

Redução do Consumo Energético de um Sensor Sem Fio Utilizado na Automação de um Abrigo de Cultivo

Cristiano Santos Pereira de Abreu¹, Anderson Luiz Fernandes Perez¹

¹Laboratório de Automação e Robótica Móvel
Universidade Federal de Santa Catarina(UFSC)
Araranguá – SC – Brasil

cristiano.spa@msn.com, anderson.lfp@gmail.com

Resumo. *Este artigo, descreve os procedimentos adotados para a redução do consumo de energia de um sensor sem fio utilizado para aquisição de temperatura e umidade em um sistema de automação de abrigos de cultivo. A partir de uma amostra de registros de temperatura e umidade coletados durante sete dias, foi possível mapear os períodos de alterações climáticas e obter um intervalo de tempo em que o sensor poderá ficar inativo para economizar energia sem prejudicar o processo de automação.*

PALAVRAS-CHAVE: *Sensores sem fio, Economia de Energia, Automação em Abrigos de Cultivo.*

1. Introdução

Atualmente, a maior parte da produção agrícola é realizada em sua forma tradicional, a céu aberto, sujeita ao ataque de pragas, doenças, sazonalidade, adversidades climáticas como geadas, granizo ou calor tórrido, que danificam as lavouras, causando grandes prejuízos.

Como uma alternativa ao cultivo tradicional, pode-se utilizar o sistema ou técnica de produção agrícola em ambiente protegido, que tem a finalidade de proteger a cultura das adversidades descritas acima, oferecendo um micro-clima ideal para a cultura presente, onde as condições ambientais podem ser alteradas por meio de equipamentos como ventiladores, exaustores, aquecedores, nebulizadores, lâmpadas, tela de sombreamento, entre outros, presentes em um abrigo de cultivo. Esses equipamentos podem ser controlados manualmente ou de forma automática, através de sistemas (previamente programados) que utilizam sensores sem fio para a aquisição de variáveis climáticas como temperatura, umidade e luminosidade e realizam o processamento dessas informações ativando os equipamentos responsáveis pela alteração do ambiente [Bezerra 2003].

Porém, mesmo em um abrigo com certo grau de automação, o produtor precisa ficar em constante atenção e alerta ao ambiente, pois o mesmo poderá apresentar anomalias em seu próprio sistema ou em fatores externos, como falta de energia elétrica, já que o abrigo de cultivo é dependente da eletricidade para alimentação dos atuadores. A falta de energia por períodos extensos poderá comprometer toda a produção devido a falta de irrigação, ventilação, entre outros. O mesmo problema ocorre com os sensores sem fio, que não podem deixar de operar e são alimentados por acumuladores de energia. Os mesmos devem possuir baixo consumo energético, para evitar a inconveniente troca de baterias em curtos períodos de tempo [Litjens et al. 2009].

O objetivo deste trabalho foi obter um intervalo de tempo seguro em que um sensor sem fio pode ficar inativo para redução do seu consumo energético, sem comprometer a operação de automação do abrigo de cultivo.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: na Seção 2 são descritas as principais características do cultivo em abrigos; a Seção 3, apresenta os principais conceitos a respeito da automação de ambientes protegidos; na Seção 4 são expostas as etapas para alcançar os resultados obtidos, que são descritos na Seção seguinte e, finalmente as conclusões obtidas.

2. Cultivo em Abrigos de Cultivo

O cultivo protegido pode ser feito em casas de vegetação, telados, estufas ou abrigos de cultivo. De modo geral, um abrigo é uma casa de cultivo, composta por uma estrutura de madeira ou metal coberta com plástico translúcido, conforme exemplo ilustrado na Figura 1. Essa casa oferece um micro-clima cuja atmosfera interna difere-se da atmosfera externa e que também poderá conter alguns dispositivos como ventiladores, telas de sombreamento, aspersores de água para a manutenção deste micro-clima.

