

Infraestrutura LoRaWAN para aplicações didáticas de Internet das Coisas

NELSON C. ALMEIDA¹, RENAN B. ABUD², EDUARDO P. GODOY³

¹ Pós-Graduado em Engenharia de Automação e Eletrônica Industrial, Mestrando em Engenharia Elétrica na Unesp Campus Sorocaba, nelson.almeida@unesp.br.

² Graduando em Engenharia de Controle e Automação na Unesp Campus Sorocaba, renan.b.abud@gmail.com

³ Professor Associado, Engenharia de Controle e Automação, Unesp Campus Sorocaba, eduardo.godoy@unesp.br
Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.05.02-5 Automação Eletrônica de Processos Elétricos e Industriais

Apresentado no
4º Congresso de Pós-Graduação do IFSP
27 e 28 de novembro de 2019 – Sorocaba - SP, Brasil

RESUMO: O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma infraestrutura de comunicação em redes LoRaWAN para aplicações didáticas em IoT com um *gateway* conectado à rede TTN (*The Things Network*) onde os dados são disponibilizados em uma aplicação que pode ser um aplicativo de análise ou uma *dashboard*. A rede LoRaWAN permite a conexão de *smart sensors* à internet através do *gateway* conectado à internet que está localizado na Unesp em Sorocaba. Estes *smart sensors* podem ser Arduinos ou outros microcontroladores com as configurações da rede TTN e a tecnologia LoRa permite o envio de dados a baixas taxas de transmissão, porém, a grandes distâncias como as apresentadas neste projeto salvo as situações onde se tem zonas de sombra para os sinais de RF. A cobertura desta rede a partir do prédio da Unesp tem um raio de alcance de 6Km.

PALAVRAS-CHAVE: LORAWAN; LORA; IOT; ESP32; REDE; RF.

LoRaWAN Infrastructure for Learning Applications

ABSTRACT: *This paper presents the development of a LoRaWAN network communication infrastructure for IoT learning applications with a gateway connected to The Things Network (TTN) where data is made available in an application that can be an analytics application or a dashboard. The LoRaWAN network allows smart sensors to be connected to the internet through the internet-connected gateway that is located at Unesp in Sorocaba. These smart sensors can be Arduinos or other microcontrollers with TTN network configurations and LoRa technology allows data to be sent at low baud rates, but over great distances as shown in this project except in situations where there are shaded zones for the RF signals. The coverage of this network from the Unesp building has a range of 6 km.*

KEYWORDS: LORAWAN; LORA; IOT; ESP32; NETWORK; RF.

INTRODUÇÃO

Os modernos sistemas de IoT requerem cada vez mais dispositivos conectados e necessitam de acesso à *internet*, porém o acesso à internet gera custos com infraestrutura tais como redes WiFi ou cabeadas, em campo pode não se ter sinal de WiFi disponível o que faz se pensar em outras possibilidades com custos ainda mais elevados, por exemplo o 3G ou 4G, mas ainda tem-se o imprevisto de zonas de sombra. Uma solução para este cenário é a utilização das redes LPWANs (*Low Power Wide Area Networks*), tais como a LoRaWAN, que permitem que vários dispositivos se conectem à *internet* através de um *gateway* ligado na grande rede (ABINC) como pode ser visto na figura 1. Não só o grande número de aplicações que podemos encontrar nos mais diversos campos tais como, agricultura, medição inteligente, *smart cities*, *smart homes*, *smart wearables* e outros como comenta (SEMTECH, 2015), mas também como a sociedade consome as informações geradas por estas tecnologias (RATASUK, 2015). O presente projeto apresenta uma rede LoRaWAN aberta que pode ser utilizada para o envio de poucos dados, por exemplo, de sensores conectados e configurados para envio através da rede TTN à *internet* e

depois consumidos por uma aplicação que pode ser a apresentação em uma *dashboard* para serem analisados ou armazenados. Estes sensores que podem ser *smart sensors* podem ser montados em plataformas Arduino ou outros microcontroladores que rodem uma aplicação LoRaWAN.

