

MÉTODOS PARA ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM REDES PROFIBUS PA¹

Wesley Augusto Gonçalves Eller²
Carlos Eduardo Soares Mangerot²
Diego Gonçalves Faria²

Resumo

Ao observar o segmento de automação industrial no decorrer das últimas décadas, não é difícil identificar o advento das redes industriais como uma inovação de grande impacto nas mais diversas perspectivas. Estas perspectivas vão desde o conceito básico de projetos de automação até a saturação de dados disponíveis sobre o processo e os equipamentos. Profibus PA é um sistema de comunicação para sistemas de automação descentralizada e dispositivos de campo utilizando a camada física especial, de acordo com a norma IEC 61158-2, capítulo 21. A utilização dessa rede procura a redução de custos, flexibilidade, confiança e interoperabilidade de múltiplos fornecedores. Infelizmente, falhas no projeto, na montagem e/ou no comissionamento fazem com que todos esses benefícios se tornem frustração. Paradas de milissegundos nas redes transformam-se em paradas de horas na planta, ocasionando grandes perdas financeiras e desgaste operacional. Devido a essa notoriedade e a importância de uma rede industrial de campo no processo produtivo de uma planta este trabalho tem como objetivo apresentar métodos para análise e diagnóstico de falhas em redes Profibus PA. A análise é feita utilizando ferramentas de fabricantes conhecidos no mercado, checklist de inspeção visual e práticas recomendadas pelas normas vigentes. Portanto, tudo que é necessário para validar, certificar e otimizar o funcionamento da rede Profibus PA será apresentado nesse artigo de forma simples e direta. Utilizando-se esses métodos teremos uma rede confiável e uma ferramenta para manutenção preventiva e corretiva da planta.

Palavras-chave: Automação; Redes industriais; Instrumentação.

ANALYSIS AND DIAGNOSIS METHODS OF FAULTS IN PROFIBUS PA NETWORKS

Abstract

To observe the segment of industrial automation over the past decades, it isn't difficult to identify the emergence of industrial networks as an innovation of great impact in most diverse perspectives. These perspectives range from the basic concept of automation projects by the saturation of available data on the process and equipment. PROFIBUS PA is a communication system for automation systems and decentralized field devices using a particular physical layer according to IEC 61158-2, chapter 21. Use this search to network cost reduction, flexibility, reliability and interoperability of multiple vendors. Unfortunately, the design flaws in the assembly and/or commissioning mean that all these benefits become frustrated. Milliseconds of downtime in the networks are transformed into hours of downtime in the plant, causing financial losses and operational wear. Due to this reputation and the importance of a network of field in industrial production process of a plant this work aims to present methods for analysis and diagnosis of faults in PROFIBUS-PA networks. The analysis is done using tools of known manufacturers in the market, visual inspection checklist and recommended practices by the current standards. So all that is needed to validate, certify and optimize the operation of the PROFIBUS PA is presented in this article in a simple and direct way. Using these methods we will have a reliable network and a tool for preventive and corrective maintenance of the plant.

Key words: Automation; Industrial networks; Instrumentation.

¹ *Contribuição técnica ao 13º Seminário de Automação de Processos, 7 a 9 de outubro de 2009, São Paulo, SP.*

² *Engenheiro de Controle e Automação – Vision Sistemas - Belo Horizonte*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Este estudo destina-se a descrever o procedimento de análise e diagnóstico de falhas em redes de campo Profibus com perfil de aplicação PA (Process Automation), tipicamente utilizado para instrumentação de campo. As análises são feitas utilizando-se as ferramentas consolidadas no mercado **DM-AM Pepper Fuchs, Proficore PA Ultra Probe Procentec**, osciloscópio digital, além de normas e recomendações aplicáveis para redes Profibus.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste estudo é comprovar através da utilização de métodos bem definidos, baseados em normas vigentes e experiência de campo que é possível realizar manutenção preventiva ou corretiva em rede Profibus PA, de forma segura e eficiente.

