

## MODELAGEM DE APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO VISANDO MAPEAMENTO ADAPTATIVO EM REDES DE SENSORES SEM FIO

LUCAS COUTINHO FREITAS<sup>1</sup>; VALTER ALBERTO MELGAREJO  
MARTINS<sup>1</sup>; PAULO ROBERTO FERREIRA JÚNIOR<sup>1</sup>; LISANE BRISOLARA DE  
BRISOLARA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – Grupo de Pesquisa em Engenharia de Sistemas Ciber-Físicos  
{lcfreitas,vammartins,paulo.ferreira,lisane}@inf.ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Alternativas à agricultura tradicional têm tomado a frente em pesquisas direcionadas ao manejo de pragas. Segundo BEDOR; RAMOS e PEREIRA et. al. (2009), estima-se que haja cerca de três milhões de intoxicações e 220 mil mortes no mundo devido ao uso de agrotóxicos, sendo 70% desses de países emergentes. Novas técnicas para o manejo de pragas são exploradas com o intuito de reduzir a utilização de agrotóxicos, diminuindo o custo do produtor, melhorando as condições de trabalho e a qualidade do produto para o consumidor final. Manejo Integrado de Pragas (MIP) propõe controle de pragas agrícolas através da análise de dados referentes a condições meteorológicas e monitoramento de suas populações em regiões do plantio, utilizando métodos alternativos ao uso de agrodefensivos, como o controle biológico - liberação de inimigos naturais.

Para que o emprego do MIP gere resultados satisfatórios há a necessidade de soluções automatizadas para obtenção de dados. Atualmente, o método utilizado para obtenção desses dados em pomares é o uso de armadilhas. Estas são dispostas dentro da cultura que se deseja monitorar e os insetos-pragas são atraídos através de uma isca que contém o feromônio da espécie de interesse (REMBOSKI; SOUZA *apud* LÓPEZ et. al., 2017). Cada armadilha é visitada para a contagem dos insetos capturados. Este processo leva tempo e não tem um bom nível de confiabilidade, devido à visita individual de cada armadilha, assim como não garante que todas serão visitadas, tão pouco que seja contada a quantidade correta de insetos presos no piso (REMBOSKI; SOUZA *apud* TIRELLI et. al., 2017).

A proposta do projeto em que este trabalho está inserido é constituir uma rede de sensores sem fio (RSSF) onde Armadilhas Eletrônicas Inteligentes (AEI), com a contagem automatizada dos insetos capturados, participam como um nó na rede. Preocupações relacionadas ao consumo e a estrutura da rede fizeram com que fosse utilizado o protocolo zigbee (ZIGBEE, 2006) como padrão de comunicação entre os nós. Baseado sobre as camadas *physical* e *media access control* do padrão 802.15.04, protocolo zigbee permite criar redes sem fio locais (WLAN), ad-hoc, onde cada nó tem como função rotear dados dentro da rede, criando uma malha de nós. Além disso, esse protocolo tem ênfase em baixo consumo - próprio para aplicação no meio agrícola e auto-organizável: caso algum nó essencial sofra interferência a rede recalculará

a rota de saltos que o dado deverá percorrer para chegar ao destino. A tecnologia escolhida para empregar a construção da rede foi o módulo rádio frequência (RF) XBee. Este opera em uma frequência de 2.4Ghz e permite distâncias até 1200 metros em linha-de-visada.

## 2. METODOLOGIA

O sistema computacional embarcado nas AEI é constituído de: uma RaspBerry Pi 3 modelo B, equipada com um módulo de câmera, processando a imagem capturada no interior da armadilha; Arduino UNO, utilizado para guardar os últimos dez registros a serem enviados para o sorvedouro da rede; XBee, módulo RF que permite a comunicação sem fio baseado no protocolo Zigbee; banco de baterias recarregáveis para a alimentação do sistema; circuito acionador, desenvolvido para despertar o sistema com certa periodicidade configurável; e módulo relé para alimentação do sistema.

