

I-066 - MONITORAMENTO DE SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA VIA REDE SEM FIO ZIGBEE

Sandro Rogério Lautenschlager⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela UEM. Mestre e Doutor em Engenharia Civil pela EPUSP. Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá.

Alexandre Hitoshi Ito

Engenheiro Civil pela UEM. Mestrando em Engenharia Urbana PEU/UEM

Mayla Kellen Carvalho

Graduanda em Engenharia Civil pela UEM

Rodrigo Fernandes Junqueira

Engenheiro Civil pela UEM. Mestre em Engenharia Urbana PEU/UEM e Coordenador da Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar.

Oswaldo Teruo Kaminata

Engenheiro Civil pela UNG. Mestre em Engenharia Urbana PEU/UEM.

Endereço⁽¹⁾: Av. Colombo, 5790 Bloco C67 Campus Universitário Sede CEP 87020-900 Maringá-PR – Tel (44) 3011-1332 - e-mail: srlager@uem.br

RESUMO

Redes de sensores sem fio (RSSF) têm sido apontadas como uma tecnologia promissora para o monitoramento em tempo quase real da infraestrutura de distribuição de água, coletando dados in situ e transmitindo esses dados para um centro de controle operacional. Este trabalho apresenta os resultados do uso de sensores de pressão e cloro fornecendo saídas no formato 4-20mA e sendo convertidos e transmitidos usando uma rede do tipo zigbee. Verificou-se a necessidade da adição de um filtro para reduzir o ruído produzido na saída do sensor de cloro e que o alcance de comunicação entre os nós da rede pode ser de até 50 metros.

PALAVRAS-CHAVE: Rede de distribuição de água, Transmissão de dados via rede Zigbee, Cloro residual, Qualidade da água.

INTRODUÇÃO

Redes de sensores sem fio (RSSF) têm sido apontadas como uma tecnologia promissora para o monitoramento em tempo quase real da infraestrutura de distribuição de água, coletando dados in situ e transmitindo esses dados para um centro de controle operacional (STOIANOV, NACHMAN e MADDEN, 2007; CAO, TIAN, LIU, 2008; ALLEN et al., 2011).

O objetivo deste trabalho foi verificar o comportamento de acoplar sensores de pressão e cloro a conversores de sinal analógico 4-20mA para digital e transmitir estas informações através de uma rede sem fio do tipo zigbee para uma central de monitoramento.

Estes dados podem ser utilizados para monitorar a rede e também para calibrar modelos matemáticos que permitam simular cenários de operação da rede, reduzindo assim, a adição de cloro. Com estas informações pode-se gerenciar melhor a pressão na rede reduzindo as perdas físicas no sistema. Além disso, esta solução irá proporcionar um acompanhamento da distribuição espacial da concentração de cloro na rede de distribuição em tempo quase real além da possibilidade de realizar leitura do consumo através de medidores inteligentes instalados nas residências.

MATERIAL E MÉTODOS

O abastecimento de água na rede de distribuição que está sendo estudada ocorre por gravidade, não havendo nenhuma bomba para recalque no sistema principal, existindo uma válvula redutora de pressão (VRP) para diminuir a pressão excessiva.

A rede é do tipo ramificada e sua tubulação principal têm aproximadamente 5612,0 metros de comprimento. Na Figura 1 apresenta-se o mapa com os sistemas instalados.