1.3 Revisão da Literatura

As redes Profibus são redes de campo de grande utilização ao longo do mundo, que atendem aos requisitos para interligação de dispositivos inteligentes de campo para manufatura, processo e sistemas de automação.

A norma europeia EN 50170-2⁽¹⁾ e suas guidelines contêm definições técnicas para instalação de redes de campo do tipo Profibus adotadas pela organização PROFIBUS-NutzerOrganisation (PNO) – com sede em Karlsruhe na Alemanha - e suas mais de 1400 empresas associadas ao longo de mais de 20 países ao redor do mundo. Esta norma define a aplicação básica de Profibus PA como sendo:

A aplicação básica de redes Profibus PA é para interligação de sistemas de automação descentralizada (Profibus DP) aos dispositivos de campo.

Na Figura 1 é possível observar a topologia básica de uma rede Profibus PA.

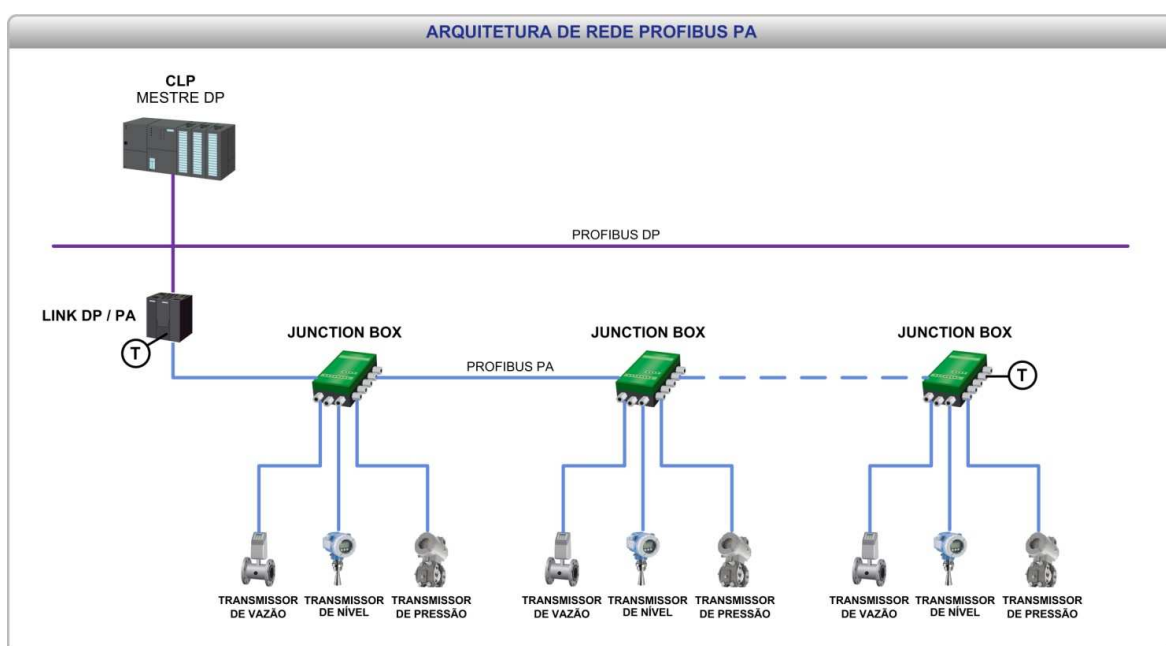


Figura 1 – Topologia Típica Profibus PA.

O sinal de dados em redes Profibus MBP (*Manchester Coded and Bus Powered*) é interpretado através de modulação de corrente, ou seja, a tensão contínua (V_{DC}) fornece alimentação aos dispositivos e a tensão alternada (V_{AC}) é traduzida em sinais de dados. Isso possibilita a conexão de dispositivos Profibus PA com alimentação e dados através de dois condutores apenas.

Na Figura 2 é possível observar um sinal de dados (V_{AC}) ideal para redes Profibus PA.

