

Monitoramento Animal na Pecuária Extensiva Através de Sistema Embarcado

Diego Marcuz Marcelo¹, João Henrique M. J. de Andrade¹,
Bruno da Silva Rodrigues¹, Nizam Omar¹

¹ Faculdade de Computação e Informática – Universidade Presbiteriana Mackenzie
São Paulo – SP – Brasil

diego.marcuz@hotmail.com, andradejoaoh@gmail.com,
bruno.rodrigues@mackenzie.br, nizam.omar@mackenzie.br

Abstract. *Project dedicated to the production of an embedded device that allows animal monitoring, in extensive livestock, by means of GPS and radiofrequency, with the objective of improving the management of animals by the owner, assisting in the health management and physical safety of Brazilian herds.*

Resumo. *Projeto dedicado à produção de um dispositivo embarcado que permite monitoramento animal, na pecuária extensiva, através de GPS e radiofrequência, com o objetivo de melhorar a gestão dos animais, por parte do proprietário, auxiliando no manejo sanitário e na segurança física dos rebanhos brasileiros.*

1. Introdução

É sabido que a pecuária brasileira é um dos principais eixos econômicos do país, sendo responsável por gerar milhões de empregos e pela maior exportação de carne animal no mundo, porém, é ainda carente de avanços tecnológicos.

As propriedades pecuárias brasileiras são divididas em relação ao seu tipo de criação, que são separadas em extensiva, semi-intensiva e intensiva (confinamento) e em relação ao tipo de animal criado. O sistema extensivo representa 80% da produção de carne brasileira. Os animais são criados em regime de pastagem durante todo seu ciclo vital, restringindo a suplementação alimentar a água, sal e suplemento mineral [Inácio et al. 2018].

Os outros dois tipos de regime, o semi-intensivo e o intensivo são os menos utilizados atualmente, porém possuem tendência de crescimento na pecuária brasileira [Barbieri 2016]. O semi-intensivo mescla a suplementação alimentar bovina com a pastagem, além dos sais e minerais, é comum em propriedades de médio porte, pois, permite uma relação animal por área maior. No intensivo ocorre o confinamento total onde a suplementação alimentar é completa e os animais se encontram mais concentrados por área de criação.

Segundo Barbieri [2016], o sistema de confinamento se concentrava nas propriedades de menor tamanho, porém, com as novas tecnologias vê-se a aplicação deste sistema em grandes propriedades devido a sua lucratividade mesmo tendo o custo de implementação e produção mais elevados que os outros dois.

A Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil [CNA 2020] relata a importância do agronegócio no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, que representa 21,4% ou R\$1,55 trilhão, dessa parcela a pecuária representa 32%, ou R\$494,8 bilhões.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o Brasil é responsável pela exportação de carne para 65 países, entre eles, China, Rússia, Hong Kong e Itália [IBGE 2017]. Essa commodity possui um rico valor nutricional, com vitaminas como a B6 e a B12, e minerais, como o ferro e o zinco [Silva et al. 2018].

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [BRASIL 2020], o rebanho bovino brasileiro possui cerca de 222 milhões de animais. Destaca-se então a importância do cuidado animal e da sanidade do meio, visto que nos anos 90, houve surtos de doenças como a Salmonela, gerando uma grande preocupação em relação ao assunto e perdas financeiras aos produtores.

Com o intuito de melhorar a cadeia de produção de carne bovina, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou Instruções Normativas, como a n.º 1 de 9 de janeiro de 2002, que instituiu o Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina-SISBOV [BRASIL 2002], cuja finalidade é identificar, registrar e monitorar, individualmente, todos os bovinos e bubalinos nascidos no Brasil ou importados [Rodrigues e Nantes 2010].

Com os avanços tecnológicos atuais, torna-se viáveis soluções que permitam monitorar uma grande quantidade de animais dentro do campo, ou seja, na pecuária extensiva, melhorando assim o gerenciamento de pecuaristas, o controle sanitário dos animais e a confiabilidade do produto para consumidores, além do cumprimento das normativas do MAPA.

Tecnologias como Sistema de Posicionamento Global (GPS, do inglês Global Positioning System) e outras tecnologias que vem ganhando cada vez mais mercado e aprimoramentos, como a Internet das Coisas (IoT, do inglês Internet of Things), um dos principais atuadores na Indústria 4.0, ainda são inviáveis nos dias atuais devido aos seus custos de implementação.

Considerando-se o contexto apresentado, o objetivo deste trabalho é analisar tecnologias disruptivas que se adequem ao monitoramento em campo, e o subsequente desenvolvimento de um sistema embarcado, para a realização de tal propósito.

2. Revisão da Literatura

O monitoramento animal no campo refere-se a saber por onde o animal passou durante determinado período, poder saber onde ele está no momento atual, permitindo assim observar o comportamento do rebanho como um todo.

O monitoramento na pecuária permite uma melhor eficácia no gerenciamento rural e repasse de informações importantes aos frigoríficos e aos varejistas, possibilitando assim mais conhecimento do produto comprado pelo o consumidor [Silva et al. 2018].

Esse repasse de informações poderá ser ainda melhor e feito ao nível internacional, com a tecnologia adequada. Alinhada a outros sistemas, as informações adquiridas a respeito do posicionamento animal em campo permitem decisões mais assertivas aos produtores.