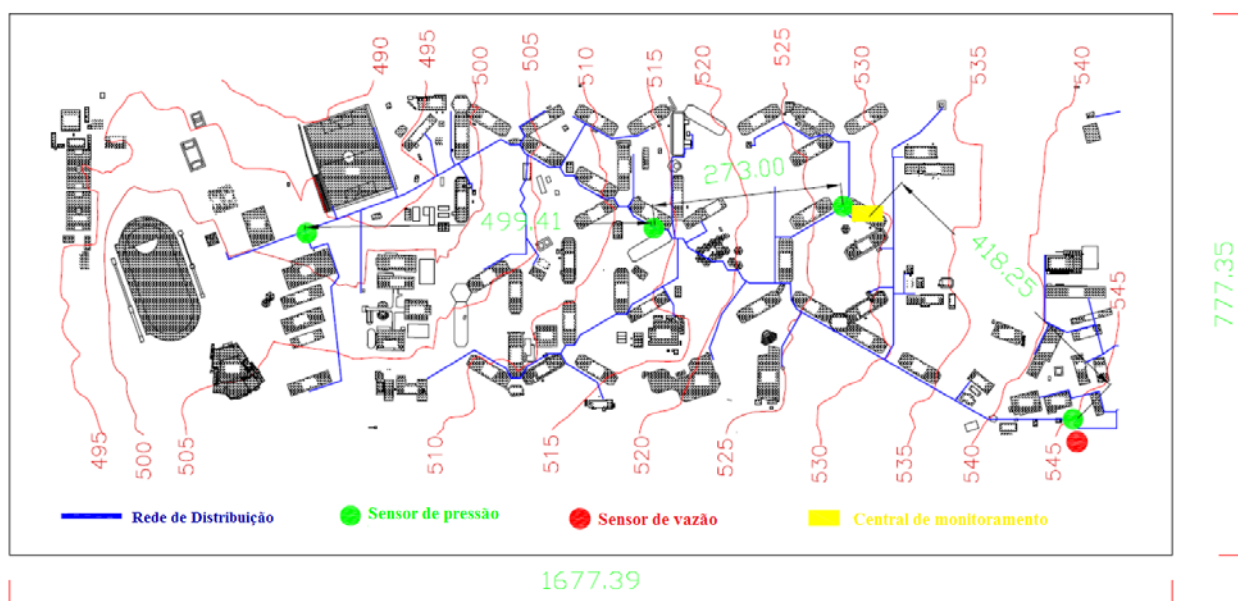


Figura 1 : Mapa da Universidade Estadual de Maringá – (UEM) com a rede de distribuição em azul, os sensores de pressão em círculo verde, medidor de vazão em círculo vermelho e a central de monitoramento representada em retângulo amarelo. As linhas em vermelho representam a elevação do terreno, sendo 500m o ponto mais baixo e 545 m o ponto mais alto.

O medidor de vazão utilizado é da marca Emerson Process Management, modelo 8711, que utiliza o princípio eletromagnético, com montagem flangeada na tubulação principal com diâmetro de 200 mm. Este medidor mede de 0,01 a 12 m/s a velocidade do fluido, com exatidão de medição de $\pm 0,25\%$ do valor medido. O sinal de saída do transmissor é 4 a 20 mA (miliampére) + HART+ pulso.

Para a medição da pressão foram instalados quatro transmissores de pressão da marca Emerson Process Management, modelo 2088, que auferem de 0 a 20 bar e possuem sinal de saída de 4-20 mA + HART.

Para medição da concentração de cloro residual foram utilizados três sondas Kapta 2000 da empresa Veolia Water com capacidade de leitura de concentração de cloro livre de 0 a 5mg/L com sinal de saída de 4 a 20 mA.

Para transmissão das informações esta sendo utilizado um módulo ZigBee analógico (I/O) da empresa Digi® que converter o sinal de saída analógico de 4-20mA dos sensores em dados digitais e transmiti para um modem denominado coordenador da rede connectport X2 Digi®. Esta sendo usado o software ESP 2.1 para desenvolvimento em plataformas de produtos Digi®, construído na plataforma Eclipse™ que oferece um código-fonte que pode ser editado em linguagem de programação python.

Foram realizados testes com osciloscópio, modelo TEKTRONIX 2225, para verificar a frequência que a sonda de cloro encaminhava os dados de corrente e se existia um ruído que poderia ser reduzido com a introdução de um filtro (capacitor).

