

Monitoramento remoto de temperatura utilizando o sistema 1-wire™: avaliação da transmissão de dados¹

Antonio José Steidle Neto

Doutorando em Agronomia [Meteorologia Agrícola]
e mestre em Engenharia Agrícola – UFV;
steidle@vicoso.ufv.br, Viçosa [Brasil]

Sérgio Zolnier

Doutor em Engenharia Agrícola e Sistemas Biológicos –
UK [Estados Unidos];
Professor na graduação e pós-graduação – UFV.
zolnier@ufv.br, Viçosa [Brasil]

Daniela de Carvalho Lopes

Doutoranda e mestre em Engenharia Agrícola – UFV.
daniclopes@bol.com.br, Viçosa [Brasil]

José Helvecio Martins

Doutor em Engenharia Agrícola – UP [Estados Unidos];
Professor na graduação e pós-graduação – UFV
jhmartins@ufv.br, Viçosa [Brasil]

Antonio José Steidle Filho

Mestre em Educação – UNISAL;
Professor na graduação – UNINOVE.
steidler@uninove.br, São Paulo [Brasil]

Em unidades industriais de produção e processamento de proteínas de origem animal e vegetal, assim como em outros setores em que o acompanhamento da temperatura é imprescindível, sistemas de monitoramento automático, capazes de transmitir dados precisos de temperatura a longas distâncias, podem contribuir para o aumento da qualidade dos produtos finais. Nesse sentido, realizou-se este trabalho com o propósito de avaliar a transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™, utilizando-se condutores de baixo custo, amplamente comercializados para fins residenciais, com tipos e comprimentos distintos. O sistema 1-wire™ é uma rede de transmissão de dados que possibilita a comunicação digital entre um computador e dispositivos da série 1-wire™, tais como os sensores de temperatura DS1820. Com base nos resultados obtidos, pôde-se concluir que os condutores telefônicos foram os que apresentaram os melhores desempenhos, possibilitando a transmissão de dados por distâncias de até 150 metros.

Palavras-chave: Monitoramento remoto.

Sensores de temperatura. Sistemas de aquisição de dados.



1 Introdução

A temperatura é a segunda grandeza mais medida no mundo, sendo superada apenas pelas medições de tempo. Esse fato nos permite ter noção de sua importância na vida das pessoas e na produção industrial. Monitoramento ambiental, meteorologia, investigação de novos combustíveis, aproveitamento da energia solar, desenvolvimento de motores para automóveis, qualidade final de produtos e conservação de alimentos nas gôndolas dos supermercados são alguns exemplos da influência da temperatura no cotidiano das pessoas. Praticamente todo o processo industrial sofre os efeitos dessa grandeza (CASSANO, 2003).

O monitoramento automático de temperatura possibilita o controle dessa grandeza por meio de equipamentos atuadores acionados em resposta a determinadas condições consideradas desfavoráveis, promovendo intervenções específicas a fim de manter a temperatura nos limites preestabelecidos (STEIDLE NETO, 2003). De acordo com Dally, William e McConnell (1993), o monitoramento automático, por meio de sistemas de aquisição de dados, tem gerado avanços significativos no controle de processos em unidades industriais, pois permite maior rapidez e confiabilidade quando comparado ao manual.

Dos entraves ao monitoramento automático de temperatura em unidades industriais de produção e processamento de proteínas de origem animal ou vegetal se destacam os grandes comprimentos das edificações em que essas unidades estão instaladas. Dessa maneira, é desejável um sistema de monitoramento automático capaz de transmitir dados de temperatura, a partir dos diversos pontos de medição situados ao longo de uma unidade industrial, para um local que permita ao responsável acompanhar, em tempo real, as temperaturas de todo o processo industrial, sem que ocorram perdas, distorções ou interrupções na comunicação.