Este projeto passou por três etapas principais até seu primeiro teste de campo. A primeira foi a validação da rede: três módulos XBee foram dispostos dentro do *campus* Anglo pertencente à Universidade Federal de Pelotas com o intuito de realizar prova-de-conceito sobre peças-chaves que constituem a RSSF. Esses foram dispostos em linha, com uma distância entre 200 metros de cada nó, sendo um nó CDN e os outros dois roteadores - o último nó não mantinha conexão direta com o coordenador da rede (CDN) -, e com o *software* X-CTU foi feito envio de pacotes a ambos os nós e monitorado se fora recebido todos corretamente, assim, assegurando uma distância de comunicação confiável e a propriedade de comunicação através de saltos.

A segunda foi o desenvolvimento de um circuito que acionasse o sistema com uma dada periodicidade visando economia energética. Este circuito foi baseado em uma implementação feita por LUKITA (2017), que utiliza um *Real Time Clock* (RTC) para monitorar o horário em que o sistema deve despertar. Quando o horário que foi configurado para despertar é igual ao atual, o RTC manda um sinal de nível baixo para um módulo relé que permite a alimentação do sistema como um todo. No momento em que o processamento da imagem foi concluído e o envio do dado realizado, é setado um novo horário no RTC e o sistema é desligado.

A terceira etapa constituiu-se do processo de preparação de uma estrutura que resistisse à grande variações climáticas e que não compromettesse tanto a integridade da armadilha quanto ao seu sistema computacional embarcado. Todo o sistema foi disposto em cima de um trapézio de acrílico - que mantém a altura correta para o foco da câmera - e é encapsulado em um material de plástico corrugado - tanto o circuito quanto a estrutura externa.

Testes empíricos foram feitos em pomares de pêssego resididos em campos da Embrapa Clima Temperado localizados em Pelotas, Rio Grande do Sul. Estes testes foram essenciais para a validação do sistema como um todo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados dois testes de campo até o presente momento. Ambos foram para a avaliação do sistema como um todo - tanto a criação e organização da RSSF; captura da imagem; processamento e transmissão dos dados, quanto a autonomia energética. Testes experimentais em laboratório geraram expectativas quanto ao sistema. Contudo, quando disposto em ambiente não controlado o sistema sofreu condições inesperadas, tão quanto gerou resultados inesperados.

Distâncias entre os nós, como citado anteriormente, foram configuradas em torno de 200 metros - em testes laboratoriais - com o intuito de garantir uma distância segura de propagação das ondas de rádio. A Figura 1 e Figura 2 mostram como as armadilhas - nós da rede - e coordenador da rede foram instalados no campo no primeiro e segundo teste, respectivamente. Teve-se ênfase em distribuir as armadilhas com a maior distância entre elas que possibilitasse a comunicação entre as mesmas. No entanto, fatores que influenciam na propagação do sinal RF como altura em relação às antenas, obstrução por corpos líquidos e desníveis (WALLACE, 2015) não foram previamente analisados, consequentemente, a distância de segurança obtida em laboratório não foi eficaz quando aplicada no mundo real.

