



## Analysis of RF 433 MHz communication in home monitoring prototype

David Alan de Oliveira Ferreira<sup>1</sup>, Laura Michaella Batista Ribeiro<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial (IFAM-CMDI). Av. Governador Danilo de Matos Areosa, 1672. Distrito Industrial. Manaus – Amazonas – Brasil. CEP: 69075-351.

Email: [ferreirad08@gmail.com](mailto:ferreirad08@gmail.com), [laura.michaella@gmail.com](mailto:laura.michaella@gmail.com)

### ABSTRACT

**Received:** January 19<sup>th</sup>, 2018.

**Accepted:** February 11<sup>th</sup>, 2018.

**Published:** March 30<sup>th</sup>, 2018.

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The technological revolution called "Internet of Things" or simply IoT, it aims to connect the items used daily Internet and other devices such as computers and smartphones. It coupled with the advent of APPS (Application to Embedded Devices) arose with the ability to make devices that were merely passive, since it only received commands in active devices capable of controlling devices and report on their conditions operation. Thus, many of the basic components used to provide communications are increasingly becoming commonplace. Therefore, this work aimed to analyze and study this kind of communication signal via radio frequency from a prototype device to detect leakage and temperature of the gas cylinder. The communication for analysis will be done by RF transmitter and receiver modules present in alarm systems, remote control, data acquisition and robotics in general. The contribution of this project is to evaluate the use of this type of communication to provide connections for possible household devices that will absorb the concept of IoT.

**Keywords:** APPS, embedded systems, internet of things, RF module.

## Análise de comunicação RF 433 MHz em protótipo de monitoramento doméstico

### RESUMO

A revolução tecnológica chamada "Internet das Coisas" ou simplesmente IoT, tem como objetivo conectar itens utilizados no dia a dia à uma rede de comunicação, que permita a troca de informações entre dispositivos, tais como, computadores e smartphones. Aliado ao advento dos APPS (aplicativos para dispositivos embarcados) surgiu com a capacidade de tornar dispositivos antes meramente passivos, uma vez que somente recebiam comandos, em dispositivos ativos capazes de controlar e informar sobre as suas condições de funcionamento. Assim, muitos componentes básicos que promovem este tipo de comunicação estão cada vez mais se tornando comuns. Por isso, este trabalho surgiu com o objetivo de realizar uma análise e estudo de sinal para prover esta comunicação via rádio frequência, a partir de um protótipo capaz de detectar vazamento e temperatura da botija de gás. Esta comunicação será feita por módulos de RF 433 MHz, comumente presente em sistemas de alarmes, controle remoto, aquisição de dados e robótica em geral. A contribuição deste projeto, ocorre em avaliar o uso dessa comunicação por meio de métricas como velocidade de transmissão e perdas de sinal, ocasionadas por ruídos provindos de outros rádios que concorrem por esta mesma frequência, analisando a viabilidade de seu uso em dispositivos domésticos que poderão absorver o conceito de IoT.

**Palavras Chaves:** APPS, sistemas embarcados, internet das coisas, módulo RF.

### I. INTRODUÇÃO

A transmissão pelo espaço aberto tornou-se possível com a invenção do rádio, o que reforçando o desenvolvimento das comunicações sem fio (wireless communications). A partir do uso

da irradiação de ondas eletromagnéticas moduladas no transmissor foi verificada a possibilidade de envio de dados por este meio, ao enviarmos pela antena (TX) e o capturarmos por uma ou mais antenas (RX) em receptores de locais distintos.

Nos anos que antecederam a II Guerra Mundial (1939-1945) houve a necessidade de realizar comunicação a longas distâncias em locais onde não era possível a instalação de cabeamento [1], o que iniciou o desenvolvimento e a produção de equipamentos sem fio, sendo continuamente estudada e estabelecida em diversas aplicações.

Dentre as aplicações de rede sem fio, se pode destacar o sensoriamento remoto sobre um objeto de interesse, como por exemplo, em uma esteira transportadora que possui acionamento e controle sem fio e em equipamentos de segurança e medição do consumo de energia em dispositivos comerciais, como por exemplo, em máquinas industriais e na agricultura [2].

No entanto, para o uso de redes sem fio com qualidade em suas transmissões é necessária uma avaliação do meio no qual esta será inserida, a partir de métricas como: medições de potência, alcance, tamanho dos dados e perda de dados, dentre outras.

Com o intuito de ampliar estudos comportamentais de comunicações sem fio, este trabalho tem como objetivo o estudo comportamental de um sinal de rádio frequência, propagado por meio de Módulos RF, a partir de uma frequência de 433 MHz. O trabalho será destinado à análise de sinais provindos de um modelo de dispositivo que executa o monitoramento de botija em cozinhas residenciais e envia a informação ao receptor alocado a distância.

Por se tratar de um equipamento sem fio e, logo, está sujeito a ruídos e interferências de sinais provenientes de outros equipamentos, é necessária à realização de uma análise de sua operação, para avaliar os módulos a partir das medidas capturadas pelos sensores e o equipamento que informa a situação ocorrida, consequentemente avaliando a integridade da informação.