A coleta de dados a respeito dos animais não só permite uma gestão melhor da pecuária, mas também é capaz de prover um maior cuidado animal, uma vez que permite saber por onde o animal transitou bem como monitorar outros animais que possivelmente

tiveram contato com ele.

Segundo Pereira, Costa e Almeida [2018] as tecnologias poupadoras de terra permitiram um aumento de 122% na produção da carne bovina entre os anos de 1996 e 2006. O aumento da produtividade no setor está intimamente ligado à tecnologia, reforçando a ideia de que os dados são o petróleo do século XXI [Ejnisman et al. 2020].

Com o passar do tempo, a segurança do alimento consumido se tornou cada vez mais importante. Segundo Rodrigues e Nantes [2010], “Alguns eventos [...], entre eles a Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE), [...], fez com que agentes públicos e privados tomassem atitudes para erradicar o risco da doença e impedir sua disseminação”.

O mercado mundial vem exigindo um padrão de monitoramento e cuidado com a carne cada vez maior, principalmente após eventos atuais como da operação Carne Fraca, que prejudicaram muito as exportações brasileiras na época [Correia 2018]. Esse assunto já era tratado em 2006, conforme Lopes e Santos [2007]: “O mercado mundial de carne cada vez mais busca produtos de qualidade, sem risco sanitário, fruto das exigências dos consumidores.”

Em 1999, devido à pressão do mercado externo, o Brasil tentou implementar um programa de rastreabilidade animal que não vingou. Apenas em 2002 foi criado o Sistema Brasileiro de Identificação Individual de Bovinos e Búfalos (SISBOV) por meio de uma instrução normativa daquele ano.

Segundo Pereira et al. [2008] é de extrema importância o monitoramento constante de animais e de mudanças no meio ambiente e que em um futuro próximo tudo isso será feito em tempo real, através de tecnologias como a radiofrequência e wireless.

Com base nos autores citados acima, conclui-se a importância do monitoramento animal, tanto no meio ambiente quanto em cadeias produtivas, visando a melhora em diversos aspectos sanitários e econômicos com impacto direto tanto em consumidores quanto em produtores.

2.1. Tecnologias Disponíveis para Comunicação

Durante a pesquisa foram analisadas tecnologias atuais que permitem a comunicação de dados necessária para a realização da aplicação. Entre essas tecnologias estão: Bluetooth, Low Power Wide Area Network (LPWAN), Radiofrequência, Tecnologia 3G/4G, Zig-Bee. Todas essas citadas são tecnologias relativamente novas e que possuem um grande potencial a serem exploradas.

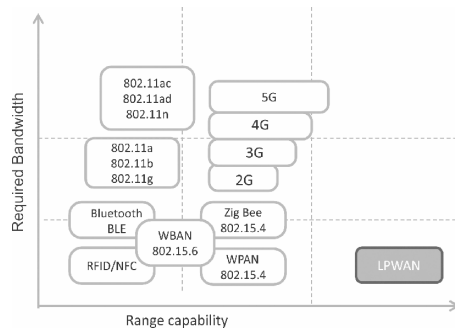


Figura 1. Comparativo de alcance de tecnologias.

Fonte: ResearchGate

Conforme Figura 1, pode-se ver o alcance de cada tecnologia versus a largura de banda que cada tecnologia necessita. Conclui-se que a LPWAN possui a melhor relação de alcance com largura de banda demandada. O RFID possui um alcance igual ao Bluetooth Low Energy (BLE), que é bem inferior em relação a LPWAN. As tecnologias 3G e 4G estão quase iguais em alcance porém o 4G possui um alcance um pouco maior e largura de banda também maior. A tecnologia ZigBee possui um menor alcance em relação ao 3G, mas bem abaixo em largura de banda demandada, ou seja pode operar em menor frequência.

Tabela 1. Comparativo tecnologias Bluetooth

Especificações Técnicas	<i>Bluetooth</i> Clássico	<i>Bluetooth Low Energy</i>
Alcance	Até 100 metros	Até 50 metros
Banda de Transmissão	Até 3 Mbits/s	Até 1 Mbits/s
Criptografia	56 até 128 bit	128 bit AES
Latência para Conexão	100 milissegundos	6 milissegundos
Tempo de Envio de Informação	100 milissegundos	Até 3 milissegundos
Capacidade de Transmissão de Voz	Possui	Não Possui
Topologia de Rede	<i>Scatternet</i>	<i>Star-bus</i>
Pico de Consumo de Energia	Até 30 mA	Até 20 mA

Fonte: adaptado de [Laird 2013]

A tecnologia Bluetooth começou a ser desenvolvida no início de 1994, pela companhia Ericsson com objetivo de criar uma tecnologia barata para a comunicação sem fio entre os celulares e os acessórios. Hoje a tecnologia, que se populariza cada vez mais, está na sua versão 5.0 projetada para atender a demanda de IoT [Eichner et al. 2019], em paralelo com o Bluetooth Low Energy (BLE).

O Bluetooth Low Energy, segundo Reck [2016], permite a comunicação com baixo consumo de energia, uma de suas maiores vantagens, porém, seu alcance é reduzido em relação ao Bluetooth clássico. Enquanto este chega a uma distância máxima de 100 metros, a versão Low Energy possui um alcance máximo de 50 metros, segundo a Tabela 1.