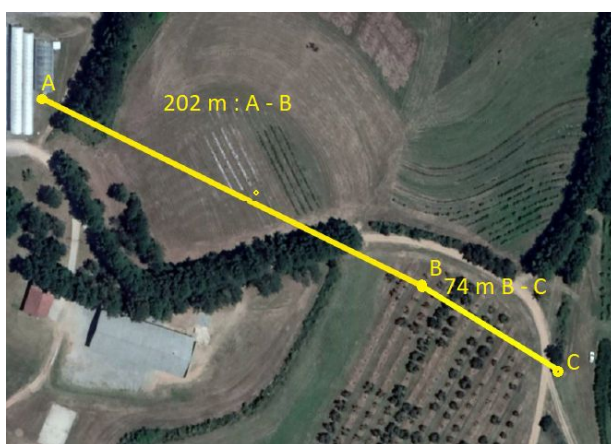


Figura 1. Primeiro teste

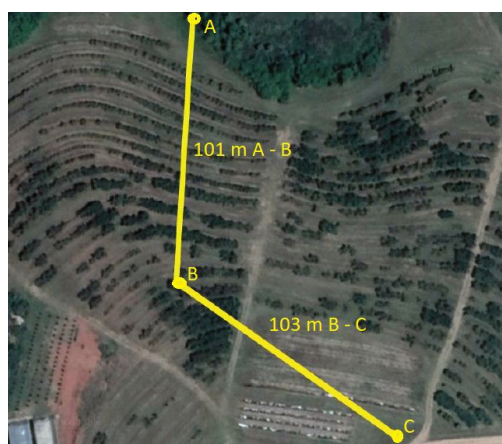


Figura 2. Segundo teste

A Figura 3 mostra em diagrama de blocos como é o comportamento das AEI em um nível alto de abstração. Em ambos os testes elas ficaram cerca de cinco a seis dias em funcionamento. Resultados positivos foram obtidos nesse período: foi atestado a resistência da estrutura tanto interna (Figura 4) quanto externa (Figura 5). Dentro desse período houve grandes variações climáticas - temporais - e as armadilhas voltaram ilesas. Outro ponto a ser ressaltado foi o registro dos dados feitos durante este período. Como esperado, de hora em hora, foram registrados os dados no cartão SD disponível no sorvedouro da rede.

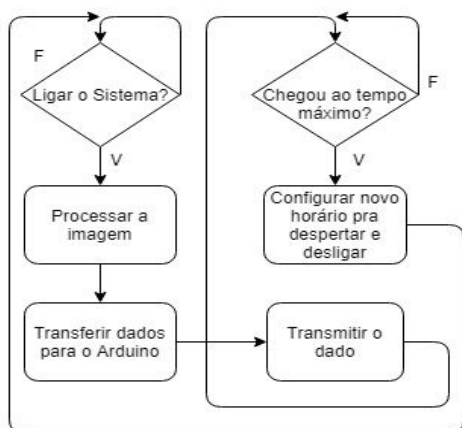


Figura 3. Diagrama de blocos.



Figura 4. Estrutura interna.



Figura 5. Estrutura externa.

## 4. CONCLUSÕES

O sistema computacional embarcado mostra-se muito promissor na aplicação do MIP. A inovação é vista no método de coletas de dados desenvolvido, permitindo a visualização gradual do crescimento da infestação com uma menor periodicidade - aumento da frequência de contagem dos insetos presos no piso das armadilhas - e, junto de dados meteorológicos, ajudar o agricultor na tomada de decisão com maior precisão. Além disso, o sistema demonstra autonomia considerável para a viabilidade da aplicação em regiões que não permitem conexão à rede elétrica. Atualmente, está sendo escrito o documento de depósito da solicitação da patente da Armadilha Inteligente.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEDOR, C. N. G. *et al* . Vulnerabilidade e situações de risco relacionados ao uso de agrotóxicos fruticultura irrigada. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, Brasil, v.12, n.1, p. 39 - 49, 2009.

WALLACE, R.. **Achieving Optimum Radio Range**. Texas Instruments, 2015. Acessado em 7 ago. 2018. Online. Disponível em: <http://www.ti.com/lit/an/swra479a/swra479a.pdf>

LUKITA, R.. **Automation with Picaxe-08M2 and DS3231 RTC**. The Poor Engineer, 27 feb. 2017. Acessado em 18 abril 2018. Online. Disponível em: <https://www.thepoorengineer.com/en/picaxe-ds3231/>

REMBOSKI, T.B.; SOUZA, W.D. Sistema Integrado de Armadilhas Inteligentes e Modelo de Predição de Infestações para o Manejo de Pragas . In: **Congresso de Iniciação Tecnológica da Universidade Federal de Pelotas, I.**, 2017, Pelotas.

Zigbee, Alliance. **Zigbee-specification**. Disponível em : <http://www.zigbee.org/>, 2006.