

## Aplicação de Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) na Agricultura

**Anderson Raber<sup>1</sup>, Pablo Miguel de Almeida Mucha<sup>1</sup>, Henrique Michel Persch<sup>2</sup>, Antonio Rodrigo Delepiane de Vit<sup>1</sup>, Fauzi de Moraes Shubeita<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria/ Campus F.W.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria.

<sup>3</sup>Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

anderson-raber@hotmail.com, pablomucha@gmail.com, hpersch@inf.ufsm.br,  
rodrigodevit@cafw.ufsm.br, shubeita@terra.com.br

**Abstract.** Using simulation technologies from the use of hardware and software in decision-making in agriculture has grown considerably since the advent of precision agriculture. Thus, this paper presents a study of WSN protocols and hierarchical, in order to help decide which protocol best meets the required needs for a case study. The work was developed through the study of the NS-2 simulator and algorithms Leach and Leach-c in order to compare the performance of these protocols in the categories data transmission and the network lifetime.

**Resumo.** Utilizar tecnologias de simulação a partir da utilização de hardware e software na tomada de decisões agrícolas tem crescido bastante a partir do advento da agricultura de precisão. Desta forma, este trabalho apresenta um estudo sobre RSSF e Protocolos Hierárquicos, a fim de auxiliar na decisão de qual protocolo melhor atende as necessidades exigidas para um estudo de caso. O trabalho foi desenvolvido através do estudo do simulador NS-2 e dos algoritmos Leach e Leach-c, a fim de comparar o desempenho desses protocolos nos quesitos transmissão de dados e tempo de vida da rede.

### 1. Introdução

Atualmente, em termos agrícolas, o que se vê, é um potencial crescimento na utilização de novas tecnologias como apoio à tomada de decisões. A agricultura de precisão vem demonstrando que é possível produzir mais e de maneira mais concreta. Aliado a isso, outra forte tendência, é a necessidade de oferecer às culturas condições que favoreçam seu crescimento e desenvolvimento, sendo a irrigação um bom exemplo disso. O uso de sensores, aplicados a sistemas de irrigação, é estratégico. Uma vantagem é a preservação de um recurso natural cada vez mais escasso, maximizando a eficiência da irrigação, onde somente áreas com deficiência hídrica são irrigadas, evitando o desperdício de água e diminuindo o custo do consumo de energia (Torre-Neto et. al, 2007). Dessa forma, a utilização de Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) é de grande valia para a agricultura de precisão e para os sistemas de irrigação agrícola.

Este trabalho tem por objetivo comparar, através de simulações computacionais os protocolos hierárquicos *Leach* e *Leach-c*, de forma a comprovar sua eficácia no gerenciamento de uma RSSF em um estudo de caso. No decorrer do trabalho, serão apresentados conceitos importantes, bem como a simulação desenvolvida e os resultados encontrados.

## 2. Revisão Bibliográfica

As Redes de Computadores surgiram por volta de 1964. Em 1980 surgiu o padrão *Ethernet* (Pinheiro 2003). Inicialmente foram criadas as chamadas LANs (*Local Area Network*). Posteriormente devido à necessidade de interligar pontos cada vez mais distantes surgiu as WANs (*Wide Area Network*).

### 2.1 Redes Sem Fio

Segundo Kurose e Ross (2006), as redes sem fio infraestruturadas são aquelas onde estações móveis sem fio estão em contato direto com uma estação base central de comunicação, conhecida como ponto de acesso (*Access Point – AP*). Em sua dissertação, Câmara (2001), discorre sobre outro tipo importante de rede móvel, a rede *ad hoc*, onde os dispositivos computacionais são capazes de trocar informações diretamente entre si, sem a necessidade de uma estação base. Nesse modelo de rede os roteadores podem ir e vir, alterando a topologia a todo instante sem qualquer tipo de aviso (Tanenbaum, 2003).

