

# Influência do Cenário em Rede de Sensores Sem Fio para Rastreamento Animal

Moises D. Deangelo, Patrícia S. Domingues e Leonardo B. Pinho  
Engenharia de Computação – Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Campus Bagé  
heco@unipampa.edu.br

**Resumo**— Aumentar a eficiência das práticas agropecuárias é uma necessidade fundamental em tempos de globalização, e faz parte das ações estratégicas governamentais em âmbito nacional e estadual. Para tanto, tecnologias automatizadas de manejo têm sido propostas e inseridas comercialmente nos ambientes de produção. Neste contexto, sistemas para rastreamento animal baseados em RSSF se apresentam como alternativa potencial. Este trabalho visa avaliar a viabilidade do uso de técnicas de localização que usam o LQI (*Link Quality Indicator*) para estimar a posição dos nós considerando a variabilidade deste indicador em função da relação entre as características particulares de diferentes cenários representativos de propriedades rurais e a altura dos animais (bovinos e ovinos). Os resultados preliminares dos testes empíricos sugerem que técnicas complementares para contornar a imprecisão causada em certos cenários serão fundamentais.

## I. INTRODUÇÃO

Rede de sensores sem fio (RSSF) é uma ferramenta para o sensoramento distribuído de fenômenos ambientais, processamento de dados e disseminação de informações [1]. Muitas RSSF sofrem com o problema conhecido como visada, mais especificamente LOS (*Line-Of-Sight*), pois nem todos os ambientes fornecem esse requisito para um bom funcionamento sem interrupções, como sistemas baseados em LOS temos o GPS, sistemas acústicos e sistemas baseados em luz, porém entretanto na prática existe a necessidade de se ter um sistema robusto o suficiente para operar em NLOS (*Non-Line-Of-Sight*), o que significa a existência de obstáculos interferindo entre os sensores [2]. Diante disso são feitos estudos que objetivam contornar essa dificuldade. Rede de sensores sem fio são sistemas distribuídos para capturar e processar dados, as quais usam *links* de rádio para transmitir dados entre os sensores e um servidor [3], viabilizadas em função do crescente e rápido avanço tecnológico em termos de semicondutores, circuitos integrados e de MEMS (sistemas mecânicos microeletrônicos). Sensores autônomos são dispostos em ambientes externos e se comunicam com um nó sorvedouro. O processamento dos dados coletados pode ser feito em um desktop, com um programa específico para a aplicação sensoriada. Os nós sensores podem ser estáticos ou móveis, como no caso destes estarem presos a elementos a serem monitorados (animais de um rebanho), que tenham capacidade de movimentação própria (um veículo sob controle da administração da rede) ou por ação de terceiros (um sensor em uma roupa) [4].

O chamado rastreamento animal atual é utilizado apenas para garantia da procedência da carne após abate, onde é possível saber todo histórico de vacinas, doenças e manejo. Para tal usa-se equipamentos RFID passivos que devido as suas limitações dificultam o acesso as informações complementares e em tempo real dos animais

no campo. Para se obter informações em tempo real dos animais e coibir, por exemplo, o crime de abigeato (roubo de animais, prática comum em diversas regiões do país e em especial na chamada região da campanha, na fronteira do RS com o Uruguai), uma RSSF com diferentes tipos de sensores móveis poderia ser montada, mostrando a posição aproximada dos animais dentro de uma determinada área de cobertura. A utilização de uma rede de sensores para estimação de campo possibilita a realização das medidas em lugares inacessíveis, pois o observador pode estar a quilômetros de distância recebendo os dados. Esta é tipicamente uma aplicação de envio contínuo de dados, onde a qualidade da estimação depende diretamente da frequência com que os dados são obtidos. Quanto maior esta frequência, tanto temporal quanto espacial, maior a precisão do sistema. No entanto, maiores frequências implicam um maior tráfego na rede e consequentemente um maior consumo de energia [5].

Para calcular a posição dos sensores em uma RSSF, diferentes técnicas de localização foram propostas. Usualmente, estas técnicas se baseiam no LQI (*Link Quality Indicator*), por meio do qual é possível verificar a qualidade do sinal que chega ao rádio, principalmente em função do RSSI (*Received Signal Strength Indicator*), o qual fornece a intensidade do sinal recebido de um determinado transmissor. A partir da coleta dos dados de LQI de diferentes sensores são necessários algoritmos específicos para estimar as localizações relativas entre estes por meio de triangulação. Por exemplo, o RPE (*Recursive Position Estimation*) e o DPE (*Direct Position Estimation*) são dois algoritmos relevantes para calcular a posição dos nodos [6].