O cultivo protegido em abrigos apresenta algumas vantagens em relação ao cultivo tradicional a céu aberto, como proteção das intempéries climáticas, produção entre safras, redução do efeito da sazonalidade, melhor aproveitamento de espaço pelo modo em que as mudas ficam dispostas [Bezerra 2003], porém exige um cuidado muito maior no processo de produção, sendo que o produtor precisa ficar atento nas condições do ambiente, que precisa estar em conformidade com as necessidades fisiológicas da cultura, para que seu desenvolvimento ocorra de maneira satisfatória. O manejo incorreto poderá ocasionar danos irreversíveis ao processo produtivo, levando a perda total da safra causando grande prejuízo financeiro [Ferreira 2002].



Figura 1. Exemplos de um Abrigo de Cultivo

Fonte: [Agrisak 2016]

3. Automação em Abrigos de Cultivo

As tecnologias da informação e comunicação e a automação podem contribuir com a agricultura, elevando a qualidade, a redução das perdas, o aumento da produtividade, a redução dos custos e diminuição do tempo de retorno do investimento, planejamento e tomada de decisão assim como na redução do impacto ao meio ambiente, facilitando o trabalho e aumentando a qualidade de vida do produtor. A automação em abrigos de cultivo está baseada na integração de software e hardware que abrange a coleta de variáveis do ambiente com a utilização de sensores e o posterior processamento dessas informações

através de um sistema de controle central que faz a tomada de decisão que controla os atuadores que irão alterar o estado do ambiente [Teruel 2010].

4. Metodologia para Redução do Consumo Energético de um sensor sem fio

O presente trabalho foi desenvolvido no LARM - Laboratório de Automação e Robótica Móvel da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, com o objetivo de reduzir o consumo do sensor sem fio, que é utilizado em experimentos de automação em um abrigo de cultivo construído em escala reduzida para realização de testes. O protótipo é responsável por coletar a temperatura, umidade e luminosidade do ambiente e fazer o envio dessas informações para um controlador central através de um enlace de comunicação sem fio. A Figura 2 ilustra a arquitetura e fluxo de dados do Sistema de Automação.

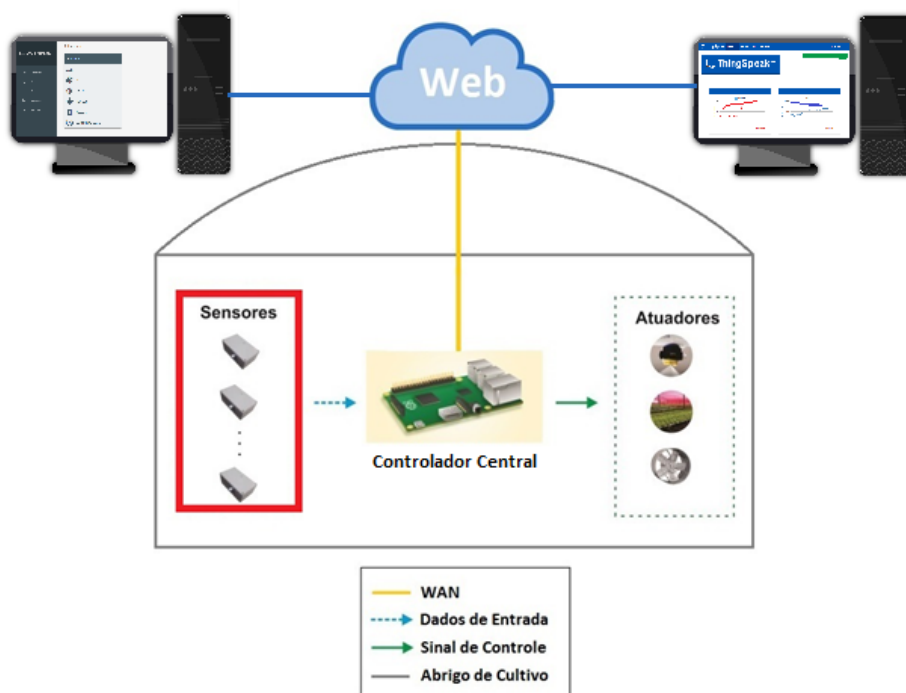


Figura 2. Arquitetura de Controle e Fluxo de Dados

Fonte: Autor

O Controlador Central foi desenvolvido com base em uma placa do tipo *Raspberry Pi Model 1*, que é um pequeno computador que utiliza um processador *Broadcom®BCM2835* e que possui uma interface *GPIO* de 26 pinos [Pi 2016], na qual, foi acoplado um transceptor *NRF24L01+* para recepção dos dados enviado pelo sensor sem fio e um *driver* para controle dos atuadores conforme ilustrado na Figura 3.