1.1 Sistema 1-wire™

O sistema 1-wire™, desenvolvido pela empresa Dallas Semiconductor, baseia-se em uma rede de transmissão de dados de baixo custo que possibilita a comunicação digital entre um computador, atuando como mestre (*master*), e dispositivos da série 1-wire™, tais como sensores e adaptadores, no papel de escravos (*slaves*). Mestre é o elemento que controla e gerencia tanto a transmissão de dados quanto o dispositivo endereçado e gerenciado (escravo). Basicamente, o sistema 1-wire™ é constituído por três elementos: um computador com programa de controle e gerenciamento das atividades seguindo um protocolo específico de comunicação, condutores (meio físico de comunicação) e dispositivos remotos da série 1-wire™ (AWTREY, 2001).

Normalmente, a transmissão de dados ocorre por meio de um condutor. Além deste, existem dois condutores específicos: um para o suprimento de energia dos sensores e outro para o aterramento da rede. Por definição, o sistema 1-wire™ possui apenas um único condutor, no qual são conectados todos os dispositivos da série 1-wire™, já que, convencionalmente, o condutor de referência ou aterramento não é considerado. Nesse sistema, o suprimento de energia e a transmissão de dados são feitos pelo mesmo condutor (alimentação parasita).

O protocolo de comunicação do sistema 1-wire™ utiliza níveis lógicos convencionais de *Complementary Metal Oxide Semiconductor / Transistor Transistor Logic* (CMOS/TTL), nos quais o “nível lógico 0” (zero) é representado por uma tensão máxima de 0,8 *Voltage Continuous Current* (VCC) e o “nível lógico 1” (um) por uma tensão mínima de 2,2 VCC. Tanto o mestre quanto os escravos são configurados como transceptores (transmissores-receptores), permitindo que os dados fluam, de maneira seqüencial, em ambas as direções, sendo um de cada vez (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001b).

A transmissão de dados no sistema 1-wire™ é assíncrona, ou seja, cada um dos pulsos digitais que compõem o protocolo de comunicação, transmitidos no formato binário, é caracterizado por intervalos de tempo distintos. Este modo de transmissão é possível devido à existência de circuitos temporizadores internos aos dispositivos 1-wire™, capazes de gerar pulsos digitais predefinidos no protocolo de comunicação (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001b).

O sistema 1-wire™ utiliza um circuito equivalente a um resistor de 1,5 quiloohms ($k\Omega$) (resistor de polarização) para controlar a corrente no condutor de transmissão de dados e, dessa maneira, elevar a tensão a fim de promover a transição do “nível lógico 0” para o “nível lógico 1”. Além deste, outro circuito com um transistor de polarização *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET), comandado pelo mestre, é responsável pela transição do “nível lógico 1” para o “nível lógico 0” (STEIDLE NETO, 2003).

Uma condição prévia para o funcionamento de qualquer rede de transmissão de dados que empregue diversos dispositivos semelhantes é a existência de endereços ou códigos de identificação. Todo dispositivo 1-wire™ possui um código de identificação único de 64 bits seqüenciais gravado à laser em um *chip* de *Read Only Memory* (ROM), existente no interior de cada dispositivo. Assim, a possibilidade de conflitos durante a transmissão de dados em redes com vários dispositivos é remota (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001a; 2001c). Além do código de identificação, os dispositivos da série 1-wire™ contêm um circuito interno de proteção contra descargas eletrostáticas capaz de resistir a mais ou menos 10 quilovolts (kV) em contato com o corpo humano.

Este trabalho avalia a transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™, utilizando-se condutores de baixo custo, com tipos e comprimentos distintos, para fins de aplicação dessa

tecnologia em unidades industriais nas quais seja necessário monitorar, de maneira remota e automática, a temperatura.

2 Material e métodos

A avaliação da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™ foi conduzida no Laboratório de Eletrônica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Minas Gerais.

Neste trabalho, foram utilizados cinco tipos de condutores (Ilustração 1), especificados no Quadro 1, com comprimento individual de 200 metros (m). Além dos condutores, foram empregados sensores de temperatura DS1820, da série 1-wire™, previamente calibrados (Ilustração 2), um adaptador universal DS9097U-009 da série 1-wire™ (Ilustração 3), um osciloscópio Hewlett Packard (HP) de 500 megahertz (MHz) e um computador International Business Machines (IBM) com processador 586.

