

## APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA E PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO LORA/LORAWAN EM CENÁRIOS AGRÍCOLA

MARCIELI PAULA LANGER<sup>1</sup>, CLAUDIO LEONES BAZZI<sup>2</sup>, FREDERICO VICTOR  
DOS SANTOS SILVA<sup>3</sup>, KELYN SCHENATTO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Tecnóloga em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Mestranda em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Medianeira – PR, 459819-6657, marcieli.imetrics@gmail.com.

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Depto de Computação, UTFPR, Medianeira-PR.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Elétrica, UTFPR, Medianeira-PR.

<sup>4</sup> Profa. Doutora, Depto. de Computação, UTFPR, Medianeira-PR.

Apresentado no  
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021  
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

**RESUMO:** A agricultura é um importante setor da economia, e assim como outros setores, é demandante do uso das tecnologias. Porém, o que se percebe são barreiras tecnológicas, principalmente no que se refere à infraestrutura de rede, para que as automações agrícolas sejam ainda mais intensas. Com base nestes desafios, o presente trabalho objetivou avaliar a tecnologia e protocolo de comunicação LoRa/LoRaWAN em cenários agrícolas. Para isso foram determinados cenários de testes considerando estudos bibliográficos, com abrangência a Mesorregião Oeste do Paraná. Os resultados apontam que se não houver exigência de alta assertividade no envio dos pacotes, a tecnologia atende aos cenários agrícolas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Internet das Coisas; Agricultura Inteligente; Rede de Sensores sem Fio.

### APPLICATION OF TECHNOLOGY AND LORA / LORAWAN COMMUNICATION PROTOCOL IN AGRICULTURAL SCENARIOS

**ABSTRACT:** Agriculture is an important sector of the economy, and like other sectors, it demands the use of technologies. However, what are perceived are technological barriers, mainly with regard to network infrastructure, so that agricultural automations are even more intense. Based on these challenges, the present study aimed to evaluate the LoRa/LoRaWAN communication technology and protocol. For this, test scenarios were determined considering bibliographic studies, covering the Western Mesoregion of Paraná. The results show that if there is no requirement for high assertiveness in sending packages, the technology meets agricultural scenarios.

**KEYWORDS:** Internet of Things; Smart Farming; Wireless Sensor Network.

## INTRODUÇÃO

No cenário atual da agricultura, aliar as tecnologias já desenvolvidas às práticas agrícolas intensivas é cada vez mais importante para que se busque o melhor uso dos recursos naturais, assim como o aumento da produtividade e lucratividade das culturas (DA ROSA, 2017).

Como parte dessas tecnologias enfatiza-se o uso de dispositivos IoT (Internet of Things), capazes de coletar, processar e permitir que sejam realizadas análises de dados gerados por sensores presentes em diversas coisas, que se integram por meio de redes de comunicação. Ressalta-se que os dispositivos envolvidos nessas soluções são caracterizados por baixas taxas de dados, consumo de energia e custo (QADIR et al., 2018).

Dentre as tecnologias de comunicação utilizadas em soluções de IoT, as tecnologias WSN (Wireless Sensor Network) se destacam. Segundo Teixeira e Almeida (2017), as WSNs são alternativas para a comunicação entre os equipamentos e um nó central de comunicação (gateway), entretanto, sua aplicação em cultivos abertos enfrenta dificuldades devido à baixa infraestrutura da tecnologia da informação e a limitação de energia. Portanto, os autores citam a importância da escolha de forma correta da rede de comunicação aplicada nos cenários agrícolas de campo aberto, bem como os protocolos de comunicação a serem utilizados por essas redes, pois possuem características distintas que os tornam adaptáveis à cada aplicação, representando grande importância quando aplicados de forma correta.

Uma rede de sensores sem fio é formada por pequenos sistemas de sensores, chamados nós, que coletam dados do ambiente, tais como: temperatura, pressão, umidade do ar, umidade do solo, movimento, velocidade, níveis de ruído, entre outros (ALAHY et al., 2018). Entre as soluções de WSN, a tecnologia LoRa, que pertence a categoria LPWAN, tem ganhado um impulso significativo (CASALS et al., 2017). Esta categoria de tecnologia, segundo HAXHIBEQIRI et al. (2018) possibilita que os sensores e demais dispositivos de uma aplicação de IoT possam ter sua vida útil prolongada, devido ao baixo consumo de energia, além de possuírem baixo custo, e se comunicarem através de uma faixa de comunicação que pode chegar até vários quilômetros, o que pode ser imprescindível na área agrícola.