Figura 3. Imagem do Controlador Central

Fonte: Autor

Foi instalado no *Raspberry Pi* o sistema operacional *Raspbian*, que é uma distribuição *Linux* baseada no *Debian*, modificada e otimizada para executar no *Raspberry Pi* [Raspbian 2016] que também executa um sistema de monitoramento escrito na linguagem Python com a utilização do *Framework Django*. Essa aplicação é responsável por realizar todo o controle do sistema desenvolvido, como tratar a recepção das variáveis do ambiente e a partir dos parâmetros estabelecidos, fazer a interação com o *driver* de controle dos motores do sombrite e do exaustor, através de sinais de controle. A aplicação também fornece uma interface web para interação com o usuário, onde o mesmo pode acompanhar o estado atual das condições do abrigo e realizar alterações de parâmetros para tomada de decisão. A Figura 4 ilustra a página principal do sistema de monitoramento do abrigo.

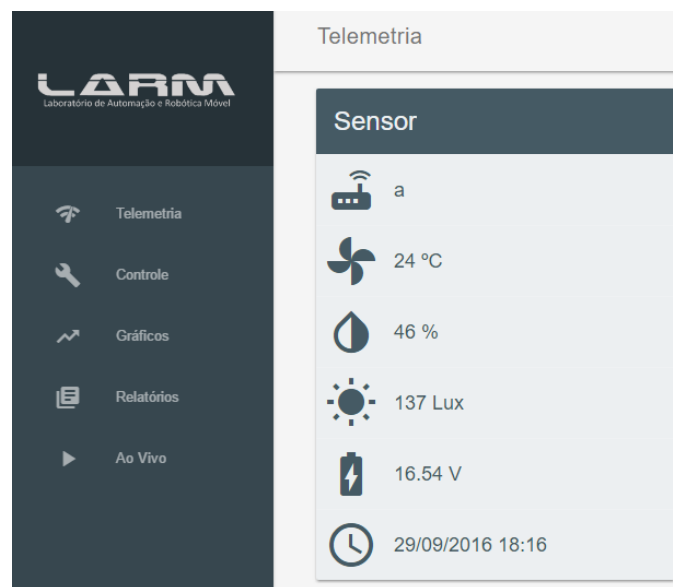


Figura 4. Interface do Sistema de Monitoramento do Abrigo

Fonte: Autor

O Controlador Central também é responsável por enviar ao *ThingSpeak*TM, uma plataforma de Internet de Coisas (*IoT*) que permite coletar e armazenar dados de sensores na nuvem e desenvolver aplicações *IoT* e que também fornece recursos que permitem analisar e visualizar dados através de geração de gráficos e atuar sobre os mesmos [ThingSpeak 2016]. Essa plataforma foi utilizada para auxiliar na visualização da informação.

4.1. Características do Sensor Sem Fio

O sensor sem fio é um protótipo embarcado constituído por um *software* e *hardware*. Basicamente é composto por um microcontrolador *ATmega328p* que possui arquitetura de 8 bits com 32KB memória programável [Atmel 2016]; um sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), para fazer a aquisição da luminosidade; um sensor digital de temperatura e umidade DHT11, que permite medir temperaturas de 0 a 50 °C e níveis de 20 a 90% da umidade relativa do ar, sendo este sensor de grande confiabilidade por apresentar uma precisão entre 5% e 2°C, mas que não realiza leituras com pontos flutuantes [D-Robotics 2010]; um rádio transceptor NRF24L01+, que opera numa frequência de operação de 2.4GHz com taxas de transmissão de até 2 Mbps, e capacidade de comunicação com até seis rádios simultaneamente. O sensor sem fio é alimentado por uma bateria, ou fonte de alimentação de corrente contínua com tensão entre 7 a 25 volts. O microcontrolador executa um software escrito em C, que realiza de aquisição de dados e envio da informações a cada 1 minuto. A Figura 5 ilustra o sensor sem fio desenvolvido.