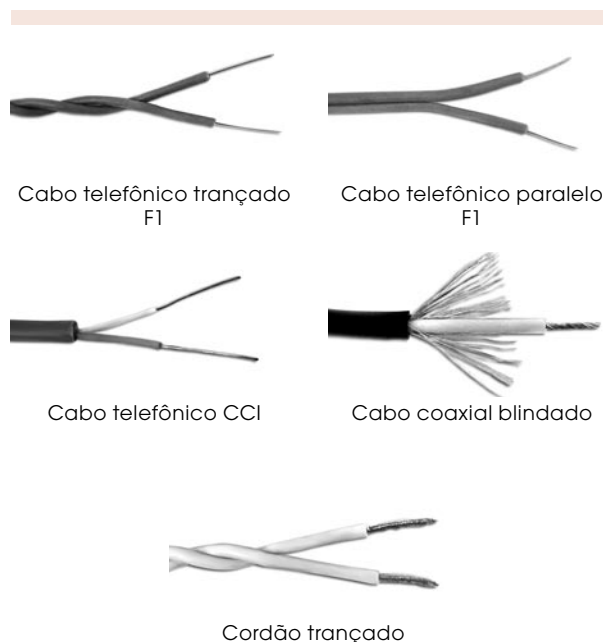


Ilustração 1: Condutores empregados na avaliação da transmissão de dados no sistema 1-wire™

Fonte: Os autores.



Descrição	Especificação* (mm ²)	Fabricante
Cabo telefônico CCI	2 x 0,20	Mega Cabos Indústria e Comércio de Cabos Especiais
Cabo telefônico trançado FI	2 x 0,24	Conducabo Indústria e Comércio de Condutores
Cabo telefônico paralelo FI	2 x 0,28	Companhia Ibérica Condutores Elétricos
Cordão trançado	2 x 1,00	Nambei Rasquini Indústria e Comércio
Cabo coaxial blindado	1 x 0,20	Tiaflex Indústria e Comércio

Quadro 1: Especificações técnicas e fabricantes dos condutores

Fonte: Os autores.



Ilustração 2: Sensores de temperatura DS1820 com encapsulamento PR35

Fonte: Os autores.

Na seleção dos condutores, consideraram-se dois critérios em ordem de importância: econômico (condutores de baixo custo) e comercial (condutores amplamente comercializados com fins residenciais).

As características físicas de um determinado tipo de condutor – a área da seção transversal, comprimento e espaçamento entre condutores, além do material isolante –, conferem a este características elétricas como resistência, indutância e capacitância, das quais a capacitância é a que causa os maiores problemas na transmissão de dados entre o computador e os sensores de temperatura no sistema 1-wire™ (STEIDLE NETO et al., 2005).

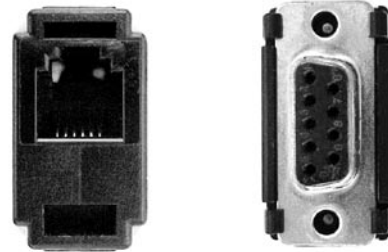


Ilustração 3: Adaptador universal DS9097U-009

Fonte: Os autores.

O circuito eletrônico equivalente ao sistema 1-wire™ é apresentado na Ilustração 4. Neste circuito, um sensor de temperatura DS1820 (escravo) é representado pela capacitância de entrada (CENT), corrente de descarga (IDES), componentes da alimentação parasita (Di, Ri, CCAR) e corrente de operação (IOPE). Os condutores que, por meio do adaptador DS9097U-009, conectam o computador (mestre) ao escravo possuem cargas indutivas (L), resistivas (R) e capacitivas (C). A contribuição de cada sensor DS1820 na carga capacitiva total do sistema 1-wire™ se deve somente à capacitância de entrada (30 picofarad [pF]), pois a capacitância do componente CCAR (800 pF) existe apenas em níveis de tensão acima de 2,8 VCC, e o sistema 1-wire™ opera no limiar dos 2,2 VCC para o “nível lógico 1” (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001a; 2001c).