Jardim (2018) aponta que, a combinação de tecnologias pode representar um aumento de até 67% no rendimento das lavouras. Neste sentido, verifica-se a importância em se estudar as características das tecnologias e protocolos de comunicação Máquina à Máquina (M2M do termo em inglês: Machine to Machine), e sua aplicação em diferentes cenários agrícolas, visando a contribuição nas soluções IoT e conseqüentemente na automação de atividades no setor agrícola.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a tecnologia de comunicação LoRa e o protocolo LoRaWAN, em testes práticos aplicados em cenários reais de cultivo de grãos em propriedades na região Oeste do Paraná.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram implantados oito cenários para os testes na Messorregião Oeste do Paraná, em área de cultivo de milho (Tabela 1) durante os meses de março e abril de 2021. A distância e a presença de causadores de interferência, tais como relevo, residências, galpões, matas, árvores e outras vegetações, foram consideradas por apresentarem importância na latência e alcance do sinal. Quanto ao tipo dos dados transferidos, foi considerado o envio de dados textuais por serem os predominantemente coletados em atividades de sensoriamento e agricultura de precisão envolvendo o cultivo de grãos, ou seja, compreendem captura de dados de sensores, neste caso foram utilizados sensores de luz ultravioleta e pressão, umidade e temperatura do ar.

Além das variáveis acima citadas, durante os testes foi observada a taxa de recebimento de pacotes em função de variações nas condições climáticas. As condições climáticas da região onde os testes foram realizados permitiram cenários em condições variáveis de calor, frio, chuva e sol.

TABELA 1. Cenários de testes.

Identificador	Descrição	Distância (m)	Interferência
#1	200m CI	200	Com
#2	200m SI	200	Sem
#3	500m CI	500	Com
#4	500m SI	500	Sem
#5	1Km CI	1000	Com
#6	1Km SI	1000	Sem
#7	3Km CI	3000	Com
#8	3Km SI	3000	Sem

A Figura 1 apresenta os pontos de instalação dos componentes da topologia LoRa/LoRaWAN, plotados sobre o mapa da região utilizada para a execução dos testes.



FIGURA 1. Pontos de instalação dos componentes da rede LoRa/LoRaWAN na cultura do milho.

A topologia LoRa/LoRaWAN conta com um gateway e ao menos um end device, também chamado de “nó”. A exemplificação da topologia LoRa/LoRaWAN projetada pode ser vista na Figura 2.

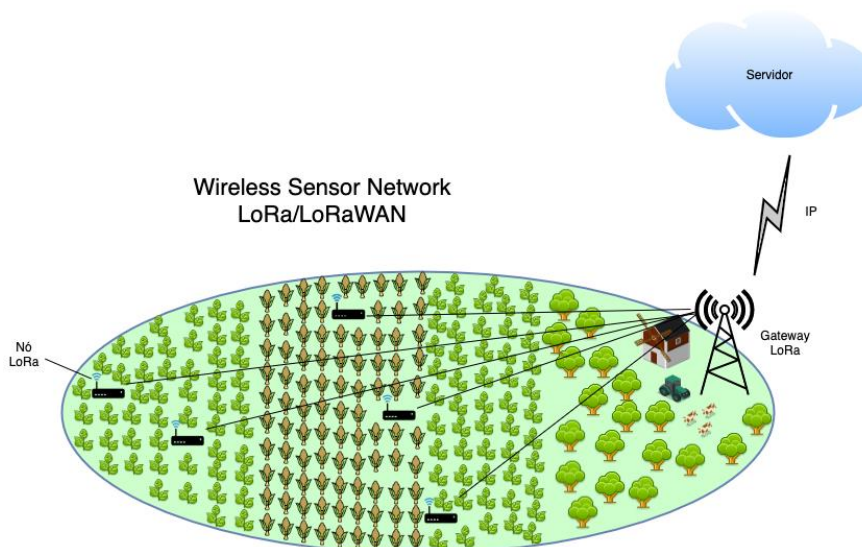


FIGURA 2. Exemplificação da topologia LoRa utilizada.

Os dispositivos finais foram espalhados pelas áreas aos arredores, posicionados em um raio de distância conforme determinado por cada cenário de teste previsto na Tabela 1. Além da distância, foram considerados para o posicionamento dos nós a presença de fatores de interferência, por vezes representados por vegetação, galpões e casas e outras pelo relevo.