Apesar das tecnologias acima possuírem diversos fatores que corroborem para sua aplicação no meio rural, ela não possui o alcance necessário para sua utilização nesta aplicação, tornando-se uma opção inviável ao se analisar o custo benefício da solução.

As aplicações 3G e 4G, tão popularizadas hoje nos celulares, também podem ser aplicadas na Internet das Coisas, possuem um alcance de até 50 quilômetros e uma taxa de transferência que chega a 20 Mb/s, porém isso eleva o consumo energético a níveis muito altos [Santos et al. 2016].

Além disso, essas tecnologias necessitam de uma operadora de serviço, que realiza contratos para a disponibilização de pacote de dados elevando o custo da aplicação caso fosse utilizada e a necessidade de antenas para o fornecimento do sinal que, como indicado na Figura 2, a tecnologia 3G atinge 73,5% das áreas rurais [Boylend 2019].

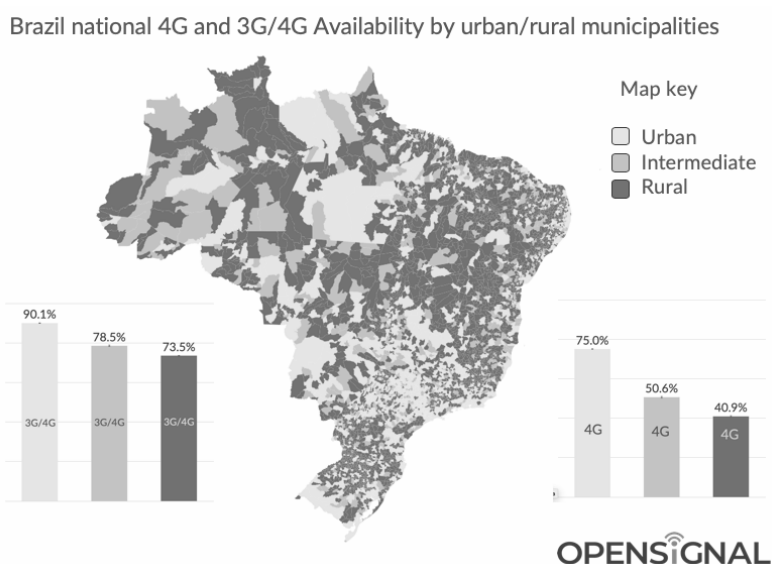


Figura 2. Conectividade 3G/4G no Brasil em 2019.
Fonte: [Boylend 2019]

O ZigBee surgiu em 1998 com o intuito de ser aplicado em redes de muitos sensores sem fios com custo, consumo de potência e complexidade baixos, com estes sensores fixados.

Este possui o mecanismo de descoberta e estabelecimento de rotas dentro da rede, o qual aumenta a robustez e a confiabilidade do sistema em caso de falhas de dispositivos. Este mecanismo é conhecido como rede em malha ou rede mesh. Como mostrado na Figura 3, quando um nó roteador é retirado ou falha, a rede ZigBee pode adaptar-se e então prover o novo caminho. Entretanto, a estabilização automática das rotas só ocorre quando a rede é iniciada/criada e não quando os nós mudam de posição uma vez que a rede já está criada/iniciada.

Apesar de possuir essa funcionalidade de calcular a rota automaticamente, o ZigBee possui uma distância de comunicação confiável de até 180 metros entre um nó roteador e outro. Para distâncias maiores que esta existe uma perda de pacotes, é possível notar que de cem pacotes (dados) enviados vinte são perdidos, segundo Fabiano Poderoso

[2009].

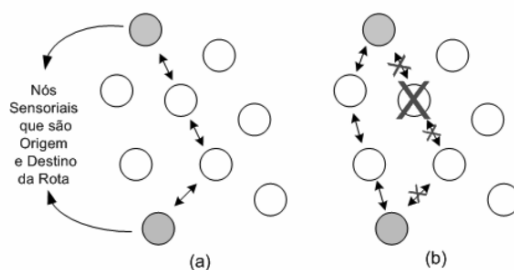


Figura 3. Capacidade de autorroteamento.
Fonte: ResearchGate

Segundo Garcia [2017], o ZigBee opera na frequência 2.4GHz, o que significa que pode ocorrer interferência, pois outras tecnologias, como microondas, Bluetooth também operam nesta faixa de frequência.

Ao analisar a LPWAN, é possível constatar que esta opera na faixa Sub GHz, frequência abaixo de 1GHz. Esta faixa, a Sub GHz, possui baixa utilização, baixo consumo de energia e alta propagação de sinal em comparação com as faixas de frequência 2.4GHz e 5GHz, de acordo com Garcia [2017].

Segundo Garcia [2017], existem 4 alternativas de aplicação para a LPWAN, às quais são LoRa, SigFox, NBIoT e eMTC, sendo às duas últimas em fase preliminar sem uso comercial. A SigFox, operada no Brasil pela WND, oferece planos mensais para uso, o que no momento atual (fase de prototipação) do presente trabalho de conclusão de curso não é o desejado. A LoRa não é particular igual a SigFox, portanto, a parte de infraestrutura da rede fica por parte do desenvolvedor do projeto. A LoRa traz maior flexibilidade para o projeto e produto.