O equipamento desenvolvido para monitoramento está conectado à sua base, através de um transmissor e um receptor de rádio frequência, onde com o auxílio de equipamentos de medição poderá ser feita uma análise da conexão do sistema.

A finalidade desta pesquisa é contribuir para a avaliação do uso de comunicação RF provendo conexões em possíveis dispositivos domésticos que absorverão o conceito de IoT, apontando suas limitações e os modos de uso para um melhor desempenho da comunicação.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### II.1. COMUNICAÇÃO SEM FIO

A integração de módulos de comunicação sem fio (wireless) em sistemas de controle e automação de processos industriais e monitoramento de ambientes, resulta em uma alternativa de menor custo de manutenção, maior flexibilidade e menor dificuldade na instalação e configuração, em comparação ao que utiliza cabeamento entre os dispositivos o que limita a implantação em locais de difícil acesso. A comunicação sem fio deve ser bem adequada às exigências do ambiente para que atenda as aplicações, os sistemas podem ser classificados tanto para enviar sinais a apenas um equipamento no modo ponto a ponto, quanto para cobrir uma área com muitos outros equipamentos no modo ponto-multiponto.

O sinal é modulado com a finalidade de deixá-lo próprio para ser transmitido na frequência usada no equipamento de transmissão, exemplo do padrão IEEE 802.11b que estabelece 2,4

GHz para a frequência de portadora e taxa máxima de transmissão de 11 Mbps.

O espectro de frequências está dividido em intervalos de faixas para usos específicos, um padrão das redes sem fio regulamentado por convenção internacional. Exemplo das faixas destinadas à radiodifusão onde a AM ocupa o espectro de 600 kHz até 1600 kHz e FM de 88 MHz até 108 MHz. Existem também algumas bandas de frequências particulares, que fazem parte das faixas ISM (Industrial, Scientific and Medical) ocupando entre 902 MHz e 928 MHz, 2400 MHz até 2483 MHz e 5725 MHz até 6850 MHz, reservadas para a comunicação livre sem fio, sem custos, porém sem canais definidos [3].

Um microcontrolador (também denominado MCU) é um computador em um chip, que contém um microprocessador (Unidade Lógica e Aritmética – ULA), memória, conversores A/D, temporizadores, dispositivos de comunicação serial, dentre outros. Os microcontroladores possuem as mesmas partes que um computador precisa ter, tais partes são integradas em menor escala.

O advento dos microcontroladores aconteceu com a evolução dos circuitos digitais e o aumento de sua complexidade, onde para a realização de uma determinada tarefa combinava-se vários componentes, tornando o projeto mais complexo em termos de dimensão. Em contrapartida a montagem de um circuito, com memórias e processadores em componentes distintos torna-se mais custoso e com um maior número de interligações a serem realizadas, desta forma é mais simples e mais barato, substituir a lógica das portas digitais por um componente integrado [4]. Hoje com pequenas dimensões, ele pode ser embarcado no interior de outros dispositivos.

Dentre as plataformas com microcontroladores da atualidade, destaca-se o Arduino, ele pode ser usado para desenvolver soluções eletrônicas stand-alone ou conectados ao computador. A placa Arduino não possui recursos de rede, mas pode ser combinada com outros Arduinos criando extensões chamadas de shields. Os shields são componentes que podem facilmente ser integrados ao Arduino, dando mais funcionalidades a ele, exemplos de shields: ESP8266 para prover conexão WIFI, Módulos de RF que será abordado nos tópicos seguintes deste trabalho, Módulo Ethernet que utiliza cabo LAN e outros.

## III. MATERIAIS E MÉTODOS

O protótipo de monitoramento estudado neste projeto apresenta a composição mostrada na Figura 1. Neste são utilizados um sensor de temperatura LM35, um sensor de gás MQ-6T para aquisição de sinais, um Arduino Pro-mini para realização da leitura dos dados provindos dos sensores e um Módulo RF Transmissor para envio do sinal.

Para compor a recepção do sinal propagado pelo Módulo RF Transmissor é utilizado um Arduino Uno [5] estando conectado ao Módulo RF Receptor e a um display LCD, que mostrará uma mensagem de acordo com os sinais recebidos via RF. Ambas as placas estarão alimentadas por fonte externa.

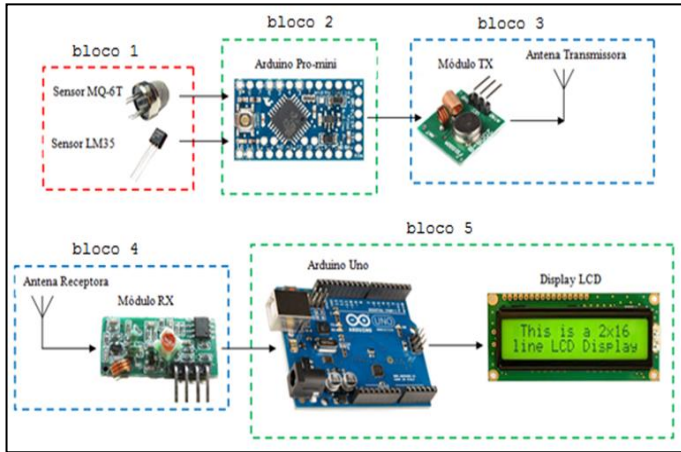


Figura 1: Esquema ilustrativo do protótipo de monitoramento. Fonte: [5][6].