Cada nó LoRa (Figura 3) é composto de Painel Solar para alimentação de uma Bateria Recarregável, a alimentação da bateria pelo painel passa por um Controlador de Carga, que ao receber a saída da bateria converte, através de um Regulador de Tensão, a carga na tensão ideal para a alimentação do Módulo Lora, que foi equipado com Sensores de temperatura, umidade, pressão e luz ultravioleta e uma Antena para, respectivamente, a coleta e envio dos dados.

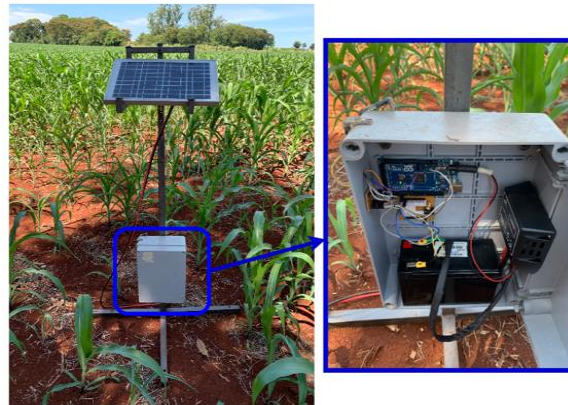


FIGURA 3. Nó LoRa.

A topologia conta obrigatoriamente com pelo menos um gateway LoRaWAN, que irá receber os dados enviados pelos nós e transmitir a um servidor na nuvem. O gateway é composto por três elementos: a) Gateway LoRaWAN: o projeto utilizou o modelo RHF0M301 da fabricante RisingHF; b) Antena: conectada ao gateway para o recebimento dos pacotes enviados pelos end devices, foi utilizada uma antena OMNI direcional de 6 dBi com frequência de transmissão de 915MHz; c) Raspberry Pi3: responsável por comportar a instalação dos softwares que garantem o funcionamento do gateway.

O gateway foi instalado na parte superior de um galpão, a uma altura de aproximadamente 5 metros do chão. A Figura 4 representa o Gateway montado, de acordo com os componentes previstos.

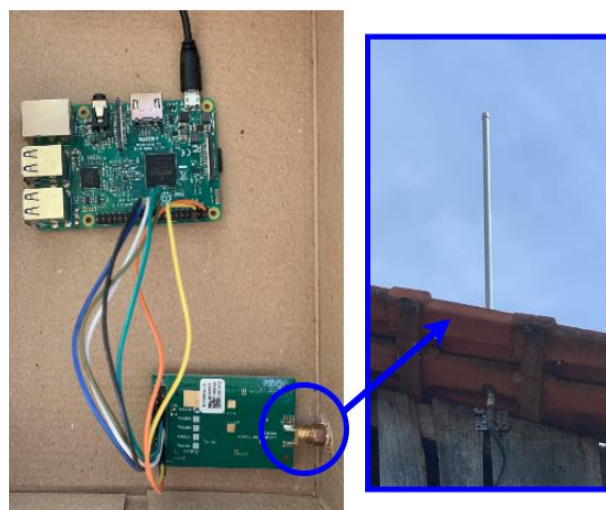


FIGURA 4. Gateway LoRaWAN montado.

Os dispositivos foram configurados para realizar a transmissão de informações a cada 1 (um) minuto, sendo assim, a cada 30 (trinta) minutos de leitura, poderiam ser enviados até 30 pacotes de dados. Os pacotes foram encapsulados utilizando Cayenne LPP. Para a arquitetura de *software* de comunicação do *Gateway* com os servidores de Rede e Aplicação, foi utilizada a solução da Chirpstack: a *stack* de servidores de rede ChirpStack LoRaWAN, que é um projeto que provê componentes *open-source* para redes LoRaWAN, que juntos formam uma solução pronta para uso, incluindo interface *web* amigável para o gerenciamento dos dispositivos finais e *gateways* e API para integrações. A Figura 5 apresenta a interface de *dashboard* do servidor de aplicação configurado para o projeto.