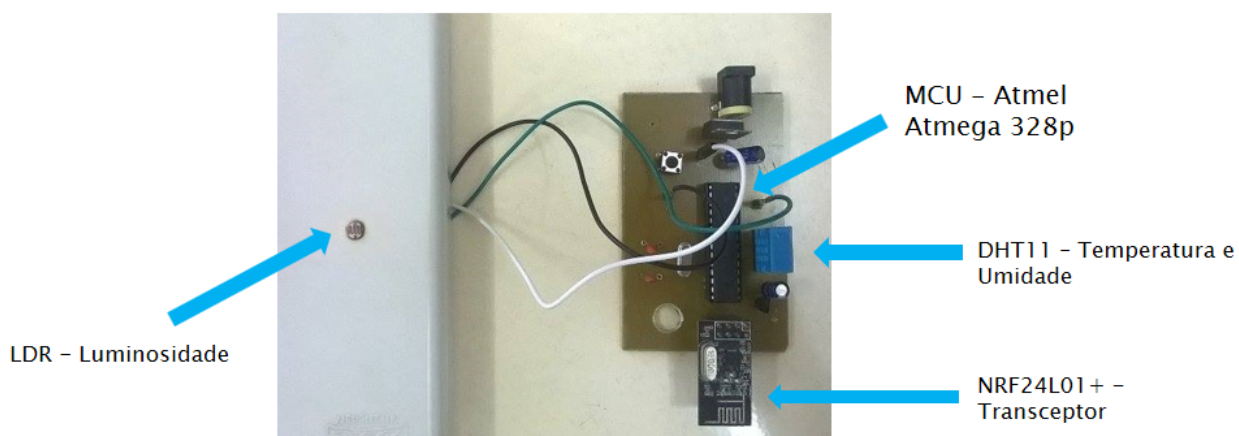


Figura 5. Imagem do sensor sem fio

Fonte: Autor

Por se tratar de um protótipo, o consumo energético do sensor ficou elevado, inviabilizando o uso de pilhas ou baterias para a sua alimentação. A Tabela 1 lista o consumo e o tempo de duração da bateria do sensor sem fio que foi obtido através do intervalo de tempo entre primeira e a última transmissão registrado no banco de dados durante um ciclo de descarga de uma bateria com tensão 9 Volts e capacidade nominal de 320mAh.

Tabela 1. Consumo de energia do sensor sem fio

	Consumo nominal (mA)	Consumo em transmissão (mA)	Duração da bateria 9V 320 mAh (horas)
Com divisor de tensão	40,7	43,1	7,6
Sem divisor de tensão	33,7	36,1	9,1

Para fazer a aquisição da tensão da bateria foi incorporado um divisor de tensão, que é uma técnica utilizada para gerar uma tensão elétrica proporcional à tensão de leitura pelo microcontrolador. Porém, o divisor de tensão consome uma quantidade expressiva de energia, reduzindo consideravelmente o tempo de duração da bateria.

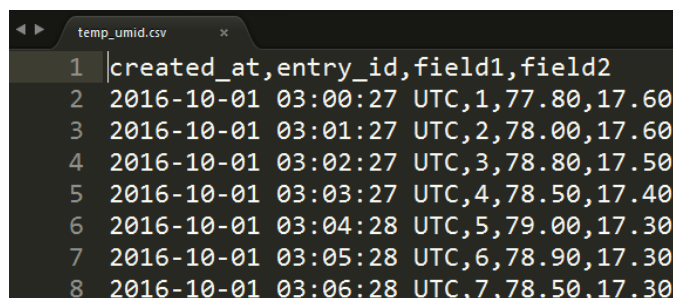
Uma maneira de reduzir o consumo energético do sensor sem fio é estabelecer um intervalo de tempo em que o sensor poderá ficar adormecido (*sleep*) e fazer a sua ativação apenas no momento da transmissão dos dados, aplicando uma técnica de projeto denominada *Low Duty Cycle* [Rhee et al. 2004], entretanto, é preciso identificar o período de tempo que o sensor poderá ficar inativo para não prejudicar o processo de automação.

