**Universidade Federal do Amazonas – UFAM**

**Instituto de Computação**

**[ICC – 304] Tópicos Especiais em Redes de Computadores**

**Prof.: Edjair Mota**

**Relatório - Aula Prática 3**

**Alunos:**

**Arlinton José, Joao Alberto, Yuri Assayag , Marcos Rebelo, Mateus Medeiros, Rodrigo Leão**

**1. Introdução**

O trabalho prático 2 consiste na elaboração de uma comunicação entre dispositivos (sensores) utilizando o LoRa. A comunicação se dá através de um dispositivo sensor utilizando arduíno e um dispositivo gateway utilizando um raspberry pi. O nó de envio (sender) é fixado na extremidade do corredor da Faculdade de Tecnologia (FT) enviando 100 pacotes para cada valor de Spreading Factor (SF). O nó de recebimento (Gateway) é inicialmente colocado a 48 metros de distância do sender e realiza a captura dos pacotes (também é preciso ter seu valor de SF configurado), posteriormente variando a distância. A coleta foi feita até o estacionamento do Instituto de Ciências Exatas (ICE) com a distância de 384 metros.

**2. Objetivo**

O objetivo é analisar os efeitos na potência de sinal recebida, a relação sinal-ruído (SNR), o tempo de comunicação, a taxa de perdas de pacotes, tudo isso variando a distância entre os dispositivos com coletas feitas a cada 48 metros.

Todos esses efeitos são analisados após a mudança de valor do fator de espalhamento (SF). O SF define o uso da técnica de espalhamento na comunicação, assim, grandes sequências de bits são codificadas em um único símbolo, visando diminuir a relação sinal ruído (SNR). Então, aumentando o valor de SF, tende-se a aumentar o SNR, a sensibilidade e o alcance. SF é um valor que pode ser configurado na faixa de 7 a 12.

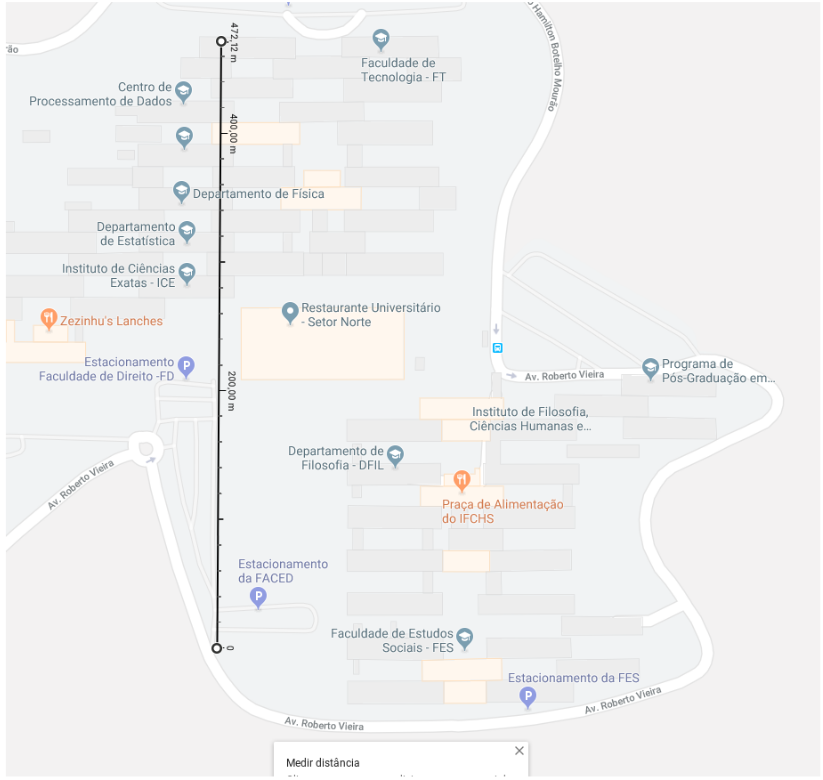


Imagem 1. Local de aplicação do experimento.

