

SOLUÇÃO DE TELEMETRIA PARA SANEAMENTO

Marcelo Wichhoff Pessoa⁽¹⁾

Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, Engenheiro de Controle e Automação. Atuando desde 2011 como Engenheiro de Soluções e Arquitetura em Saneamento na Schneider Electric Brasil.

Bernardo Auzier Bentes Couri

Engenheiro Elétrico. Atuando desde 2011 como Engenheiro de Produto em Telemetria e Remotas na Schneider Electric Brasil.

Endereço⁽¹⁾: Av. Nações Unidas, 18605 – Santo Amaro – São Paulo – São Paulo - CEP: 04753-100 - Brasil - Tel: +55 (11) 2161-4792 - Cel: +55 (11) 99739-1340 - e-mail: marcelo.pessoa@schneider-electric.com

RESUMO

A automação para telemetria de saneamento possui características diferentes. Assim foi realizado um comparativo básico entre algumas soluções para estações de telemetria (fibra ótica, rádio e GRPS) e foi aprofundado na solução de rádio. Onde foi realizado um estudo comparativo teórico do alcance de sistemas de rádios com diferentes frequências com visada livre. Também é explicado sobre técnicas de espalhamento espectral, a diferença entre o protocolo modbus e DNP3, supervisor e RTU (remota, que vem do inglês *Remote Terminal Unit*).

PALAVRAS-CHAVE: Telemetria, Rádio e Saneamento

1 INTRODUÇÃO

A competição industrial é cada vez mais acirrada no mercado mundial independente do segmento, criando nas indústrias algumas características em comum. Entre elas podemos citar: busca contínua de eficiência (em relação à performance de produção, ao consumo de energia, etc), aumento da qualidade do produto fornecido (em alguns casos aumento da disponibilidade de fornecimento) e a redução de custos (paradas, perdas, transporte, etc). Para alcançar estes resultados as indústrias investem cada vez mais em gestão e em automação, sendo que em muitos casos para ter uma gestão eficiente é necessária a automação.

Apesar de algumas características semelhantes cada segmento possui a sua peculiaridade. No caso específico de saneamento, de modo geral, há dois tipos de aplicações: as estações de tratamento (água e esgoto) onde todo o processo está em uma mesma área e as estações de telemetrias (captações, reservatórios, elevatórias, boosters, válvulas redutoras de pressão, pontos de medições de vazão e pressão) onde todo o processo está distribuído sobre a infra-estrutura de distribuição de água e coleta de esgoto da cidade. Como as unidades são distribuídas o maior desafio é a comunicação com as estações de telemetrias por longas distâncias.

Neste artigo serão comparadas algumas soluções utilizadas na telemetria que englobam desde o meio de transmissão a rádio, o protocolo de comunicação, o supervisor e as RTUs (remotas, que vem do inglês *Remote Terminal Unit*) em campo.

2 MEIO DE TRANSMISSÃO

As estações de telemetria podem utilizar diversas formas de comunicação, as mais comuns são fibra ótica, rádio e GPRS. Na tabela abaixo, segue um comparativo entre os três meios de comunicação, onde “+” é a menor nota e “+++++” é a maior nota:

Tabela 1: Comparativo entre os meios de comunicação.

	Fibra ótica	Rádio	GPRS
Custo de instalação em longas distâncias	+++++	++	+
Confiabilidade da comunicação	+++++	++++	++
Facilidade de planejamento	+	++++	+++++
Facilidade de instalação	+	++++	+++++
Facilidade de configuração	+++++	++++	+++
Facilidade na manutenção	+++	++++	+++++
Taxa de transmissão	+++++	+++	++

A utilização de fibra ótica como meio de comunicação apresenta muitas características interessantes, como: Imunidade a interferência eletromagnética e alta velocidade. Porém na maioria dos casos fica inviável financeiramente devido a grande quantidade de estações e a grande distância entre elas. Devido este alto custo de implementação da fibra ótica, as estações de telemetria normalmente utilizam a comunicações sem fio (rádio ou GPRS) que possuem benefícios como: menor custo de implementação que a passagem de cabos e simplicidade no planejamento. Porém em ambas as taxas de transmissão são menores, mas a confiabilidade do rádio é maior que a do GPRS, pois a comunicação GPRS depende do serviço das companhias de telefonia que dão privilégio à transmissão de voz e a cobertura do sinal nem sempre é boa sobre todas as cidades. Na continuação do artigo abordaremos a solução a rádio que atualmente tem o melhor Custo X Benefício.