O protótipo é dividido em três partes: na Figura 1 tem-se no bloco 1 o módulo de aquisição de sinais, nos blocos 2 e 5 o módulo de controle e nos blocos 3 e 4 o módulo de TX e RX.

### III.1. MÓDULO DE AQUISIÇÃO DE SINAIS

Para realizar a aquisição de sinais foram utilizados dois sensores: sensor LM35 e sensor MQ-6T. O sensor LM35 recebe uma alimentação de 4 a 30 V e na saída fornece uma tensão proporcional à temperatura da superfície em contato, no entanto essa tensão será recebida por uma entrada analógica do Arduino que irá processar os cálculos referentes à conversão para a unidade de temperatura em “°C” (Graus Celsius). O sensor MQ-6T alimentado por 5V mede a concentração de gás butano, os valores variam de 0 a 1023 proporcionais no intervalo de 0 a 5V, e no código é estabelecido o valor de concentração máxima de 50 % para segurança.

### III.2. MÓDULO CONTROLE

No funcionamento, o Arduino que processou os dados dos sensores trata as informações basicamente das seguintes formas: Quando o sensor de temperatura medir acima de 60 °C (pois na botija existe um plugue fusível que derrete quando a temperatura chega a 70 °C liberando uma espuma para evitar explosões) um sinal com valor binário será enviado indicando alta temperatura. O sensor MQ-6T ao captar uma concentração de 50% ou mais, como estabelecido anteriormente, outro valor binário referente a vazamento será enviado pelo Módulo. E enquanto a temperatura e a concentração de gás estiverem abaixo dos limites, para indicar situação normalizada um terceiro valor binário será enviado.

### III.3. MÓDULO DE TRANSMISSÃO (TX) E RECEPÇÃO (RX)

O Módulo RF Transmissor enviará os sinais binários de acordo com as situações medidas, ele pode trabalhar com tensões na faixa de 3,5 a 12 V, o que também faz uma grande diferença no alcance da transmissão e o Módulo RF Receptor, alimentado por 5 V, ao captar os sinais para o segundo Arduino que está conectado a ele, será feita o processamento dos sinais recebidos e de acordo com cada uma das três situações uma frase será escrita no display LCD.

#### III.3.1. MÓDULOS RF 433 MHZ

Os módulos transmissores de Rádio Frequência são componentes simples para prover comunicação entre dispositivos,

presente em sistemas de alarmes, controle remoto, para aquisição de dados e automação em geral. Tais módulos trabalham com modulação AM e operam na frequência de 433 MHz.

O Módulo RF transmissor trabalha com tensões que variam de 3 a 12 V, podendo ter melhor alcance quando trabalhado na máxima tensão, dependendo de sua funcionalidade no sistema e conforme sua aplicação ele consome sem ultrapassar a corrente máxima de 40 mA, possui modulação chaveada do modo ASK sendo do tipo OOK, durante a operação eles podem variar a frequência central em até +150 kHz. O módulo transmissor tem a disposição de três pinos, na sequência: pino de dados, alimentação e terra. O módulo receptor possui quatro pinos: alimentação, dois pinos de dados e fio terra. Na Figura 2 temos os módulos transmissor e receptor, respectivamente.



Figura 2: Módulo RF Transmissor e Receptor de 433 MHz. Fonte: [6].

As antenas utilizadas foram feitas com dois fios de cobre, ambas com 17 cm de comprimento calculado pela Equação 1.

$$Antena_{comprimento} = \frac{\lambda}{4} = \frac{3 \times 10^8}{433 \times 10^6 \times 4} \cong 17cm \quad (1)$$

#### III.3.2. ANÁLISE DO SINAL DE RF

Para análise dos Módulos transmissor e receptor RF 433 MHz, foi utilizado um Analisador de Espectro Tektronix MDO3014 100 MHz configurado para centralizar a frequência nominal, foi realizado de forma contínua a transmissão de um sinal com 32 bits de valores 1 (high) cada, para manter o sinal ativo na tela do analisador e assim facilitar a análise de espectro (por se tratar de um sinal intermitente), pois se tratando de uma comunicação digital ASK/OOK existe um chaveamento da portadora, que é suprimida quando se representa o binário 0 (low).

Com os dispositivos próximos, verificou-se numa faixa de 60 MHz a partir de 400 MHz até 460 MHz, o sinal ativo na frequência de 434 MHz e possuindo uma potência de -33,9 dBm. O sinal pode ser visto na Figura 3.