4.2. Identificação do período em *sleep*

Este processo foi executado em 3 etapas:

1. Coleta dos dados;
2. Filtragem dos registros;
3. Cálculos do intervalo de tempo entre as mudanças significativas e obtenção da moda.

Para a realização da coleta dos dados foi utilizado um *datalogger* instalado em um abrigo de cultivo real, localizado na estação experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI de Itajaí. O *datalogger* coleta a temperatura e a umidade a cada um minuto e salva o registro instantaneamente em um cartão de memória, em um arquivo formatado conforme especificações da plataforma *ThingSpeak™*, para visualização e manipulação dos dados. A Figura 6, demonstra parte do arquivo gerado pelo *datalogger*. Cada registro é formado por uma linha, que contém a data de criação, identificador, umidade e temperatura.



```
temp_umid.csv
1 created_at,entry_id,field1,field2
2 2016-10-01 03:00:27 UTC,1,77.80,17.60
3 2016-10-01 03:01:27 UTC,2,78.00,17.60
4 2016-10-01 03:02:27 UTC,3,78.80,17.50
5 2016-10-01 03:03:27 UTC,4,78.50,17.40
6 2016-10-01 03:04:28 UTC,5,79.00,17.30
7 2016-10-01 03:05:28 UTC,6,78.90,17.30
8 2016-10-01 03:06:28 UTC,7,78.50,17.30
```

Figura 6. Exemplo de um arquivo gerado pelo *datalogger*

Fonte: Autor

Uma amostra coletada entre os dias 01/10/2016 à 07/10/2016, contendo 9251 registros, foi carregada no *ThingSpeak™* para análise inicial das curvas de mudanças,

através de um gráfico linear. A Figura 7 ilustra os gráficos de temperatura e umidade relativa do ar no período especificado.

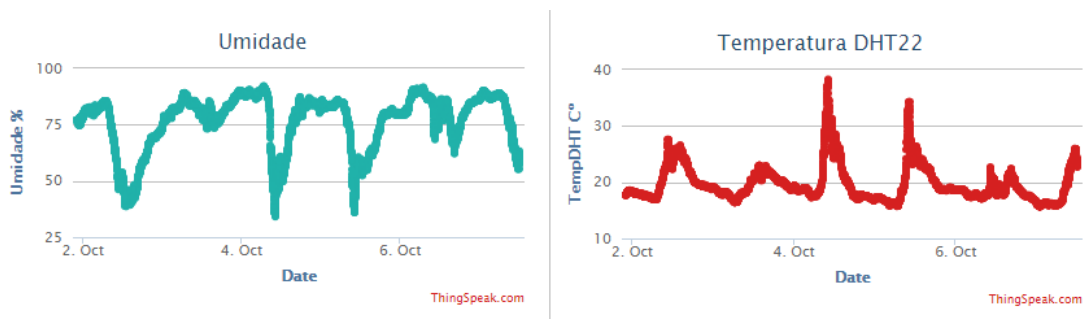


Figura 7. Gráficos de uma semana de amostras da variação da temperatura e da umidade

Fonte: Autor

A etapa seguinte foi a realização de uma filtragem da amostra, devido a quantidade de registros redundantes em longos períodos em que as condições climáticas permaneceram estáveis. Desenvolveu-se um software utilizando a linguagem C, que percorre os registros do arquivo gerado pelo *datalogger*, e cria um novo arquivo formatado em csv contendo apenas os registros cuja variação é de 1 grau Celsius para mais ou para menos ou 1% para mais ou para menos para a umidade. Nesse novo arquivo a quantidade de registros passou de 9251 para 176. Esse novo arquivo, foi exportado para um novo canal da plataforma *ThingSpeak™*, para fins de comparação com a plotagem anterior à filtragem. A Figura 8 apresenta os novos gráficos.