2.1 RÁDIO

Os sistemas de rádio comunicação podem trabalhar com diversas frequências. Em todos os países possuem órgãos regulamentadores. No Brasil cabe a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) administrar o espectro de rádio frequências (conforme ANATEL, 2008). Estas agências regulamentadoras atribuíram algumas bandas de frequência específicas para serem usadas de forma mais flexível que é a banda ISM para aplicações industriais, científicas e médicas que vem do inglês: *Industrial, Scientific and Medical* (conforme ANATEL, 2006). Estas frequências podem ser utilizadas irrestritamente por qualquer aplicação sem a necessidade de licença (desde que os equipamentos utilizados estejam com a homologação válida na ANATEL), as mais comuns são: 900MHz e 2400MHz. Em soluções industriais de infra-estrutura como o saneamento também há uma grande utilização de faixas de frequência próximas 400MHz que necessitam de licença junto a ANATEL para a sua utilização.

Qual frequência é melhor para utilizar? Não há uma resposta pronta para esta pergunta, pois depende da necessidade da aplicação. Para verificar a necessidade da aplicação precisa verificar os seguintes itens:

- **Sensibilidade mínima do rádio utilizado** – é a medida do sinal mais fraco que o rádio receptor pode ouvir de forma viável (com uma baixa probabilidade de erro) a unidade de medida é dB, exemplo - 92dB ou -102dB. Quanto menor for a sensibilidade melhor é o rádio em relação à atenuação (perda de potência durante a transmissão, caminho) do sinal;
- **Distância do enlace de comunicação** – com o aumento da distância aumenta a atenuação do sinal, porém quanto maior for a frequência de comunicação maior é a perda de caminho (atenuação) do sinal;
- **Potência do rádio** – é a potência utilizada pelo rádio na transmissão do sinal. Quanto maior for a potência maior é a distância do enlace, pois há mais potência para ser atenuada durante o caminho do sinal. Cada faixa frequência possui um valor máximo de potência permitido pela ANATEL, isto também depende da largura do canal. Os valores mais comuns são:

Tabela 2: Frequência X Potência padrões do rádio.

Frequência (MHz)	Potência máxima (W)
400	10
900	1
2400	0,4

- Perdas em cabos e conectores – quanto maior for o comprimento do cabo maior é a perda. E quanto maior for o isolamento do cabo (“mais grosso”) menor é a perda no comprimento;
- Ganho das antenas – normalmente é utilizado dois tipos de antenas a omnidirecional e a direcional. A omnidirecional é ideal para utilização em pontos centrais com comunicação para vários rádios (ponto para multi ponto), pois o espectro do sinal é em todas as direções na horizontal e antena direcional é ideal para a utilização nos outros rádios (ponto para ponto), pois a antena gera um ângulo no espectro do sinal aumentando o ganho da antena, assim quanto mais estreito for o ângulo do espectro maior é o ganho. Normalmente o ganho da antena direcional é maior que o da omnidirecional;
- Taxa de transmissão – normalmente com o aumento da frequência do rádio é encontrada uma taxa de transmissão maior, pois a largura do canal é maior (com a largura do canal maior a potência permitida é menor).

Para melhor entendimento da relação entre sensibilidade, atenuação, potência e ganho de antenas seguem a formula de Fraiis adaptada com a perda do cabo (conforme LINK BUDGET, 2015):

$$P_R(dBm) = P_T(dBm) + G_T(dB) + G_R(dB) - L_P(dB) - C_T(dB) - C_R(dB)$$

Onde P_R é a potência recebida, P_T é potência transmitida, G_T é o ganho da antena do transmissor, G_R é o ganho da antena do receptor, L_P é a perda do caminho (atenuação no ar), C_T é a perda por atenuação no cabo do transmissor e C_R é a perda por atenuação no cabo do receptor. A perda do caminho pode ser definida pela seguinte formula (considerando a visada direta sem nenhuma interferência no sinal):

$$L_P(dB) = 32,45 + 20 * \text{Log}_{10}(d_{Km}) + 20 * \text{log}_{10}(f_{MHz})$$

Onde d_{Km} é a distância em Km, f_{MHz} é frequência em MHz.

Exemplo, considerando as seguintes premissas: rádio de 900MHz, com potência de 1 Watt (30dB), sensibilidade de -92dBm, antena transmissora com ganho de 6dB, antena receptora com ganho de 6dB, perda no cabo/conector do transmissor de 3dB e perda no cabo/conector do receptor de 3dB e a distância de 10Km, a atenuação no caminho é de:

$$L_P = 32,45 + 20 * \text{Log}_{10}(10) + 20 * \text{log}_{10}(900) = 111,53 \text{ dB}$$

Assim a potência recebida é de:

$$P_R = 30 + 6 + 6 - 111,53 - 3 - 3 = -75,53 \text{ dBm ou } 2,799 * 10^{-11} \text{ W}$$

Com este resultado o enlace estaria aceitável já que o valor calculado da potência recebida é de $-75,53 \text{ dBm}$ e a sensibilidade mínima do rádio definida nas premissas acima era de até -92 dBm . Agora fazendo o mesmo cálculo com as frequências de 400 e 2400MHz, com suas respectivas potências máximas e mantendo as outras premissas, e comparando com o resultado do 900MHz obtém:

Tabela 3: Resultados da potência na receptora.