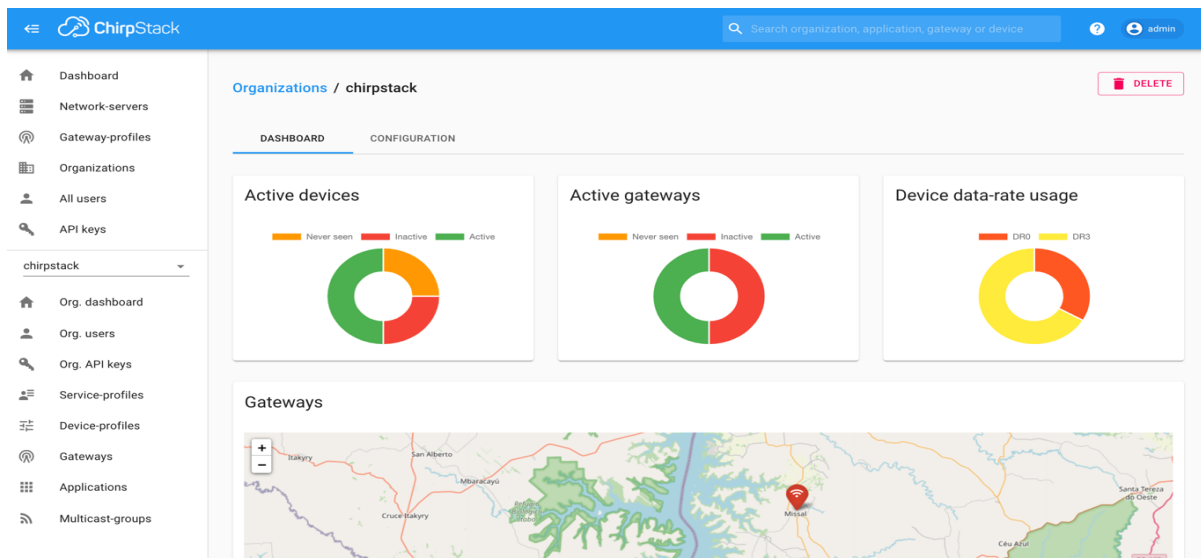


FIGURA 5. Servidor de aplicação do projeto LoRaWAN.

Os dados recebidos pelo servidor de rede foram salvos em uma base de dados InfluxDB através da integração disponibilizada na solução ChirpStack. InfluxDB é um banco de dados de série temporal construído com o propósito de coletar, armazenar, processar e visualizar métricas e eventos. Na Figura 6 pode-se observar o resultado da seleção de registros da medida `device_frmpayload_data_temperatureSensor_1`, correspondente às leituras de temperatura dos sensores.

```
> select * from device_frmpayload_data_temperatureSensor_1;
name: device_frmpayload_data_temperatureSensor_1
time                application_name dev_eui                device_name f_port value
-----
1609436400000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.1
1609436460000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.3
1609436700000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      29
1609437240000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.7
1609437300000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.8
1609437360000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.8
1609437600000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.8
1609437840000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.6
1609438020000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.7
1609438140000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.9
1609438200000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.9
1609438320000000000 Mestrado        1d7b2462e41b3073 Device04    8      28.7
```

FIGURA 6. Servidor de aplicação do projeto LoRaWAN.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados foi realizada por meio de experimentos de campo, nos quais foram criadas e instaladas topologias nos diferentes cenários propostos (Tabela 1 e Figura 1), e com o

auxílio de sensores foram observadas as características da tecnologia e seu comportamento de acordo com cada cenário.

Os dados transferidos foram armazenados em uma base de dados de série temporal. Portanto, para a tabulação e observação dos dados coletados, os registros das mensurações onde as informações foram persistidas foram selecionados. A solução de integração do CayenneLPP, para encapsulamento dos pacotes, e do InfluxDB, para persistência dos dados, utilizada em conjunto com a solução da ChirpStack para a topologia LoRa/LoRaWAN, fez com que cada informação lida pelos sensores fosse armazenada em uma mensuração distinta. Essa organização das informações exigiu a compilação em uma mesma linha de todos os dados recebidos e armazenados, ou seja, juntou-se os registros de temperatura, pressão, umidade e UV em uma única linha, formando assim uma tabela única, conforme pode ser observado na amostra de dados da Tabela 2.

TABELA 2. Exemplo de registros de leituras dos dispositivos finais LoRa.

Time	Device_name	Temperatura	Pressão	Umidade	UV
1,6097E+18	3kmC	25,4	978	56	2,03
1,6097E+18	3kmC	25,4	978,2	56,4	2,02
1,6097E+18	3kmC	26,5	979,3	55,3	2,06
1,6097E+18	3kmC	26,5	979,3	57,5	2,15
1,6097E+18	3kmC	26,5	979,3	54,4	2,23

Os resultados em termos de taxa de envio de pacotes podem ser observados na Figura 7. Quando o foco é na taxa de perda de pacotes, percebe-se diferença pouco considerável quando comparado os cenários com e sem interferência, por vezes, o cenário com interferência alcançou taxa de transferência mais alta, e especialmente nos cenários de 200m essa diferença foi mais significativa, o que nos leva a deduzir que as interferências físicas propositalmente inseridas nos cenários não foram suficientes para prejudicar a qualidade do sinal.

