

## BALANCEAMENTO DE CARGA EM REDES DE SENSORES SEM FIO PARA MANEJO DE PRAGAS

MARINA SOUZA CRUZEIRO<sup>1</sup>; JHONATHAN A. DOS SANTOS SILVEIRA<sup>2</sup>;  
LISANE BRISOLARA<sup>3</sup> E PAULO R. FERREIRA JR.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CDTeC- Engenharia de Computação – [mscruzeiro@inf.ufpel.edu.br](mailto:mscruzeiro@inf.ufpel.edu.br)

<sup>2</sup>Instituto Federal Farroupilha – [jhonathan.silveira@inf.ufpel.edu.br](mailto:jhonathan.silveira@inf.ufpel.edu.br)

<sup>3</sup>CDTeC – Computação – [lisane@inf.ufpel.edu.br](mailto:lisane@inf.ufpel.edu.br)

<sup>4</sup>CDTeC – Computação – [paulo.ferreira@inf.ufpel.edu.br](mailto:paulo.ferreira@inf.ufpel.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Redes de sensores sem fio (RSSF) são compostas por nodos que monitoram fenômenos em uma área de interesse e uma estação base que centraliza e pode processar informações capturadas. Tais nodos são conectados via rádio e possuem uma bateria própria, não recarregável. Devido ao emprego de baterias, o consumo energético é uma restrição a ser considerada nas soluções, pois determina o tempo de vida da rede.

Estas redes podem ter muitas aplicações distintas. Dentre estas o manejo de pragas, onde armadilhas eletrônicas para insetos podem ser conectadas para compor uma RSSF para monitoramento de pragas em pomares. Em (MARTINS et al., 2019) é proposta uma armadilha eletrônica inteligente que captura imagens periódicas do piso adesivo para processamento das mesmas e classificação dos insetos ali fixados através de técnicas de aprendizado de máquina. No cenário da RSSF para manejo de pragas, as armadilhas propostas em (MARTINS et al., 2019) podem ser adaptadas para funcionarem de forma reativa ou seja só realizarem o processamento quando algum inseto entrar na armadilha.

Soluções com alto custo de processamento motivam tanto o emprego de redes bem como de técnicas de balanceamento de carga. Dentre estas técnicas destaca-se a técnica Ant-based que propõe um balanceamento de carga baseado em colônias de formigas, onde os nodos decidem de forma probabilística quais eventos processar baseado na quantidade de nodos que sentiram o mesmo evento e na quantidade de vezes que este nodo processou outros eventos (FERREIRA et al., 2015). No referido trabalho esta técnica teve sua eficiência avaliada através de simulações usando o Eboracum (MARQUES et al., 2016). No entanto, estes experimentos levaram em consideração modelos de transmissores hoje ultrapassados.

Este trabalho avalia a eficiência da técnica Ant-Based quando empregada em RSSF dedicadas à aplicação do manejo de pragas baseada em armadilhas eletrônicas reativas. A avaliação basear-se-á na comparação de resultados obtidos por soluções de RSSF empregando a técnica de balanceamento e por soluções que não realizam nenhum balanceamento, variando as densidades das soluções.

### 2. METODOLOGIA

Para a avaliação proposta, duas diferentes soluções de RSSF para manejo de pragas foram comparadas, uma empregando a técnica Ant-Based e outra sem o uso de balanceamento de carga.

A avaliação realizada analisa a eficiência das soluções quanto ao consumo energético e para tal modelos de simulação foram caracterizados considerando os equipamentos empregados nos nodos. A Figura 1 ilustra o diagrama de blocos da armadilha, onde observa-se a presença de um módulo transmissor/receptor XBee S2C, uma Raspberry Pi III, câmera, sensor infravermelho e bateria. O sensor é responsável por detectar a passagem do inseto e ativar a armadilha para que opere de forma reativa.

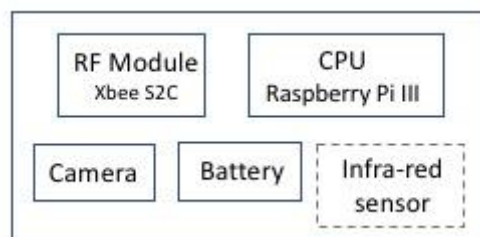


Figura 1. Diagrama de blocos da armadilha

O simulador Eboracum foi utilizado para a realização dos experimentos. Para cada cenário, os experimentos foram repetidos 30 vezes para a obtenção da média de eventos capturados e processados. A densidade da rede possui 100 nodos dispostos em grade distribuídos em uma área de 810 km<sup>2</sup> (900 m x 900 m), com a estação base localizada ao lado desta área, como mostra a figura 2.

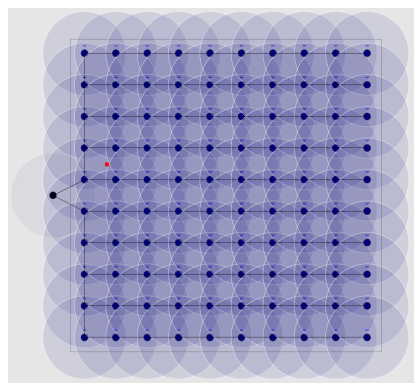


Figura 2. Nodos dispostos em grade.