**3. Materiais Utilizados**

|  |  |
| --- | --- |
| **Sender** | **Gateway** |
| Placa Raspberry PI 3 Model B Quadcore 1.2ghz 1Gb Wifi Bluetooth | Notebook (ao invés do raspberry pi) |
| Carregador Portatil 10000 mah Bateria Externa 5v | Arduíno UNO |
| Módulo RTC DS323 | Lora Shied RF95 |
| Lora Shied RF95 | - |
| Arduíno UNO | - |
| Sensor PH4502C PH 4502C Liquid PH Value Detection Detect Sensor Module Monitoring Control For Arduino | - |

Tabela 1.Materiais utilizados.

**4. Configurações dos nós.**

Sender: É o responsável por fazer o envio dos pacotes. Realiza uma leitura do sensor acoplado ao arduino e também a leitura do tempo atual através do módulo RTC. A implementação foi feita utilizando a biblioteca RadioHead conforme a especificação do trabalho.

No Setup() as seguintes configurações são necessárias:

* *setTxPower(20):* Seta a potência de transmissão para 20db.
* *setFrequency(915)*: Seta a frequência para 915MHz
* *setSignalBandwidth(500000)*: Fixa a largura de banda em 500kHz.
* *setSpreadingFactor(X)*: Seta o fator de espalhamento. (No nosso caso esta configuração é alterado a cada 100 pacotes enviados, variando de 7 ao 12).
* *setCodingRate(6)*: Taxa de codificação fixa em 4/5.

Após realizadas as configurações acima, para cada pacote enviado o sender obteve o valor do sensor e o tempo, neste caso através do módulo RTC. O dado enviado pelo sender é no formato: **num-xxx-rtcTime**, sendo *num* o número do pacote, *xxx* o valor enviado pelo sensor e *rtcTime* o tempo atual no formato **hora:minuto:segundo:milésimo**.

Gateway: Responsável por realizar a captura do pacote enviado pelo sender. As mesmas configurações feitas no setup() do sender são necessárias no setup() do receiver. Após obter um pacote, o receiver emite através da porta serial do arduino as informações obtidas. Então, é possível obter a mensagem no formato enviado pelo sender + as informações de RSSI (potência de sinal recebida) e SNR (relação sinal-ruído).

Para fazer a mudança automática do valor de SF, foi necessário enviar um pacote de ordenamento, ou seja, um pacote diferente do que esperávamos receber. Através disso, quando o gateway recebe esse pacote (enviado 20 vezes para não correr o risco de ser perdido), então realiza a mudança do valor de SF e esperava um delay (tempo que o sender precisava para emitir os 20 pacotes de mudança e também mudar o seu valor de SF).

**5. Métricas analisadas.**

Para cada valor de SF, analisamos:

* Perda de pacote: 100 - quantidade de pacotes recebidos.
* Tempo de recepção: diferença entre o tempo do último pacote recebido pelo primeiro pacote recebido.
* Potência de Sinal: Valor de RSSI na unidade receptora (gateway).
* Relação sinal-ruído: valor de SNR em dBm na unidade receptora (gateway).

**6. Análises**

Através da análise dos pacotes gerados no arduino, o tamanho do header possui 32 bits e o payload pode variar até 2008 bits dependendo das configurações.

Com a coleta feita a cada distância e variando os valores de SF entre 7 e 14 cada um com 100 pacotes, obtemos os seguintes resultados:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **48m** | | | | |
| **SF** | **DIF TEMPO** | **MÉDIA RSSI** | **MÉDIA SNR** | **PERDA** |
| **7** | 21.684 | -57.84 | 5.85 | 2 |
| **8** | 22.978 | -60.60 | 6.8 | 2 |
| **9** | 25.792 | -59.09 | 7.0 | 1 |
| **10** | 30.298 | -58.45 | 6.71 | 3 |
| **11** | 38.095 | -58.38 | 6.69 | 1 |
| **12** | 56.025 | -58.49 | 5.91 | 1 |

Tabela 2. Distância 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **96m** | | | | |
| **SF** | **DIF TEMPO** | **MÉDIA RSSI** | **MÉDIA SNR** | **PERDA** |
| **7** | 21.925 | -67.64 | 5.81 | 0 |
| **8** | 23.200 | -71.27 | 6.99 | 0 |
| **9** | 26.015 | -68.25 | 7.38 | 0 |
| **10** | 30.591 | -68.79 | 6.42 | 3 |
| **11** | 38.414 | -70.52 | 6.55 | 0 |
| **12** | 56.507 | -69.68 | 5.58 | 0 |