Com base na revisão bibliográfica realizada, foi possível constatar que, embora existam diversos trabalhos abordando com diferentes ênfases diversos fatores que afetam a precisão destas técnicas, não é comum encontrar na literatura resultados empíricos de RSSF testadas em



Figura 1. Locais escolhidos para testes.



Figura 2. Cenários avaliados nos testes: a) Declive; b) Lago; c) Colina; e d) Plano.

cenários reais. Em particular, não foram identificados trabalhos que buscassem avaliar cenários característicos de propriedades rurais – mesclando áreas planas e áreas com declive, existência de açudes e colinas. Soma-se a esta heterogeneidade a altura na qual usualmente estariam os sensores, no caso de serem fixados ao pescoço dos animais.

## II. OBJETIVO

Avaliar empiricamente o comportamento do LQI em diferentes cenários representativos em uma propriedade rural visando poder identificar com precisão a localização dos animais no pasto sem a necessidade de contato visual ou físico com os mesmos.

## III. METODOLOGIA

### A. Nós Sensores

Os sensores utilizados são do *kit Freescale MC1322x* [6], com processador TDMI ARM7™ 32 bits, 26 MHz; alto poder de processamento e integração de sistema, com uma combinação de memória ROM, RAM e *flash*. A *Freescale* disponibiliza um ambiente de desenvolvimento chamado *Freescale BeeKit Wireless Connectivity Toolkit*, o qual inclui a *BeeKit GUI* que possibilita ao desenvolvedor criar, modificar e atualizar várias implementações de redes de sensores sem fio [7]. Segundo o fabricante o padrão ZigBee sem nenhum ganho de antena ou recursos foi criado para operar em um raio de 90 a 120 metros [8].

O referido *kit* possui três tipos de sensores, na Figura 3 observa-se um sensor SRB. Todos possuem interface UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) para programação e depuração.

Os sensores são compostos de quatro componentes: fonte de energia; unidade de sensoriamento (Sensor e conversor A/D – analógico digital); unidade de

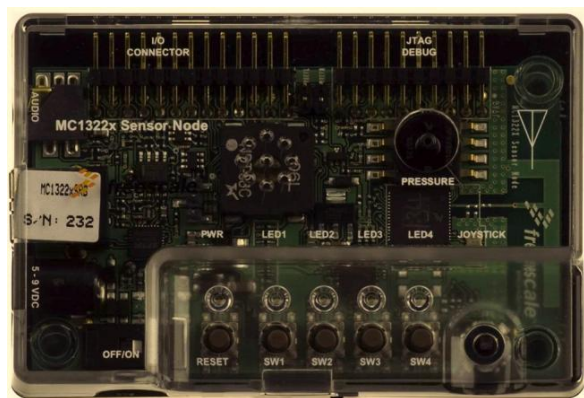


Figura 3. Sensor Freescale 1322x-SRB

processamento e unidade de comunicação (transceptor).

A unidade de sensoriamento caracteriza-se pela medição de grandezas físicas, que são adquiridas em sinais analógicos e são digitalizadas por um conversor A/D, de forma que a unidade de computação possa corretamente processar as informações [9].

### B. Cenários

Foram destacados quatro cenários no entorno do Campus Bagé da UNIPAMPA, apresentados na Figura 1 respectivamente.

Estes corresponderiam aos encontrados em um ambiente rural para estudos, sendo caracterizados como segue:

- 1) *Declive*: local onde um nó se encontra elevado em relação ao outro podendo haver visada direta ou não, como visto na Figura 2-a.
- 2) *Lago*: entre os dois pontos há um lago ou um açude, visto na Figura 2-b.
- 3) *Colina*: caracteriza-se por uma pequena elevação no terreno obstruindo o sinal do rádio, podemos ver um dos pontos da mesma na Figura 2-c.
- 4) *Plano*: local com pouca ou nenhuma variação de altitude. Contém apenas vegetação rasteira ou terra entre os pontos, como visto na Figura 2-d.