Frequência (MHz)	Potência transmissor (dBm – W)	Distância (Km)	Potência receptora (dBm – W)
400	40 – 10	10	-58,49 ou $1,416 * 10^{-9}$
900	30 – 1	10	-75,53 ou $2,799 * 10^{-11}$
2400	26 – 0,4	10	-88,05 ou $1,565 * 10^{-12}$

OBS.: Na coluna “Potência transmissor” acima pode-se visualizar que a variação em dBm de 40 para 20 significa uma grande variação em Watts de 10 para 0,1, isto ocorre pois a relação é exponencial. Este detalhe é muito importante na hora de analisar a sensibilidade de um rádio, pois alguns possuem uma sensibilidade melhor (menor valor em dBm) o que significa uma maior capacidade (exponencial) em relação a atenuação do sinal.

Os projetistas de rádio enlace ainda consideram uma margem de segurança em relação a sensibilidade mínima

do rádio, devido ao crescimento de árvores e mudanças nas condições atmosféricas como temperatura e chuva que podem aumentar a atenuação do sinal no ar. Por exemplo: se a sensibilidade do rádio é de -92dBm o sistema de rádio enlace é projetado para ficar no mínimo com -82dBm. Assim, se considerarmos os resultados encontrados na tabela acima, verifica-se que o rádio de 2400MHz não atende a este critério de projeto para uma distância de 10Km. Lembrando que para o cálculo foi considerado visada direta sem nenhuma interferência de árvores e prédios, que nem sempre acontece na realidade. Se houvesse interferência de árvores e prédios em ambos os casos a potência na receptora seria menor ainda. Os rádios com menor frequência, ou seja, com maior comprimento de onda são os menos afetados em relação aos obstáculos, pois possuem maior difração conseguindo contornar melhor os obstáculos e fazendo o sinal seguir o solo durante todo o seu percurso. Assim, conclui-se que quanto menor for a frequência maior vai ser a distância de comunicação e maior vai ser a confiabilidade do enlace de rádio, isto também ocorre por que os rádios de menor frequência normalmente possuem maior potência.

2.1.1 TÉCNICA DE ESPELHAMENTO ESPECTRAL DO SINAL

Num sistema de transmissão de dados, seja ele digital ou analógico, com ou sem fio, precisam-se utilizar formas de inserir as informações úteis em um sinal de Rádio Frequência, chamado de onda portadora, que será o veículo de transporte da informação de um ponto a outro. Estas formas de inserção de informação em um sinal são chamadas de modulação, e permite que esta informação seja transportada embutida nos parâmetros de amplitude, frequência ou fase da portadora (conforme MALBURG, 2004).

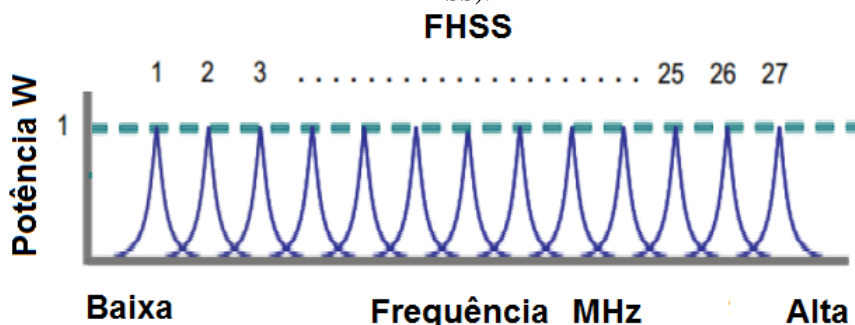
A IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) criou um padrão para a conectividade das redes sem fios conhecido como IEEE 802.11 e para acompanhar a necessidade de uma maior taxa de comunicação IEEE vem criando variações da IEEE 802.11 indicado pelas letras ao final do protocolo, como: 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac e etc.

Durante a segunda guerra mundial foram utilizadas algumas técnicas de propagação/espalhamento de espectro (do inglês *spread spectrum*) com o objetivo de comunicar em longas distâncias e ter segurança nas informações para os inimigos não conseguissem interpretar o sinal interceptado. Atualmente as técnicas de espalhamento espectral mais comuns são o FHSS e DSSS (conforme SCHWARTZ).