De acordo com a Dallas Semiconductor (2001a), a capacitância do sistema 1-wire™ aumenta com o acréscimo da capacitância dos condutores que, por sua vez, cresce com o aumento do

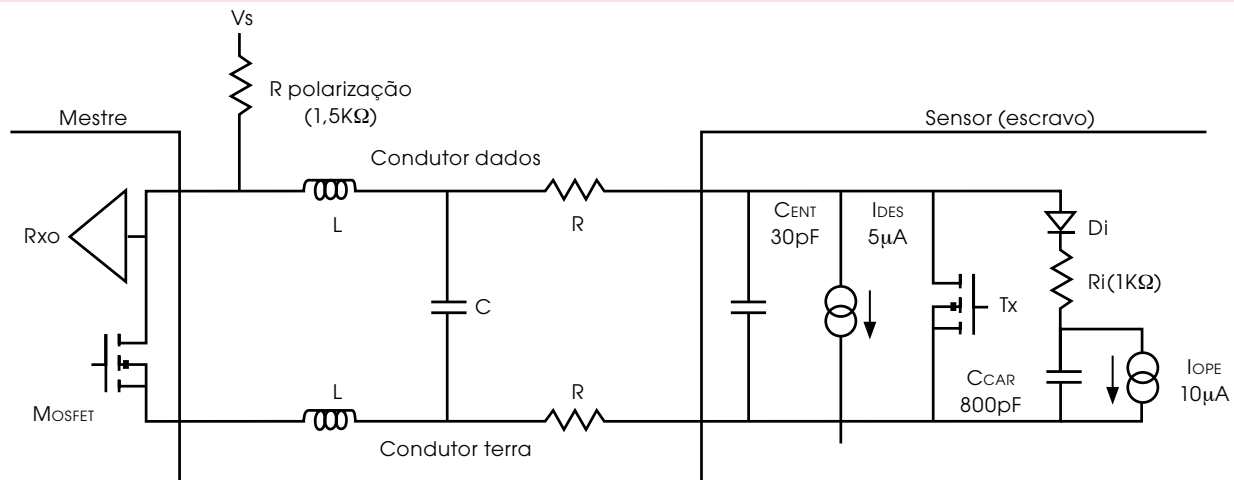


Ilustração 4: Circuito eletrônico equivalente ao sistema 1-wire™

Fonte: Os autores.

comprimento. O incremento da capacitância faz com que aumente o tempo para que a linha de transmissão de dados seja levada do “nível lógico 0” ao “nível lógico 1”. A comunicação será interrompida se o produto do valor do resistor de polarização de 1,5 k Ω (interno ao adaptador universal DS9097U-009) pelo valor da capacitância do sistema 1-wire™ resultar num valor para constante de tempo (RC) que exceda o intervalo de tempo definido no protocolo de comunicação 1-wire™ para um determinado bit. Segundo Awtrey (2002), para que este problema não ocorra, a capacitância total não deve exceder a um valor máximo de, aproximadamente, 10 mil pF.

Os valores de capacitância dos condutores foram determinados no Laboratório de Análise de Redes, pertencente ao Instituto de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), por meio de um equipamento denominado “Ponte de Schering”. Por se tratar de um equipamento de alta precisão, a Ponte de Schering permite erro máximo, para medidas de capacitância, de 0,04%. As medições foram repetidas três vezes para cada um dos cinco tipos de condutores avaliados.

Um programa computacional foi desenvolvido com a finalidade de controlar e gerenciar a transmissão de dados de temperatura, de acordo com o protocolo de comunicação 1-wire™. Este programa foi implementado em linguagem C++, utilizando-se a plataforma de programação C++ Builder versão 5.

Inicialmente, determinou-se o comprimento máximo de transmissão de dados para cada um dos cinco tipos de condutores, utilizando-se um sensor de temperatura DS1820. Essa medida representa o comprimento-limite dos condutores, acima do qual a comunicação entre o sensor de temperatura DS1820 e o computador é interrompida ou resulta em valores não condizentes com a temperatura real do meio em que o sensor está inserido.