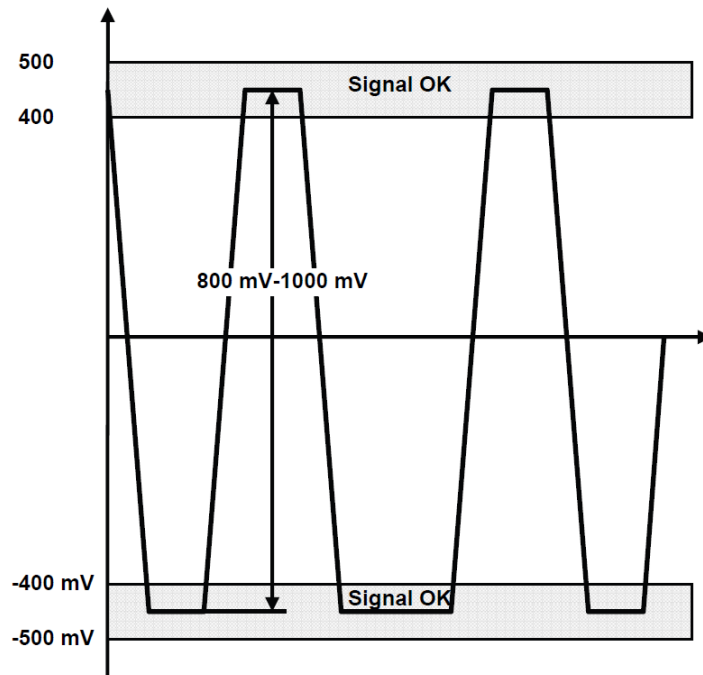


Figura 2 – Sinal Ideal de Dados (V_{AC}) para Profibus PA.⁽²⁾

Na prática, nunca será encontrado um sinal ideal como o da Figura 2. O sinal típico de uma rede Profibus PA geralmente se aproxima ao da Figura 3.

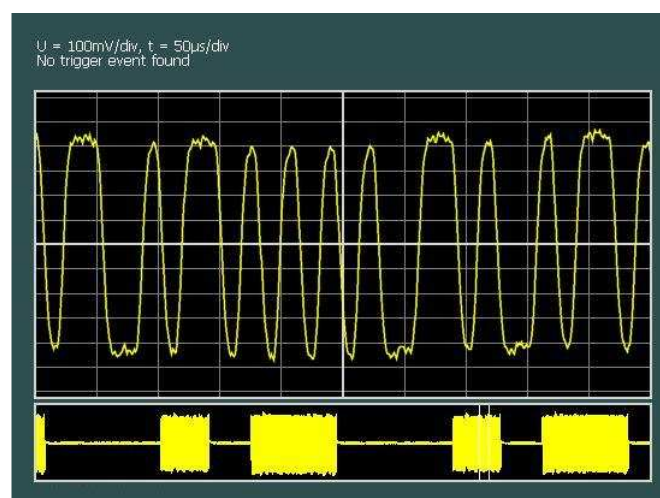


Figura 3 - Sinal Típico de Dados (V_{AC}) para Profibus PA.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos que serão utilizados para este trabalho são normas e recomendações aplicáveis para redes Profibus, osciloscópio digital, Proficore PA Ultra Probe (Procentec) e DM-AM (Pepper Fuchs).

2.1 Normas e Recomendações Aplicáveis

A Norma IEC-61158-2⁽³⁾ estabelece regras para configuração de redes em velocidade 31.25 kbit/s. Conforme o documento Technical Guideline - PROFIBUS PA User and Installation Guideline,⁽⁴⁾ as regras a seguir devem ser utilizadas para comissionamento de redes Profibus PA:

- a rede deve ser capaz de continuar em funcionamento quando um dispositivo é conectado ou desconectado;
- falha em qualquer elemento de comunicação (com exceção de um curto-circuito, baixa impedância, ou *jabber*¹) não deve interferir em outras comunicações por mais de 1 ms;
- a polaridade deve ser mantida em todos os pontos de conexão;
- o comprimento máximo do segmento, com a utilização de cabo tipo A², deve ser de no máximo 1.900 metros, inclusive spurs;
- isolar sinal fieldbus de fontes de ruídos, como cabos de força, motores e inversores de frequência. Colocá-los em guias e calhas separadas;
- a rede deve estar terminada, respeitando suas regras (conforme normalização);
- todos os pontos aterrados corretamente;
- cabos e conectores estão de acordo com o padrão PROFIBUS e adequados ao ambiente industrial; e
- deve ser comparada se a corrente total (conforme necessidade de cada dispositivo PA) é compatível com a corrente máxima que pode ser fornecida pelo acoplador.

2.2 Osciloscópio Digital

Nesta análise devem ser considerados dois aspectos importantes:

1. Amplitude do sinal contínuo (alimentação dos instrumentos - V_{DC});
2. Amplitude do sinal alternado (informações da rede PA - V_{AC});

Conforme recomendações do documento PROFIBUS Installation Guideline for Commissioning,⁽²⁾ para este fim é necessário um osciloscópio com as seguintes características:

- osciloscópio digital;
- banda de Frequência: 100 MHz;
- canais: 2, com separação entre eles e em relação ao terra;
- trigger: interno ou externo; e
- acoplamento: DC.

¹ Jabber Inhibit é a perda da transmissão ao longo de um determinado período de tempo.

² A norma IEC 61158-2⁽¹⁾, define que o cabo tipo A é aquele que possui as seguintes características: twisted pair; shielded; nominal conductor cross sectional área 0,8 mm²; maximum DC resistance (loop) 44 Ω/km; characteristic impedance at 31.25 kHz 100 Ω ± 20%; maximum attenuation at 39 kHz 3 dB/km; maximum capacitive unbalance 2nF/km; group delay distortion (7.9 to 39 kHz) 1.7 μsec/km; surface covered by shield 90%.

É aconselhável a utilização de um osciloscópio que utilize baterias para alimentação, já que grande parte das medições é feita em campo, onde pode não haver fonte de alimentação disponível.

2.2.1 Primeira medição: amplitude do sinal DC

Em um primeiro momento, deve-se realizar a medição da parcela do sinal contínuo, que é responsável pela alimentação dos dispositivos Profibus PA.

Deve-se utilizar um ajuste de divisão vertical do osciloscópio de forma que o sinal DC possa ser claramente identificado. A sugestão é que esta divisão seja de 5 V/div, já que a amplitude máxima do sinal deve ser em torno de $32 V_{DC}$.

Em plantas em áreas não-explosivas, o sinal de tensão medido deve ser de no máximo $32 V_{DC}$. O valor típico é $19 V_{DC}$. Para plantas em áreas explosivas, este sinal deve ser de no máximo $13,5 V_{DC}$. O valor mínimo a ser medido deve ser $9 V_{DC}$ em ambos os casos.

É aconselhável que esta medição seja feita na fonte e no último dispositivo do segmento (mais distante da fonte de alimentação). Esta medição tem o objetivo de garantir que a tensão fornecida pela fonte será capaz de alimentar todos os dispositivos conectados ao segmento. Para isso, é importante observar as características técnicas fornecidas pelo fabricante de cada dispositivo. Na **Tabela 1** é possível observar as possíveis interpretações para as medições realizadas.

Tabela 1 – Interpretação das medições com osciloscópio digital

PONTO DE MEDIÇÃO	RESULTADO DA MEDIÇÃO	INTERPRETAÇÃO
Fonte de alimentação	Tensão medida está abaixo (ou acima) das especificações para a área.	Defeito na fonte de alimentação.
Último dispositivo conectado ao segmento	Tensão medida está abaixo das especificações para a área.	O cabo está muito longo ou o número de dispositivos conectados ao barramento excede o valor permitido.

2.2.2 Segunda medição: amplitude do SINAL AC

As medições de amplitude do sinal AC têm o objetivo de determinar a qualidade do sinal de dados da rede Profibus PA. Teoricamente, a diferença entre a amplitude máxima e mínima medida deve ser de 900 mV. Na prática, este valor deverá estar entre 800 mV e 1.000 mV.