Tabela 2. Comparativo LoRa x SigFox.

	LoRa	SigFox
Tempo de implantação: Tempo necessário para que o projeto esteja operacional;	Maior	Menor
Investimento Inicial: Recursos para criar a infraestrutura de rede.	Maior	Menor
Cobertura no Brasil: Refere-se ao seu estado atual	Menor	Maior
Alcance dos gateways nas cidades	2 a 5 km	3 a 10 km
Alcance dos gateways nas áreas rurais	Até 45 km	Até 50 km

Fonte: adaptado de [Garcia e Kleinschmidt 2017]

O SigFox foi descartado como opção para o momento atual (fase de prototipação)

do presente trabalho de conclusão de curso, pois possui necessidade de pagar uma mensalidade, um custo mensal que não seria bem visto pelo produtor rural. Este equipamento também possui um valor mais elevado que outras soluções analisadas, tornando-o uma opção economicamente menos favorável. A Tabela 2 é um comparativo entre as tecnologias LoRa e SigFox. Após analisar a tabela, em questão, é possível verificar que na fase de prototipação do presente trabalho de conclusão de curso não é desejado utilizar o LoRa, pois o Tempo de Implementação, Recursos para criar a infraestrutura de rede são altos e Cobertura no Brasil é baixa. Quando o alcance dos gateways nas áreas rurais é verificado, vê-se uma distância muito grande, a qual não condiz com a necessidade da grande maioria das propriedades rurais do Brasil.

A radiofrequência, por sua vez, de acordo com Valle [2013], são sinais que se propagam por condutores cabeados, normalmente de cobre, e são propagados no ar através de uma antena, permitindo a comunicação entre uma rede cabeada e uma sem fio. Ainda ao encontro de Valle [2013], às ondas de radiofrequência são divididas em faixas, cada uma com um comprimento de onda e propósito diferente.

Tais ondas de radiofrequência, propagadas pelas antenas dos dispositivos não necessitam de meio material para propagação, desta forma podem ser transmitidas no vácuo, ar e água [Oliveira e Lima 2017]. Sendo então uma forma segura de transmissão de dados às intempéries.

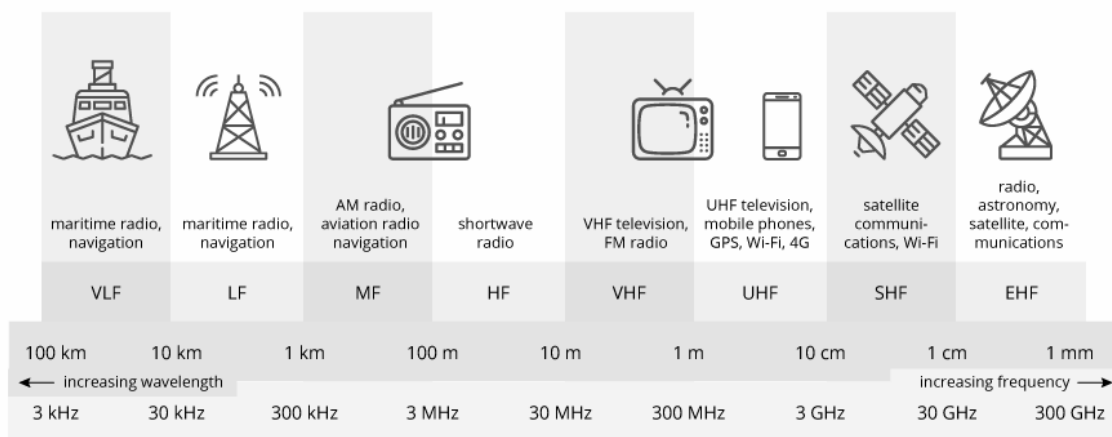


Figura 4. Radiofrequência para comunicação.

Fonte: TeraSense

Este tipo de transmissão existe há anos no mercado, sendo utilizado em diversos meios, como na navegação, satélites, televisão, entre outros. Além de ser uma tecnologia resistente às longas distâncias, também é mais acessível em relação às demais citadas neste capítulo, fazendo com que seja ideal para o meio estudado.

Conclui-se, a partir da análise feita das tecnologias de transmissão, que para o ambiente de estudo as tecnologias mais adequadas seriam a radiofrequência e LPWAN (grupo em que se inclui a LoRa). Em relação ao custo benefício e a necessidade apresentada ao contexto, vê-se que a radiofrequência se encaixa melhor.

2.2. Tecnologias Disponíveis para Monitoramento

Durante abordagem do problema foi encontrada a necessidade de um sistema capaz de monitorar a posição dos animais. Dentre as possibilidades analisadas encontravam-se: GPS, triangulação por radiofrequência e triangulação por telefonia. Nos parágrafos subsequentes foi feita uma análise de cada um dos sistemas disponíveis.

O GPS (Global Position System) foi entregue com sua configuração final em 1994 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, este tinha como objetivo inicial ajudar no ramo militar, mas em 1980 o então presidente Ronald Reagan autorizou o uso civil.

Este sistema informa as coordenadas bi ou tridimensionais, velocidade e direção em que um objeto se desloca entre os pontos, com funcionamento ininterrupto mesmo em condições adversas, apenas com uma ressalva de que pode ter algum tipo de interferência [Carvalho e Araújo 2009].

