



## MONITORAMENTO REMOTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS INTERNAS COM O USO DE REDES MODBUS DE SENSORES E DA INTERNET

OSVALDO GOGLIANO SOBRINHO<sup>1</sup>, RENATA MARIA MARÊ<sup>2</sup>,  
CARLOS EDUARDO CUGNASCA<sup>3</sup>, BRENDA CHAVES COELHO LEITE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, M.Sc. Engenharia Elétrica, Pós-Graduando, Laboratório de Automação Agrícola, Escola Politécnica da USP

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, Pós-Graduando, Depto. Engenharia Civil, Escola Politécnica da USP.

<sup>3</sup> Engenheiro Eletricista, Professor Associado, Depto. Eng. Elétrica, Laboratório de Automação Agrícola, Escola Politécnica da USP.

<sup>4</sup> Engenheiro Civil, Professor Doutor, Depto. Engenharia Civil, Escola Politécnica da USP.

Apresentado no

IX Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - CLIA 2010  
XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2010  
25 a 29 de julho de 2010 - Vitória - ES, Brasil

**RESUMO:** O trabalho apresenta o resultado de pesquisa realizada com o apoio da FAPESP, dentro do programa PIPE, que levou à criação de um sistema de monitoramento remoto, via Internet, de variáveis ligadas à qualidade do ambiente interno. Os sensores utilizados foram integrados a uma rede computacional do padrão Modbus e os dados coletados transmitidos a um servidor web remoto para seu armazenamento e apresentação ao público. Discutem-se a arquitetura computacional adotada, os equipamentos utilizados e o software desenvolvido para a transmissão remota das informações e sua apresentação ao público. A pesquisa foi realizada em ambiente construído urbano – salas de aula climatizadas do edifício de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP – com o monitoramento contínuo da temperatura ambiente, umidade relativa do ar e teor de CO<sub>2</sub>. No entanto, a solução adotada pode ser utilizada no âmbito da Engenharia Agrícola, em ambientes como casas de vegetação ou criadouros animais, e permite, com a utilização de sensores adequados, o monitoramento de outras variáveis físicas de interesse deste domínio, tais como teor de CO, amônia ou outras.

**PALAVRAS-CHAVE:** ambiência, zootecnia de precisão, conforto.

### REMOTE INDOOR ENVIRONMENT VARIABLES MONITORING USING MODBUS SENSOR NETWORKS AND THE INTERNET

**ABSTRACT:** This is to present a research sponsored by FAPESP, under the PIPE program, which resulted in the development of a remote indoor environment variables monitoring system, using the Internet. The sensors employed, were connected to a Modbus computer network. Collected data is transmitted to a remote web server, where it is saved and presented to the public through a dedicated web site. Considerations about the computer architecture, hardware and software employed are presented. The research was conducted on an urban environment – two climatized classrooms from the Civil Construction Engineering Department of the Engineering School of the University of São Paulo – where continuous monitoring from the indoor air temperature, relative air humidity and CO<sub>2</sub> level was maintained. The adopted solution can also be used in the Agricultural Engineering domain, in environments such as greenhouses or livestock facilities. Through the use of adequate sensors, the system allows monitoring different physical variables such as CO or ammonia levels, for instance.

