



# Análise Preliminar da Perda de Potência no Percurso para Tecnologia LoRa em Ambiente *Indoor* na Frequência de 915 MHz

Michel Pessoa da Cunha<sup>1</sup>, Pedro Vladimir Gonzalez Castellanos<sup>2</sup>, Leni Joaquim de Matos<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Centro Tecnológico da Marinha no Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ – Brasil. <sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ – Brasil.

**Resumo** — As redes de longa distância de baixa potência (LPWAN – *Low Power Wide Area Networks*) representam uma nova tendência na evolução das telecomunicações, com o objetivo de prover conexão a uma ampla gama de dispositivos para aplicações no contexto da Internet das Coisas (IoT). Essas redes apresentam grande aceitação no cenário mundial devido à grande cobertura de sinal, baixo consumo de energia e baixo custo de implementação. Em vista disso, este artigo tem como objetivo estudar a cobertura do sinal LoRa (*Long Range*) em ambiente de propagação *indoor*, a partir dos dados obtidos de níveis de sinal medidos na faixa de frequência de 915 MHz, com nível de transmissão igual a 14 dBm e diferentes fatores de espalhamento: 7, 9, 10 e 12. Uma boa cobertura de sinal é alcançada no ambiente *indoor*.

## I. INTRODUÇÃO

Atualmente, as tecnologias LPWAN (*Low Power Wide Area Network*), associadas a dispositivos inteligentes, têm uma ampla aplicabilidade em emprego dual, ou seja, em setores da sociedade civil e, também, no cenário militar. Pode-se citar a aplicabilidade das redes de sensores sem fio no monitoramento de paraquedistas [1], cujo propósito é realizar a transmissão dos dados vitais do combatente para uma central de monitoramento em tempo real, e os estudos envolvendo o emprego de veículos aéreos não tripulados (VANT), por uma intercomunicação empregando redes sem fio [2].

Neste artigo, a tecnologia LPWAN com o emprego do protocolo de comunicação LoRaWAN foi empregada em ambiente *indoor*, com o objetivo de se obter dados de nível de potência e calcular a perda de propagação na faixa de frequência de 915 MHz e possibilitar a caracterização e análise da cobertura do sinal, em função da variabilidade de diferentes configurações do fator de espalhamento (*Spreading Factor* – SF) utilizados na modulação LoRa.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

LoRa (*Long Range*) é uma tecnologia de rede de comunicação sem fio de código aberto, que opera nas bandas de frequência não licenciadas definidas em 902 a 907,5 MHz, 915 a 928 MHz, 2,4 a 2,48 GHz e 5,72 a 5,85 GHz. Uma das principais características da rede LoRa, é o seu funcionamento com baixos níveis de sensibilidade, em torno de -148 dBm [3], que depende das configurações de transmissão, entre elas o fator de espalhamento (SF) e a modulação do sinal. Esta baixa sensibilidade, permite ter um grande alcance do enlace de comunicação na ordem de 10 km em áreas urbanas e suburbanas e de até 30 km em áreas rurais. A Fig. 1 apresenta a variação dos parâmetros de rede em função da configuração do sinal transmitido [4]. Na figura podemos observar como a taxa e a sensibilidade, variam de acordo com a configuração da fator de espalhamento e a modulação do sinal transmitido.



Fig. 1: Comparativo da escalabilidade da rede LoRa.

## III. AMBIENTE, SETUP DAS MEDIÇÕES E METODOLOGIA

As medições foram realizadas no interior do Bloco D do prédio de Engenharia da UFF, localizado no Campus Praia Vermelha da Universidade Federal Fluminense (UFF), sendo o mesmo um edifício de alvenaria da década de 70 que possui 5 andares e fachada envidraçada. Os andares apresentam separações internas com paredes de concreto, janelas de vidros e portas de *drywall*, possuindo as dimensões de 125 m (comprimento) x 20 m (largura).

O sistema de transmissão permaneceu fixo na parte externa do prédio de Engenharia, mas com linha de visada para o Bloco D e a unidade receptora permaneceu no interior do bloco em questão. Na Fig. 2 é apresentado o posicionamento da antena transmissora [6].