O funcionamento do GPS é feito através de triangulação dos satélites em órbita, mais especificamente 3 satélites, em relação ao objeto desejado. Isto é considerado um resumo do funcionamento, pois, o sistema é constituído de equipamentos complexos e de alta tecnologia. Aprofundando um pouco mais, a triangulação a partir de 3 satélites fornece a posição em latitude e longitude (duas dimensões), porém, para ser mais preciso é necessário colocar mais um satélite e então obter a posição em latitude, longitude e altitude (três dimensões).

O receptor, é o objeto que se deseja saber a posição. Estes coletam dados dos satélites e os transformam em coordenadas, distâncias, tempo, deslocamento e velocidade. Segundo Seeber [2008], as principais características dos receptores são: Antena com pré-amplificador; Seção de radiofrequência para identificação e processamento do sinal; Microprocessador para controle do receptor, amostragem e processamento dos dados; Oscilador; Interface para o usuário, painel de exibição e comandos; Provisão de energia; Memória para armazenar os dados.

Similar a triangulação feita por GPS e também utilizando três pontos para mapear a localização, existe a triangulação por radiofrequência. O dispositivo a ser monitorado recebe sinal de três ou mais antenas e com base na intensidade do sinal ou no tempo de resposta do dispositivo é possível saber sua localização.

Este método de monitoramento possui uma maior eficiência energética, porém está mais sujeito a intempéries e a barreiras físicas e eletromagnéticas. Tendo em vista a necessidade dos três pontos de sinal, para mapear a localização, esta solução se torna menos eficiente.

A proposta de triangulação por telefonia também é interessante, porém torna-se completamente inviável no campo, onde seria dependente de torres de sinal telefônico. Sabe-se que o campo, principalmente em áreas mais interiores, possui pouquíssima conectividade de telefonia. Além disso seria necessária a aquisição de diversos chips para cada um dos módulos de monitoramento. A Figura 5 ilustra o funcionamento da triangulação por telefone móvel.

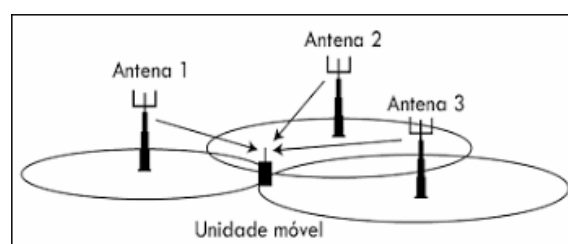


Figura 5. Funcionamento da Triangulação por Telefone.
Fonte: [Vaz 2015]

Conclui-se que o GPS consegue trazer uma maior acurácia em relação aos dados obtidos, pois consegue funcionar integralmente, em condições adversas e assim o sistema em questão construído para o presente trabalho não sofrerá com perda do monitoramento.

2.3. Análise de Soluções Existentes

Depois de analisar as tecnologias disponíveis, foram analisadas soluções que possuem o intuito de monitorar animais no ambiente rural, mais especificamente pecuária extensiva.

Segundo Teixeira [2016], o monitoramento rural através de imagens e vídeos obtidos a partir do VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) apresentou resultados ótimos, pois conseguiu atingir todos os seus pontos de objetivos que eram rebanhos e cultivos (plantações).

Segundo Martins [2009], o monitoramento animal através de uma coleira presa ao pescoço deste via antenas distribuídas no pasto, que transmitem o sinal percebido do sensor (coleira) que está presa ao animal obteve sucesso.

Ao comparar as duas soluções já existentes com a solução do presente trabalho é possível analisar os seguintes tópicos:

- Apesar de não mencionado, pois no trabalho em análise não foram mencionados os custos, o VANT possui um custo maior devido às baterias, fuselagem e entre outros;
- VANT abrange uma área maior, é uma solução mais específica;
- VANT pode sofrer com intempéries do tempo, clima e então não conseguir registrar as imagens e vídeos;
- O trabalho estudado sobre a coleira possui um custo extra sobre as antenas;
- O presente trabalho é feito com GPS, o qual possui uma maior cobertura e estabilidade perante a transmissão que ocorre entre antenas e sensores (coleira);

O presente trabalho utiliza uma interface já conhecida (Google Maps) para mostrar a posição do então animal, portanto, não terá uma curva de aprendizado alta sobre a tecnologia utilizada para mostrar a posição, seja com o VANT ou com a coleira. Com o VANT não há uma posição específica e com a coleira, a interface não é tão conhecida quanto o Google Maps. Conclui-se que cada trabalho possui uma área de aplicação e atua de acordo com certas necessidades, não havendo um melhor ou pior em relação ao outro.

3. Materiais e Métodos

A metodologia empregada na presente pesquisa foi, primeiramente, estudar os problemas diários enfrentados pela pecuária extensiva. Logo em seguida, percebido o problema, fo-

ram analisados dados históricos para determinar a relevância do assunto para o segmento estudado e foi feita uma revisão bibliográfica a respeito do assunto.