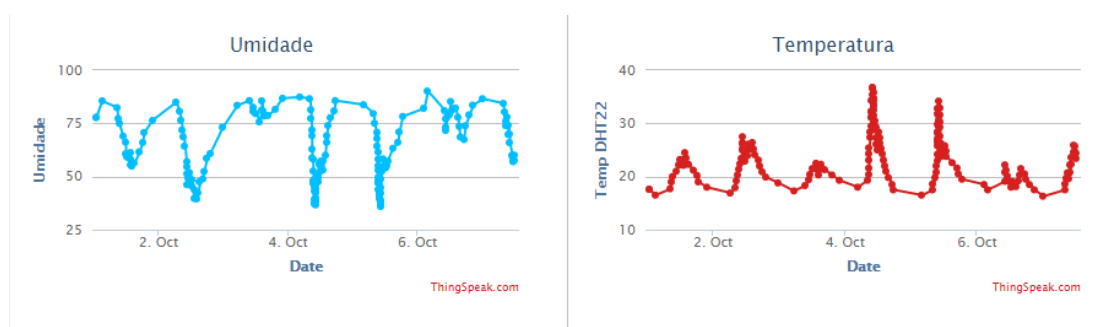


Figura 8. Gráficos da amostra da variação da temperatura e da umidade após a filtragem

Fonte: Autor

Ainda que, com a redução os pontos de entrada, a nova plotagem ficou idêntica à anterior.

A partir dessa filtragem foi calculado a diferença de tempo entre as leituras, permitindo a visualização dos períodos em que a temperatura e a umidade sofrem mais alterações e os que menos sofrem. A Tabela 2, demonstra que os intervalos mais estáveis são durante o período noturno.

Tabela 2. Períodos de menor variação climática

Tempo inicial	Tempo final	Intervalo
01/10/2016 02:08:04	01/10/2016 07:43:41	05:35:37
01/10/2016 20:45:42	02/10/2016 05:37:16	08:51:34
02/10/2016 18:13:58	02/10/2016 22:55:20	04:41:22
02/10/2016 22:55:20	03/10/2016 04:23:55	05:28:35
03/10/2016 21:00:47	04/10/2016 03:44:44	06:43:57
04/10/2016 16:46:32	05/10/2016 03:07:33	10:21:01
06/10/2016 23:17:27	07/10/2016 07:00:42	07:43:15

Com o conjunto de diferenças de tempos definido, foi calculada a moda, ou seja o valor de maior ocorrência em um conjunto de dados. Como resultado, obteve-se o período de 3 minutos como exibe a Figura 9.

	A	B	C	D	E
1	Data de aquisição	Umid	Temp	Diferença de Tempos	Moda
2	01/10/2016 03:00	77.80	17.60	00:00:00	00:03:01
3	01/10/2016 05:08	85.60	16.50	02:07:37	
4	01/10/2016 10:43	82.40	17.70	05:35:37	
5	01/10/2016 11:05	77.30	19.00	00:22:07	
6	01/10/2016 11:32	75.00	20.00	00:27:08	
7	01/10/2016 12:53	69.00	21.00	01:20:23	
8	01/10/2016 13:49	66.20	22.20	00:56:17	
9	01/10/2016 14:04	60.70	23.20	00:15:04	
10	01/10/2016 14:33	59.30	22.20	00:29:08	
11	01/10/2016 14:46	58.90	23.20	00:13:04	

Figura 9. Intervalos entre leituras da umidade e da temperatura

Fonte: Autor

Com o valor obtido, foi realizado a reprogramação do sensor sem fio, adicionando a rotina de *sleep*, implementada para permanecer em *power-down*, função de gerenciamento de energia de modo *sleep* de menor consumo de energia por 3 minutos em seu ciclo de trabalho, que é representado no diagrama de tempo ilustrado na Figura 10.