Posteriormente, avaliou-se o desempenho dos condutores na transmissão de dados de temperatura, considerando comprimentos inferiores ao máximo determinado anteriormente para cada tipo de condutor. As imagens das formas de onda foram capturadas pelo osciloscópio, por meio de duas pontas de prova, nos instantes em que a linha de transmissão de dados era levada do “nível



lógico 0” para o “nível lógico 1”. Este procedimento teve por finalidade determinar os intervalos de tempo de transição entre os níveis lógicos. Os conjuntos de pontos gerados a partir das imagens das formas de onda congeladas no osciloscópio foram transferidos para planilhas eletrônicas, permitindo “plotar” em um mesmo gráfico, para cada tipo de condutor, as curvas de transição correspondentes a cada um dos comprimentos analisados.

Em todas as avaliações, considerou-se que o “nível lógico 1” era alcançado quando a tensão no condutor de transmissão de dados atingia o patamar de 2,2 VCC.

3 Resultados e discussão

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de capacitância por metro, obtidos por meio da Ponte de Schering, para cada um dos condutores estudados, assim como os desvios padrão associados. Verifica-se que estes valores, com exceção do cabo coaxial blindado, encontram-se próximos do limite inferior da faixa de capacitância recomendada pela Dallas Semiconductor para condutores (30 picofarad por metro [pF m^{-1}] a 100 pF m^{-1}). Teoricamente, a utilização de condutores que apresentem capacitância por metro nesta faixa, garante que a transmissão de dados no sistema 1-wire™ ocorra satisfatoriamente.

O Gráfico 1 representa a condição ideal de transição entre níveis lógicos, na qual a capacitância do sistema 1-wire™ é muito baixa, possibilitando que a transição ocorra de maneira instantânea.

O tempo de transição do “nível lógico 0” para o “nível lógico 1” corresponde ao tempo a partir do qual a linha de transmissão de dados apresenta uma tendência de aumento na tensão (acima de 0,0 VCC) até a tensão limite de 2,2 VCC (linha horizontal).

Tabela 1: Valores médios de capacitância dos condutores estudados com os respectivos desvios padrão

Condutor	Capacitância (pF m^{-1})	Desvio padrão
Cabo telefônico CCI	34,29	0,31
Cabo telefônico trançado FI	36,52	0,40
Cabo telefônico paralelo FI	46,18	0,23
Cordão trançado	39,42	0,55
Cabo coaxial blindado	131,28	0,51

Fonte: Os autores.

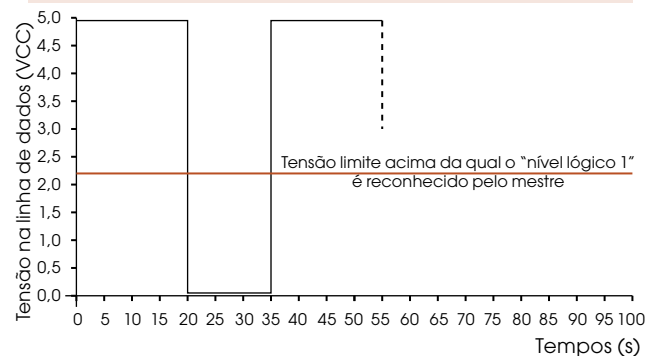


Gráfico 1: Transição entre os níveis lógicos em condições ideais

Fonte: Os autores.

Neste trabalho, serão mostrados apenas os gráficos dos condutores que apresentaram o melhor (cabo telefônico CCI $2 \times 0,20 \text{ mm}^2$) e o pior (cabo coaxial blindado $0,20 \text{ mm}^2$) desempenho na transmissão de dados (Gráficos 2 e 3), respectivamente.

É possível afirmar, com base nos Gráficos 2 e 3 e nos resultados apresentados na Tabela 2, que à medida que o comprimento do condutor aumenta, o tempo de transição do “nível lógico 0” para o “nível lógico 1” também aumenta. Este resultado pode ser explicado pelo acréscimo da capacitância total do sistema 1-wire™.