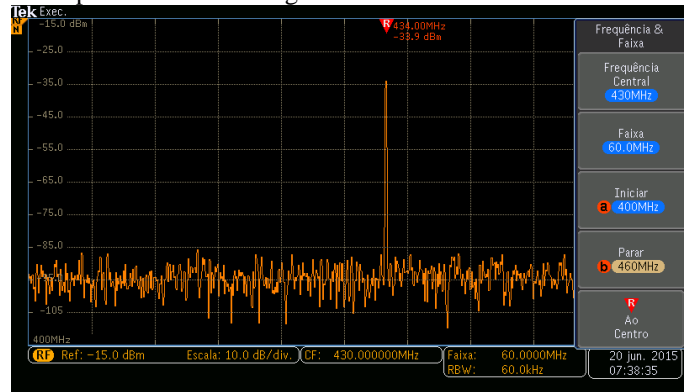


Figura 3: Espectro do sinal ativo com banda de 60 MHz. Fonte: Autores, (2018).

Reduzindo para uma banda de frequência de 50 kHz (Figura 4), necessária para melhor visualização deste sinal no analisador de espectro, tem-se na tela o intervalo de 433,945 MHz a 433,955 MHz, a potência vista foi de -46,8 dBm com o módulo operando em 433,97 MHz, próxima à frequência nominal.

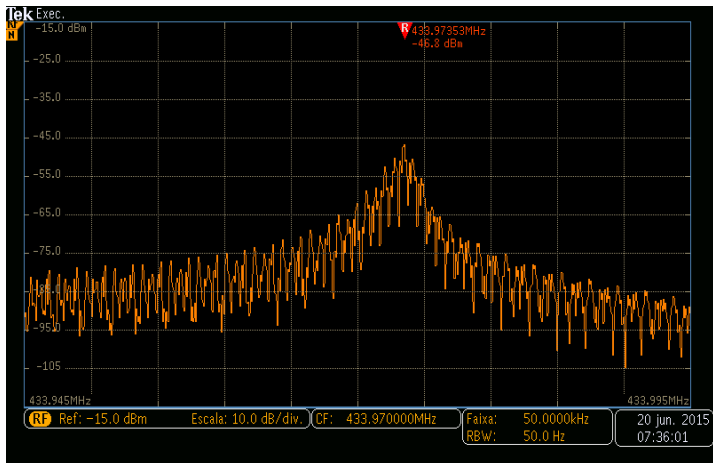


Figura 4: Espectro do sinal ativo com banda de 50 kHz. Fonte: Autores, (2018).

Para análise do sinal da informação, foram utilizados dois Osciloscópios Digitais, Agilent DSO5054A 550 MHz para visualização do sinal modulado, medido por meio de indução com uma bobina de cobre na ponta de prova do equipamento, e um Minipa MO-2050 50 MHz com duas ponteiras, uma na interface de conexão do Arduino Uno ao módulo transmissor e outra ponteira no Arduino Pro-Mini ao de dados do módulo receptor, sendo a informação enviada em azul e recebida na cor amarela.

O maior número binário que pode ser transmitido é o “11111111111111111111111111111111” que possui 32 bits, sendo na forma decimal o número “2147483647” e o menor é “001”, sendo em decimal o número “1” com três bits, a biblioteca utilizada RCSwitch não permite que a informação seja transmitida com tamanho inferior a 3 bits.

O código no Arduino com o transmissor carrega o número “1000111”, que representa o número decimal “135”, para envio durante os testes de funcionamento.

No osciloscópio de 550 MHz tem-se o sinal de comunicação ASK do tipo OOK, o sinal simples está representado de forma analógica no espaço, sendo a amplitude baixa quando representa o bit 0 e amplitude positiva e negativa (bipolar) representando o bit 1, a captura deste sinal foi realizada através de indução na antena do módulo transmissor utilizando um fio de cobre enrolado e conectado na ponta de prova. O sinal pode ser visto na Figura 5.

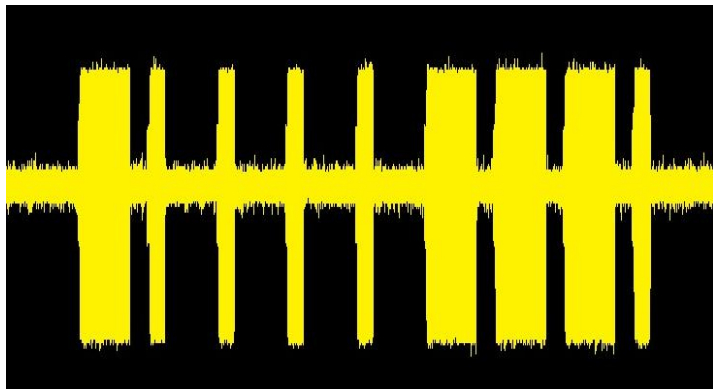


Figura 5: Sinal modulado capturado por indução. Fonte: Autores, (2018).

Na tela do osciloscópio de 50 MHz, mostrada na Figura 6, pode ser verificado em vermelho o sinal de informação aplicado no transmissor, e em azul a informação decodificada pelo receptor.