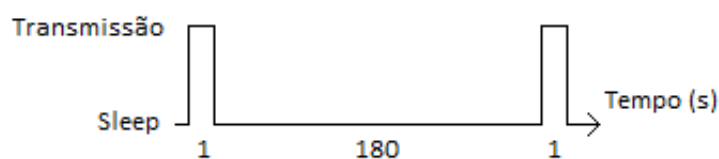


Figura 10. Diagrama de Tempo

Fonte: Autor

5. Resultados

Foi possível verificar uma redução considerável no consumo de energia, após a aplicação da metodologia abordada neste artigo, contudo, não o suficiente para viabilizar o uso de uma bateria com corrente nominal de 320 mAh. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 3. Consumo de Energia do Sensor Sem Fio após reprogramação

	Consumo em <i>mode sleep</i> (mA)	Consumo em transmissão (mA)	Duração da bateria 9V 320 mAh (horas)
Com divisor de tensão	14,1	30,1	22,7
Sem divisor de tensão	6,9	23,1	46,4

Verificou-se também, a necessidade de fazer uma otimização do protótipo, re-projetando o mesmo, para fazer o uso de um microcontrolador com tecnologia de baixo consumo (*low power*), como os microcontroladores da linha *PIC@eXtreme Low Power* da *Microchip* ou, os modelos da linha *MSP430™* da *Texas Instruments* [Albus and Valenzuela 2009].

6. Conclusões

O crescimento na utilização de abrigos de cultivo demanda o uso de tecnologias da informação e comunicação e de automação, aplicadas na agricultura, para facilitar a vida dos produtores rurais. Essas tecnologias fazem o uso de sensores sem fio, com o objetivo de facilitar a aquisição de dados e a instalação dos sensores no interior do abrigo, tornando a aplicação de um sistema de automação mais versátil.

Os maiores desafios encontrados em projetos que envolvem sensores sem fio, é o consumo de energia. As baterias atuais são limitadas, e as tecnologias para essas fontes não apresentam uma evolução significativa [Teixeira 2005]. Os resultados obtidos com a metodologia empregada foram satisfatórios, se levado em conta a comparação do consumo anterior com o consumo apresentado após a aplicação da metodologia. Outra vantagem obtida foi a redução do número de registros gerados diariamente, contribuindo para reduzir o volume de dados diário. Apesar dos bons resultados obtidos, a redução do consumo não foi o suficiente para viabilizar o uso de baterias, resultado que implica na revisão do projeto do sensor remoto, como trabalho futuro, com a utilização de componentes baseados em tecnologias de baixo consumo de energia (*low power*). Outra possibilidade verificada nesse trabalho, que será considerada, é o envio de uma informação para o controlador central, apenas se o registro anterior for diferente do atual, com a possibilidade de reduzir ainda mais o consumo energético e o volume de registros na base de dados.

Referências

- Agrisak (2016). Agrisak. <http://www.rimaj.com.br/>.
- Albus, Z. and Valenzuela, A. (2009). Ultra-low power comparison: Msp430 vs. microchip xlp tech brief.
- Atmel (2016). Atmel 8-bit microcontroller with 4/8/16/32kbytes in-system programmable flash datasheet.

- Bezerra, F. C. (2003). Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. *Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos*.
- D-Robotics (2010). Dht11 humidity & temperature sensor.
- Ferreira, J. L. (2002). Simulação do comportamento térmico de estufas agrícolas com cobertura plástica.
- Litjens, O. J. et al. (2009). Automação de estufas agrícolas utilizando sensoriamento remoto e o protocolo zigbee.
- Pi, R. (2016). Raspberry pi 1 model a+. <http://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/>.
- Raspbian (2016). About raspbian. <https://www.raspbian.org/RaspbianAbout>.
- Rhee, S., Seetharam, D., and Liu, S. (2004). Techniques for minimizing power consumption in low data-rate wireless sensor networks. In *Wireless Communications and Networking Conference, 2004. WCNC. 2004 IEEE*, volume 3, pages 1727–1731. IEEE.
- Teixeira, I. (2005). *Roteamento com Balanceamento de Consumo de Energia Para Redes de Sensores Sem Fio*. PhD thesis, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.
- Teruel, B. J. (2010). Controle automatizado de casas de vegetação: Variáveis climáticas e fertigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 14(3).
- ThingSpeak (2016). About thingspeak. <https://www.mathworks.com/help/thingspeak/>.