**KEYWORDS:** ambience, precision zootechnics, comfort.

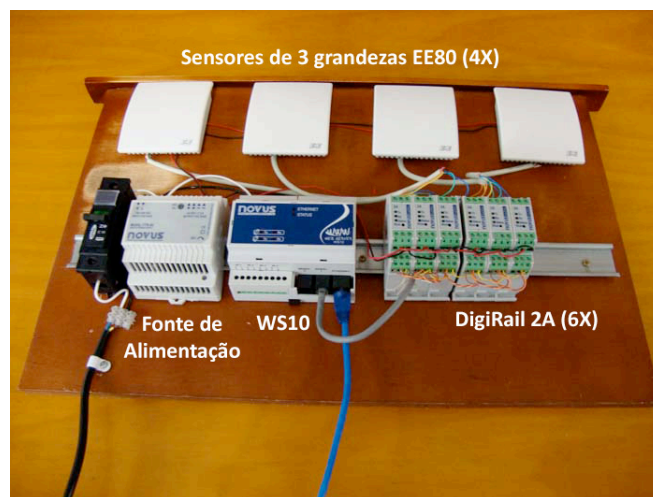
**INTRODUÇÃO:** A verificação das condições ambientais e a manutenção de sua qualidade em ambientes como casas de vegetação e criadouros de animais só é possível por meio da medição e monitoramento de variáveis como temperatura do ar, umidade relativa do ar, e índices que expressam a qualidade do ar interno como teores de NH<sub>3</sub>, CO e CO<sub>2</sub> (CAMPOS, 2006; PEREIRA, 2006). Pode-se efetuar o monitoramento remoto contínuo destas medições por meio de uma rede de sensores

apropriados, estrategicamente posicionados no ambiente. O uso da Internet permite que os dados sejam transmitidos com segurança a um servidor remoto para que então, possam-se fazer consultas a partir de qualquer local onde haja conectividade à rede. Relatórios e gráficos gerados permitem a tomada (ou não) de ações retificadoras, de maneira a se obter o desempenho desejado.

Um banco de dados gerado de forma segura, possibilita ao gerenciador do processo produtivo o cumprimento de um pré-requisito básico da zootecnia de precisão que é a redução otimizada de perdas (NÄÄS, 2000). Se ações do histórico do processo forem registradas no conjunto de dados, o produtor terá a confiabilidade necessária à melhoria de sua remuneração e posicionamento no mercado.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Instalou-se a rede de sensores em duas salas de aula para ensino de CAD do edifício de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Apesar do ambiente urbano da pesquisa, não existem restrições significativas para sua instalação em ambientes típicos do domínio da Engenharia Agrícola, como casas de vegetação ou criadouros de animais. Os sensores utilizados permitem a leitura da temperatura, umidade relativa e teor de CO<sub>2</sub> do ar ambiente.

Para a implantação da rede de sensores, cogitou-se inicialmente a utilização de uma rede LonWorks® (CANOVAS et al., 2005) ou de uma rede sem fios (AKYILDIZ et al., 2002). O elevado custo e a baixa disponibilidade de componentes destas tecnologias levaram à busca de outra alternativa. Optou-se por uma rede baseada no padrão Modbus, usual em instalações industriais (THE MODBUS ORGANIZATION, 2009) dada sua instalação simples e a grande oferta de componentes a custos competitivos. Para a realização de testes, construiu-se primeiramente um protótipo da rede (Figura 1).



**Figura 1. Sensores e componentes da rede Modbus instalados no protótipo para testes.**

Empregaram-se na implantação da rede Modbus os seguintes componentes:

- Quatro sensores de três grandezas E+E Elektronik, modelo EE80;
- Seis conversores analógicos/Modbus Novus, modelo DigiRail 2A, para a conversão dos sinais analógicos dos sensores em sinais digitais do padrão Modbus;
- Um *gateway* Modbus/Ethernet Novus, modelo WS10, para a leitura dos dados da rede e envio ao computador local. Coletam-se os dados em uma porta padrão RS-485. Uma porta Ethernet permite a conexão a uma rede da família IEEE 802.3, com tráfego de dados pelo protocolo *ftp* ou conexão TCP-IP, por meio de soquetes (opção utilizada na rede instalada);
- Duas fontes de alimentação Novus, modelo RTS-60, (24V, 60W), para o fornecimento de energia elétrica aos sensores e aos conversores analógicos/Modbus;
- Um microcomputador local para criptografia e transmissão dos dados ao servidor remoto. Se não houver preocupação com a segurança dos dados, este computador pode ser omitido e o *gateway* pode enviar os dados diretamente ao servidor remoto.