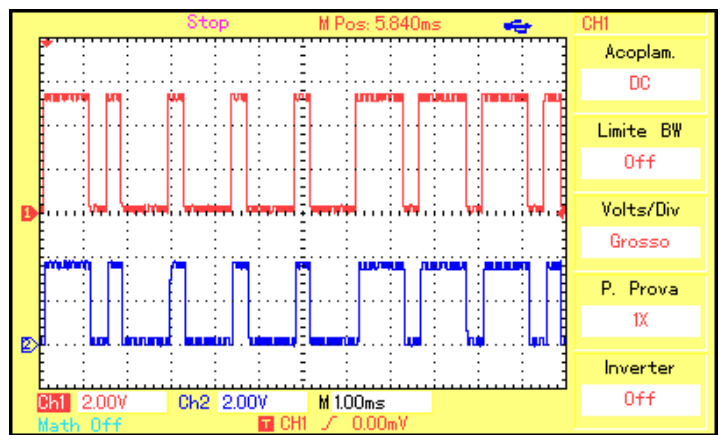


Figura 6: Sinal no transmissor e receptor. Fonte: Autores, (2018).

Verificando um dos bits representando o valor 1, o tempo do bit ( $T_b$ ) é medido em aproximadamente  $7,2 \text{ divisões} \times 200\mu\text{s} \cong 1,44\text{ms}$ . Figura 7.

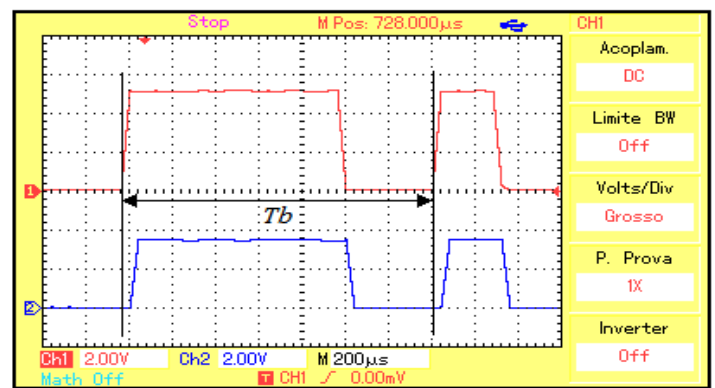


Figura 7: Imagem do primeiro valor alto da sequência. Fonte: Autores, (2018).

Verificando da mesma forma um dos bits representando o valor 0, tem-se o tempo do bit ( $T_b$ ) de aproximadamente de  $7 \text{ divisões} \times 200\mu\text{s} \cong 1,4\text{ms}$ , próximo ao tempo do bit 1. Na Figura 8 é visto a imagem do primeiro valor baixo da sequência.

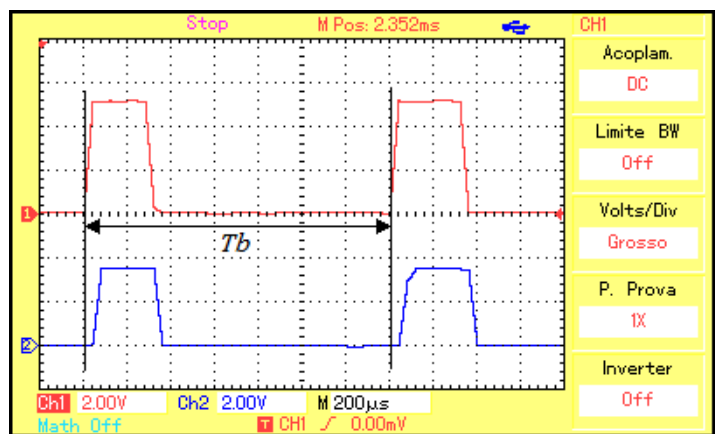


Figura 8: Imagem do primeiro valor baixo da sequência. Fonte: Autores, (2018).

Analisando o surgimento de um bit no transmissor, e verificando o mesmo na informação do sinal demodulado. Pode-se observar um atraso de  $1,6 \text{ divisões} \times 50 \mu\text{s} = 80 \mu\text{s}$  entre a transmissão e a recepção da informação. Na Figura 9 têm-se os pontos marcados nos sinais.

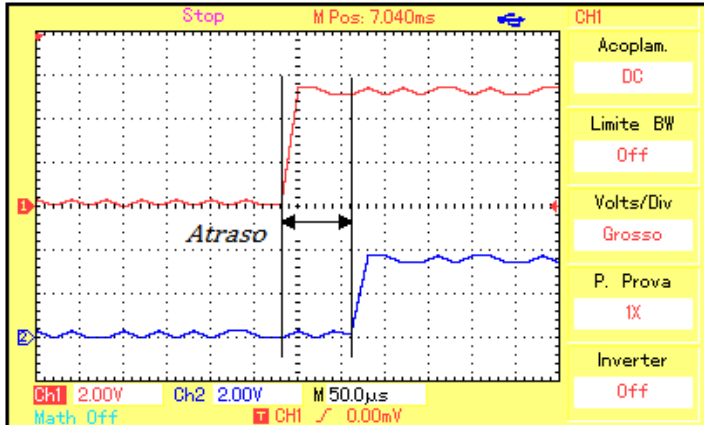


Figura 9: Passagem do 4º Zero para o 2º Um da sequência.  
Fonte: Autores, (2018).

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises sobre a frequência de operação dos módulos, potência de alcance e a taxa de informações que o sistema pode transmitir serão métricas de teste, que indicam a eficiência do dispositivo montado e o quanto sua comunicação é capaz de operar adequadamente ao seu propósito.