Para que seja possível realizar as medições, o osciloscópio deve ser ajustado para modo AC, com divisão vertical 200 mV/div e divisão horizontal 20 us/div. Como é possível observar na Figura 4, amplitudes maiores que 1.000 mV indicam existência de menos de duas terminações na rede. Por outro lado, amplitudes menores que 800 mV indicam presença de mais de duas terminações.

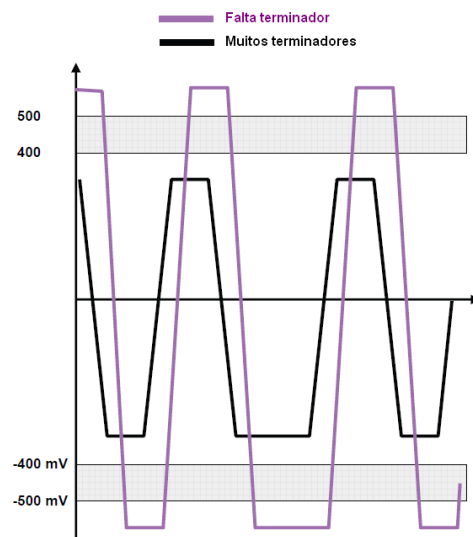


Figura 4 - Análise de Amplitude do Sinal AC em Redes Profibus PA.⁽²⁾

2.3 Proficore PA Ultra Probe Procentec

Para a análise utilizando-se a ferramenta da Procentec, são realizados os seguintes tipos de análise:

- *live list*;
- troca de mensagens;
- mensagens ilegais; e
- forma de onda.

Os pontos a serem observados na análise com esta ferramenta são referentes à camada de protocolo do (Profibus DP - nível 2 do modelo OSI). Entre os pontos a serem observados, é importante destacar:

- os dispositivos apresentaram **mensagens ilegais** durante a coleta de dados. Mensagens ilegais geralmente estão ligadas a erros na transmissão dos delimitadores (início ou fim), paridade, CRC³, comprimento da mensagem, erro de frames, entre outros;
- os dispositivos apresentaram mensagens de **sync** durante a troca de dados. Estas mensagens indicam que o mestre classe 1 está tentando estabelecer comunicação pela primeira vez com o escravo. Este tipo de erro indica comunicação interrompida em determinados momento da troca de dados. Sendo assim, deve-se verificar a conexão do escravo ao barramento.



Figura 5 - Proficore Ultra.⁽⁵⁾

³ Cyclical Redundancy Checking. É uma técnica de checagem de erros utilizada para garantir a precisão da transmissão de sinais digitais.

2.4 DM-AM Pepper Fuchs

Com a ferramenta da DM-AM da P+F, os seguintes dados podem ser analisados:

- tensão de alimentação: deve estar dentro do especificado pela norma IEC 61158-2⁽³⁾ (9V...32V);
- polaridade: alguns dispositivos não funcionam com a polaridade invertida;
- balanceamento: o sinal de comunicação deve ser balanceado em relação à referência de terra;
- ruído: o nível de ruído em um cabo fieldbus deve ser o menor possível;
- *jitter*: é o desvio a partir do ponto zero de cruzamento ideal (menor possível);
- número de frames recebidos;
- número de CRC erros; e
- número de frames com erros.

A análise com esta ferramenta tem o objetivo de verificar as características elétricas do sinal PROFIBUS PA. Para esta tarefa, são utilizados os valores de referência da Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de Referência para Análise do Sinal Profibus PA⁽⁵⁾

Defined limit values

	Low Out of Spec.	Low Good	Excellent	High Good	High Out of Spec.
Voltage:	< 9,0V	9,0...11,0V	11,0...31,0V	31,0...32,0V	> 32,0V
Unbalance:	< -84%	-84...-60%	-60...60%	60...84%	> 84%
Noise:	-	-	< 50mV	50...100mV	> 100mV
Jitter:	-	-	< 2,4µs	2,4...3,2µs	> 3,2µs
Signal Level:	< 200mV	200...400mV	400...1200mV	-	> 1200mV



Figura 6. DM-AM Pepper Fuchs.⁽⁷⁾

3 RESULTADOS

Com a utilização de ferramentas e com o conhecimento das normas é possível realizar melhorias significativas em vários pontos característicos da rede, como redução do efeito de interferência eletromagnética (ruído), desbalanceamento, mensagens ilegais, etc.