### 2.2 Redes de Sensores Sem Fio – RSSF

As Redes de Sensores Sem Fio tem por objetivo monitorar o ambiente através de sensores, coletando informações e as encaminhando até uma estação base, onde serão posteriormente armazenadas e analisadas. Segundo Loureiro et al. (2003), as RSSFs diferem das redes tradicionais devido a grande quantidade de sensores distribuídos, consumo de energia, mecanismos de autoconfiguração, e necessidade de auto-organização caso haja a falha ou perda de um nó.

Segundo Verona (2010), as RSSF são uma subclasse das redes *ad hoc*, pois possuem por base a descentralização do envio e recepção de dados, permitindo que qualquer ponto da rede possa realizar o roteamento dos dados, enviando e recebendo solicitações.

Algumas características das RSSF são a homogeneidade, rede relativamente dispersa, nodos estacionários ou semimóveis e uma densidade de sensores que podem variar de dezenas para milhares de nodos.

Entre os componentes da RSSF podemos citar os *Nodos* que realizam o sensoriamento e são compostos por sensor, memória, micro controlador, transceptor sem fio e bateria. O *Gateway* que faz a ligação entre a rede e o computador. E ainda a *Estação base* que é o dispositivo que recebe as informações do *gateway*, para posterior análise e armazenamento dos mesmos.

O gerenciamento da energia em uma RSSF é de vital importância para a manutenção da rede pelo maior tempo possível. Dessa forma os protocolos de roteamento podem auxiliar nesta tarefa, sendo possível escolher entre os que façam monitoramento e transferência contínua, os que realizam coleta de dados com intervalos determinados, ou ainda os que realizam a coleta somente quando requisitados pela estação base. Segundo Brittes (2007), outras funções dos protocolos de roteamento são: maximizar a vida dos nós, tolerar falhas, garantir eficiência na comunicação e disseminação de dados.

### 2.3 Trabalhos Relacionados

Durante a pesquisa, vários trabalhos relacionados foram considerados. Cada um deles possui uma abordagem que contribui de forma considerável para esse artigo. Em destaque, as publicações de (Mucha, 2012) e (Xinhua; Sheng, 2010), onde maiores detalhes podem ser obtidos.

### 3. Algoritmos de roteamento hierárquico para RSSF

Os algoritmos de roteamento hierárquico para RSSF, segundo Brittes (2007), utilizam o conceito de *clusters*. A área de sensoriamento é dividida em áreas menores, onde cada uma possui um nó principal. Nós sensores enviam os dados coletados somente para o nó principal da sua área, que posteriormente encaminhará as informações para a estação-base. Nessa segunda categoria encontra-se o *Leach – Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy* e um variante desse protocolo chamado *Leach-c(Centralized)*.

O algoritmo *Leach* é um dos mais utilizados para roteamento em RSSF (Heinzelman et al., 2000) e justamente por isto, foi escolhido para este estudo. Seu funcionamento se dá de forma que, durante o processo de transmissão de dados, são formados agrupamentos de nós, chamados *Clusters*, onde um nó é escolhido como líder, decidindo se haverá uma agregação ou fusão dos dados recebidos antes de encaminhá-los a estação base, havendo assim economia de energia, já que os números de transmissões são reduzidos na rede (Heinzelman et al., 2000). Para que não haja o desgaste de um único nó, esse protocolo também realiza a verificação do nó que possui mais energia para que seja eleito o próximo líder na nova rodada.

Por outro lado o *Leach-c – Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy Centralized*, utiliza uma técnica centralizada para a formação dos grupos. Assim, cada nó, na fase de inicialização, envia sua posição geográfica e energia disponível para a base, sendo ela quem determina os grupos de forma centralizada (Heinzelman et al., 2000). Através desse modelo a transmissão fica a cargo do *cluster-head*, garantindo que não hajam colisões e que os componentes de rádio de cada nó possam ser ligados somente na sua vez de transmitir, reduzindo o consumo de energia.