Para a realização das medições foi estabelecido um sistema composto por dois micro-controladores com Placa Heltec ESP32 LoRa (*Datasheet* SX1276), sendo os mesmos configurados para operar na frequência de 915 MHz, potência de transmissão de 14 dBm, largura de banda de 125 kHz, SF 7, 9, 10 e 12 e ganho das antenas de 5 dBi. Nos dispositivos foi implementado um algoritmo utilizando a plataforma Arduino [6], em linguagem C++, com o objetivo de realizar o envio de pacotes de dados em intervalos de tempo de 2 segundos e o dispositivo receptor, ao receber o pacote de dados, contabiliza-o e, paralelamente, mensura o nível de RSSI (*Received Signal Strength Indication*) e a SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) do enlace de comunicação. A partir da obtenção dessas médias, foram realizadas as comparações entre elas e os valores preditos de intensidade média por dois modelos básicos de propagação: o modelo de Friis do Espaço Livre e o Modelo LoRa-Distância (*LoRa-distance*).

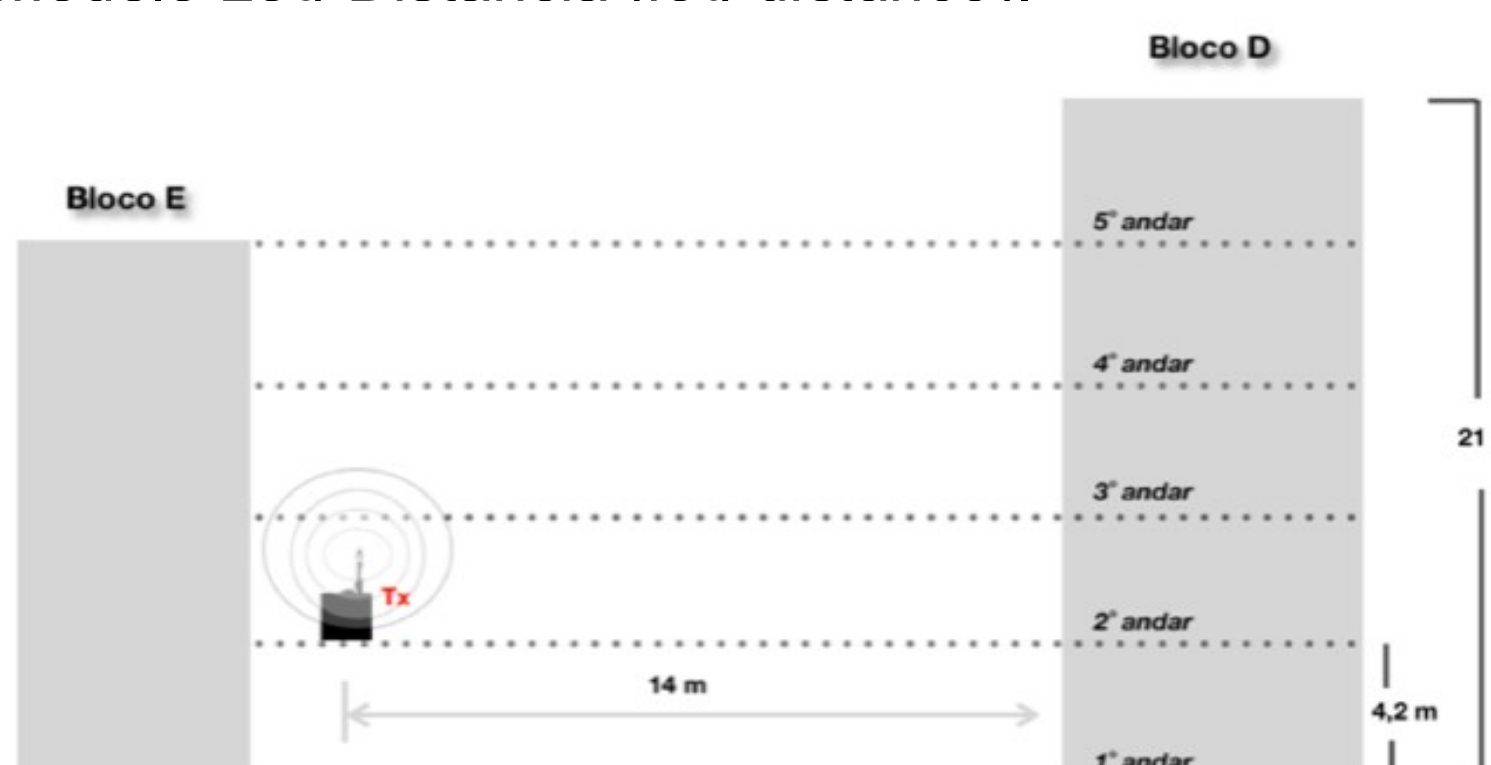


Fig. 2: Posicionamento da antena transmissora.