O FHSS salto de frequência de espalhamento espectral em (do Inglês *Frequency Hopping Spread Spectrum*), é uma das técnicas de espalhamento espectral utilizado no IEEE802.11. Onde, os rádios com modulação FHSS transmitem em pequenos canais (tipicamente <500kHz, durante um tempo menor que 400ms) que são escolhidos aleatoriamente pelo algoritmo do rádio, como a cada instante estará comunicando em um canal diferente somente conhecido pelos rádios isto aumenta a segurança. Ao utilizar este padrão de saltos os rádios com a tecnologia FHSS podem operar dentro de um ambiente de alta interferência e no caso de um canal estiver com interferência, o rádio simplesmente pula para outro canal e retransmite, possibilitando a coexistência com outros rádios (conforme, SCHNEIDER ELECTRIC DSSS vs. FHSS).

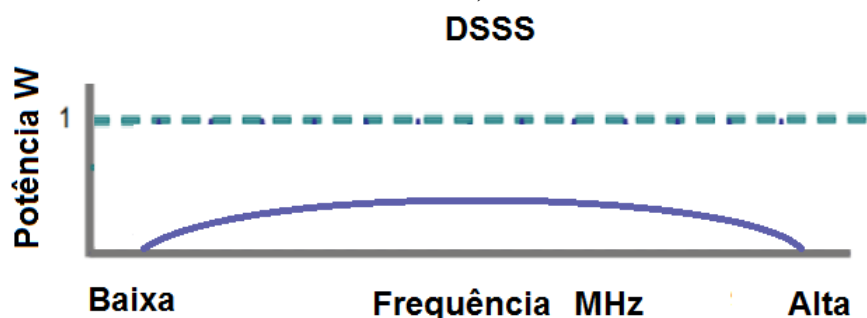
No FHSS as transmissões são realizadas sobre canais com larguras de bandas pequenas, assim permitindo um nível maior de potência na transmissão, provendo a comunicação em longas distâncias (até 70 Km na frequência de 915MHz utilizando antenas com ganho alto e com visada). No entanto, canais com largura de banda pequena restringe a taxa de transferência dos dados. Assim, canais com largura de banda pequena não são adequados para aplicações com alta taxa de transferência de dados (a taxa típica de transmissão é inferior a 2 Mbps). Porém é ideal para aplicações com baixa taxa de transferência e aplicações distribuídas em longas distâncias, como encontrado em aplicações de automação (SCADA e remotas distribuídas) em saneamento (captações, reservatórios, elevatórias, boosters, válvulas redutoras de pressão, pontos de medições de vazão e pressão). O FHSS ainda possui uma tolerância alta para sinais refletidos/multicaminhos (conforme, SCHNEIDER ELECTRIC DSSS vs. FHSS).

Figura 1: Gráfico dos canais da tecnologia FHSS (FONTE: SCHNEIDER ELECTRIC DSSS vs. FHSS).



O DSSS é comumente encontrado nos equipamentos de WiFi. Os dados são transmitidos em uma faixa de frequência mais larga (tipicamente 26MHz e como uma taxa de transmissão tipicamente de 11 a 54Mbps) usando um algoritmo de espalhamento. Isto permite que vários equipamentos operem na mesma área física sem significativa interferência, mas devido a larga banda de frequência as potências de transmissão são geralmente menores. No entanto, a larga banda de comunicação resulta em uma alta taxa de dados, mas por curtas distâncias tipicamente 200 metros, podendo ser aumentado com o uso de antenas (conforme, SCHNEIDER ELECTRIC DSSS vs. FHSS).

Figura 2: Gráfico do canal da tecnologia DSSS (FONTE: SCHNEIDER ELECTRIC DSSS vs. FHSS).



Assim, conclui-se que as técnicas de espalhamento de espectro do sinal são importantes para evitar a interferência. Aonde a necessidade é de grande taxa de comunicação o ideal é utilizar a tecnologia DSSS e aonde o mais importante é a distância e a confiabilidade é melhor utilizar o FHSS.

3 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

O protocolo de comunicação também é importante no caso das estações de telemetria, pois dependendo do protocolo a ser utilizado, vai utilizar uma maior ou menor banda de transmissão. E alguns protocolos possuem a capacidade de armazenar os dados no caso da perda de comunicação e restaurar após o seu retorno.

Para este estudo a seguir (baseado BEVIN, 2009) serão considerados o protocolo modbus/RTU que é amplamente utilizado no mundo e o protocolo DNP3 que é um protocolo dedicado para redes distribuídas que vêm do inglês, *Distributed Protocol Network*.