##### IV.1. MONTAGEM DO PROTÓTIPO

Na Figura 10 é possível visualizar o dispositivo com o Arduino pro-mini alimentado por uma fonte de 5V, sensores conectados nas portas analógicas, o módulo TX ligado em outra fonte com 12V e conectado à uma antena feita por um fio de cobre.

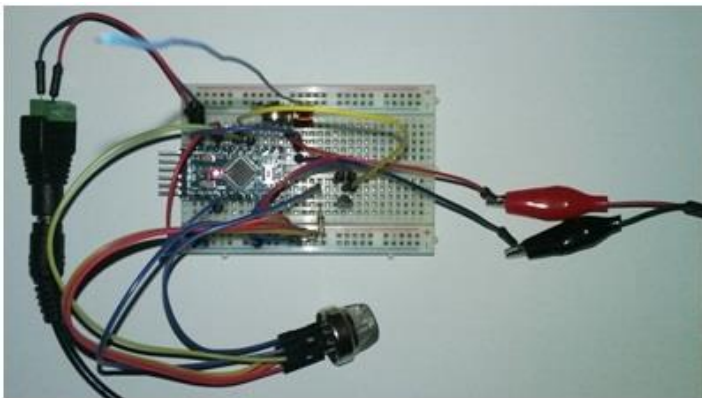


Figura 10: Dispositivo para leitura e envio de dados.  
Fonte: Autores, (2018).

Esta parte do protótipo tem por finalidade realizar a leitura dos sensores de temperatura e concentração de gás no ambiente, fazendo o processamento das medidas de acordo com as condições definidas no programa para seleção da informação, e realizará a transmissão dos sinais ao receptor. Na Figura 11 é visto o dispositivo com o Arduino Uno alimentado por uma fonte de 9 V, conectado ao Display LCD, periférico de saída, para

informar a situação captada e o módulo RX alimentado com 5 V no próprio Arduino.

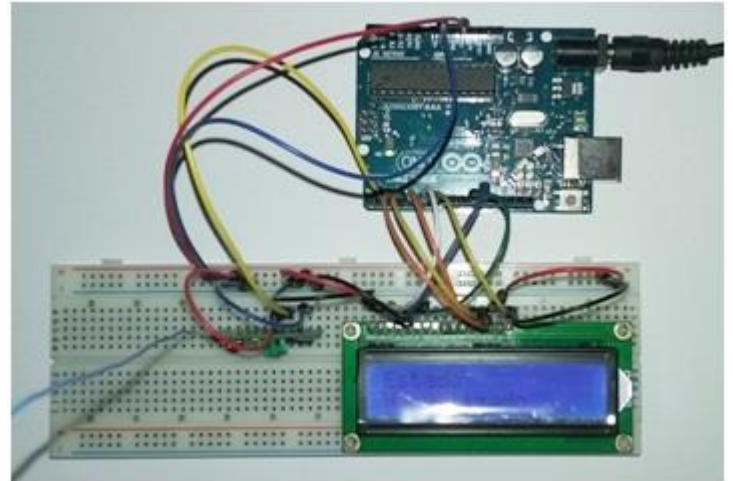


Figura 11: Dispositivo para recebimento e informação.  
Fonte: Autores, (2018).

Esta parte do protótipo irá captar os sinais enviados pelo transmissor, processará os dados para escolha da mensagem que indica a leitura do ambiente e mostrará de forma escrita para leitura do usuário. As respostas das leituras são demonstradas no Display e podem ser vistas na Figura 12, onde são mostradas três situações que podem ocorrer.



Figura 12: Estado normalizado (a), alta temperatura (b) e vazamento de gás (c).  
Fonte: Autores, (2018).

As condições para as informações de “Estado Normalizado”, “Alta Temperatura” e “Vazamento de Gás” observadas na Figura 12, foram descritas na seção III.2.

##### IV.2. FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

Os módulos devem operar na frequência nominal de 433,92 MHz, visto que no espectro o sinal está operando em 433,97 MHz, foi encontrada uma variação de aproximadamente 50,00 kHz, tal problema pode ser irrelevante ao se tratar de um dispositivo simples com custo reduzido e de fácil configuração. A faixa de frequência de operação, assim como outras de 315 MHz e 292 MHz, está cada vez mais utilizada, e as faixas livres

também perdem espaço de banda por conta da necessidade de mais banda larga para uso em telefonia móvel, com isso as informações devem ser codificadas da melhor forma possível para que os dispositivos trabalhem apenas entre si, sem interferir ou sofrer interferências de outros sinais.

### IV.3. POTÊNCIA E ALCANCE

Trabalhando com tensão de 12V no módulo transmissor, o sistema obteve um alcance de aproximadamente 45 metros, não sendo um bom alcance por ter apresentado uma distância inferior ao que se esperava, sendo em torno de 100 m, mas a utilização em ambientes residenciais não interfere na aplicação por cobrir uma

área menor. Na tabela 1 é visto as potências médias das medições e o intervalo de confiança de 90% para cada teste, aferidas nos limites de espaço do laboratório de sistemas de telecomunicações do IFAM-CMDI, a partir de análises da potência do sinal recebida, com variação na quantidade de bits da mensagem e a distância entre 1 e 5 metros do transmissor ao receptor, apenas para efeito de verificação em ambiente fechado.