Para isso, a pesquisa foi baseada em autores como: Correia [2018]; Silva [2018]; Nantes e Rodrigues [2010]; Lopes e Santos [2007], entre outros pesquisadores pertinentes ao assunto, além de pesquisa em sítios web, outras teses, dissertações e trabalhos acadêmicos desenvolvidos em universidades e de associações técnicas.

Depois de analisados todos os dados e avaliada a importância do tema, partiu-se para o desenvolvimento da solução, analisando todos os itens necessários, junto com seus respectivos custos, para a viabilização da ideia, ou seja, comparação de preços. Ficou nítido que a melhor opção para o desenvolvimento de um MVP (Minimum Viable Product) era a de se utilizar um módulo de GPS com um módulo de radiofrequência para a comunicação das coordenadas.

O monitoramento funciona através do sistema GPS (Global Position System) que é responsável por lidar com a posição geográfica do animal, em questão, e então o sistema de radiofrequência transmite para o dispositivo receptor que publica a posição do animal em alguma plataforma. No presente trabalho foi utilizado o Google Maps como plataforma para visualização das coordenadas.

O MVP é constituído por duas partes: o dispositivo preso em cada animal - o sistema responsável pelo monitoramento - e o dispositivo que recebe a informação e gera os marcadores. O dispositivo animal, em questão, é uma coleira, com o sistema embarcado constituído por um microcontrolador, uma antena de radiofrequência e o módulo de GPS.

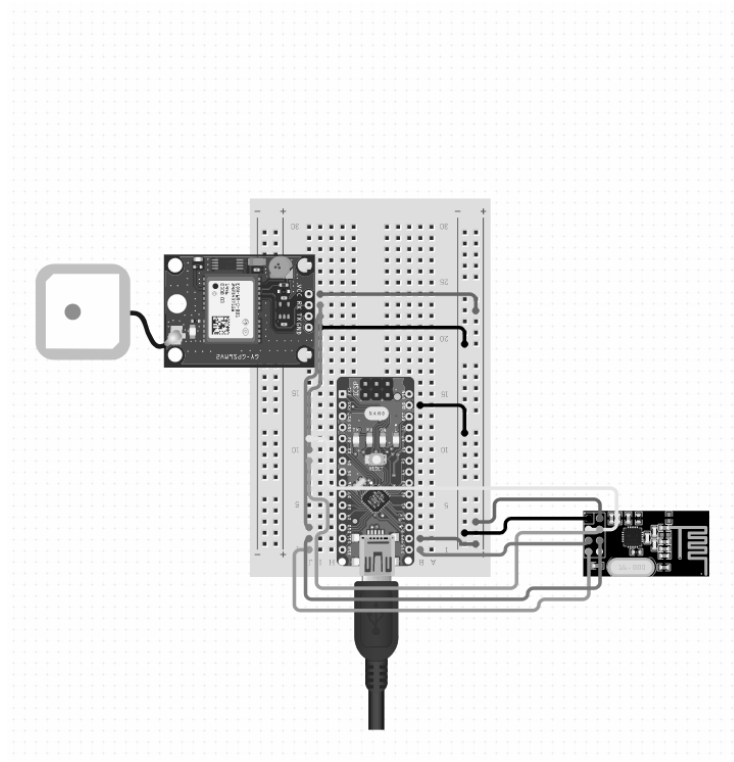


Figura 6. Diagrama do dispositivo de monitoramento.
Fonte: Autor

Compõem o dispositivo da Figura 6 o microcontrolador Arduino Nano, na versão 3.0. A antena de radiofrequência NRF24L01 produzida pela Nordic Semiconductors, responsável pela transmissão das coordenadas para o módulo receptor. Por último o módulo GPS GY-GPS6M da empresa U-blox, responsável pelo monitoramento.

O dispositivo receptor funciona de maneira diferente. Ele é composto por um microcontrolador que possui a capacidade de se conectar à internet, o NodeMCU. A antena de radiofrequência utilizada é a mesma do dispositivo embarcado de monitoramento.

O NodeMCU pode ser substituído pelo Arduino Nano, porém é necessário que o mesmo esteja conectado à internet através de outro dispositivo. É possível ver na Figura 8 o diagrama do sistema embarcado de recebimento.

Para a programação lógica dos dispositivos, foi utilizada a linguagem de programação C++, conforme mostra a . Foram utilizadas bibliotecas para facilitar o desenvolvimento dos dispositivos, entre elas estão:

- TinyGPS - responsável pela decodificação dos dados recebidos pelo GPS e para facilitar a leitura. Disponível em: <https://github.com/neosarchizo/TinyGPS>;
- RF24 - biblioteca que facilita a utilização dos módulos de rádio (NRF24L01+) e permite uma melhor comunicação entre eles. Disponível em: <https://github.com/nRF24/RF24>;
- ESP8266 - biblioteca responsável pela comunicação do NodeMCU com a internet e envio de pacotes para a mesma. Disponível em: <https://github.com/esp8266/Arduino>;

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  
  WiFi.disconnect();  
  delay(1000);  
  WiFi.begin(ssid, pass);  
  