As estações de telemetria em saneamento possuem uma quantidade pequena de equipamentos, como por exemplo: três bombas, um multimedidor, dois instrumentos analíticos e alguns outros sinais digitais, como: sensor de presença, sinal falta de fase e etc. Para estes equipamentos vão ser considerados o monitoramento 32 sinais digitais e 16 analógicos. E como normalmente o saneamento é um processo lento com respostas na casa dos segundos, com controle local pela a automação e com apenas monitoramento remoto, vão ser definidas as seguintes **NECESSIDADES** de projeto, são elas:

1. Os sinais digitais e analógicos devem ser registrados com uma precisão de 10 segundos;
2. As mudanças dos sinais digitais precisam ser reportadas para o centro de controle com 1 minuto de ocorrência;
3. As mudanças dos sinais analógicos precisam ser reportadas para o centro de controle com 10 minutos de ocorrência.

Também serão adotadas as seguintes **PREMISSAS** de comportamento do sistema:

1. Haverá 128 mudanças de sinais digitais a cada 1 hora;
2. Haverá 80 mudanças de sinais analógicos a cada 1 hora. As mudanças podem ser configuradas quando o valor analógico atinge um valor pré-definido (um limite ou setpoint) ou quando o valor tiver uma mudança significativa (por exemplo, a mudança de 5% em relação ao valor anterior considerando a escala completa da variável);
3. Será considerado que nenhum pacote de dados será perdido (transmissão perfeita).

MÉTODO 1: MODBUS

O sistema é configurado para ler os 32 sinais digitais com a função READ INPUT STATUS e os 16 analógicos com a função READ HOLDING REGISTERS. Para atender a NECESSIDADE 1 do projeto o intervalo de leitura deve ser 10 segundos. Assim, também vão ser atendidas as NECESSIDADES 2 e 3 com o intervalo de leitura de 10 segundos.

Para a leitura dos 32 estados vão gerar 17 bytes a cada 10 segundos:

Figura 3: Pacote de leitura de 32 estados no protocolo Modbus com o método 1 (FONTE: BEVIN, 2009).



Para a leitura dos 16 registros vão gerar 45 bytes a cada 10 segundos:

Figura 4: Pacote de leitura de 16 registros no protocolo Modbus com o método 1 (FONTE: BEVIN, 2009).



Combinando as leituras de sinais digitais e analógicos gera um total de 62 bytes a cada 10 segundos. Calculando isto durante um dia gera:

62 bytes por leitura x 6 leituras a cada minuto x 60 minutos x 24 horas = 535.680 bytes

MÉTODO 2: MODBUS

O sistema é modificado para ler os 32 sinais digitais são agrupados em dois registros de 16 bits com a função READ HOLDING REGISTERS seguindo imediatamente pelos 16 sinais analógicos. Semelhante ao MÉTODO 1 foi mantido a o intervalo de leitura a cada 10 segundos atendendo as NECESSIDADES 1, 2 e 3.

Para a leitura de 18 registros vão gerar 49 bytes a cada 10 segundos:

Figura 5: Pacote de leitura de 18 registros no protocolo Modbus com o método 2 (FONTE: BEVIN, 2009).



A leitura dos sinais gera um total de 49 bytes a cada 10 segundos. Calculando isto durante um dia gera:

49 bytes por leitura x 6 leituras a cada minuto x 60 minutos x 24 horas = 423.360 bytes

MÉTODO 3: DNP3

O sistema conta com 32 sinais digitais e 16 sinais analógica. Pontos analógicos serão armazenados como registros de 16 bits. Os sinais digitais serão transmitidos como “pacotes” em objetos estáticos.

O DNP3 suporta estampa de tempo para eventos. Portanto, o requerimento da NECESSIDADE 1 é atendida.

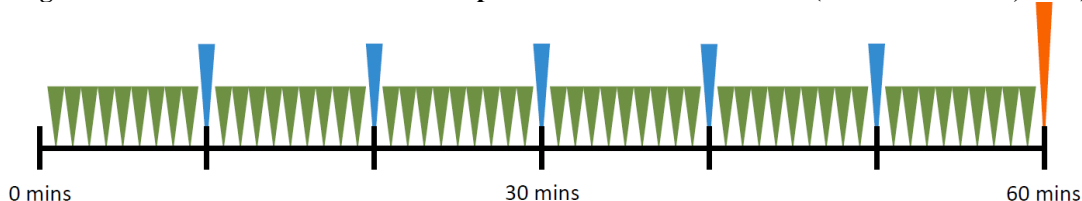
Todos os 32 sinais digitais foram configurados para serem reportados de acordo com o evento Classe 1. Para atender a NECESSIDADE 2 a Classe 1 foi configurada para o intervalo de leitura de 1 minuto.

Todos 16 sinais analógicos foram configurados para serem reportados de acordo com o evento Classe 2. Para atender a NECESSIDADE 3 a Classe 2 e foi configurada para o intervalo de leitura de 10 minutos.