Durante os testes, em um momento a leitura da potência não era realizada, pois o sinal não chegava ao analisador de espectro, provavelmente devido às interferências de equipamentos próximos, mas com o ajuste da antena foi possível capturar o sinal para a verificação da potência.

Tabela 1: Valores de potência (dBm) entre distâncias e número de bits.

Distância (m)	3 bits			16 bits			32 bits		
	Potência Média	Lim Inf	Lim Sup	Potência Média	Lim Inf	Lim Sup	Potência Média	Lim Inf	Lim Sup
1	-33,40	-33,49	-33,31	-43,03	-43,99	-42,08	-43,77	-44,83	-42,71
2	-37,47	-37,61	-37,32	-45,37	-45,70	-45,03	-45,70	-45,95	-45,45
3	-41,77	-41,91	-41,62	-46,07	-46,26	-45,87	-46,27	-46,38	-46,16
4	-46,29	-46,46	-46,12	-48,43	-48,65	-48,21	-48,53	-48,59	-48,48
5	-48,77	-48,88	-48,66	-48,87	-48,92	-48,81	-49,43	-49,49	-49,38

Fonte: Autores, (2018).

Tanto a distância, quanto a quantidade de bits na informação interferem na potência, visto na tabela 1 que os testes com os envios de 3, 16 e 32 bits na informação estabelecem uma relação comum com as medidas de potência do analisador, sendo a potência inversamente proporcional ao número de bits.

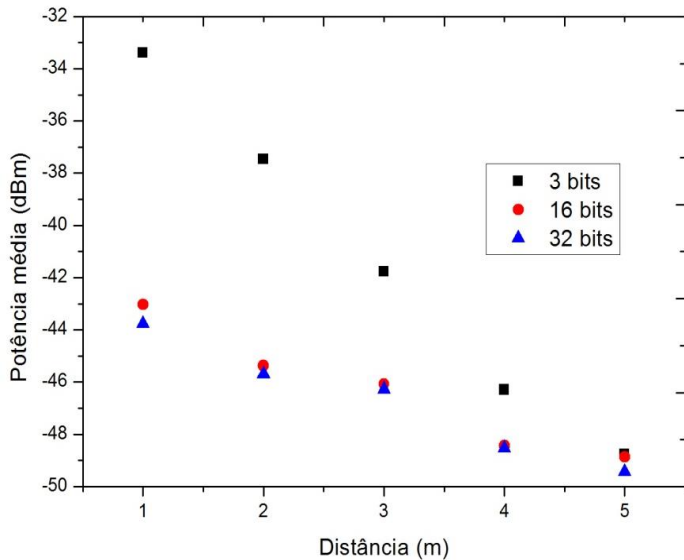


Figura 13: Gráfico da potência com variação da distância e dos dados. Fonte: Autores, (2018).

Os dados da tabela plotados no gráfico da Figura 13, gerado pelo software Origin [7], ilustra para melhor compreensão o comportamento da potência visto que há uma relação inversa com a distância entre os módulos, sendo a potência cada vez menor à medida que são distanciados, salvo em algumas situações em que há interferência dos obstáculos naturais, como o ar.

### IV.4. TAXA DE TRANSMISSÃO

A quantidade de bits por segundo que o padrão é capaz de transmitir é calculada pelo inverso do período do bit e também pela razão do número de bits que contém na informação sobre o período do trem de pulsos.

$$R_b = \frac{1}{T_b} = \frac{N_{bits}}{T_{trem \ de \ pulsos}} \quad (2)$$

$$R_b = \frac{8}{12ms} = 666,7 \cong 0,67kbps$$

Foi mensurada a quantidade de informações recebidas com auxílio da ferramenta Serial Monitor do software Arduino para leitura e coleta das informações em intervalos de tempos determinados e a ferramenta Excel da Microsoft para contagem das amostras, verificando o recebimento da informação por meio do envio de dados com tamanhos diferentes (3, 16 e 32 bits) analisadas em três tempos (5, 10 e 15 segundos). As mensurações resultantes no teste estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2: Números de sinais recebidos variando o tempo e número de bits.

Tempo (s)	3 bits	16 bits	32 bits
5	156	72	43
10	311	145	87
15	465	219	131

Fonte: Autores, (2018).

A quantidade de bits está diretamente proporcional ao tamanho do canal disponível para tráfego, visto que houve um maior consumo de canal (banda) de comunicação para quando há mais bits. Com os dados da tabela 2 plotados no gráfico da Figura 14, é possível ver que informações com menor números de bits

são mais rapidamente tratadas quanto a envios e recepções em comparação a informações de maior tamanho, observado que os números de recebimentos de dados com três bits estão sempre acima das demais nas três amostras de tempo.