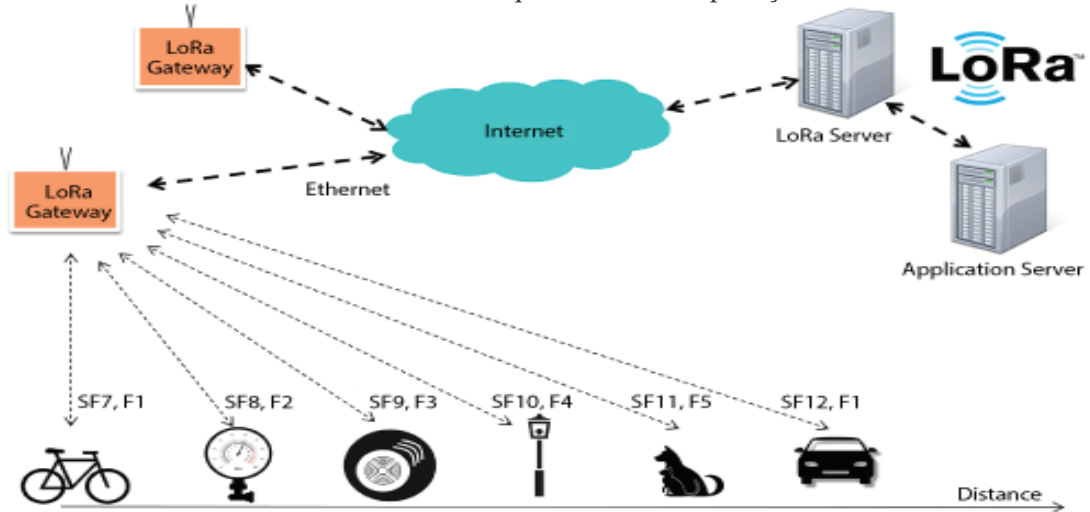


FIGURA 1. Diagrama de aplicações LoRaWAN (ABINC).

LoRaWAN, LoRa e TTN

As redes LPWANs podem chegar a logas alcances de comunicação, chegando a distâncias médias de 10 a 40 km em áreas rurais e entre 1 a 6 km em áreas urbanas (LUVISOTO et al., 2018), com um baixo consumo de energia fazendo com que o sistema apresente elevada eficiência (MEKKI et al., 2018; PATEL AND WON, 2017). Dentre as principais tecnologias LPWANs iremos utilizar o padrão LoRaWAN que apresenta algumas características como bom equilíbrio entre distância de comunicação, podendo chegar a vários quilômetros, e com um baixo consumo de energia o que possibilita a utilização de baterias por longos períodos. Com estas características esta tecnologia está sendo muito utilizado em aplicações IoT (RAZA et al., 2017; SANCHEZ-IBORRA AND CANO, 2016).

O protocolo LoRa define a camada física de transmissão dos dados e o LoRaWAN implementa a comunicação de rede em uma topologia chamada estrela-de-estrelas que podemos ver na figura 2, onde os *gateways* fazem as comunicações entre os nós (*end points* ou *end devices*) a uma rede central que pode estar conectado à *internet*. Estes nós podem enviar os dados de sensores neles conectados (SINHA et al., 2017).

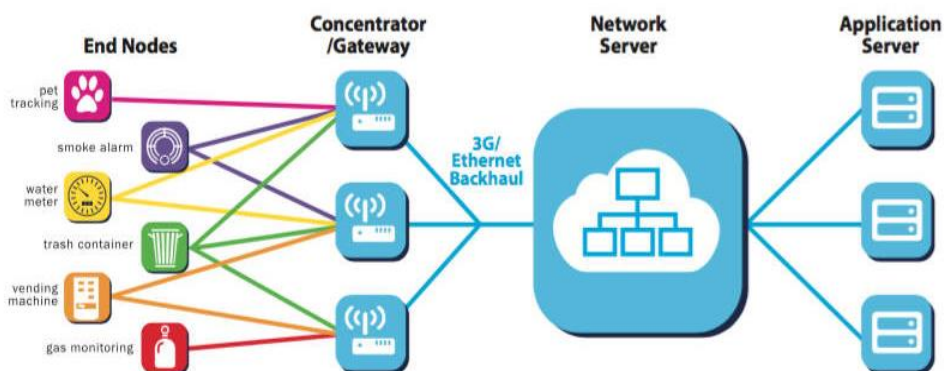


FIGURA 2. Arquitetura LoRaWAN™ (LoRa Alliance, 2018).

Para utilizar as características da rede LoRa o protocolo LoRaWAN adiciona uma técnica de modulação e transmissão multi-canal e multi-modem que possibilita receber várias informações de vários canais.

O *Network Server* utilizado foi a rede TTN (*The Things Network*) que é uma rede aberta onde se cadastra o *gateway* e as aplicações que irão receber os dados provenientes dos nós. Esta rede provê um sistema flexível, robusto e seguro para conexões LoRaWAN e integração com várias ferramentas de

aplicação para o consumo dos dados (*THE THINGS NETWORK*), na figura 3 podemos ter uma visão geral deste *Network Server*.