Tabela 3. Distância 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **144m** | | | | |
| **SF** | **DIF TEMPO** | **MÉDIA RSSI** | **MÉDIA SNR** | **PERDA** |
| **7** | 21.906 | -79.74 | 5.54 | 0 |
| **8** | 23.198 | -84.93 | 6.73 | 1 |
| **9** | 26.015 | -84.31 | 7.13 | 0 |
| **10** | 30.593 | -83.93 | 6.53 | 2 |
| **11** | 38.415 | -81.97 | 6.14 | 0 |
| **12** | 56.515 | -81.54 | 5.44 | 0 |

Tabela 4. Distância 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **192m** | | | | |
| **SF** | **DIF TEMPO** | **MÉDIA RSSI** | **MÉDIA SNR** | **PERDA** |
| **7** | 21,708 | -87,96 | 5,19 | 0 |
| **8** | 22,998 | -84,01 | 6,87 | 0 |
| **9** | 25,783 | -82,39 | 6,9 | 0 |
| **10** | 30,328 | -83,78 | 6,69 | 0 |
| **11** | 38,081 | -84,53 | 6,05 | 0 |
| **12** | 56,015 | -82,89 | 5,18 | 0 |

Tabela 5. Distância 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **240m** | | | | |
| **SF** | **DIF TEMPO** | **MÉDIA RSSI** | **MÉDIA SNR** | **PERDA** |
| **7** | 21,465 | -94,81 | 4,3 | 0 |
| **8** | 23,572 | -98,44 | 4,51 | 0 |
| **9** | 26,187 | -95,94 | 5,6 | 0 |
| **10** | 31,109 | -94,66 | 5,38 | 0 |
| **11** | 39,267 | -100,33 | 3,7 | 0 |
| **12** | 56,572 | -97,15 | 3,46 | 0 |

Tabela 6. Distância 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **288m** | | | | |
| **SF** | **DIF TEMPO** | **MÉDIA RSSI** | **MÉDIA SNR** | **PERDA** |
| **7** | 21,938 | -111,43 | -2,933 | 11 |
| **8** | 23,198 | -112,99 | -3,600 | 0 |
| **9** | 26,016 | -112,69 | -3,231 | 9 |
| **10** | 30,592 | -115,33 | -5,158 | 0 |
| **11** | 38,414 | -109,87 | -1,881 | 0 |
| **12** | 56,508 | -110,81 | -2,420 | 0 |

Tabela 7. Distância 6

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **336m** | | | | |
| **SF** | **DIF TEMPO** | **MÉDIA RSSI** | **MÉDIA SNR** | **PERDA** |
| **7** | 21,905 | -112,67 | -3,22 | 2 |
| **8** | 23,199 | -114,42 | -4,22 | 1 |
| **9** | 26,016 | -123,14 | -11,73 | 34 |
| **10** | 30,594 | -120,92 | -9,60 | 23 |
| **11** | 38,015 | -117,74 | -6,78 | 6 |
| **12** | 55,946 | -120,22 | -8,52 | 1 |

Tabela 8. Distância 7

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **384m** | | | | |
| **SF** | **DIF TEMPO** | **MÉDIA RSSI** | **MÉDIA SNR** | **PERDA** |
| **7** | 21,915 | -115,92 | -5,67 | 40 |
| **8** | 23,196 | -118,80 | -8,00 | 14 |
| **9** | 26,015 | -121,94 | -10,80 | 17 |
| **10** | 30,621 | -118,36 | -7,45 | 0 |
| **11** | 38,448 | -118,06 | -6,64 | 0 |
| **12** | 56,51 | -119,40 | -7,94 | 0 |