### C. Método de Medição

Nos quatro ambientes diferentes foram demarcados a partir de coordenadas da ferramenta *Google Earth* e com o auxílio do GPS de um *smartphone Samsung Galaxy Y* com o Sistema Operacional Android e a Aplicação GPS Status, locais de medição com distância de 100m entre um ponto e outro. A altura dos pontos (curva de nível) foi escolhida com cuidado para se ter o ambiente desejado nos experimentos práticos. A bateria de testes consistiu no envio de 100 pacotes de um sensor ao outro utilizando antenas *printed F* e estando ambos configurados para transmitir em 3dBm (2mW) que é a potência máxima fornecida por esses aparelhos da Freescale. O rádio receptor gerava um log com informações sobre os pacotes que chegavam, tais como: comprimento, LQI e quantidade de pacotes íntegros. Ambos os rádios foram fixados a hastes na mesma altura e na mesma posição (foram analisadas diferentes posições para verificar o efeito da posição da antena do equipamento). No estudo, foram adotadas três alturas: 1,5 m (simulando uma cabeça de gado no sobreano), 1,2 m (simulando uma cabeça de gado após 120 dias de nascido) e 0,8 m (simulando uma ovelha adulta). Posteriormente fez-se um estudo sobre os pacotes recebidos em relação ao LQI, que é o objeto de pesquisa, foram avaliadas apenas as recepções intactas garantidas por uma técnica de detecção de erros, CRC (*Cyclic*

Tabela I  
DADOS COLHIDOS NO DECLIVE

	Declive c/ Rádio na Horizontal	Declive c/ Rádio na Vertical
LQI Máx. 1,5m	-82	-87
LQI Min. 1,5m	-87	-90
LQI Máx. 1,2m	-86	-90
LQI Min. 1,2m	-94	-97
LQI Máx. 0,8m	-91	-97
LQI Min. 0,8m	-100	-100

Tabela II  
DADOS COLHIDOS NA COLINA

	Colina c/ Rádio na Horizontal	Colina c/ Rádio na Vertical
LQI Máx. 1,5m	-93	-93
LQI Min. 1,5m	-97	-98
LQI Máx. 1,2m	-99	-93
LQI Min. 1,2m	-100	-97
LQI Máx. 0,8m	Sem Sinal	Sem Sinal
LQI Min. 0,8m	Sem Sinal	Sem Sinal

Tabela III  
DADOS COLHIDOS NO LAGO

	Lago c/ Rádio na Horizontal	Lago c/ Rádio na Vertical
LQI Máx. 1,5m	-80	-80
LQI Min. 1,5m	-85	-83
LQI Máx. 1,2m	-80	-80
LQI Min. 1,2m	-87	-83
LQI Máx. 0,8m	-81	-91
LQI Min. 0,8m	-86	-100

Tabela IV  
DADOS COLHIDOS NO PLANO

	Plano c/ Rádio na Horizontal	Plano c/ Rádio na Vertical
LQI Máx. 1,5m	Prob. Técnicos	-79
LQI Min. 1,5m	Prob. Técnicos	-88
LQI Máx. 1,2m	-76	-78
LQI Min. 1,2m	-77	-82
LQI Máx. 0,8m	-83	-82
LQI Min. 0,8m	-95	-86

*Redundancy Check*), também conhecidos por códigos polinomiais. No CRC é possível considerar a cadeia de bits a ser enviada como um polinômio cujos coeficientes são os valores 0 e 1, sendo as operações nesta cadeia interpretadas como aritmética polinomial [10].

#### D. Resultados e Discussões

As tabelas a seguir resumem os resultados preliminares obtidos (quanto menos negativo melhor)

Embora tenham ocorrido problemas durante os experimentos, que implicam na necessidade futura de produzir uma bateria mais completa de testes, foi possível coletar e analisar os dados, identificando algumas tendências, dentre as quais cabe destacar:

1) Percebe-se uma melhora no desempenho quando o rádio está alinhado com o horizonte como se observa de maneira mais destacada na Tabela I, no contexto geral o mesmo também é observado, porém um pouco mais diluído.

2) Conforme esperado, nos locais com visada limitada (NLOS) houve interferência significativa do sinal por vezes inviabilizando sua detecção no receptor como visto na Tabela II;

3) Embora houvesse visada (LOS) entre os rádios no experimento do Lago (Tabela III), percebe-se uma deterioração no sinal em relação aos testes feitos no Plano (Tabela IV).

