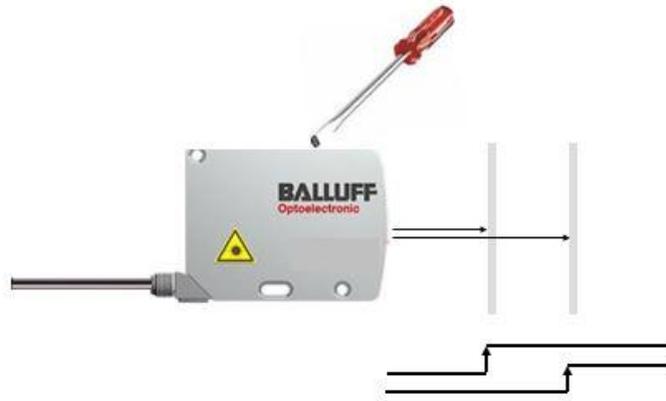
Aplicações analógicas, tipicamente, têm elevados custos de instalação devido ao preço do conjunto de cabos blindados e interfaces analógicas. O IO-Link utiliza além de sensores comuns, também sensores IO-Link, como o modelo da figura 26, que substituem o conjunto de cabos blindados, existente no modelo padrão, e utiliza um conjunto de cabos com apenas 3 condutores, sem blindagem. Com isto pode-se eliminar soluções de interface proprietárias, permitindo expandir a busca de peças de reposição para diversos fabricantes, além de poder reduzir custos com instalação e tempo de montagem.

¹³ Fonte: http://asset.balluff.com/std.lang.all/pdf/binary/869880_E15_EN.pdf - Acessado em agosto de 2015.

4.5.2 PARAMETRIZAÇÃO

Sistemas de controle descentralizados têm muitas vantagens, especialmente em matéria de esforços de instalação, mas muitos dispositivos de campo requerem um grande grau de trabalhos de manutenção e comissionamento no momento do setup. Os responsáveis por projetos e comissionamento de uma empresa têm a oportunidade de aceder a todos os parâmetros do processo, dados de configuração e parâmetros do dispositivo através dos benefícios da IO-Link, permitindo que os dados de configuração do dispositivo passem a ser armazenados e gerenciados a partir de uma posição central por um sistema de controle remoto, se forem o caso.

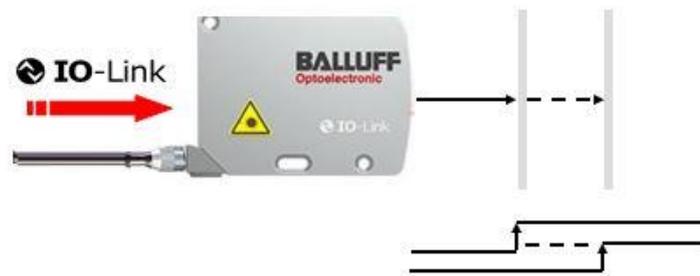
Figura 27: Parametrização de Sensor sem IO-Link



Fonte: Elaborado pelo autor

Uma atuação de rotina em qualquer planta é a substituição de equipamentos defeituosos, e diferente de um dispositivo IO-Link, seja ele um sensor ou atuador, é necessário à parametrização do mesmo, havendo uma perda de tempo de produção para a tarefa. Com um dispositivo com interface IO-Link é diferente, assim que um novo dispositivo, como um sensor é ligado, o controlador de ligação de I/O, neste caso um módulo de rede também com interface IO-Link, detecta o dispositivo e transfere automaticamente os conjuntos de parâmetros para o novo dispositivo, sendo este igual ao anterior defeituoso, de modo que o dispositivo novo não necessite ser ajustado, isso minimiza o tempo parado de máquina.