Tabela 9. Distância 8

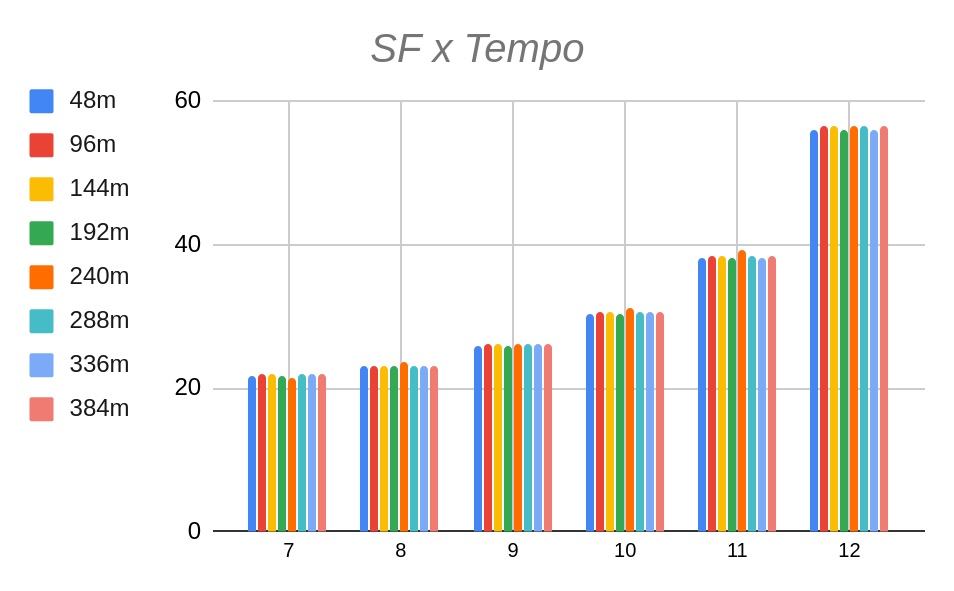
****

Gráfico 1. Valores de SF pelas diferença de tempo entre pacotes.

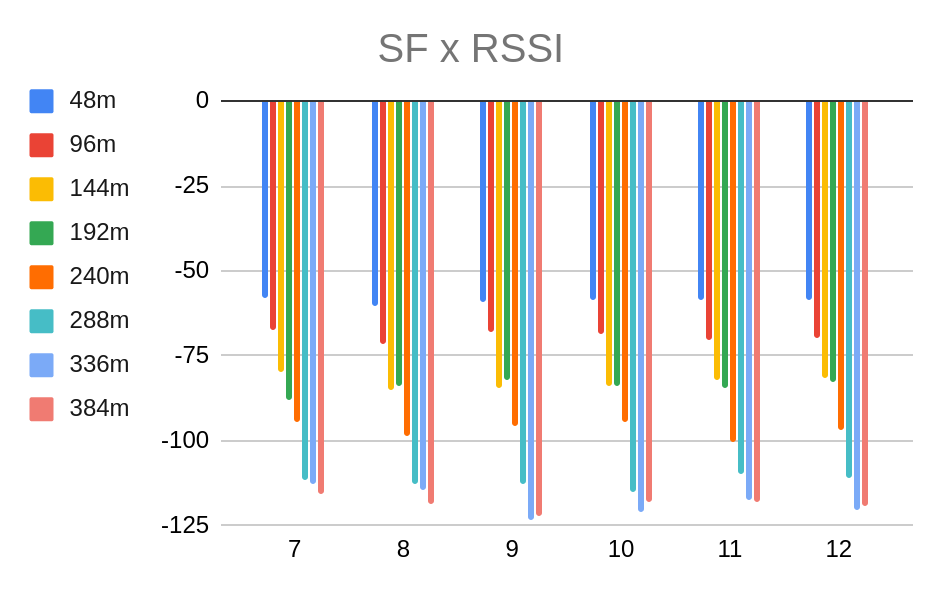
****

Gráfico 2. Valores de SF pela média de valores de RSSI.