As ferramentas **DM-AM Pepper Fuchs** e **Proficore Ultra Procentec** mostram claramente através de gráficos, formas de onda e live list as características da rede Profibus PA. Dessa forma, é possível realizar uma comparação das melhorias alcançadas.

3.1 Proficore Ultra

Com a ferramenta Proficore Ultra é possível realizar comparações em relação ao protocolo da rede.

A Figura 7 exemplifica duas situações: a) rede com problemas de troca de dados (mensagens ilegais); b) rede se encontra trocando dados normalmente.

a) Problemas de mensagens ilegais						b) Troca de dados normal					
FrameNr	Deltatime	Attention	Frame	Addr	Service	FrameNr	Deltatime	Attention	Frame	Addr	Service
0			SD1	2->46	SRD_HIGH	3	4.61 ms		SD2	2<-11	DL
1	0.35 ms	Illegal	Illegal			4	10.78 ms		SD1	2->14	SRD_HIGH
2	1.82 ms		SD1	2->48	SRD_HIGH	5	4.61 ms		SD2	2<-14	DL
3	0.51 ms	Illegal	Illegal			6	10.78 ms		SD1	2->15	SRD_HIGH
4	9.18 ms		SD1	2->49	SRD_HIGH	7	4.80 ms		SD2	2<-15	DL
5	5.34 ms MBP End del.	Illegal	Illegal			8	10.69 ms		SD1	2->16	SRD_HIGH
6	2.94 ms	Illegal	Illegal			9	4.80 ms		SD2	2<-16	DL
7	1.02 ms	Illegal	Illegal			10	10.72 ms		SD1	2->17	SRD_HIGH
8	5.76 ms MBP End del.	Illegal	Illegal			11	4.80 ms		SD2	2<-17	DL
9	1.95 ms	Illegal	Illegal			12	10.72 ms		SD1	2->18	SRD_HIGH
10	7.65 ms	Illegal	Illegal			13	4.61 ms		SD2	2<-18	DL
11	16.77 ms		SD1	2->3	FDL Status	14	10.75 ms		SD1	2->20	SRD_HIGH
12	15.42 ms MBP End del.	Illegal	Illegal			15	4.74 ms		SD2	2<-20	DL
13	5.76 ms MBP End del.	Illegal	Illegal			16	10.78 ms		SD1	2->53	SRD_HIGH
14	7.49 ms MBP End del.	Illegal	Illegal			17	7.14 ms		SD2	2<-53	DL
15	8.35 ms MBP End del.	Illegal	Illegal			18	8.35 ms		SD1	2->54	SRD_HIGH
16	7.42 ms MBP frame err.	Illegal	Illegal			19	6.88 ms		SD2	2<-54	DL
17	8.42 ms		SD1	2->28	SRD_HIGH	20	8.38 ms		SD1	2->55	SRD_HIGH
18	6.78 ms MBP End del.	Illegal	Illegal			21	6.85 ms		SD2	2<-55	DL
19	8.45 ms		SD1	2->29	SRD_HIGH	22	8.38 ms		SD1	2->56	SRD_HIGH
20	7.01 ms	Illegal	Illegal			23	6.91 ms		SD2	2<-56	DL
21	8.22 ms		SD1	2->30	SRD_HIGH	24	8.35 ms		SD1	2->57	SRD_HIGH
22	8.35 ms	Illegal	Illegal			25	6.88 ms		SD2	2<-57	DL
23	7.58 ms	Illegal	Illegal								
24	8.48 ms	Illegal	Illegal								
25	7.22 ms MBP End del.	Illegal	Illegal								

Figura 7. Análise de protocolo.