Figura 28: Parametrização de Sensor com IO-Link



Fonte: Elaborado pelo autor

Esta capacidade permite com que o IO-Link ofereça uma multiplicação efetiva de conjuntos de parâmetros que têm de ser criada apenas uma vez, em vez de ter que definir cada parâmetro individual para cada dispositivo separadamente toda vez que um dispositivo de campo tenha problemas. Permitindo uma rápida comutação de controle remoto sem erros em qualquer mudança na linha de produção.

4.5.3 DIAGNÓSTICOS

Uma afirmação que se pode fazer sobre diagnóstico, é que, o mesmo impede o tempo de inatividade e reduz custos de manutenção das máquinas, uma vez descobertos a tempo. E por esta razão, os dispositivos de campo modernos muitas vezes possuem esta função.

Mas estas funções não são principalmente acessíveis através de interfaces convencionais, tendo que ser necessário à instalação de cabeamento adicional para realizar o acesso e receber informações de diagnóstico do dispositivo.

Quando se tem uma ligação destas, ou caso esta seja via interface IO-Link, certamente um usuário pode apreciar os benefícios destes diagnósticos pelos motivos abaixo, sendo eles em IO-Link:

- IO-Link fornece acesso remoto e centralizado de informações de diagnóstico abrangente sobre sensores e atuadores no campo;
- Com IO-Link o usuário pode criar um conceito de diagnóstico em geral, sem fiação complexa e dispendiosa adicional;
- IO-Link assegura a identificação de erro através de todo o caminho até o nível de sensores/atuadores;
- Em vez de manutenção preventiva freqüente, o serviço pode ser previsto com base nos dispositivos inteligente, ajudando a reduzir o tempo de máquina parada;
- Com IO-Link, as falhas podem ser diagnosticadas numa fase inicial, para que as medidas de precaução possam ser realizadas antes do tempo e, assim, ajudar a aumentar a confiabilidade do equipamento e disponibilidade operacional;
- Dispositivos IO-Link pode fornecer informações sobre o estado do dispositivo, como por exemplo: Mau funcionamento do dispositivo, contaminação, queda de tensão, perda de pressão, superaquecimento, tempo excedido, ruptura de cabo, curto-circuito, entre outros.

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço da tecnologia tem ocasionado muitas melhorias em todos os tipos de meios em que vivemos. O uso de interfaces e novos meios de comunicação, desde gadgets¹⁴ comuns do nosso cotidiano a equipamentos nas plantas industriais, só têm facilitado a vida dos usuários. Para tanto, neste meio de chão de fábrica é sempre bem-vinda a chegada de novas tecnologias, a fim de melhorar os processos e cada vez mais reduzir perdas de produção, os chamados scraps¹⁵ de produção. E para isto, uma destas tecnologias é a interface IO-Link, que vem sendo cada vez mais inserida dentro deste meio e dando cada vez mais retorno às empresas que a adquirem.

O que se busca cada vez mais dentro de um processo fabril, é a não parada de máquina, o que acarreta em perda de produto. E para isto, as equipes de projetos e engenharia, uma vez pressionadas pelas equipes de processos e produção, farão uma busca de tecnologias que forneçam à equipe de manutenção a melhor flexibilidade, agilidade e diagnóstico para que uma parada de máquina seja o último dos acontecimentos dentro de uma planta industrial, e mesmo que aconteça ele seja solucionado de maneira rápida.

E para isto, no entanto, se a interface IO-Link fosse mais bem vista pelos âmbitos de ensino e mercado industrial, e fosse passada a informação à frente, ela seria muito mais presente em aplicações, tornando-o muito mais competitivo e aberto em possibilidades de ampliação e melhorias de máquinas que utilizam de diversas topologias, malhas e protocolos de rede dentro da indústria.

Por fim, este trabalho conclui que, a interface estudada tem por principais benefícios a redução de custos com materiais e mão-de-obra durante a etapa de projetos e implantação, assim como o tempo com manutenção após comissionamento deste, e como principal objetivo de funcionalidade, as suas características de funcionamento, dando ao seu usuário status, diagnósticos e parâmetros dos dispositivos e toda a malha em um chão de fábrica.