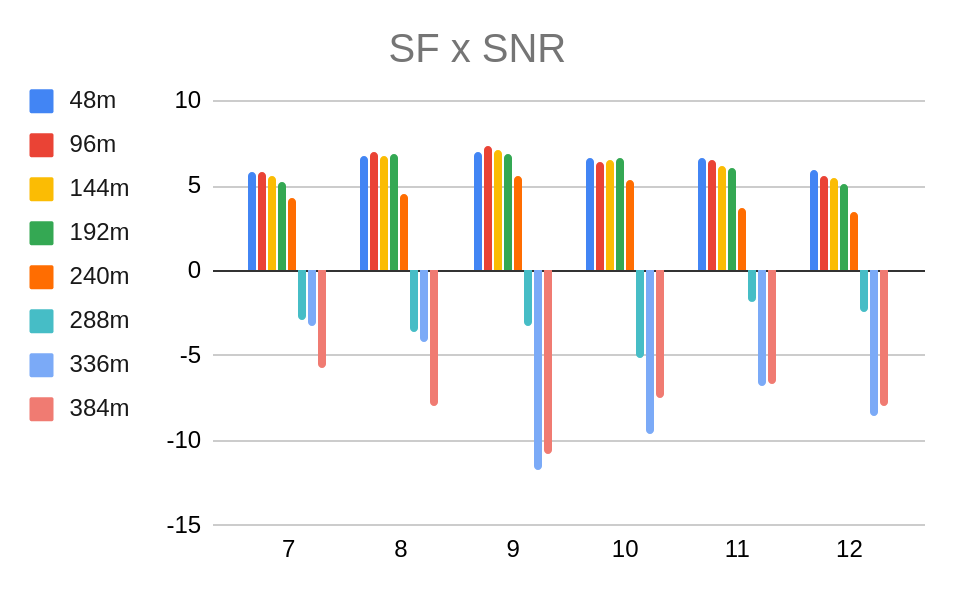
****

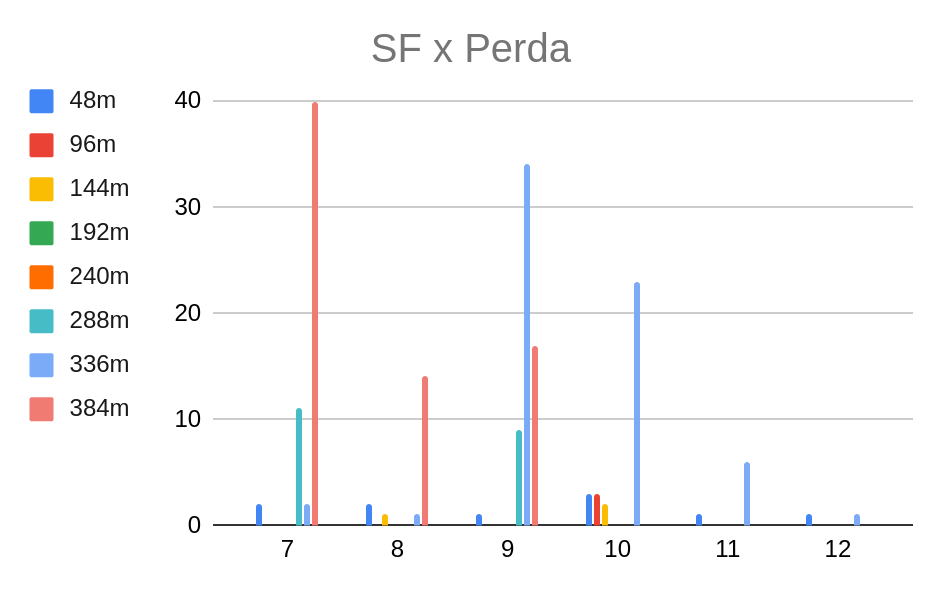
Gráfico 3. Valores de SF pela média dos valores de SNR.

Gráfico 4. Valores de SF pela quantidade de perda de pacotes.

Através dos dados podemos perceber que o melhor valor de SF para curtas distâncias é o 9, pois é o que possui menor perda de pacotes (1 pacote perdido em 48m e nenhum pacote perdido nas distâncias de 96m, 144m e 192m). Como coletamos em distâncias diferentes, então dividimos e as quatro primeiras distâncias são curtas e as 4 últimas são longas. Além dos menores valor de perda de pacotes, o SF 9 é o que possui menor tempo de resposta entre os pacotes e possui os valores de RSSI mais altos.

Já para distâncias mais longas o SF 8 é o melhor valor, pois é o que possui uma quantidade razoável de perdas (14 perdas para a maior distância), embora não seja o SF que possui menor perda já que o SF 11 e 12 possuem menores. Porém, levando em consideração o tempo entre os pacotes (23ms contra 56ms do SF 12 e 38ms do SF 11 por exemplo) e o valor de SNR (-5, contra -6 e -7 do SF 11 e 12 respectivamente), então analisando todos os parâmetros, o SF 8 é que obtém vantagem.