Para manter a integridade dos dados a leitura vai ser agendada para cada 1 hora.

O regime de leitura horário pode ser descrito, como:

Figura 6: Eventos de monitoramento do protocolo DNP3 no método 3 (FONTE: BEVIN, 2009).



O reporte para os eventos da Classe 1 são representados pelas setas verdes (tamanho menor), as quais ocorrem a cada minuto. O reporte combinando os eventos das Classes 1 e 2 são representados pelas setas azuis (tamanho médio), as quais ocorrem a cada 10 minutos. O reporte de integridade está representada pela seta laranja (tamanho maior), a qual ocorre a cada 1 hora.

Para a leitura de integridade foi considerada que só contem dados estáticos (não há eventos esperando para ser coletados).

Figura 7: Pacote de leitura de integridade no protocolo DNP3 com o método 3 (FONTE: BEVIN, 2009).

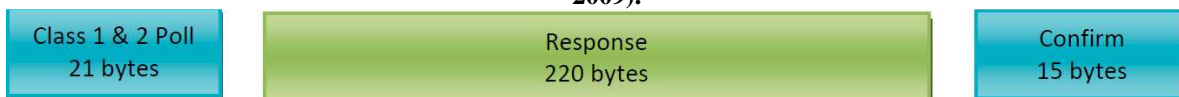


Isto gera um total de 100 bytes para uma leitura de integridade. Calculando isto durante um dia gera:

$$100 \text{ bytes por leitura} \times 24 \text{ horas} = 2.400 \text{ bytes}$$

A PREMISSA 2 define que haverá 80 mudanças analógicas por hora, como existem 16 sinais analógicos, cada sinal analógico vai se reportado 5 vezes por hora que será a combinação da Classe 1 e 2.

Figura 8: Pacote de reporte da Classes 1 e 2 no protocolo DNP3 com o método 3 (FONTE: BEVIN, 2009).



Isto gera um total de 256 bytes por leitura. Calculando isto durante um dia gera:

$$256 \text{ bytes por leitura} \times 5 \text{ leituras por hora} \times 24 \text{ horas} = 30.720 \text{ bytes}$$

A PREMISSA 1 define que haverá 128 mudanças dos sinais digitais por hora, como existem 32 sinais digitais, cada sinal digital vai se reportado 4 vezes por hora na Classe 1.

Figura 9: Pacote de reporte da Classe 1 no protocolo DNP3 com o método 3 (FONTE: BEVIN, 2009).



Isto gera um total de 247 bytes por leitura. Calculando isto durante um dia gera:

$$247 \text{ bytes por leitura} \times 4 \text{ leituras por hora} \times 24 \text{ horas} = 23.712 \text{ bytes}$$

Considerando que todos os sinais digitais serão reportados em 4 leituras, existem 50 reportes de Classe 1 por hora que serão reportados sem eventos (esta consideração não muda o resultado final da quantidade de bytes reportados).

Figura 10: Pacote de reporte da Classe 1 sem eventos no protocolo DNP3 com o método 3 (FONTE: BEVIN, 2009).



Isto gera um total de 35 bytes por leitura. Calculando isto durante um dia gera:

35 bytes por leitura x 50 leituras por hora x 24 horas = 42.000 bytes

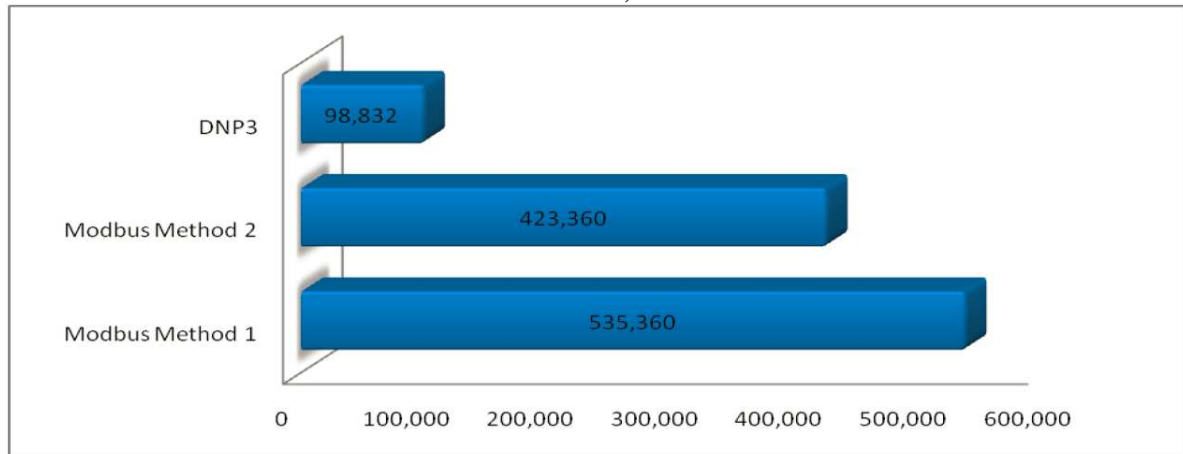
Calculando o total de bytes trafegados por um período de 1 dia, é necessário somar a leitura de integridade, os eventos analógicos, os eventos digitais e os eventos vazios. Calculando isto durante um dia gera:

2.400 (integridade) x 30.720 (analógicos) x 23.712 (digitais) + 42.000 (vazios) = 98.832 bytes

RESULTADO

O gráfico abaixo mostra o número de bytes em uma estação de telemetria por dia para os três métodos descritos:

Figura 11: Resultado do número de bytes trafegados por dia nos 3 métodos (FONTE: BEVIN, 2009).

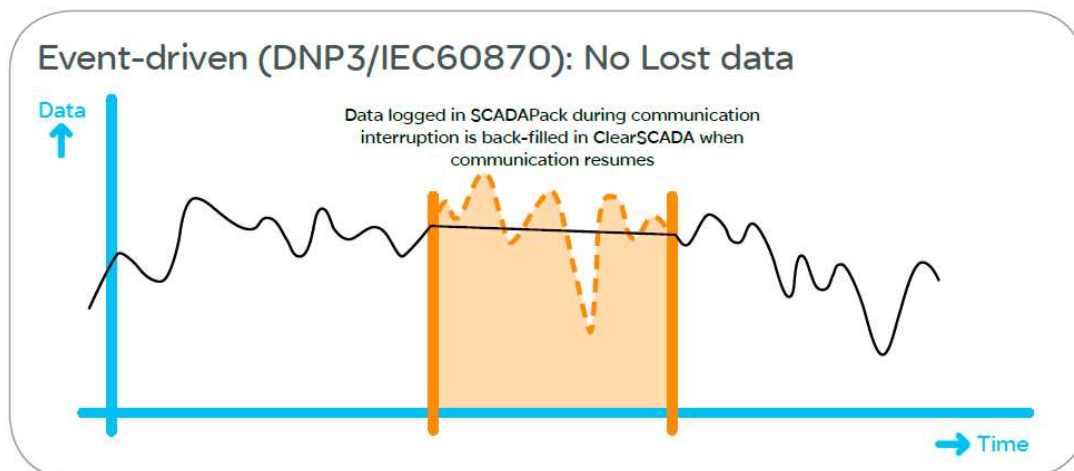


Este estudo, com estas definições, mostrou que a taxa de transferência de dados das estações de telemetria são pequenas. O método utilizando o DNP3 ainda apresentou um taxa de transmissão 23% mais eficiente que o método modbus mais eficiente (na prática o método modbus mais utilizado é o menos eficiente sem otimização dos sinais digitais).

Outro ponto importante é que se o número de eventos analógicos e/ou digitais for menor que a PREMISA utilizada neste estudo, o número de bytes utilizado no DNP3 vai ser reduzido enquanto no modbus seria mantido o mesmo. No mundo real, isto significa que a redução da taxa de transmissão por estação possibilita o aumento da quantidade de estações de telemetria sem a necessidade de substituir a infra-estrutura de comunicação existente.

O DNP3 ainda fornece outra característica importante que não é disponível no modbus, que é a estampa de tempo dos eventos das estações remotas. Isto permite que no caso de uma falha de comunicação os dados sejam gravados no equipamento remoto e quando reestabelecer a comunicação os dados são enviados ao sistema de supervisão automaticamente sem a perda de informações (inclusive os gráficos são preenchidos automaticamente). E se os equipamentos estiverem com a estampa de tempo sincronizadas é possível identificar aonde ocorreu um evento antes, mesmo que eles ocorram em um tempo muito próximo, função que o modbus também não possui.

Figura 12: Preenchimento dos dados após queda de comunicação (FONTE: Schneider Electric, 2011).



O DNP3 possui níveis diferentes de implementação. O nível 1 são para comunicar medidores ou instrumentos básicos, o nível 2 são para controladores pequenos, o nível 3 são para controladores maiores e remotas (RTU) com características de leituras em grupos e o nível 4 são funções adicionais mais sofisticadas aos 3 primeiros níveis e com sincronismos de tempo por rede ethernet (conforme, DNP3 Q&A with Schneider Electric).