## IV. RESULTADOS

Calculados os valores de perda em função EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) e a potência recebida nos terminais da antena receptora, resta calcular a perda predita pelos modelos de espaço livre e log-distância para as distâncias do transmissor aos pontos de sondagem. No primeiro deles, o modelo de Friis considera uma fonte transmissora pontual e o meio livre de obstruções [7]. O segundo modelo é desenvolvido para mensurar a perda média em grande escala, o cálculo da atenuação do sinal é estabelecido em função da distância Tx-Rx e do coeficiente de decaimento do sinal "N", calculado a partir dos dados medidos através de regressão [7]. O parâmetro "N" é o expoente de perda pelo percurso e também indica a velocidade de crescimento da atenuação do sinal.

Após a análise dos resultados, verifica-se que a curva de tendência do modelo log-distância (ver Figs. 2 3 4) foi a que mais se aproximou dos dados. As maiores perdas de potência foram registradas no 4º andar (ver Fig. 4), fato justificado, primeiramente, pela existência de mais obstruções (andares, pisos, paredes e janelas) e, também, pela maior distância entre transmissor e receptor. Observa-se, porém, que a perda de potência nos percursos dos andares, em ordem crescente, foi registrada no 2º e 4º andares. Isto condiz com os fatores de decaimento *N* calculados e mostrados na Tabela I. As curvas de perda de potência no percurso apresentaram comportamentos concordantes com a teoria.