Em relação a influência do SF no tempo de recepção, podemos observar através do gráfico 1 que aumentando o valor de SF aumenta-se também o tempo de recepção dos pacotes. Isso se dá devido a importância do SF na comunicação, já que aumentando o SF aumenta-se também o tempo de recepção pois o tamanho do pacote é afetado e isso possibilita uma menor perda já que os pacotes ficam mais resistentes a ruídos e serão lidos de maneira mais confiável, ao custo de menor taxa de dados e mais congestionamento.

**6.0 Conclusão**

Conforme o experimento realizado podemos observar o comportamento do LoRa de acordo com a distância entre os dispositivos usados. Com isso, podemos analisar a influência de determinados parâmetros na comunicação, em especial o fator de espalhamento (SF), que impacta tanto no valor de RSSI da transmissão, quanto o tamanho do pacote, a quantidade de perdas e a relação sinal-ruído.

Esses fatos são importantes quando é necessário configurar a comunicação para determinados locais, levando em consideração a confiabilidade ou a velocidade da transmissão.

**7.0 Referências**

[1] (2019). Como usar com arduino módulo real time clock - rtc. ttps://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-real-time-clock-rtc-ds3231/. Accessed: 2019-11-19.

[2] (2019). Iotlabs: Exploring lora technology. http://tet.pub.ro/pages/altele/Docs/Shield% 20Dragino%20Lora/Lora%20Shield%20-%20Wiki%20for%20Dragino%20Project.pdf. Accessed: 2019-11-19

[3] (2019a). Lora com raspberry e arduı́no. lora-com-raspberry-e-arduino/. Accessed: 2019-11-19. https://www.dobitaobyte.com.br/

[4] (2019b). Lora shield and rpi to build a lorawan gateway. https://www.instructables.com/id/

Use-Lora-Shield-and-RPi-to-Build-a-LoRaWAN-Gateway/. Accessed: 2019-11-19.

[5] (2019c). Lora tester for raspberry - a useful repository. https://github.com/lupyuen/LoRaArduino. Accessed: 2019-11-19.

[6] (2019d). Manual do lora shield. http://wiki.dragino.com/index.php?title=Lora\_Shield. Accessed: 2019-11-19.

[7] (2019). pyradiohead github page. https://github.com/exmorse/pyRadioHeadRF95. Accessed: 2019- 11-19.

[8] (2019). Radiohead main page. https://www.airspayce.com/mikem/arduino/RadioHead/index.html. Accessed: 2019-11-19.

[10] Embarcados (2019). Lora shield dra gino+ raspberry. https://www.embarcados.com.br/

lora-arduino-raspberry-pi-shield-dragino/. Accessed: 2019-11-19.

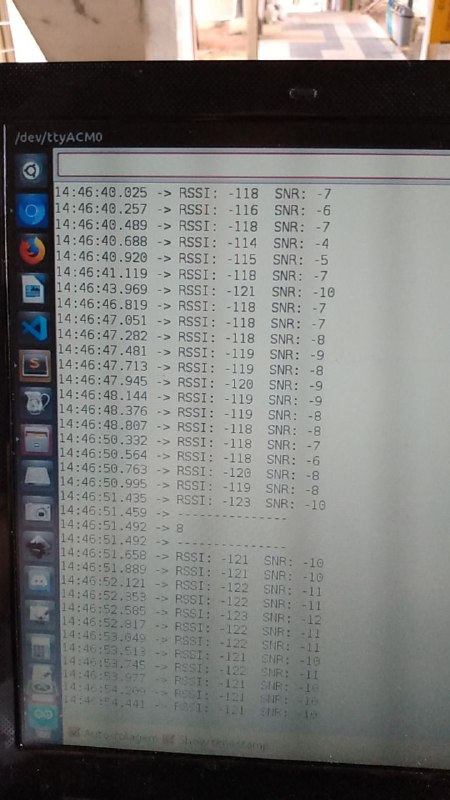
**8.0 Anexos**

****

**Imagem 1 - Coleta no estacionamento - Sender com Sensor**

****

**Imagem 2 - Coleta em pontos intermediários**

****

**Imagem 3 - Coleta no Receptor - Lora**