O DNP3 não é estático e imutável, mas sim permite extensões para ser desenvolvida por usuários finais e integrado no âmbito do protocolo. Os usuários podem definir estruturas de dados orientados a objetos para transferir informações específicas da indústria em questão usando DNP3. Um exemplo notável das camadas específicas da indústria é a criação no Reino Unido do padrão de telemetria para a indústria do saneamento, definido como WITS (que vem do inglês *Water Industry Telemetry Standard*). Esta extensão do DNP3 padroniza os dados da indústria da água para:

- Gestão de Ativos;
- Configuração Incremental;
- Status do dispositivo;
- Logging;
- Alarme.

3.1 SUPERVISÓRIO E RTU (REMOTA)

O supervisório e as remotas são tão importantes como a definição do rádio e do protocolo. O protocolo é um fator muito importante para definir o supervisório e as remotas, pois eles precisam ser compatíveis com o protocolo e o nível do protocolo utilizado.

Muitos supervisórios são preparados para alto desempenho de processos, que não é a realidade da telemetria no saneamento, gerando uma grande quantidade de leituras por segundo. Alguns supervisórios de mercado são dedicados a telemetria possuindo como padrão a integração dos diagnósticos do rádio e a configuração remota das RTUs.

As RTU além de serem compatíveis com o protocolo e o nível do protocolo devem possuir características de remotas como conectividade, amplo range de temperatura de operação, amplo range de alimentação (por exemplo 11 a 30 Vcc, para utilização de alimentação com placas solares 12Vcc).

4 CONCLUSÃO

A automação para telemetria possui características diferentes da automação de processo, como: tempo de resposta, taxa de transferência, topologia e meio de transporte. Vimos que o rádio é um meio de transmissão muito importante para saneamento e quanto menor a frequência maior é o alcance do sistema de rádi, maior é a confiabilidade e menor é a taxa de comunicação, porém a taxa de comunicação em saneamento é muito pequena não sendo um fator de limitação para os rádios de baixa frequência. Os protocolos modbus e DNP3 funcionam muito bem para telemetria, porém o protocolo DNP3 consegue uma taxa de transferência menor e evita a perda de dados mesmo com a queda de comunicação devido a sua função nativa de armazenamento de informações com estampa de tempo. Um outro ponto que pode ser interessante ao saneamento é o protocolo WITS, que seria um protocolo dedicado a este segmento e algumas remotas de mercado já possuem este protocolo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEVIN, D. Modbus and DNP3: Comparing Communication Efficiencies. Control Microsystems White Paper, p. 1-6, Setembro de 2009. Disponível em http://leadwise.mediadroit.com/files/9386CMI_Modbus_vs_DNP3_whitepaper.pdf. Acesso em 05 de Abril de 2015.
2. SCHNEIDER ELECTRIC. Remote Management of Critical Infrastructure - ClearSCADA. Setembro de 2011. Disponível em: <http://www.schneider-electric.co.za/documents/solutions/energy-efficiency-documents/se-clearscada-product-brochure.pdf>. Acesso em 05 de Abril de 2015.
3. ANATEL. Resolução nº506, 1º de Julho de 2008. Junho de 2008. Disponível em: <http://legislacao.anatel.gov.br/resolucoes/2008/104-resolucao-506#art2>. Acessado em 05 de Abril de 2015.
4. ANATEL. Atribuições de Faixas de Frequências no Brasil. Outubro de 2006. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=98580&assuntoPublicacao=Quadro%20de%20Atribui%20E7%E3o%20&caminhoRel=null&filtro=1&documentoPath=radiofrequencia/qaff.pdf>. Acesso em 05 de Abril de 2015.
5. SCHNEIDER ELECTRIC. DSSS vs. FHSS - A theory based discussion on Direct sequence spread spectrum vs. Frequency hopping spread spectrum. Schneider Electric White paper.
6. DNP3 Q&A with Schneider Electric, Setembro de 2013. Disponível em: <http://www.remotemagazine.com/main/articles/dnp3-qa-with-schneider-electric/>. Acessado em: 05 de Abril de 2015.
7. MALBURG, M. M. Trabalho Final de Redes – Tema: Modulação. Novembro de 2004. Disponível em: http://www.gta.ufrrj.br/grad/04_2/Modulacao/. Acessado em: 05 de Abril de 2015.
8. LINK BUDGET, Janeiro de 2015. Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Link_budget. Acessado em: 05 de Abril de 2015.
9. SCHWARTZ, S.M. Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) vs. Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) in Broadband Wireless Access (BWA) and Wireless LAN (WLAN). Sorin M. Schwartz Seminars. Disponível em: http://sorin-schwartz.com/white_papers/fhvsds.pdf Acesso em 05 de Abril 2015.
10. TOURRILHES, J. Linux Wireless LAN Howto. Ago 1998. Disponível em: http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux/Linux.Wireless.modem.html Acesso em 05 de Abril de 2015.