Testou-se o alcance do sinal do sistema de comunicação Xbee Adapter em uma edificação (Bloco C67) utilizada para ensino e funções administrativa na Universidade Estadual de Maringá (UEM). Verificou-se também se existia a formação da rede de comunicação entre os nós. Para testar a formação da rede distanciou-se um nó do coordenador até ele perder o sinal e então se introduziu um novo nó entre eles.

RESULTADOS

Funcionamento do Zigbee®

Esse experimento consistiu em verificar o funcionamento do conversor ZigBee® por meio da variação da corrente elétrica, e leitura computacional por meio do coordenador ConnectPort X2. Iniciou-se com uma combinação de um resistor de 470Ω e um outro de 560Ω, totalizando-se, portanto 1030Ω. Essas combinações foram feitas de tal modo que as resistências aumentassem (1590Ω, 2150Ω e 2620Ω), e por consequência a corrente diminuísse.

As leituras eram obtidas diretamente pelo multímetro, colocado em série logo após os resistores, e também pelo computador com o auxílio do software Digi® ESP 2.1. As leituras foram realizadas a cada 10 segundos. Os resultados obtidos pelo software de coleta de informações na plataforma Digi® ESP 2.1 eram exportados para um arquivo .txt. Na Tabela 1 apresenta-se um resumo dos valores obtidos pela leitura através do multímetro e o transmitido pela rede sem fio e armazenado no computador. Na Figura 2 apresenta-se a relação entre a variação da resistência e a corrente observada confirmando a relação $U = R \cdot I$, onde U representa a variação de tensão (Volt), R a resistência (ohm) e I a intensidade de corrente (ampere).

Tabela 1: Dados de corrente obtidos diretamente do multímetro (mA) e pelo ZigBee® (mA) e a diferença relativa δ (%) .

Mult*. (mA)	Zigbee (mA)	δ (%)	Mult*. (mA)	Zigbee (mA)	δ (%)	Mult*. (mA)	Zigbee (mA)	δ (%)	Mult*. (mA)	Zigbee (mA)	δ (%)
Resistência = 1030Ω			Resistência = 1590Ω			Resistência = 2150Ω			Resistência = 2620Ω		
13,84	13,13	5,1	8,52	8,10	4,9	6,1	5,83	4,4	5,4	5,14	4,8
13,84	13,13	5,1	8,52	8,10	4,9	6,11	5,83	4,6	5,41	5,14	5,0
13,84	13,13	5,1	8,52	8,12	4,6	6,12	5,83	4,7	5,4	5,14	4,8
13,85	13,15	5,0	8,52	8,126	4,6	6,12	5,83	4,7	5,41	5,14	5,0
13,85	13,13	5,2	8,52	8,10	4,9	6,12	5,83	4,7	5,4	5,14	4,8
13,84	13,15	5,0	8,52	8,12	4,6	6,12	5,83	4,7	5,41	5,14	5,0
13,85	13,15	5,0	8,52	8,12	4,6	6,12	5,83	4,7	5,32	5,14	3,3
13,84	13,17	4,8	8,52	8,10	4,9	6,12	5,83	4,7	5,41	5,14	5,0
13,72	13,15	4,1	8,52	8,126	4,6	6,12	5,83	4,7	5,4	5,14	4,8
13,85	13,15	5,0	8,52	8,10	4,9	6,12	5,83	4,7	5,41	5,14	5,0
13,84	13,15	5,0	8,52	8,12	4,6	6,12	5,83	4,7	5,41	5,14	5,0
13,85	13,15	5,0	8,52	8,10	4,9	6,12	5,83	4,7	5,4	5,14	4,8
13,76	13,15	4,4	8,52	8,10	4,9	6,12	5,83	4,7	5,4	5,14	4,8

* – Leituras realizadas no multímetro

Verifica-se que a diferença entre o valor informado pelo multímetro e o transmitido é de aproximadamente 5% para a corrente na faixa analisada.