SF x Andar	1	2	3	4	5
7					
9	2,485	2,435	2,485	2,54	2,725
10					
12					

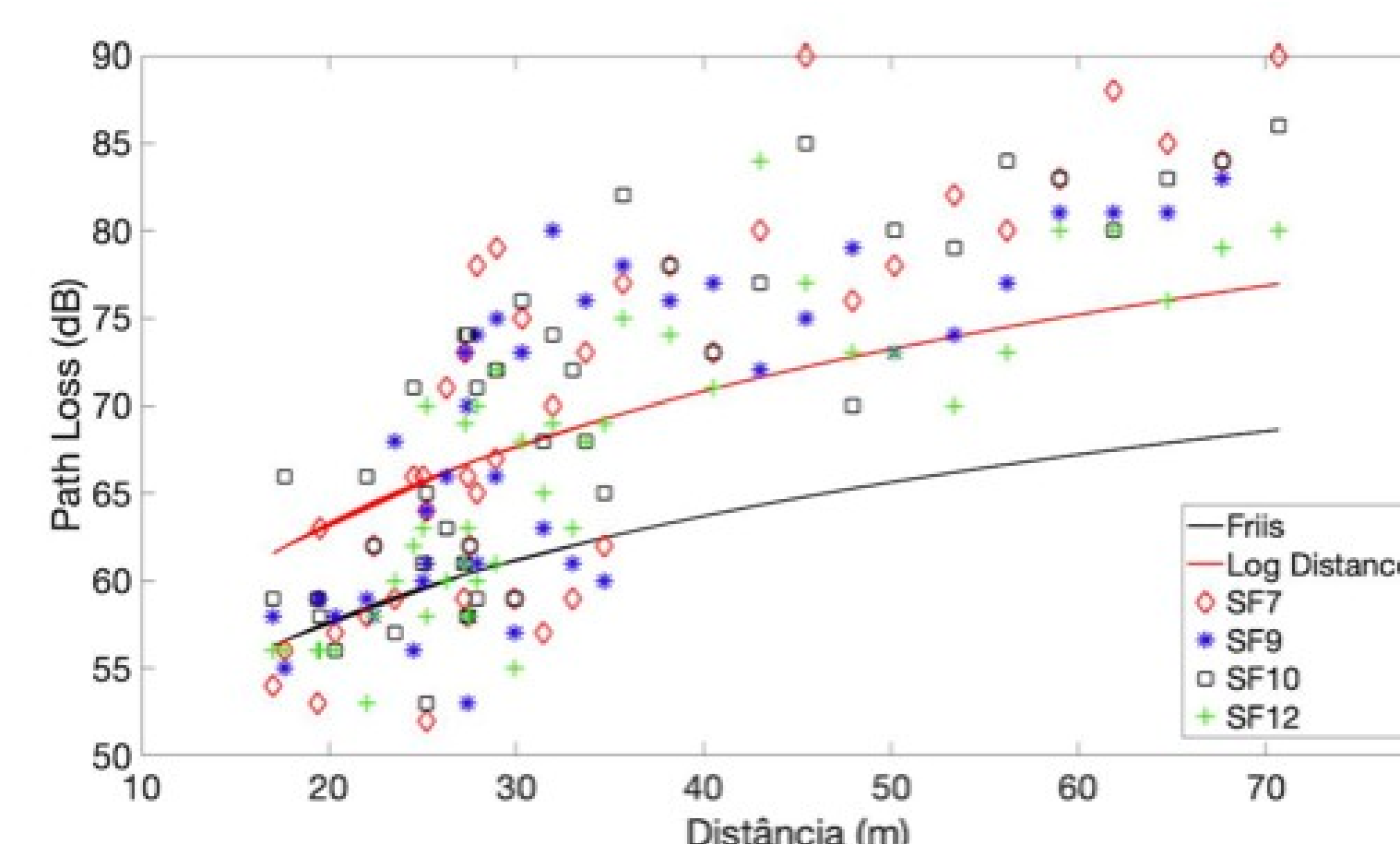


Fig. 3: Perda de potência no 2º andar.