Os nodos sensores representando as armadilhas possuem raio de sensoriamento de 120 m, representando o raio de atuação dos feromônios que atraem insetos e raio de comunicação de 120 m, compatível com o módulo de rádio empregado. Os valores utilizados consideraram o tamanho da imagem de uma região de interesse, seu custo de processamento e comunicação através do transmissor XBee S2C, e as correntes necessárias para cada módulo da armadilha. Estes valores podem ser vistos na Tabela 1. Os nodos possuem uma bateria inicial de 25.200.000 mAs e sua descarga ocorrerá em modos de operação idle (receptor ativo), transmissão e processamento. A Tabela 2 apresenta os valores da descarga da bateria nos três modos de operação. No idle, contabiliza-se o consumo referente ao rádio operando em idle e o sensor infravermelho. Já no modo de processamento, considera-se a CPU operando a 100% por 4,5 segundos, o que seria o consumo referente ao processamento de uma armadilha com cinco regiões de interesse para classificação. Cada região de interesse requer 0,9 segundos de processamento. No modo de transmissão considera-se o envio de mensagens de 36 Bytes a uma taxa de 250.000kbps.

Modo	Corrente (mA)
Corrente RX/Idle	28
Corrente Tx	33
Raspberry	800
Sensor infra-vermelho	10

Tabela 1. Corrente utilizada nos módulos da armadilha.

A probabilidade de ocorrência de evento em um local é dada por uma distribuição normal invertida, de forma a representar a chegada dos insetos pelas bordas e com a frequência dada por uma distribuição de Poisson com intervalos entre [1, 120] segundos.

Modo	Descarga (mAs)
Corrente RX/Idle + sensor infra-vermelho	38
Transmissão	0,38016
Processamento	3600

Tabela 2. Custos energéticos do modelo de simulação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos realizados no simulador Eboracum e empregando a caracterização apresentada na metodologia mostraram que a solução de RSSF que emprega o Ant-based vive 12,5% a mais comparado à RSSF sem balanceamento de carga, sentindo 6,24% mais eventos, como ilustrado na Figura 3. A técnica Ant-based tem por objetivo reduzir o processamento redundante em uma rede reativa, visando prolongar seu tempo de vida.

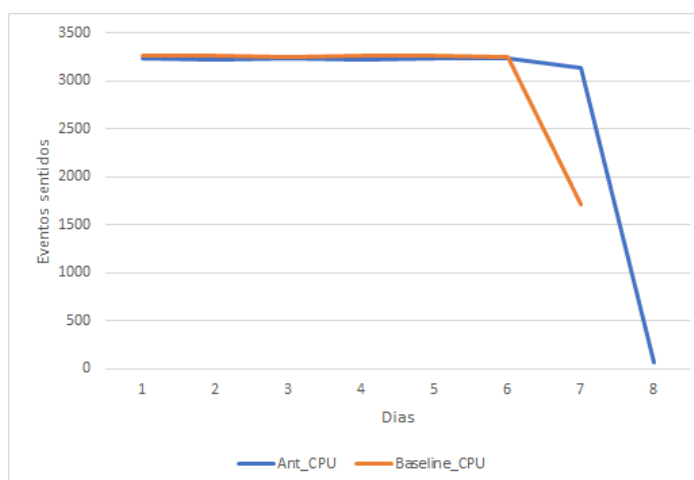


Figura 3. Número médio de eventos sensorizados por dia: Ant-Based x RSSF sem otimização.

Os resultados confirmam que a técnica Ant-based pode melhorar a eficiência da RSSF para manejo de pragas. Porém estes resultados também motivam otimizações mais significativas são necessárias, pois o tempo de vida das soluções está muito inferior ao que seria aceitável para uma aplicação real.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma comparação do tempo de vida entre redes de sensores sem fio que utilizam a técnica de balanceamento de cargas Ant-based e RSSFs que não empregam nenhum tipo de balanceamento, considerando a aplicação de manejo de pragas com armadilhas eletrônicas conectadas em rede.

Como trabalho futuro, pretende-se fazer uma comparação entre a técnica Ant-based e a técnica de coletor móvel de dados, também utilizando a aplicação do manejo de pragas com a RSSF das armadilhas eletrônicas. A técnica de coletor de dados utiliza um veículo aéreo não tripulado para obter os eventos processados pelos nodos, sem que haja a necessidade destes serem transmitidos através da rede até a estação base, reduzindo o impacto da descarga da comunicação no tempo de vida da rede.

Ainda, pretende-se avaliar outras soluções de RSSF para manejo de pragas, investigando variações no modo de operação das armadilhas, visando melhorar a eficiência energética das soluções. Alternativas como o processamento na estação base e o emprego de armadilhas com leituras periódicas serão avaliadas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARTINS, V.A.M.; FREITAS, L.C.; AGUIAR, M.S.; BRISOLARA, L.B.; FERREIRA, P.R. Deep learning applied to the identification of fruit fly in intelligent traps. In: **IX BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTING SYSTEMS ENGINEERING (SBESC)**, IX., Natal, 2019. **Anais...** [S.l]: IEEE, 2019. p.1.

FERREIRA, P.; BRISOLARA, L.; INDRUSIAK, L. S. Decentralised load balancing in event-triggered wsns based on ant colony work division. In: **EUROMICRO CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING AND ADVANCED APPLICATIONS (SEAA)**, 41., Funchal, 2015. **Anais...** [S.l]: IEEE, 2015. p.69.

MARQUES, M.R.S; BRISOLARA, L.; FERREIRA, P.R.; INDRUSIAK, L.S. Eboracum: An extensible framework for high-level modeling and evaluation of reactive and adaptable wsns. In: **IEEE 21st INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TECHNOLOGIES AND FACTORY AUTOMATION (ETFA)**, 21., Berlin, 2016. **Anais...** [S.l]: IEEE, 2016. p.1.

DIGI. Inc. **Xbee/xbee-pro s2c zigbee: Rf module**. Acessado em 05 out. 2021. Online. Disponível em:  
<https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90002002.pdf>