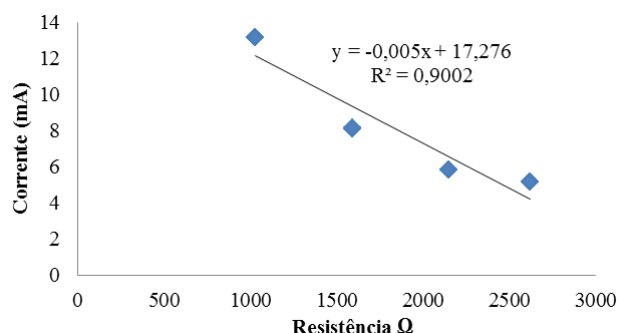


Figura 2 : Relação entre a variação da resistência e a corrente.

Funcionamento do Xbee®+ sensor de pressão

Na figura 3 apresenta-se a correlação entre os valores obtidos no manômetro, multímetro e XBee®. Verifica-se que existe uma correlação entre os valores de corrente lido pelo multímetro e manômetro ($R^2=0,95$), entretanto não foi observado relação entre os valores transmitidos pelo XBee® e os lidos no manômetro ($R^2=0,19$).

Supõem-se que isso ocorra pelo fato do sinal enviado pelo transmissor de pressão seja em corrente (mA) adicionado do padrão HART®. Segundo o fabricante do XBee®, só é garantida a leitura em corrente pura.

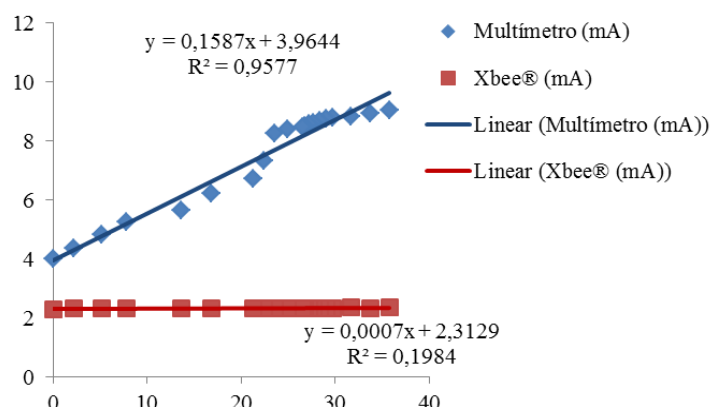


Figura 3 : Correlação linear entre os valores obtidos no manômetro e multímetros (em azul) e correlação linear entre os valores obtidos no manômetro e XBee® (vermelho).

Funcionamento do XBee®+ sensor de cloro

Nos testes com a sonda de cloro acoplado a um osciloscópio identificou-se que a frequência de envio da corrente estava próximo de 333kHz e que existia a presença de ruído. Para atenuar o ruído foi adicionado um capacitor de 1μF de poliéster de 250V de tensão em paralelo ao sensor de cloro.

Na figura 4 (a) apresenta os resultados de correlação entre os valores de corrente (mA) lidos no multímetro ligado em serie na sonda, no computador transmitido pelo Xbee sem adição do capacitor e os valores de concentração (mgL⁻¹) lidos no espectrofotômetro.

Na figura 4 (b) apresenta-se a correlação com adição de capacitor ao sistema. Verifica-se que a adição do capacitor melhora significativamente a correlação entre a corrente lida no computador e a concentração lida no espectrofotômetro.