Diante das especificações do alcance dos sensores [8], considerou-se conveniente saber qual seria o alcance máximo dos mesmos sem nenhum incremento que pudesse aumentar o limite de transmissão, foi escolhida uma área plana, onde os sensores tinham visada a uma altura de 1,5m cada um. O rádio A ficou fixo em um ponto e o rádio B foi sendo deslocado em linha reta e em velocidade constante, mantendo a altura de 1,5m.

Conforme esperado, a Figura 4 indica que quanto maior a distância menor a qualidade do link (LQI). Em alguns momentos nenhum pacote era recebido, justificando a teoria e a curva do gráfico. Os experimentos provam que a regra do desvanecimento do sinal (*Signal Path Loss*) esta correta, pois em condições não ideais a intensidade do sinal não decai com o quadrado da distância uma vez que existem diversas interferências físicas degradando o mesmo. Quando o LQI atinge -100 a recepção é nula. De 160m até 230m o gráfico mostra que não há nenhuma perda de pacotes, porém neste momento houve um problema com a contagem, portanto nesta faixa de 70m não se possui dados sobre a perda. A porcentagem de perda mostra que durante aquele teste x% dos pacotes não chegaram ao destino, cada barra denota uma sequência de testes. Observando a marcação em roxo pode-se ver que ao final dos 500m a perda de pacotes aumenta significativamente e neste mesmo momento o LQI (em azul) começa a variar menos se aproximando de -100, mostrando que a perda de pacotes está atrelada ao nível do LQI.

#### IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram realizados experimentos práticos em cenários reais representativos de propriedades rurais onde sistemas de localização se apresentam como solução para os problemas de manejo extensivo de animais. Conforme os resultados preliminares apresentados apropriados mostraram, o impacto do cenário é significativo no indicador usado para estimar a distância, o que sugere que técnicas complementares para contornar a imprecisão causada devem ser desenvolvidas para tornar sistemas de localização baseados em RSSF uma alternativa viável e mais interessante do que os sistemas de rastreamento por RFID. Isto permitirá, por exemplo, a identificação de um animal no pasto, evitar o crime de