Apesar da maior taxa de transferência ter sido percebida no cenário de menor distância, o percentual de entrega de pacotes foi considerado baixo, uma vez que atingiu apenas 47,06% no cenário de 200m com interferência (Figura 7). Ainda analisando a taxa de perda de pacotes, nota-se uma queda de praticamente metade de assertividade na transferência de pacotes nos cenários de 500m e 1km, se comparados aos cenários de 200m.

Já os cenários de 3km por sua vez apresentaram redução da assertividade no envio dos pacotes, entretanto, menor do que os outros dois cenários citados. Um fator que pode ter sido determinante para os resultados alcançados é não ter sido considerada a zona de Fresnel ao instalar as antenas dos dispositivos finais e do gateway.

A taxa de recebimento de pacotes baixa e sem percepção de interferência significativa pelos obstáculos empregados pode ser explicada por não ter sido considerada a zona de Fresnel ao instalar o Gateway e os Dispositivos Finais. Para Ribas (2002) a elaboração de um projeto para a infraestrutura vertical é fator determinante para uma boa performance do enlace de rádio, através do qual pode-se determinar o melhor posicionamento das antenas, sendo necessário o projetista considerar dois importantes parâmetros neste projeto: o fator de correção da Terra e a liberação total ou parcial da zona de Fresnel. Piau (2013) descreve a zona de Fresnel como a relação teórico-prático de interferência dependente da altura que existe entre a antena e a superfície refletora do caminho percorrido pelo sinal.

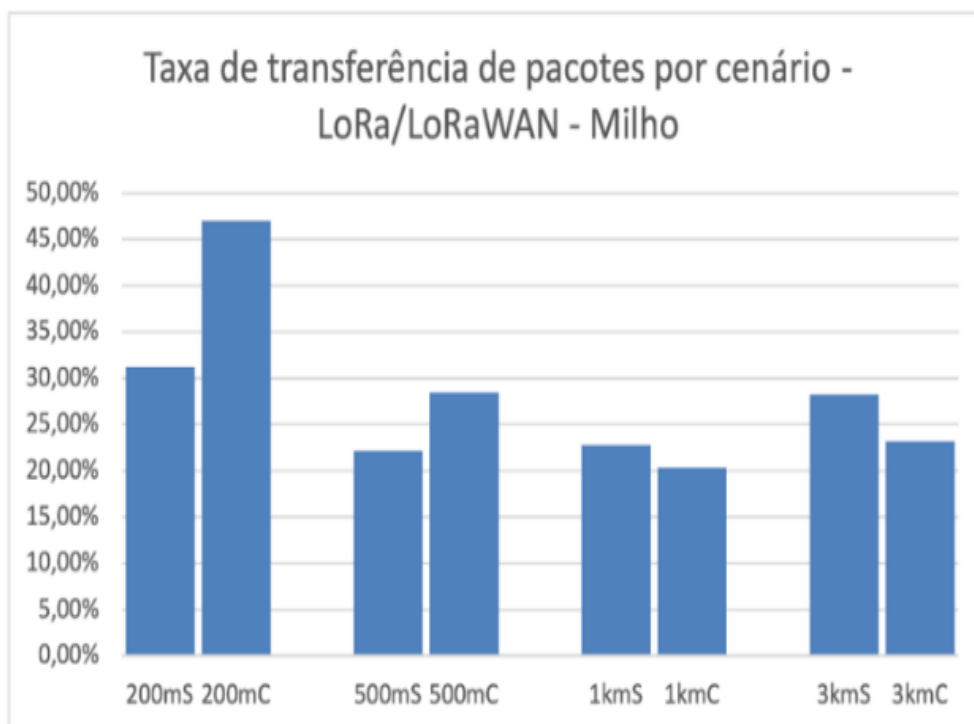


FIGURA 7. Gráfico reproduzindo os percentuais de transferência de pacotes utilizando LoRa/LoRaWAN.