3.2 DM-AM Pepper Fuchs

Com a ferramenta DM-AM da Pepper Fuchs é possível realizar as medições de nível de ruído, *jitter* e formas de onda.

A Figura 8 exemplifica um problema de ruído em uma rede PROFIBUS PA onde, depois de realizadas melhorias, foi constatada uma diminuição na interferência eletromagnética. Esta diminuição foi de 112 mV (a) para 80 mV (b), alcançando 28,6% de melhoria na qualidade do sinal.

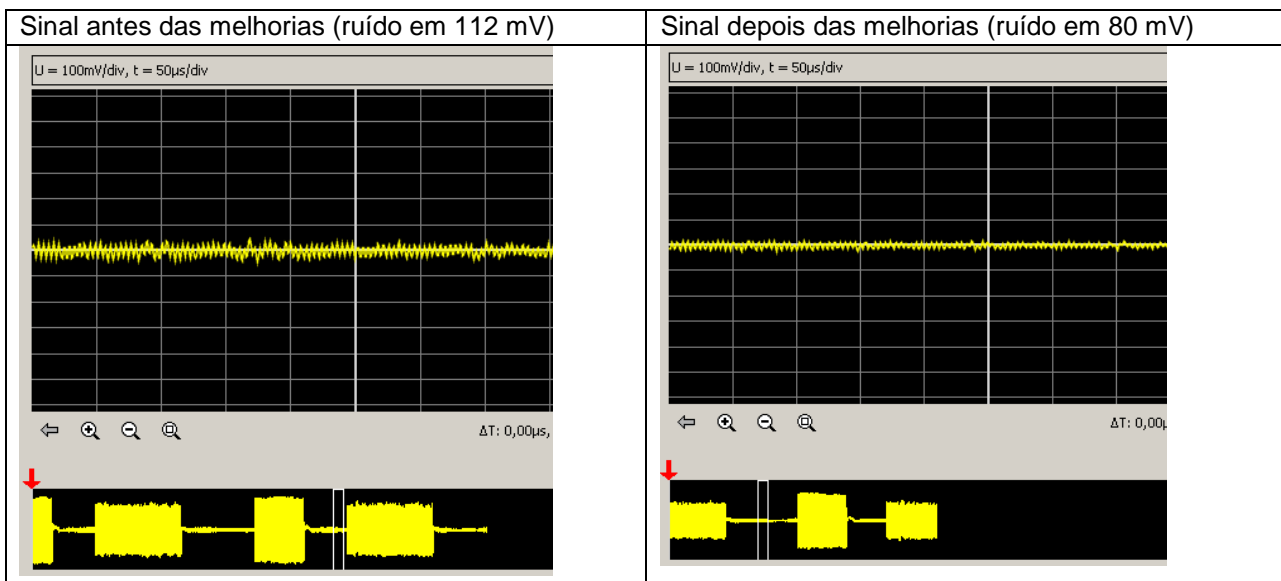


Figura 8. Análise de ruído.

A **Figura 99** exemplifica um problema de *jitter* em uma rede Profibus PA. Depois de realizadas melhorias houve uma diminuição significativa no jitter. Esta diminuição foi de um valor máximo de 4,2 μ s (a) para 1,8 μ s (b), alcançando melhoria de 57,1%. Além disso, a rede permaneceu estável com todos os instrumentos comunicando.