O *gateway* coleta os dados da rede de sensores a cada 30 segundos e os transmite a um computador local, usando a rede do Departamento de Engenharia Civil, por meio de comunicação TCP/IP. Para receber os dados, o software instalado neste computador executa as seguintes tarefas:

- Disponibiliza um soquete TCP/IP no endereço de IP e porta solicitados pelo *gateway*;
- Reconhece a tentativa de conexão do *gateway* e abre um canal para comunicação;
- Recebe os dados enviados pelo *gateway* e sinaliza se a recepção foi correta;
- Armazena os dados em um banco local e aguarda novo ciclo de transmissão (em 30s).

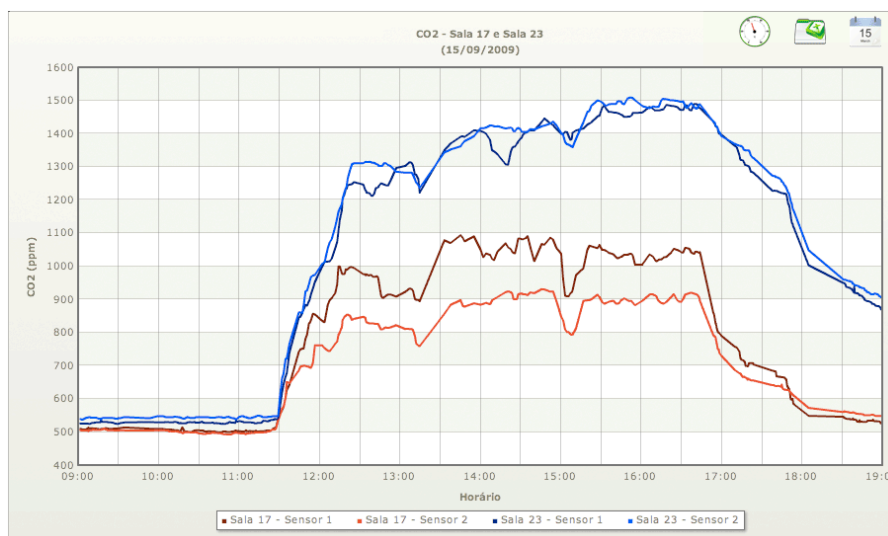
Os dados recebidos da rede de sensores são armazenados temporariamente em um banco local. Os pacotes são transmitidos após serem criptografados com o uso de uma chave compartilhada com o servidor remoto. O uso futuro de certificados digitais permitirá a garantia de não-repudição dos dados. Na transmissão, o software instalado no computador local executa as seguintes tarefas:

- A cada minuto, lê o banco de dados local em busca de informações ainda não transmitidas;
- Para cada bloco de dados pendente, criptografa o pacote utilizando o algoritmo Twofish (SCHNEIER et al., 1998) com uma chave de 256 bits;
- Calcula uma chave de envelope (*hash*) dos dados originais, utilizando o algoritmo sha-1 (INTERNET ENGINEERING TASK FORCE, 2001);
- Envia os dados criptografados e a chave de envelope ao servidor remoto utilizando um *web service* disponibilizado remotamente;
- Ao receber a confirmação do recebimento do pacote pelo servidor remoto, apaga os dados no banco temporário local e aguarda novo ciclo de transmissão (em um minuto)

No servidor remoto, um *web service* recebe os dados transmitidos, executando as seguintes tarefas:

- Recebe os dados e procede sua descriptação com a chave compartilhada;
- Calcula o valor da chave de envelope dos dados recebidos e a compara com o valor transmitido – se os valores não coincidirem, descarta-se o pacote;
- Grava as informações recebidas no banco de dados, se tudo estiver correto;
- Transmite ao cliente do *web service* (ambiente monitorado) a confirmação do recebimento.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O acesso às informações é feito por meio de um *web site* mantido no servidor remoto. Usuários registrados podem escolher a data para consulta, tendo acesso aos dados registrados, na forma de gráficos, conforme exemplo na Figura 2.



**Figura 2. Exemplo de gráfico gerado pelo sistema: Variação de CO<sub>2</sub> em 15/09/2009**

Também estão disponíveis os valores instantâneos (atuais) das grandezas medidas (Figura 3). Pode-se ainda efetuar o *download* de planilhas compatíveis com o Microsoft Excel com os dados do período.