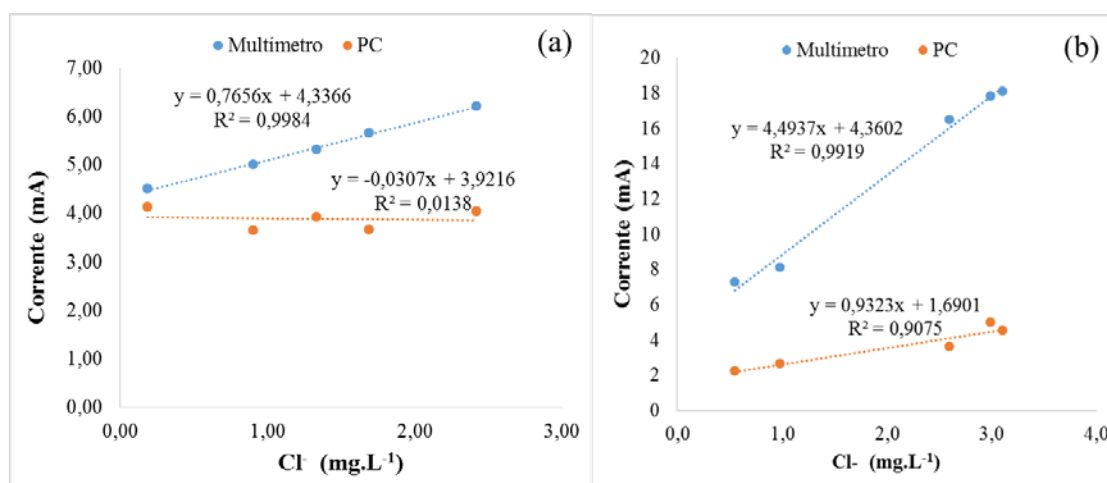


Figura 4 : Valores de correntes lidos com transmissão de dados pelo Xbee utilizando a sonda de cloro sem adição do capacitor (a) e com adição do capacitor (b).

Foram realizados testes com mais duas sondas diferentes da primeira para verificar se existia correlação entre os valores de concentração lidos no espectrofotômetro e os transmitidos ao computador. Na figura 5 (a) e (b) apresenta-se os resultados para sonda 2 e 3 respectivamente.

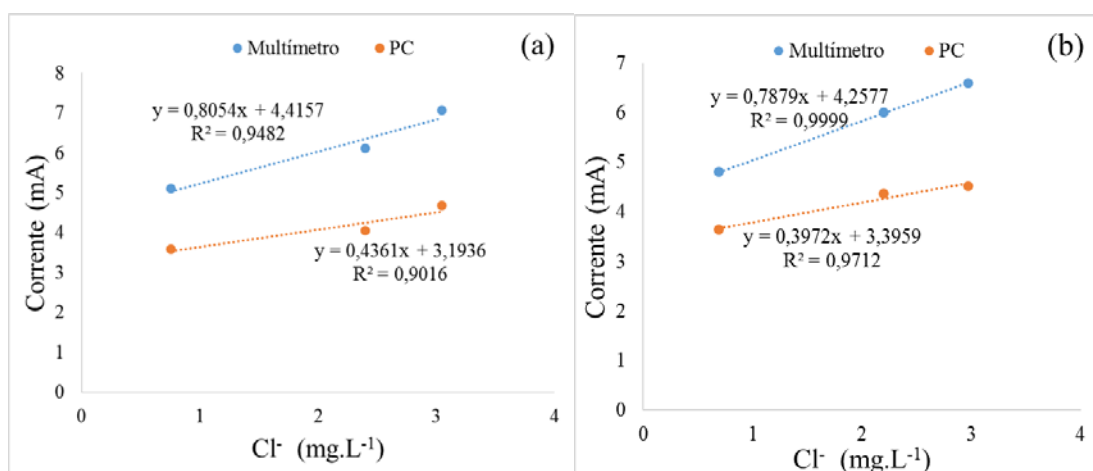


Figura 5 : Valores de correntes lidos com transmissão de dados pelo Xbee utilizando a sonda de cloro com adição do capacitor sonda 2 (a) e sonda 3(b).

Teste de alcance do Xbee®

Na Figura 6 e 7 apresenta-se a planta do primeiro e segundo pavimento respectivamente. O ponto 2 encontra-se no primeiro pavimento e os pontos 1 e 3 no segundo pavimento. O ponto 1 é o coordenador da rede zigbee e os pontos 2 e 3 são nós da rede.