¹⁴ Gadgets - é um equipamento que tem um propósito e uma função específica, prática e útil no cotidiano, como dispositivos eletrônicos portáteis como tablets, celulares, smartphones.

¹⁵ Scrap – é todo composto de material reciclável que sobra da produção na indústria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A COSTA, LUIZ AUGUSTO (2011). Especificando Sistemas de Automação Industrial. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=ej_BtWSYvj4C&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 18/07/2015.

Add-On - Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Add-ons>. Acessado em 27/07/2015

Balluff GmbH. Disponível em: www.balluff.com.br. Acesso em: 17/07/2015.

Baud – Kbaud. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Baud>. Acesso em: 26/07/2015

Behrouz A. Forouzan (2009). Comunicação de Dados e Redes de Computadores. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=FlaDr9ZtwXgC&dq=topologia+e+taxa+de+transmiss%C3%A3o&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s. Acesso em: 18/07/2015.

Benefits of FOUNDATION Technology – Disponível em: http://www.fieldbus.org/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=308. Acesso em: 11/07/2015

Bihr, Bernhard (2013). Automotive Technology - Networking vehicles for increased safety and efficiency. Disponível em: <http://www.bosch.co.jp/en/press/group-1306-06.asp>. Acesso em: 12/07/2015

Caixa de Passagem. Disponível em: <http://www.boatersland.com/newpx3.html>. Acesso em: 16/07/2015.

Caixa de Distribuição Passiva - http://www.balluff.com/balluff/MBR/pt/products/product_detail.jsp#/214522 – Acesso em 19/07/2015

Cassiolato, Cesar (2005). Redes Industriais – Disponível em: <http://www.smar.com/newsletter/marketing/index150.html>. Acesso em: 18/07/2015.

Cassiolato, Cesar (2005). Sistemas Inteligentes, redes industriais, conectividade e resultados garantidos – Disponível em: <http://www.smar.com/brasil/artigo-tecnico/sistemas-inteligentes-redes-industriais-conectividade-e-resultados-garantidos>. Acesso em: 18/07/2015.

Conector/cabo de conexão – Disponível em: http://www.balluff.com/balluff/MBR/pt/products/product_detail.jsp#/183806. Acesso em: 18/07/2015

Conectores e cabos de conexão - <http://www.balluff.com/balluff/MBR/pt/products/overview-cables-and-connectors.jsp> - Acessado em Julho de 2015

Did you know...? – Disponível em: http://www.io-link.com/en/Technology/DidYouKnow/DidYouKnow_MemberCompanies.php. Acesso em: 25/07/2015.

Distributed Control System - SDCD: Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_control_system. Acesso em: 12/07/2015.

Factory Instrumentation Protocol – Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Factory_Instrumentation_Protocol. Acesso em: 18/07/2015.

Fairbairn, Andrew (2014). Falando Aos 52 Computadores Do Carro Moderno – Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=QrRMBQAAQBAJ&pg=PA12&dq=can+automoveis&hl=pt-BR&sa=X&ei=K4-iVZSbBYnGogSH2IPwDg&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 12/07/2015

Fieldbus – Disponível em: <http://albt.tripod.com/fieldbus.htm>. Acesso em: 18/07/2015

Fieldbus. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Fieldbus>. Acesso em: 12/07/2015.

Freitas, Carlos Márcio (2013). Controlador Lógico Programável - CLP – Parte 1. Disponível em: <http://www.embarcados.com.br/clp-parte/>. Acesso em: 11/07/2015.