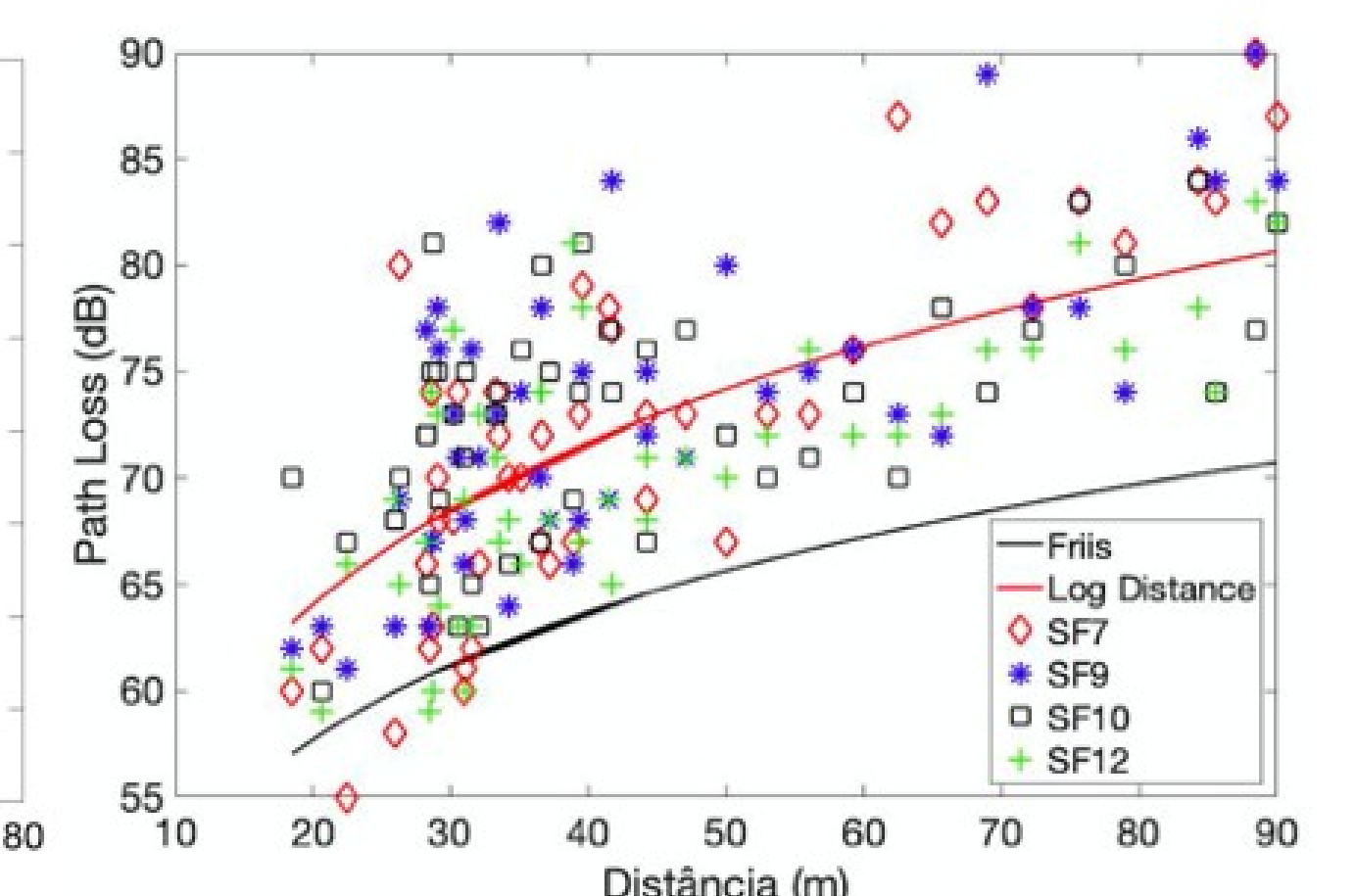


Fig. 4: Perda de potência no 4º andar.

## V. CONCLUSÃO

Para análise da cobertura do sinal recebido em um sistema LoRa, em ambiente *indoor*, foram realizadas medições estacionárias na faixa de frequência de 915 MHz. O objetivo específico era a caracterização da perda de potência durante o percurso, empregando variações nas configurações da camada física.

Quanto à cobertura do sinal, embora os espaços físicos do ambiente de medições tenham sido explorados ao máximo, os mais baixos valores medidos foram na faixa entre (-70,-78) dBm, não se atingindo a máxima sensibilidade de recepção do equipamento, que é da ordem de -136 dBm [8][9].

Quanto ao fator de espalhamento, observou-se, na média, que para mesma largura de banda, as configurações crescendo de SF-7 a SF-12 foram se mostrando com níveis cada vez maiores de perda, chegando até a ordem de 13 dB de diferença entre as configurações extremas (SF-7 e SF-12).

Em trabalhos futuros, pretende-se realizar a construção de um sistema com mais dispositivos LoRa para envio de um maior volume de dados em edificações com mais de 5 andares.

## REFERÊNCIAS

- [1] P. M. P. Matos, "Paramonitoring – Monitorização de dados biométricos e de localização de paraquedistas em operação militar", Dissertação (Mestrado) - Instituto Politécnico de Tomar, Tomar, Portugal, 2018.
- [2] S. Silfverskiöld, H. Liwång, G. Hult, A. Sivertun, P. Bull, J. Sigholm, M. Lundmark, C. von Gerber, K. Andersson, and P. Sturesson, "Technology forecast 2017- military utility of future technologies: A report from seminars at the swedish defence university's (sedu) military-technology division", 2017.
- [3] B. Reynders, S. Pollin, "Chirp spread spectrum as a modulation technique for long range communication", Symposium on Communications and Vehicular Technologies (SCVT), 2016.
- [4] SEMTECH. AN120.22 LoRa Modulation Basics. Available online: <https://www.semtech.com/uploads/documents/>, 2015.
- [5] LoRa® Alliance. Disponível em <[https://www.LoRa®-alliance.org/What\\_Is\\_LoRa®/LoRaWAN®-White-Papers](https://www.LoRa®-alliance.org/What_Is_LoRa®/LoRaWAN®-White-Papers)>.
- [6] M. P. Cunha, "Análise e Caracterização da Cobertura LoRa para Ambiente Indoor na Frequência de 915 MHz", Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações), Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.
- [7] T. S. Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice", New Jersey: Prentice Hall PTR, 2002.
- [8] SEMTECH. AN120.22 LoRa Modulation Basics. Available online: <https://www.semtech.com/uploads/documents/>, 2015.
- [9] LORA® ALLIANCE, "A technical overview of LoRa® and LoRaWAN™", 2015.