Na tabela 2 é possível verificar que o alcance entre os Xbee Adapter é entre 30 a 50 metros de distância na horizontal, considerando as obstruções de paredes e laje. A distância sugerida pelo fabricante em ambientes fechados é de 15 metros. Nossa hipótese é que o alcance observado foi maior pela condição arquitetônica do edifício aonde os testes foram realizados o qual possui amplo corredor e escadas abertas.

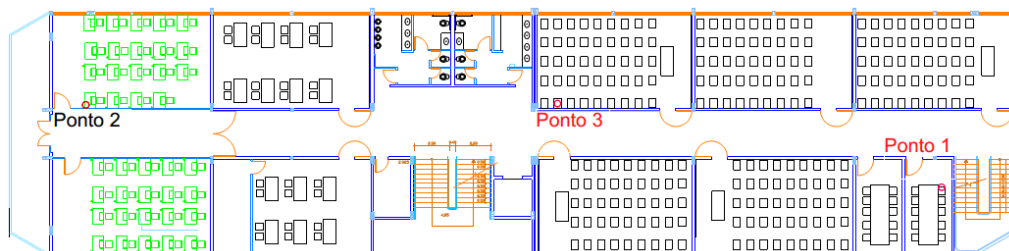


Figura 6 : Localização dos Xbees na planta do Primeiro Pavimento do Bloco C67, da UEM, sem escala.

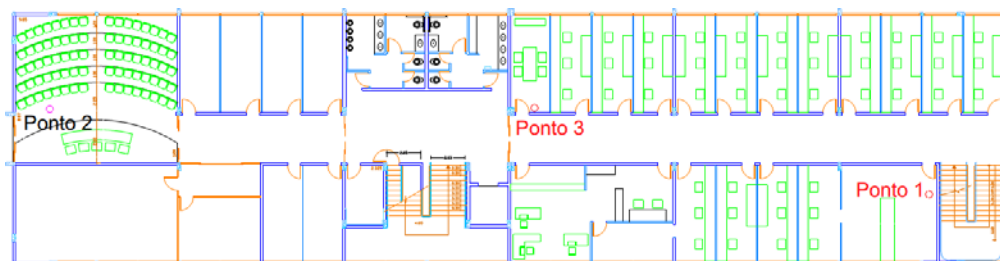


Figura 7 : Localização dos Xbees na planta do Segundo Pavimento do Bloco C67, da UEM, sem escala.

Tabela 2 :Distâncias entre os pontos de localização entre os módulos Xbee Adapter

Pontos	Distância entre pontos (m)		
	X	Y	Z
1 a 2	53,28	5,13	3
1 a 3	23,91	5,13	0
2 a 3	2937	0	3

CONCLUSÃO

Os equipamentos utilizados para transmissão sem fio no padrão ZigBee funcionaram adequadamente quando estes foram utilizados acoplados a resistores, no entanto, quando os sensores de pressão e cloro são acoplados ao transmissor ZigBee, as leituras recebidas no computador não foram representativas, sendo necessário acoplar em paralelo aos sensores, um capacitor para filtrar a corrente.

Para edifícios similares ao utilizado recomenda-se que a distância entre os nós não ultrapasse 30 metros quando os pontos estão em desnível de até 3 metros ou até 50 metros no mesmo nível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Allen, M., Preis, A., Mudasser, I., Sriragarajan, S., Lim, H.B., Girod, L., Whittle, A.J. 2011 Real-time in-network distribution system monitoring to improve operational efficiency. Journal AWWA 103, 63-75.
2. Cao, L., Tian, J., Liu, Y. 2008 Remote Real Time Automatic Meter Reading System Based on Wireless Sensor Networks. In: 3rd International Conference on Innovative Computing Information and Control, 4 p.
3. Stoianov, I., Nachman, L., Madden, S. 2007 PIPENET: a wireless sensor network for pipeline monitoring. In: Proceedings of IEEE Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN), Cambridge, Massachusetts (USA).