General Motors foi líder mundial por quase 80 anos – Disponível em: <http://www.noticiasautomotivas.com.br/general-motors-foi-lider-mundial-por-quase-80-anos/>. Acesso em: 11/07/2015

GSD – Disponível em: <http://www.profibus.com/products/gsd-files/>. Acesso em: 26/07/2015

Industrial Fieldbus Technologies: Understanding the basics and simplifying your decision. Disponível em: http://www.automation.com/pdf_articles/BR_Industrial_Fieldbus_Technologies.pdf. Acesso em: 18/07/2015.

Industrial Networking and Connectivity – Balluff. Disponível em: http://asset.balluff.com/blaetterkataloge/869880_E15_EN/blaetterkatalog/index.de.php. Acesso em: 08/08/2015.

Interface Homem-Máquina (IHM). Disponível em: <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1501-interface-homem-mquina-ihm>. Acesso em: 02/08/2015

INTERNATIONAL STANDARD. Disponível em: https://webstore.iec.ch/preview/info_iec61131-2%7Bed3.0%7Den.pdf. Acesso em: 11/07/2015.

IO Link specification in brief. Disponível em: http://www.infineon.com/dgdl/IO-Link_system_overview.pdf?fileId=db3a3043294a355801295abffe5b7cc0. Acesso em: 26/07/2015.

IODD – Device Description. Disponível em: http://www.io-link.com/share/Downloads/Spec-IODD/IO_Device_Description_V1.0.1_Specification.zip. Acesso em: 08/08/2015.

IODD. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/IODD>. Acesso em: 26/07/2015.

IODD-Interpreter and generic DTM. Disponível em: https://mm-software.com/sites/default/files/MM_IODD_Interpreter_generic_DTM.pdf. Acesso em: 26/07/2015.

IO-LINK - A NETWORK INTERFACE FOR FIELD SENSORS. Disponível em: <http://www.bh-automation.com/Resources/For-automation-and-control-engineers/Communications/io-link.html#intro>. Acesso em: 25/07/2015

IO-Link (Single-Drop Digital Communication System) for Sensors and Actuators. Disponível em: https://www.crcpress.com/rsc/downloads/K21551_Sample_Ch5.pdf. Acesso em: 11/07/2015.

IO-Link Communication. Disponível em: http://www.io-link.com/share/Downloads/Spec-Interface/IOL-Comm-Spec_10002_V10_090118.pdf. Acesso em: 26/07/2015.

IO-Link Overview. Disponível em: http://www.io-link.com/en/Technology/what_is_IO-Link.php?thisID=76. Acesso em: 25/07/2015

James P. Womack, Daniel T. Jones (2004). A máquina que mudou o mundo. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=PILHfE1qx90C&dq=fabrica+GM&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s. Acesso em: 02/08/2015.

Karolys, Alex; Genkuong Fernando (2001). Multi-Drop, simultaneous sampling sensor network system for aerospace testing and monitoring applications. Disponível em: <http://www.vipsensors.com/smart/WhitePaper2.pdf>. Acesso em: 12/07/2015.

Les réseaux de terrain – Disponível em http://www.iufmrese.cict.fr/catalogue/2001/bus_terrain/html/bus2.shtml. Acesso em 08/07/2015.

M.P. Mahalik (2013). Fieldbus Technology: Industrial Network Standards for Real-Time Distributed Control. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=8Lj8CAAQBAJ&dq=bi-direcional,+multi-drop+digitais,+serial-bus&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s. Acesso em: 12/07/2015.

Manufacturer Overview. Disponível em: <http://www.io-link.com/en/WirUeberUns/Manufacturer.php?thisID=44>. Acesso em: 25/07/2015.

Manufacturing Automation Protocol (MAP) – Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=s0k9kGs5bHYC&pg=PA417&dq=Manufacturing+Automation+Protocol+\(MAP\)&hl=pt-BR&sa=X&ei=QnOiVdquI9bcoASg36-YDw&ved=0CEcQ6AEwBQ#v=onepage&q=Manufacturing%20Automation%20Protocol%20\(MAP\)&f=false](https://books.google.com.br/books?id=s0k9kGs5bHYC&pg=PA417&dq=Manufacturing+Automation+Protocol+(MAP)&hl=pt-BR&sa=X&ei=QnOiVdquI9bcoASg36-YDw&ved=0CEcQ6AEwBQ#v=onepage&q=Manufacturing%20Automation%20Protocol%20(MAP)&f=false). Acesso em: 12/07/2015.