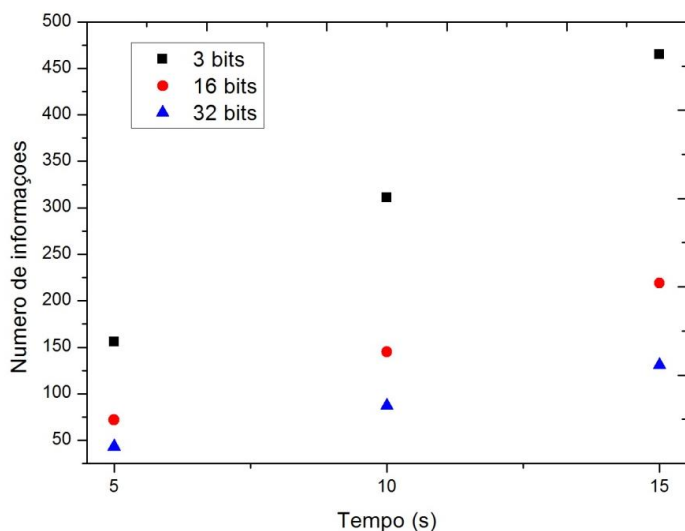


Figura 14: Gráfico do número de informações no tempo.  
Fonte: Autores, (2018).

O envio de sinais com menor número de bits resulta em uma maior taxa de transmissão como pode ser visto no gráfico da figura 14, assim é possível que haja um melhor acompanhamento das leituras do ambiente com mais informações em menos tempo. Em contrapartida, para que se tenha uma melhor codificação é preciso que sejam utilizados mais bits.

## V. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo analisar a partir de módulos RF 433 MHz, os sinais transmitidos e capturados de uma comunicação via rádio frequência, os quais foram aplicados em um protótipo de dispositivo para detectar vazamento e temperatura da botija de gás.

Para realizar esta análise foram necessários estudos do sinal de Rádio Frequência quanto à sua forma de modulação e características como potência, alcance e tamanho dos dados, onde foi encontrado como resultado através de equipamentos de medição, o comportamento adequado da forma de onda, do espectro, da variação de potência e da quantidade de bits para transmissão.

O valor de potência é inverso aos valores da distância e do tamanho da informação, onde a potência é -33,4 dBm para um pacote de 3 bits enviados ao receptor em 1m, enquanto um pacote com 32 bits enviados a uma distância de 5m possui uma potência de -49,38 dBm.

Em segundo momento, para verificar o sinal quanto à perda de dados, com o envio de pacotes com grande quantidade de bits, utilizou-se a IDE do próprio Arduino, onde foi encontrado como resultado a relação entre dados e quantidade de informações em intervalos de tempo, verificado que pacotes de 3 bits chegam com mais frequência relacionados a pacotes com 16 e 32 bits, tendo que os módulos operaram de forma adequada durante testes em ambiente fechado, sem erros de informação.

Os valores medidos com os equipamentos e softwares estão de acordo com a modulação simples ASK/OOK e a comunicação possui baixo ruído. A utilização dos módulos no dispositivo mostrou um grau de funcionamento adequado, uma

vez que todos os sinais transmitidos são recebidos e as métricas abstraídas, através dos equipamentos, estão de acordo com o comportamento teórico.

Estudos que buscam verificações de espectro são cada vez mais consultados, pois a cada dia novas tecnologias sem fio surgem e algumas condições devem ser analisadas, como garantia de uma codificação correta das informações e instalação de equipamentos próximos de outros com os módulos de mesmas características.

Com este trabalho espera-se fomentar a análise de redes que utilizem módulos RF em diversas faixas, uma vez que este tipo de comunicação tem se mostrado eficiente a curtas distâncias, apresentando um baixo custo de aquisição.

Como trabalhos futuros, é sugerido que sejam aplicadas comunicações via Wi-Fi (IEEE 802.11) e testes que contemplem a comparação entre esta comunicação e a utilizada neste trabalho, com o intuito de elencar as principais diferenças entre essas tecnologias de comunicação sem fio largamente utilizadas no mercado.

## VI. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial (IFAM-CMDI).

## VII. REFERÊNCIAS

- [1] RIBEIRO, José Antônio Justino. **Engenharia de micro-ondas: fundamentos e aplicações**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2008.
- [2] MONTEIRO, Tiago; SOUZA, Weiber; Et.al. **Controle sem Fio de uma Esteira Transportadora Através de Computador**. João Pessoa: II CONNEPI 2007.
- [3] LINDAU, Marcos. **Software de análise da qualidade de comunicação de dispositivos sem fio**. Departamento de Engenharia Elétrica - UFRGS, Porto Alegre, 2013.
- [4] PENIDO, E. de C. C.; TRINDADE, R. S. **Microcontroladores**. Rede E-Tec Brasil: Ouro Preto, 2013.
- [5] **Arduino UNO**. Disponível em: <<https://www.Arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>> Acesso em: 22 set. 2015.
- [6] **Módulo RF Transmissor + Receptor 433MHz AM**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-rf-transmissor-receptor-433mhz-am/>> Acesso em: 22 set. 2015.
- [7] **Instalação do Origin 8.1**. Disponível em: <[www.iqm.unicamp.br/informatica/instalacao-do-origin-81](http://www.iqm.unicamp.br/informatica/instalacao-do-origin-81)> Acesso em 14 dez. 2015.