Na tentativa de verificar a correlação entre a taxa de transferência de pacotes e as demais variáveis lidas, utilizando a ferramenta de análise de dados do Microsoft Excel, extraiu-se os coeficientes de Pearson apresentados na Tabela 3. Para tanto, através da manipulação das planilhas XLS, os registros de pacotes enviados/recebidos provenientes da base InfluxDB foram agrupados em blocos de intervalo de 30 minutos, e para cada bloco foram calculadas as médias das variáveis lidas (temperatura, umidade e UV) e a quantidade de pacotes recebidos. Esses dois resultados (média dos valores das variáveis e quantidade de pacotes recebidos) foram utilizadas como entrada para o cálculo dos coeficientes de Pearson.

TABELA 3. Análise de correlação entre as variáveis lidas e a taxa de envio de pacotes na cultura do milho.

	Temperatura	Umidade	UV
Pacotes enviados	0,12148136	-0,1346205	0,1409342

Analisando os coeficientes de Pearson apresentados na Tabela 3, observa-se que não há fortes evidências de que a taxa de transferência de pacotes seja afetada por alguma destas variáveis, sendo todos os coeficientes gerados muito distantes dos valores de 1 ou -1, o que indica que não há relação forte entre as duas variáveis observadas, sendo a correlação com coeficiente mais próximo de 1 ou -1 a da intensidade de raios ultravioleta, entretanto, também considerada insignificante por ser de apenas 0,1409342.

Apesar da temperatura e da umidade relativa do ar estarem sendo citados em estudos recentes sobre os efeitos das condições climáticas na qualidade do sinal, o que foi confirmado pelo estudo de Luomala e Hakala (2015), para este estudo, o fato de não ter havido uma variação tão significativa na temperatura e umidade do ar pode explicar a não identificação da correlação dessas variáveis e a taxa de recebimento dos pacotes.

## CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos, conclui-se que se não houver exigência de alta assertividade no envio dos pacotes, a tecnologia atende aos cenários agrícolas, sendo indicada a utilização de LoRa/LoRaWAN inclusive em cenários que requerem maior distância de transferência, entretanto, sugere-se considerar a zona de Fresnel ao projetar o posicionamento das antenas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Tecnologia Federal do Paraná (UTFPR), ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais, ao CNPQ, à Fundação Parque Tecnológico Itaipu e ao Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, pelo auxílio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALAHY, M. E. E.; PEREIRA-ISHAK, N.; MUKHOPADHYAY, S.C.; BURKITT, L. An Internet-Of-Things Enabled Smart Sensing System For Nitrate Monitoring. **Ieee Internet Of Things Journal**, v. 5, n. 6, p. 4409-4417, 2018.

CASALS, L.; MIR, B.; VIDAL, R.; GOMEZ, C. Modeling The Energy Performance Of Lorawan. **Sensors**, v. 17, n. 10, p. 2364, 2017.

DA ROSA, R. P. Dispositivos Iot Aplicáveis À Agricultura Intensiva E Os Resultados Já Alcançados. **Datacenter: Projeto, Operação E Serviços-Unisul Virtual**, 2017.

HAXHIBEQIRI, J.; POORTER, E.; MOERMAN, I.; HOEBEKE, J. A Survey Of Lorawan For Iot: From Technology To Application. **Sensors**, v. 18, n. 11, p. 3995, 2018.

JARDIM, Arnaldo. Agricultura de precisão: uma nova fronteira agrícola. **AgroANALYSIS**, v. 37, n. 10, p. 48, 2018.

LUOMALA, Jari; HAKALA, Ismo (2015). Annals of Computer Science and Information Systems [IEEE 2015 Federated Conference on Computer Science and Information Systems - (2015.9.13-2015.9.16)] Proceedings of the 2015 Federated Conference on Computer Science and Information Systems - Effects of Temperature and Humidity on Radio Signal Strength in Outdoor Wireless Sensor Networks. 5(), 1247–1255. doi:10.15439/2015F241

PIAU, Diego de Brito. Projeto de dimensionamento de enlace de rádio associado a atenuações devido à chuva utilizando Celplan e Pathloss. 2013.

QADIR, Qahhar Muhammad et al. Low power wide area networks: a survey of enabling technologies, applications and interoperability needs. **IEEE Access**, v. 6, p. 77454-77473, 2018.

RIBAS, Júlio César da Costa. Perfil de link sem fio em ambiente aberto: avaliação através de medições. 2002.

TEIXEIRA, Grazielle Bonaldi; ALMEIDA, João Víctor Peroni de. **Rede LoRa® e protocolo LoRaWAN® aplicados na agricultura de precisão no Brasil**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.