### 4. Simulação do estudo de caso

Para o desenvolvimento dessa fase do trabalho foi utilizado à ferramenta de simulação NS-2 (*Network Simulator* – versão 2.34), que é um simulador de rede de sensores sem fio. Possui distribuição gratuita e código aberto, sendo muito utilizado em pesquisas acadêmicas (Korkalainen et. al, 2009). Para que o NS-2 pudesse simular protocolos hierárquicos foi necessária a instalação de uma extensão, o *μAMPS – Micro-Adaptative Multi-domain Power-aware Sensors*, do MIT – *Massachusetts Institute of Technology* (MIT, 2000). O ambiente de simulação utilizou o sistema operacional *Ubuntu 10.10*. Estudo, comparação, análise e/ou utilização de outros simuladores estão fora do escopo deste artigo.

Simulou-se uma área total de 90 mil metros quadrados (300m x 300m), onde os nodos foram distribuídos de forma uniforme em todo o perímetro, somando um total de 100 nós, sendo que um desses é a estação base, alterando a quantidade de *clusters*, comparando os algoritmos *Leach* e *Leach-c*, de forma a analisar em qual situação a rede torna-se-ia mais eficiente. Outros parâmetros iniciais foram: (1) Taxa de transmissão: 1 Mbps; (2) Taxa de bloco de dados: 500 bytes; (3) Tempo de simulação: 3600 segundos; (4) Intervalo de troca de cluster: 20 segundos; (5) Energia inicial do nó: 15 Joules.

As simulações utilizaram 2, 4, 6 e 9 clusters, esta ordem. Os clusters foram divididos de forma uniforme em toda a área de simulação. A estação-base ficou posicionada fora da área de sensoriamento em todas as simulações. As informações de simulação que foram buscadas fazem referência ao Tempo de Vida da Rede, onde a situação ideal seria aquela em que a rede se mantivesse ativa pelo maior tempo possível. E, além do tempo de vida da rede, analisaram-se as informações referentes à quantidade de dados transmitidos, no qual o mais favorável seria aquele em que o número de dados transmitidos fosse o maior. Sendo assim, foram executados testes, avaliando cada uma das informações coletadas. Os gráficos 1 e 2 ilustram os resultados encontrados nas simulações.