O cabo telefônico CCI foi o que atingiu o maior comprimento (150 m), sem que a comunicação entre o computador e o sensor de tempera-

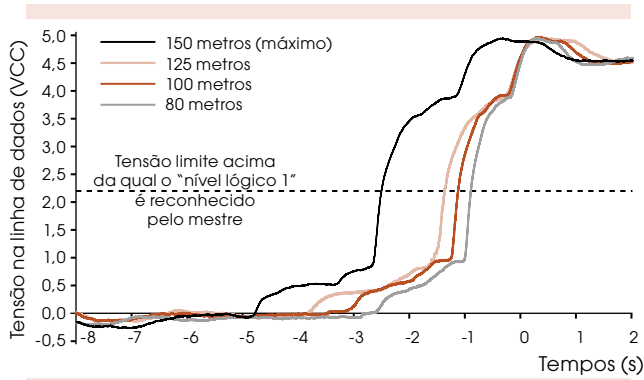


Gráfico 2: Transições do "nível lógico 0" para o "nível lógico 1" correspondentes aos comprimentos de 150, 125, 100 e 80 m para o cabo telefônico CCI

Fonte: Os autores.

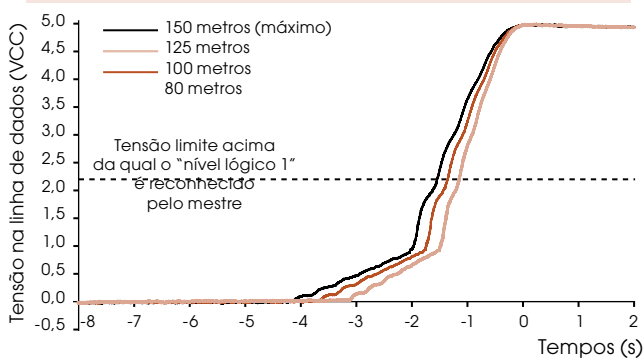


Gráfico 3: Transições do "nível lógico 0" para o "nível lógico 1" correspondentes aos comprimentos de 34, 30 e 25 m para o cabo coaxial blindado

Fonte: Os autores.

tura DS1820 fosse interrompida. A justificativa para esse resultado é o baixo valor de capacitância por metro apresentado por este condutor ($34,29 \text{ pF m}^{-1}$). Já o cabo telefônico trançado

atingiu um comprimento máximo 9 m menor que o comprimento máximo do cabo anterior (141 m), em razão de o valor de capacitância por metro deste condutor ser um pouco superior ao do cabo telefônico CCI. Por outro lado, o comprimento máximo alcançado pelo cabo telefônico paralelo foi de 140 m. Nota-se que a diferença entre o comprimento máximo do cabo telefônico paralelo e do cabo telefônico trançado é praticamente desprezível (1 m), embora apresentem diferença de 20,92% nos valores de capacitância. Esse fato pode ser explicado por outros fatores que afetam a constante de tempo (RC), como a seção transversal do condutor, indutância e resistência elétrica.

Apesar de ter valor de capacitância por metro inferior ao do cabo telefônico paralelo, o cordão trançado atingiu um comprimento máximo significativamente menor que o do cabo telefônico paralelo (diferença de 40 m). Uma das razões que contribuíram para este resultado pode estar associada ao fato de o cordão trançado ter sido desenvolvido para aplicações em instalações elétricas domiciliares, conduzindo energia elétrica, enquanto o cabo telefônico foi desenvolvido para aplicações em telecomunicações, objetivando a transmissão de sinais elétricos.

O cabo coaxial blindado atingiu um comprimento máximo de 34 m, sendo, portanto, o menor comprimento entre os condutores estudados. A razão deste resultado é o alto valor de capacitância por metro (Tabela 1).

Tabela 2: Tempos de transição em microssegundos (μs) do "nível lógico 0" para o "nível lógico 1" no sistema 1-wire™ para os cinco tipos de condutores com sensor DS1820

Comprimento (m)		25	30	34	60	80	100	125	140	141	150
Condutor	Cabo telefônico CCI	-	-	-	-	1,9	2,3	2,9	-	-	3,6*
	Cabo telefônico trançado FI	-	-	-	-	2,1	2,5	3,1	-	3,5*	-
	Cabo telefônico paralelo FI	-	-	-	-	2,1	2,6	3,2	3,5*	-	-
	Cordão trançado	-	-	-	1,6	2,1	2,8*	-	-	-	-
	Cabo coaxial blindado	1,9	2,2	2,6*	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Os autores.