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {  
    delay(500);  
    Serial.print("Connecting to WiFi...");  
  }  
  
  radio.begin();  
  radio.openReadingPipe(0, address);  
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);  
  radio.startListening();  
}
```

Figura 7. Parte da configuração do código em C++.
Fonte: Autor

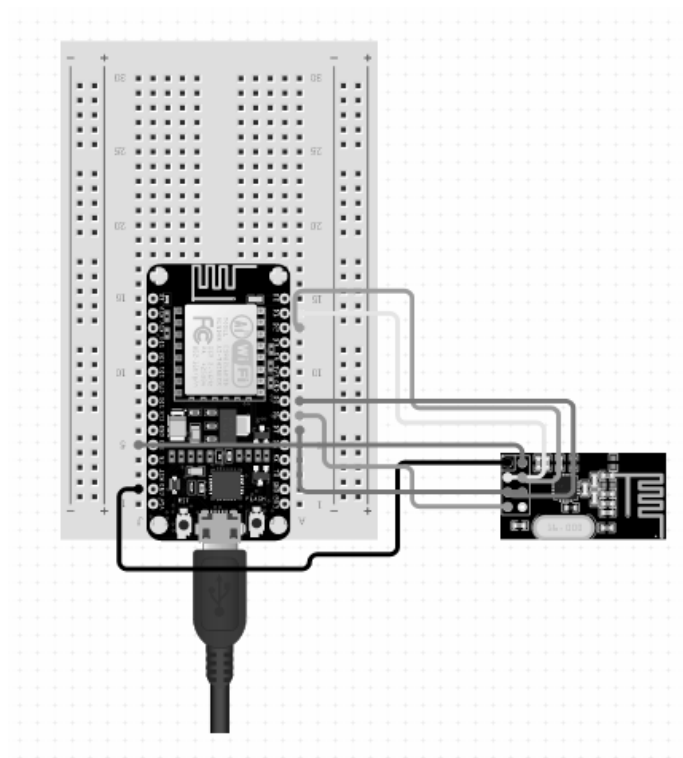


Figura 8. Diagrama do dispositivo receptor.

Fonte: Autor

O módulo receptor deverá ser instalado em posições fixas ao longo da propriedade rural, tendo em vista que o módulo NRF24L01 tem um alcance de até 100 metros em campos abertos. Com antena possui um alcance de até 1,1 quilômetro. O NodeMCU permite o controle dos módulos sendo possível mandar uma mensagem solicitando as coordenadas dos módulos de monitoramento, ou esses poderão ser programados para o envio da informação conforme o tempo de atividade ou horário.

Com o protótipo pronto, foram realizados testes permitindo analisar os dispositivos, seu funcionamento e sua precisão. Os testes foram realizados tanto no ambiente rural como no ambiente urbano.

4. Resultados

Durante o decorrer do projeto foi possível desenvolver e testar o módulo de monitoramento animal, com seu receptor. Este sistema possibilitou obter a coordenada do animal e visualizar em um mapa (para a pesquisa foi utilizado o Google Maps).

A coordenada obtida via GPS foi transmitida de maneira eficaz, conforme mostra a Figura 9, entre o módulo de monitoramento e o módulo receptor em campos abertos utilizando a radiofrequência. Também foi possível utilizar o sistema em áreas urbanas, porém a transmissão de dados entre os módulos pode sofrer oscilações e tem o desempenho reduzido conforme as barreiras físicas e eletromagnéticas.

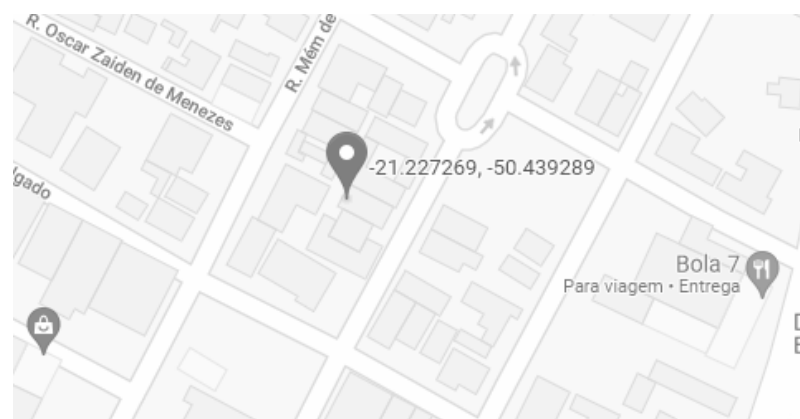


Figura 9. Coordenadas do GPS mostradas no Google Maps.

Fonte: Autor

Os testes realizados em ambiente rural contaram com um esquema parecido, porém com algumas mudanças. Ambos os dispositivos estavam conectados à baterias via USB. O dispositivo de monitoramento manteve-se igual. O módulo receptor além da mudança da bateria, também mudou sua conexão com a internet. Foi realizada uma conexão com um dispositivo móvel para a transmissão de dados para o mapa.

A coordenada obtida via GPS foi transmitida de maneira eficaz, conforme mostra a Figura 9, entre o módulo de monitoramento e o módulo receptor em campos abertos utilizando a radiofrequência. Também foi possível utilizar o sistema em áreas urbanas, porém a transmissão de dados entre os módulos pode sofrer oscilações e tem o desempenho reduzido conforme as barreiras físicas e eletromagnéticas. Em todos os cenários de testes foram feitas ações simuladas, ou seja, nenhum dispositivo foi acoplado em bovinos.

5. Conclusão

Visto toda a importância que a pecuária tem, como na economia do Brasil, com R\$ 494,8 bilhões sobre todo o mercado do agronegócio, internacionalmente, exportando para 65 países, em valor nutricional com vitaminas como B6 e B12, minerais e entre outros. Todos estes importantes dados são possíveis por conta da quantidade de animais presentes nesta indústria, cerca de 222 milhões em 2020. Com números bastante expressivos, é necessário, também, tomar cuidado com doenças, com as normas do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) e com o gerenciamento rural.

Com o avanço da tecnologia, é possível criar soluções que gerenciem o monitoramento destes animais tanto em quantidade quanto em qualidade para que os pecuaristas do cultivo extensivo consigam melhorar o controle sanitário, a confiabilidade de seu produto agregado ao cumprimento das regras do MAPA.

Através do modelo apresentado, com a pesquisa, conclui-se que se torna viável um sistema de monitoramento animal capaz de ajudar no controle do rebanho. Futuramente o sistema poderá ser integrado com banco de dados para maior controle e melhor visualização através de gráficos. Os dados também poderão ser disponibilizados na nuvem.