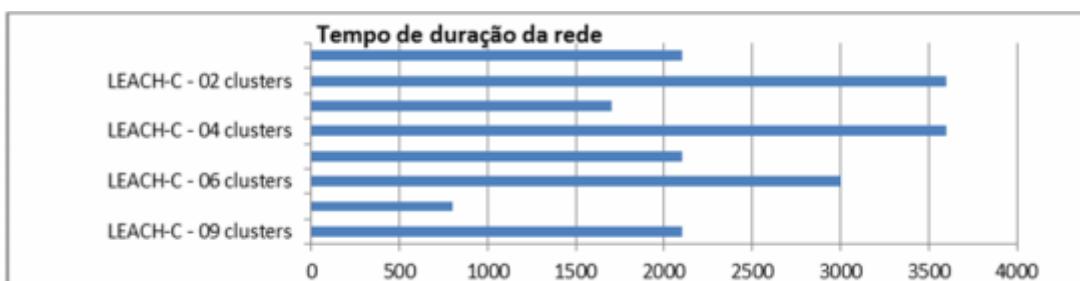


Gráfico 1 – Tempo de Duração da Rede em Segundos

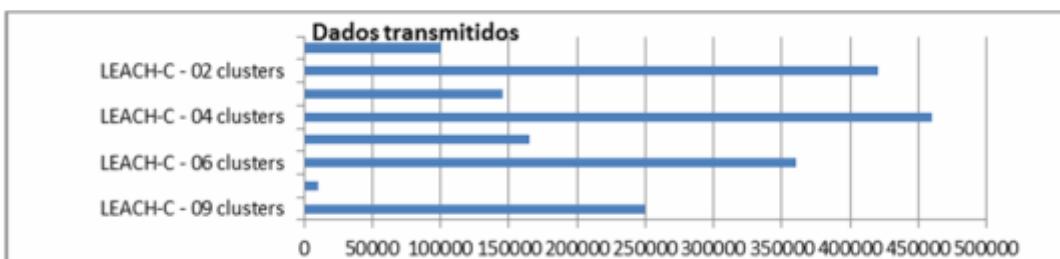


Gráfico 2 – Quantidade de Dados Transmitidos em Kb

## 5. Resultados Alcançados

Após a definição do cenário que foi emulado computacionalmente e a partir da análise dos resultados obtidos, visíveis através dos gráficos apresentados, se verificou que o melhor algoritmo de roteamento para este estudo de caso foi o algoritmo *Leach-c* em uma rede dividida em quatro *clusters*. Nessa condição a rede manteve-se ativa por um período de tempo superior, transmitindo uma maior quantidade de dados.

## 6. Conclusões

Esse trabalho buscou estudar e simular um cenário de utilização de uma RSSF, com o objetivo de verificar a influência dos parâmetros de configuração, de forma a obter um aumento do tempo de vida útil da rede, além de otimizar a quantidade de transmissões efetuadas em um ambiente destinado à Agricultura de Precisão.

Com base na análise dos resultados, pôde-se comprovar os seguintes fatos: (1) ao comparar o desempenho dos algoritmos de roteamento propostos, verifica-se que o *Leach-c* apresenta melhor desempenho em relação ao *Leach* em todas as simulações realizadas; (2) baseado no conceito de setorização do ambiente, a melhor configuração foi a de rede composta por 4 *clusters*.

## Referências

- Brittes, M. P. “Uma proposta para Melhoria de Desempenho do Protocolo Leach para RSSF”. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- Câmara, D. “Estudo de Algoritmos de Roteamento para Redes Móveis Ad Hoc”. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- Heinzelman, W.; Chandrakasa, A. and Balakrishnan, H. “Energy Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks.” In Proceedings of the

- 33<sup>rd</sup> International Conference on System sciences (HICSS '00). Maui, Hawaii, Jan 2000.
- Korkalainen, M.; Sallinen, M.; Karkkainen, N.; Tukeyva, P. "Survey of Wireless Sensor Networks Simulation Tools for Demanding Applications," *Networking and Services, 2009. ICNS '09. Fifth International Conference on*, vol., no., pp.102,106, 20-25 April 2009.
- Kurose, J. F.; Ross, K. W. "Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down". São Paulo: Person, 3<sup>a</sup> end, 2006.
- Loureiro, A. A. F.; Nogueira, J. M. S.; Ruiz, L. B.; Mini, R. A.; Nakamura, E. F.; and Figueiredo, C. M. S. "Redes de Sensores Sem Fio," *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores – SBRC 2003*, pp 179 226, Natal, 2003.
- Mucha, P. M. A. "O Uso de Simulação de Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) para Gestão de TI em Ambientes Agrícolas" Monografia (Pós-Graduação em Gestão de TI) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Frederico Westphalen, 2013.
- MIT, Massachusetts Institute of Technology. "The MIT uAMPS ns Code Extensions," Cambridge, MA, Ago 2000.
- Pinheiro, José Mauricio S. *Guia Completo de Cabeamento de Redes*: Rio de Janeiro: Campus, 2003.
- Tanenbaum, A. S. "Redes de Computadores". Rio de Janeiro: Elsevier, 4<sup>a</sup> ed., 2003.
- Torre-Neto, A.; Rodrigues, E. L. L.; Ferrarezi, R. A.; Speranza, E. A. and Oliveira, A. C. N.. "Rede de Sensores e Atuadores Sem Fio para Irrigação com Taxa Variável" *VII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente*, Out. 2007.
- Verona, A. B. "Simulação e Análise de Redes de Sensores Sem Fio Aplicadas à Viticultura," Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.
- Xinhua, W.; Sheng, W.; "Performance Comparison of LEACH and LEACH-C Protocols by NS2," Distributed Computing and Applications to Business Engineering and Science (DCABES), 2010 Ninth International Symposium on , vol., no., pp.254,258, 10-12 Aug. 2010.