Method of determining request transmission priority subject to request channel and transmitting request subject to such request transmission priority in application of fieldbus communication framework. Disponível em: <http://www.google.com.pa/patents/US7725635>. Acesso em: 12/07/2015.

Modulação Digital. Utilização de ferramentas analíticas e gráficas na representação e avaliação de um canal. Capacidade máxima de um canal segundo Nyquist e Shannon. Disponível em: http://www.inf.ufrgs.br/~roesler/disciplinas/LabRedes/01_CapacidadeCanal/Apostila_fisico_sinais_modula.pdf. Acesso em: 09/07/2015.

Overview fieldbus systems -
https://www.beckhoff.com/english.asp?fieldbus_components/system_overview.htm -
 Acessado em agosto de 2015.

PLC - Programmable Logic Controller. segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais.
https://pt.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_program%C3%A1vel. Site acessado em junho de 2015.

PLC. Disponível em: <http://www.embarcados.com.br/clp-parte/>. Acesso em: 15/07/2015.

PROFINEWS 118 - It's not all about soccer in Brazil – Disponível em <http://www.profibus.com/index.php?id=7399>. Acesso em: 07/08/2015.

Redes de Computadores: Topologia. Disponível em: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrcompam/pagina_2.asp. Acesso em: 18/07/2015.

Relay. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Relay>. Acesso em: 11/07/2015.

ROSÁRIO, JOÃO MAURÍCIO (2009). AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL; DISPONÍVEL EM: <https://books.google.com.br/books?id=YsUHLcHdbh4C&lpg=PA60&dq=sdcd&hl=pt-BR&pg=PA60#v=onepage&q=sdcd&f=false>. Acesso em: 12/07/2015.

Sensores – Balluff. Disponível em: <http://www.balluff.com/balluff/MBR/pt/products/overview-ultrasonic-sensors.jsp>. Acesso em: 25/07/2015.

Siemens. Disponível em: www.siemens.com.br. Acesso em: 18/07/2015.

Sistema digital de controle distribuído. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_digital_de_controle_distribu%C3%ADdo. Acesso em: 12/07/2015.

State of Technology Report I/O Systems. Disponível em: http://www.controldesign.com/assets/wp_downloads/pdf/141111-IO-ebook.pdf. Acesso em: 11/07/2015

The Future Belongs to IO-Link: An Introduction. Disponível em: <http://blog.pepperl-fuchs.us/blog/bid/283185/The-Future-Belongs-to-IO-Link-An-Introduction>. Acesso em: 02/08/2015.

Tokheim, Roger (2013). Fundamentos de Eletrônica Digital - Vol.1. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=-k3IAwAAQBAJ&pg=PA7&lpg=PA7&dq=sinais+digitais+alto+e+baixo&source=bl&ots=wJR5XzCpXD&sig=62ceA1fZ4pzmWklcXGtIK0ZRREQ&hl=pt-BR&sa=X&ved=0CDQQ6AEwBmoVChMII4CA04D5xgIVhNCACH0isgdE#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 26/07/2015

UART - Universal asynchronous receiver/transmitter. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_asynchronous_receiver/transmitter. Acesso em: 26/07/2015.

What is a UART? Disponível em: <https://www.futureelectronics.com/en/Signal-Interface/uart.aspx>. Acesso em: 26/07/2015.

Will 17 go into (M) 12 - <https://phoenixcontactuk.wordpress.com/2013/04/29/will-17-go-into-m-12/> - Acessado em 29/07/2015

ANEXOS