Antes das melhorias (jitter em 4,2 μ s e rede instável)						Depois das melhorias (jitter em 1,8 μ s e rede estável)					
Field Device Data						Field Device Data					
Addr... / Field Device Tag	Signal [mV]	Noise [mV]	Jitter [μ s]	Polarity		Addr... / Field Device Tag	Signal [mV]	Noise [mV]	Jitter [μ s]		
2	1125,0	49,0	4,2	Standard		2	737,0	24,0	1,8		
118	1131,0	49,0	3,2	Standard		99	685,0	24,0	1,2		
119	1143,0	49,0	3,1	Standard		101	671,0	24,0	1,2		
120	1154,0	49,0	3,5	Standard		108	684,0	24,0	1,2		
121	1129,0	49,0	3,4	Standard		109	682,0	34,0	1,0		
122	1187,0	49,0	3,3	Standard		111	685,0	24,0	1,1		
						113	652,0	34,0	1,4		
						114	683,0	24,0	1,2		

Figura 9. Análise de jitter.

4 DISCUSSÃO

O trabalho técnico de Cassiolato e Mesquita,⁽⁶⁾ exemplifica várias recomendações, como:

- topologias;
- tamanho do segmento;
- número de dispositivos;
- deve-se evitar splices (qualquer parte da rede que possua comprimento descontínuo de um meio condutor especificado, como por exemplo trechos sem blindagem, troca de meio condutor, conexão em terminais nus);
- utilização correta de terminadores;
- instalação correta de aterramento de rede;
- utilização correta de protetores de surto;
- isolar os cabos de rede de fontes de interferências eletromagnéticas;
- não misturar sinais de vários protocolos, quando forem utilizados cabos multivias;
- observar as determinações das normas de segurança e classificação da área;
- e
- utilização correta de caixas de junção;

Este estudo exemplifica algumas recomendações para instalação, mas a abordagem principal é a sugestão de “métodos para diagnóstico de falhas”. Os métodos a seguir são bem definidos e consolidados na prática pelos elaboradores:

- normas e recomendações aplicáveis;
- osciloscópio digital;
- Proficore PA Ultra Probe Procentec;
- DM-AM Pepper Fuchs.

O método “Normas e Recomendações Aplicáveis” apresentado neste estudo engloba os itens abordados no artigo de Cassiolato e Mesquita.⁽⁶⁾

5 CONCLUSÃO

Os problemas encontrados em redes PROFIBUS PA estão em sua maior parte relacionados às más instalações. Entre estes problemas, podemos destacar:

- raio de curvatura incorreto;

- conectores mal feitos ou inapropriados para a instalação;
- aterramento incorreto ou mal feito, podendo gerar loop de corrente e, conseqüentemente, queima de dispositivos;
- tamanho de segmentos incorreto (soma do tronco e spurs acima do permitido); e
- problemas nos instrumentos e dispositivos fornecidos pelos fabricantes, que ficam fora das especificações.

Os ganhos proporcionados pela utilização de técnicas de análise de redes Profibus em projetos de automação podem ser facilmente comprovados, principalmente pela diminuição de tempo de paradas não programadas, que causam prejuízos incalculáveis aos investidores.

Agradecimentos

Agradecemos a todos aqueles que contribuíram de forma produtiva para este trabalho e em especial a Vision Sistemas.

REFERÊNCIAS

- 1 PROFIBUS International, Normative Parts of PROFIBUS -FMS, -DP, -PA according to the European Standard EN 50170-2, Edition 1.0, March 1998.
- 2 PROFIBUS International, PROFIBUS Installation Guideline for Commissioning, Edition 1.0.2, November 2006.
- 3 International Electrotechnical Commission - IEC 61158-2, Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition, Edition 4, December 2007, chapter 21.
- 4 PROFIBUS International, Technical Guideline - PROFIBUS PA User and Installation Guideline, Edition 2.2, February 2003.
- 5 User Manual ProfiTrace 2, PROFIBUS Combi-Analyser on USB. Version 2.0, 10 February 2009.
- 6 CASSIOLATO, C., MESQUITA, M., Dicas de dimensionamento e instalação em redes PROFIBUS PA, 28 de junho de 2006. Disponível em: <http://www.smar.com/Brasil2/shownews.asp?Id=299>. Acesso em 15 de junho de 2009.
- 7 Disponível em: [http:// www.pepperl-fuchs.com](http://www.pepperl-fuchs.com). Acesso em 15 de junho de 2009.