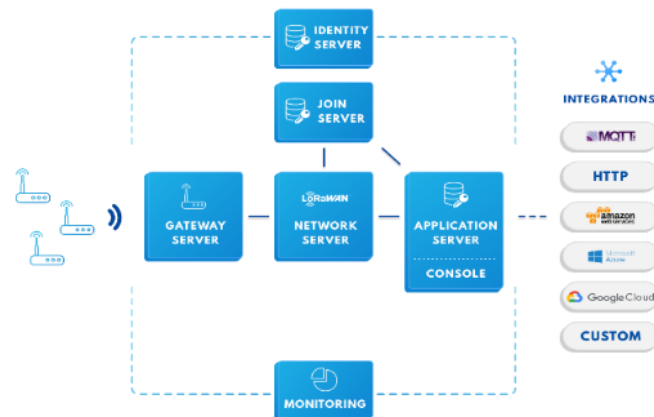


FIGURA 3. *Network Server* (THE THINGS NETWORK).

MATERIAL E MÉTODOS

O dispositivo utilizado como *gateway* LoRaWAN foi utilizado o modelo RPi3-GwHat da empresa Radioenge que está posicionado na Unesp Sorocaba conectado a uma antena externa de 5dBi e operando na banda de 915MHz, este *gateway* utiliza um Raspberry Pi 3B+ rodando Sistema Operacional Linux Raspbian, podemos ver esta placa na figura 4.



FIGURA 4. Gateway LoRaWAN da Radioenge (RADIOENGE).

Para os nós foram utilizados dois tipos de módulos: quatro nós equipados com WiFi LoRa 32 versão V2 da empresa Heltec (HELTEC AUTOMATION) que pode ser visto na figura 5(b) e o módulo LoRaMesh Radioenge (RADIOENGE) como o da figura 5(a).

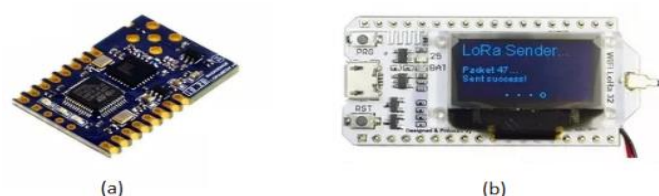


FIGURA 5. Módulos de rádio LoRa: (a) Radioenge LoRaWAN e (b) WiFi LoRa 32 versão V2.

Os testes de distância foram feitos com cinco tipos de antenas conectados nos nós, as antenas podem ser vistas na figura 6, cada um dos nós recebeu um ID (endereço do dispositivo) diferente dentro da rede TTN o que possibilitou a verificação dos dados de recepção de cada nó conectado a uma antena diferente conforme a tabela 1.

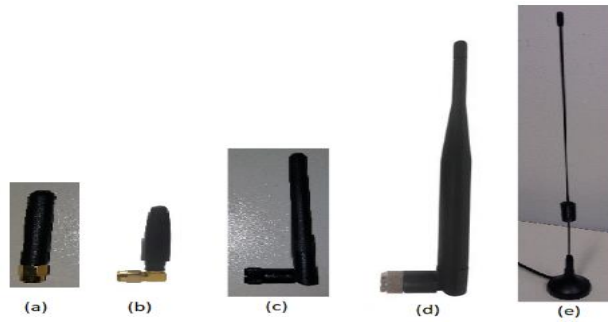


FIGURA 6. Antenas: (a) 2.15dBi, (b) 2.15dBi, (c) 2.5dBm, (d) 3dBi, (e) externa 5dBi.

TABELA 1. Configuração dos nós e antenas.

Nó	ID	Antena
ESP LoRa 32	0x260113A6	Figura 6 (a) 2.15dBi
ESP LoRa 32	0x263117BA	Figura 6 (e) externa 5dBi
ESP LoRa 32	0x26011890	Figura 6 (b) 2.15dBi
ESP LoRa 32	0x26031892	Figura 6 (c) 2.5dBi
LoRaWAN Radioenge	0x019F6D1A	Figura 6 (d) 3dBi

Na figura 7(a) podemos ver o módulo LoRaMesh conectado a antena de 3dBi e na figura 7(b) o ESP LoRa 32 ligado a antena de 2.5dBi.

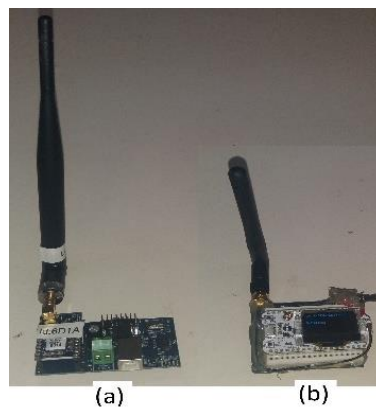


FIGURA 7. (a) Módulo LoRaMesh Radioenge e (b) ESP LoRa 32.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de distância de recepção foram feitos em pontos específicos em campo. A figura 8 mostra os dados recebidos pelo *gateway* onde podemos observar os IDs e outros dados recebidos dos nós.