Referências

- Barbieri, R. S., de Carvalho, J. B., e Sabbag, O. J. (2016). Análise de viabilidade econômica de um confinamento de bovinos de corte. *Interações (Campo Grande)*, 17.
- Boyland, P. (2019). Brazil's urban mobile users connect twice as much to 4G. OPEN-SIGNAL.
- BRASIL (2002). Instrução normativa n. 1, de 9 de janeiro de 2002. Diário Oficial da União.
- Carvalho, E. A. d. e Araújo, P. C. d. (2009). *Noções básicas de sistema de posicionamento global GPS*, páginas 1–23. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).
- Correia, S. (2018). A operação carne fraca e as estratégias do governo de Michel Temer para minimizar o escândalo da venda ilegal de carnes. *OKARA: Geografia em debate*, 12:577.
- Eichner, A., da Silva, N., e Rizzetti, T. A. (2019). Definindo um protocolo de autenticação utilizando bluetooth low energy para dispositivos no conceito de IoT. Em *Anais da XVII Escola Regional de Redes de Computadores*, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Ejnisman, M. W., do Couto Hellu Battilana, C., e de Andrade, T. B. (2020). O aumento do uso de tecnologia no agronegócio: uma análise sob a ótica da proteção de dados. *TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, (20).
- Garcia, P. e Kleinschmidt, J. (2017). Tecnologias emergentes de conectividade na IoT: Estudo de redes LPWAN. Em *Anais de XXXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais*. Sociedade Brasileira de Telecomunicações.
- Inácio, M. C. P., Baldi, H. F., dos Santos, C. F., Oliveira, L. S., Ferreira, C. E. C., Rezende, R. M., e Mendonça, A. T. (2018). Sistema intensivo X extensivo na criação de gado de corte. *REVISTA DA UNIVERSIDADE VALE DO RIO VERDE*, 16(1).
- Laird (2013). BLE overview.
- Lopes, M. A. e dos Santos, G. (2007). Principais dificuldades encontradas pelas certificadoras para rastrear bovinos. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(5):1552–1557.
- Martins, T. e Martins, L. (2016). Coleira C-Tech detecta o comportamento dos bovinos. *Globo Rural*.
- Oliveira, M. V. C. d. e Lima, L. H. (2017). Sistema de comunicação de dados utilizando arduino e módulo RF 433 Mhz.
- Pereira, D. P., Dias, W. R. A., de Lima Braga, M., da Silva Barreto, R., Figueiredo, C. M. S., e Brilhante, V. (2008). Model to integration of RFID into wireless sensor network for tracking and monitoring animals. Em *2008 11th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering*. IEEE.
- Pereira, M., Costa, F., e Almeida, R. (2018). Viabilidade econômica da introdução de eucalipto em sistemas de integração lavoura-pecuária.
- Poderoso, F., Sobral, V., Lima, R., e Oliveira, A. (2009). Rede zigbee aplicada à medição em agricultura.

- Reck, M. S. (2016). Beacons BLE - bluetooth low energy - design e análise de um sistema de localização indoor.
- Rodrigues, L. C. e Nantes, J. F. D. (2010). Rastreabilidade na cadeia produtiva da carne bovina: situação atual, dificuldades e perspectivas para o brasil.
- Santos, B. P., Silva, L., Celes, C., Borges, J. B., Neto, B. S. P., Vieira, M. A. M., Vieira, L. F. M., Goussevskaia, O. N., e Loureiro (2016). Internet das coisas: da teoria prática. *Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*.
- Seeber, G. (2008). *Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications*. MATHEMATIK GESAMT. De Gruyter.
- Silva, A. L., Mafei, L., de Andrade Bordin, R., e da Cunha, G. J. (2018). A rastreabilidade na cadeia da bovinocultura de corte brasileira. *Revista Tekhne e Logos*, 9(2).
- Teixeira, B. E. (2016). Utilização de veículo aéreo não tripulado de asa fixa no monitoramento e coleta de imagem de animais e ambientes em propriedades rurais. Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA).
- Valle, C. M. C. O. (2013). Comunicação por radio frequência para controladores lógicos programáveis (CLP).
- Vaz, F. (2015). Tecnologias de rastreamento de veículos.