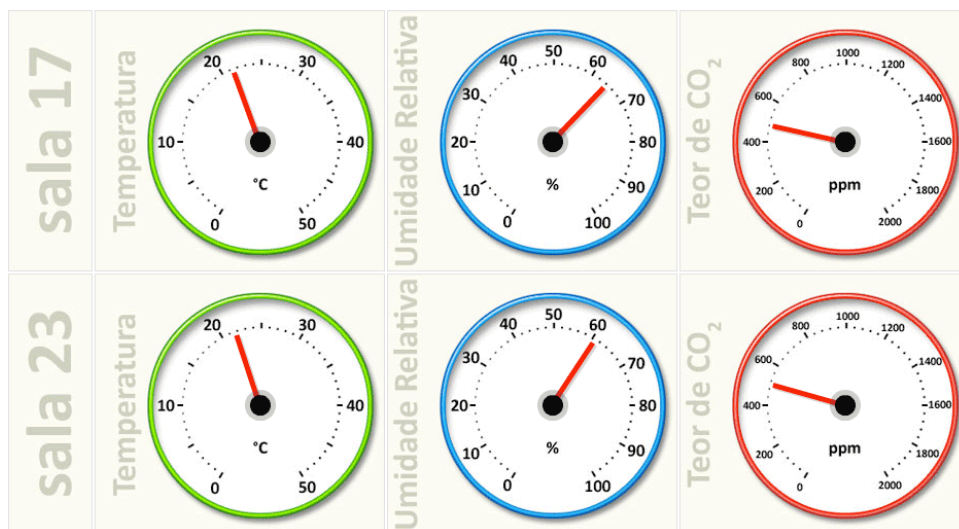


Figura 3. Valores instantâneos

**CONCLUSÕES:** O sistema constitui uma importante ferramenta para a análise da variação de variáveis ambientais internas ao longo do tempo. Sua capacidade de monitoramento de outras variáveis, desde que se utilizem sensores adequados, interligados à rede Modbus, permite sua utilização em diversos domínios, dentre os quais destacam-se a Engenharia Agrícola, e ambientes como casas de vegetação, criadouros de animais e outros.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Fapesp, pelo apoio ao projeto (processo nº 2007/59162-9).

## REFERÊNCIAS

- AKYILDIZ, I. F. et al. Wireless Sensor Networks: A Survey. *Computer Networks*, v. 38, n. p. 393-422, 2002.
- CAMPOS, J. A. *Qualidade do Ar Ambiente Térmico e Desempenho Animal em Dois Tipos de Suinoculturas*, Viçosa, 2006. Dissertação de mestrado, 69f. Universidade Federal de Viçosa.
- CANOVAS, S. R. M. et al. Remote Monitoring Based on Lonworks Technology: A Greenhouse Application. In: *Computers in Agriculture and Natural Resources, 4th World Congress, Proceedings of the International Conference, 2005, Lake Buena Vista. Anais...* Lake Buena Vista: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2005.
- INTERNET ENGINEERING TASK FORCE. *Rfc 3174 - Us Secure Hash Algorithm 1 (Sha1)*. Disponível em: <<http://www.apps.ietf.org/rfc/rfc3174.html>>. Acesso em: 15 Jul. 2009, 2001.
- NÄÄS, I. A. Zootecnia De Precisão. In: BOREM et. al., *Agricultura De Precisão*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- PEREIRA, A. K. *Fatores Térmicos Ambientais e Qualidade do Ar no Desempenho Produtivo de Frangos de Corte Criados em Alta Densidade Sob Sistemas de Ventilação Positiva*. Viçosa, 2006. Dissertação de mestrado, 76f. Universidade Federal de Viçosa.
- SCHNEIER, B. et al. *Twofish: A 128-Bit Block Cipher*. Disponível em: <<http://www.schneier.com/twofish.html>>. Acesso em: 11 Jun. 2009, 1998.
- THE MODBUS ORGANIZATION *Modbus Technical Resources*. Hopkinton: The Modbus Organization. Disponível em: <<http://www.Modbus.org>>. Acesso em: 01 Jul. 2009, 2009.