GATEWAY TRAFFIC <small>beta</small>										
ID										
uplink			downlink			join			0 bytes	x
se clear										
time	frequency	mod.	CR	data rate	airtime (ms)	cnt				
▲ 16:36:56	916.2	lora	4/5	SF 9 BW 125	226.3	31742	dev addr: 263117BA	payl		
▲ 16:36:26	915.4	lora	4/5	SF 9 BW 125	226.3	19769	dev addr: 08 00 F0 7A	payl		
▲ 16:36:14	915.2	lora	4/5	SF 9 BW 125	226.3	55210	dev addr: 019F6D1A	payl		

FIGURA 8. Tráfego do *gateway* na rede TTN (THE THINGS NETWORK).

A maior distância foi alcançada no ponto P5 com o nó 0x263117BA com a antena de 5dBi (figura 6(e)) onde pelo mapa da figura 9 podemos ver um alcance de 6km de raio onde o *gateway* registrou um sinal de recepção RSSI de -111dBm com relação de sinal/ruído SNR de -2.2. Na tabela 2 podemos ver quais nós tiveram dados recebidos pelo *gateway* em relação aos pontos.



FIGURA 9. Área de cobertura da rede LoRaWAN conectada na Unesp.

TABELA 2. Configuração dos nós e ganho de antena em relação aos pontos que tiveram dados recebidos pelo *gateway*.

ID	Ant. (dBi)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
0x260113A6	2.15	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X
0x263117BA	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0x26011890	2.15	X	-	X	-	-	-	-	X	X	X	-	X	X	X	X
0x26031892	2.5	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	-	-
0x019F6D1A	3	X	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-

Como cada nó está ligado a uma antena com um ganho diferente podemos notar que algumas antenas apresentam um alcance melhor o que ainda depende de outros aspectos, como por exemplo, o relevo e obstáculos que causam atenuações nos sinais de RF.

CONCLUSÕES

Com um raio de cobertura de 6km ao redor da Unesp abre-se uma excelente oportunidade de mais estudantes ou pesquisadores conectarem suas aplicações na rede IoT TTN. Esta área de cobertura

abrange algumas Universidades de Sorocaba, tais como a Fatec, Facens, Unip, Uniso, IFSP entre outras permitindo assim que possam ser desenvolvidas mais aplicações didáticas em IoT.

Os códigos necessários para a configuração dos nós (*end points* ou *end devices*) assim como um passo-a-passo para sua programação com um microcontrolador ESP WiFi LoRa 32 estão disponíveis no site da Unesp no link: <https://www.sorocaba.unesp.br/#!/graduacao/engenharia-de-controle-e-automacao/paginas-docentes/eduardo/lorawan/>.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao GASI (Grupo de Automação e Sistemas Integráveis) por disponibilizar os equipamentos necessários para a realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

ABINC. Associação Brasileira de Internet das Cosias. Disponível em: <<https://abinc.org.br/lora-em-acao-praticando-a-teoria/>>. Acessado em: 15 ago 2019.

HELTEC AUTOMATION. WiFi LoRa 32 (V2). Disponível em: <<https://heltec.org/project/wifi-lora-32/>>. Acesso em: 24 ago 2019.

LUVISOTTO, M., TRAMARIN, F., VANGELISTA, L. AND VITTURI, S. (2018). On the use of LORAWAN for indoor industrial IoT applications, Wireless Communications and Mobile Computing 2018.

MEKKI, K., BAJIC, E., CHAXEL, F. AND MEYER, F. (2018). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment, ICT Express.

RADIOENGE. Gateway LoRaWAN. Disponível em: <<https://www.radioenge.com.br/solucoes/iot/18-gateway-lorawan.html>>. Acessado em: 10 ago 2019.

RATASUK, R., MANGALVEDHE, N. AND GHOSH, A. (2015). Overview of LTE enhancements for cellular IoT, Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2015 IEEE 26th Annual International Symposium on, IEEE, pp. 2293-2297.

Raza, U., Kulkarni, P. and Sooriyabandara, M. (2017). Low power wide area networks: An overview, IEEE Communications Surveys & Tutorials 19(2): 855-873.

SEMTECH (2015). LoRa Modulation Basics. Disponível em: <<https://www.semtech.com/uploads/documents/an1200.22.pdf>>. Acesso em 10 ago 2019.

SINHA, R. S., WEI, Y. AND HWANG, S.-H. (2017). A survey on LPWAN technology: LoRa and NB-IOT, Ict Express 3(1): 14-21.

THE THINGS NETWORK. Disponível em: <<https://www.thethingsnetwork.org>>. Acesso em 10 ago 2019.