4 Considerações finais

Os condutores telefônicos foram os que apresentaram os melhores desempenhos, possibilitando a transmissão de dados de temperatura a distâncias de até 150 m. Coincidentemente, o condutor que proporcionou o melhor resultado (cabo telefônico CCI 2 x 0,20 mm²) foi o de menor preço.

O cabo coaxial blindado, contrariando o esperado, apresentou limitações severas para a transmissão de dados por meio do sistema 1-wireTM, tendo, portanto, pouco potencial para ser utilizado em situações nas quais o computador é posicionado distante dos pontos de medição de temperatura.

O sistema 1-wireTM mostrou-se, por meio das avaliações realizadas, adequado às aplicações nas quais as informações dos diversos pontos de medição devem ser transmitidas a longas distâncias (menores ou iguais a 150 m), desde que os condutores sejam corretamente selecionados.

Os custos de implementação do sistema 1-wireTM dependem, obviamente, do número de pontos de medição de temperatura. O custo unitário do adaptador universal DS9097U-009 é de 28,95 dólares e do sensor de temperatura DS1820 é de 2,57 dólares (não incluídas as taxas de importação), ambos fabricados pela Dallas Semiconductor. Além destes componentes, seriam necessários condutores, *software* e computador com a seguinte configuração mínima: processador 486 e 8 megabytes (Mb) de *Random Access Memory* (RAM) disponível.

Remote monitoring of temperature using the 1-wireTM system: data transmission evaluation

In industrial units of animal and vegetable protein production and processing, as well as in

other sectors where the temperature monitoring is absolutely necessary, automatic monitoring systems that are capable to transmit accurate temperature data to long distances can contribute to increase the final products quality. Thereby, this work was accomplished with the purpose of evaluating the temperature data transmission of the 1-wireTM system by using low cost conductors which are widely commercialized for residential applications, with different types and lengths. The 1-wireTM system is a data transmission network that makes possible the digital communication between a computer and the devices of the 1-wireTM series, such as the DS1820 temperature sensors. Based on the results, it could be concluded that the telephonic conductors presented the best performance, making possible data transmissions up to 150 m.

Key words: Data acquisition systems. Remote monitoring. Temperature sensors.

Notas

- 1 Parte integrante da dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

- AWTREY, D. *Total capacitive load on a 1-wireTM net*. Comunicação pessoal via e-mail. Viçosa: 15 set. 2002.
- AWTREY, D. Transmitting data and power over a one-wire bus. *Sensors – The Journal of Applied Sensing Technology*. Dallas, 1997. Disponível em: <<http://www.advantstar.com>>. Acesso em: 10 nov. 2001.
- CASSANO, D. Os limites da temperatura. *Revista Metrologia & Instrumentação*, São Paulo, v. 3, n. 21, p. 18-24, jun. 2003. Disponível em: <<http://www.banasmetrologia.com.br/textos.asp?codigo=865&secao=r revista>>. Acesso em: 17 dez. 2003.
- DALLAS SEMICONDUCTOR. MicroLAN: in the long run. *Application Note 108*, Dallas, 2001a. Disponível em: <<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/AN108.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2005.

DALLAS SEMICONDUCTOR. Quick guide to 1-wire net using PCs and microcontrollers. *Application Note*, Dallas, n. 132, p. 1-12, 2001b. Disponível em: <<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/app132.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2005.

DALLAS SEMICONDUCTOR. MicroLAN design guide. *Tech brief*, Dallas, n. 1, p. 1-32, 2001c. Disponível em: <<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/tb1.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2005.

DALLY, J. W.; WILLIAM, F. R.; MCCONNELL, K. G. *Instrumentation for engineering measurements*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1993.

STEIDLE NETO, A. J. *Avaliação do sistema 1-wire™ para aquisição de dados de temperatura em instalações agrícolas*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

STEIDLE NETO, A. J. et al. Avaliação da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 29-36, 2005.

recebido em: 12 set. 2005 / aprovado em: 3 nov. 2005

Para referenciar este texto:

STEIDLE NETO, A. J. et al. Monitoramento remoto de temperatura utilizando o sistema 1-wire™: avaliação da transmissão de dados. *Exacta*, São Paulo, v. 3, p. 115-123, 2005.