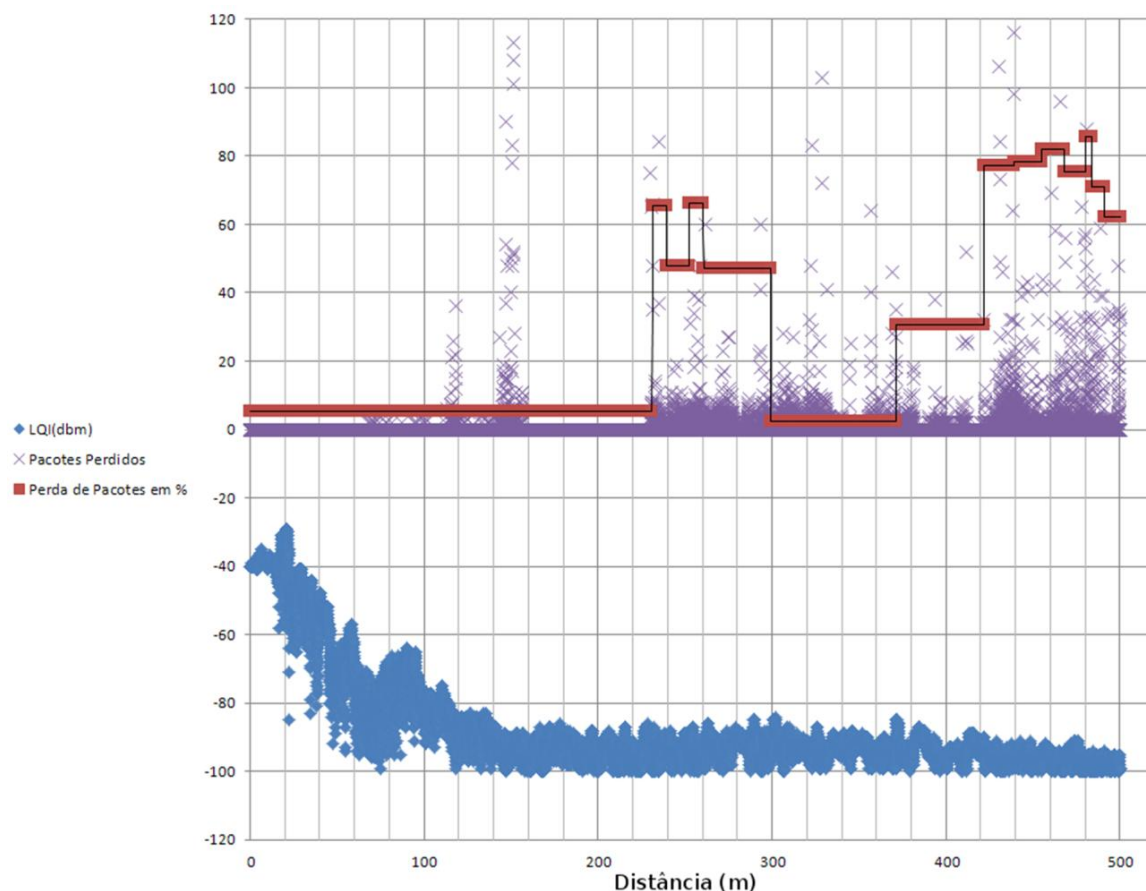


Figura 4. Gráfico mostrando a evolução do LQI (em azul) pela distância, em grená a evolução da perda de pacotes por teste e em roxo a perda de pacotes em dada distância.

abigeato e, com algoritmos apropriados, monitorar o rebanho por meio da verificação de sinais vitais e, em caso de enfermidade, será possível antecipar o tratamento necessário. Nos próximos passos serão aprofundados os testes de campo, aumentando o número de pacotes e criando conexões entre os rádios permitindo agregar capacidade de alcance entre os dispositivos.

#### V. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Prof. Érico Amaral, colaborador do Grupo Heco (<http://porteiros.unipampa.edu.br/heco/>) e ao acadêmico Alessandro Saggiopato pelo apoio nos testes, ao DELET/UFRGS pela disponibilização dos nós sensores, à administradora rural Onilda Santos pelas informações dos cenários, à EMBRAPA Pecuária Sul pelas informações de caracterização da aplicação, à PROPESQ/UNIPAMPA e ao CNPQ que, respectivamente, por meio dos editais de apoio a grupos de pesquisa e pelo INCT NAMITEC, oferecem suporte financeiro a este projeto.

#### REFERÊNCIAS

- [1] INCT Namitec. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos. Metodologia das Principais Linhas de Pesquisa e Ações. Disponível em: <<http://namitec.cti.gov.br>> Acesso em: 1 out 2011.
- [2] E. C. L. Chan, G. Baciú, S. C. Mak. Using Wi-Fi Signal Strength

to Localize in Wireless Sensor Networks. IEEE Computer Society. International Conference on Communications and Mobile Computing 2009.

- [3] W. Wolf. High-Performance Embedded Computing: architectures, applications, and methodologies. Elsevier, San Francisco, 2007.
- [4] E. P. Freitas, I. Müller, C. E. Pereira, N. B. Perez, e L. B. Pinho. Integração Entre Dispositivos Móveis e Estáticos de Redes de Sensores Sem Fio para Monitoramento Animal Através de Algoritmo Bio Inspirado. CBA 2012. Campina Grande, Setembro/2012.
- [5] D. O. Cunha. Redes Sem Fio de Múltiplos Saltos: Protocolos Específicos para Aplicações e Roteamento com Suporte à Diversidade Cooperativa. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- [6] E. L. Souza, E. F. Nakamura, and H. A. B. F. Oliveira. On the Performance of Target Tracking Algorithms using Actual Localization Systems for Wireless Sensor Networks. MSWiM'09, Tenerife, October/2009
- [7] FREESCALE Semiconductor Technical Data Document Number: MC12x. Disponível em: <[http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod\\_summary.jsp?co de=MC13224V](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?co de=MC13224V)>. Rev. 1.3 10/2010. Acesso em: 26 nov 2011.
- [8] XBee / RF Family Features Comparison. Disponível em: <[http://www.digi.com/pdf/chart\\_xbee\\_rf\\_features.pdf](http://www.digi.com/pdf/chart_xbee_rf_features.pdf)>. Acesso em: 29 ago 2012.
- [9] P. F. Motter. Sistema de Localização de Objetos Alvo Utilizando Rede de Sensores Sem Fio. 2010. Projeto de Diplomaciação (Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.
- [10] J. Kurose, e K. Ross. Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down. 3.ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2006.