

# Sistema de Monitoramento de Consumo Energético Via LoRa

Victor Santos da Cruz 10/48473  
Universidade de Brasília-UnB  
vycthur@hotmail.com

19 de junho de 2019

## Resumo

Esse trabalho apresenta uma abordagem de monitoramento de consumo energético de maquinário industrial via tecnologia LoRa<sup>®</sup>. O sistema atua de forma a gerenciar o consumo para que o mesmo possa ser mantido em níveis aceitáveis. Sensores são usados para coleta de dados de consumo e módulos LoRa para a comunicação. O serviço de GateWay entre os módulos LoRa e o comando é feito pelo Microcomputador **Raspberry Pi**.

**Palavras-chaves:** LoRa<sup>®</sup>, RF, Raspberry Pi

## 1 Justificativa

Um dos pilares de uma produção industrial é o consumo de energia elétrica. Consumo este que está atrelado ao custo produtivo. A gestão eficiente da energia traz uma redução nos custos proporcionando uma maior competitividade de mercado, assim como uma otimização da produção.

Tendo como meta a redução dos gastos com energia elétrica, a tendência no cenário industrial é utilizar da tecnologia para coletar dados referente ao consumo e definir estratégias para uma melhor gestão energética.

Há situações que o monitoramento em médias ou longas distância, causam inconvenientes na produção industrial. Seja por causar atrasos na produção ou por dispendir mão de obra para checagem periódicas.

Assim, a coleta imediata de dados de consumo de médias ou longas distâncias, permite tomar decisões de otimização e obter a

eficiência energética por meio de indicadores.

## 2 Objetivo

O intuito é pesquisar e desenvolver um sistema de monitoramento em médias ou longas distâncias que utilize da comunicação em RadioFrequencia- RF para coleta de dados de consumo e controle das máquinas. Precisamente, o sistema utilizará da tecnologia LoRa<sup>®</sup> para a comunicação dos módulos de controle.

Desenvolver e confeccionar o software de comunicação e controle dos módulos LoRa, assim como também confeccionar o hardware da central do sistema de monitoramento.

Utilizar o microcomputador **Raspberry Pi** para produzir um Gateway para recebimento dos dados enviados pelos módulos e gerenciamento.

### 3 Requisitos

O sistema proposto funciona de forma que verifica uma situação de consumo de um maquinário industrial e atua sobre esse maquinário visando melhorar a eficiência energética.

Para tanto é necessário verificar o fornecimento de energia elétrica para o maquinário e posteriormente uma situação de operação.

Nessa situação de operação é verificado se há funcionamento atuando diretamente na máquina caso contrário a mesma deve ser desligada ou direcionada para um modo de operação inteligente, caso o consumo esteja acima do tolerado.

A verificação de consumo deve ser feita de forma não invasiva, por meio de sensoriamento. Feito a leitura de consumo pelo sensor, os dados obtidos devem ser transmitidos via Radiofrequência utilizando tecnologia LoRa®.

Estes dados devem ser recebidos por um Gateway e armazenados em um banco de dados para posteriormente serem tratados. Com estes dados armazenados o sistema deve tratar e gerar resultados a cerca do consumo.

Portanto, o sistema atuará conforme:

- \* Verificar fornecimento de energia elétrica pela rede;
- \* Identificar a situação de operação;
- \* Verificar consumo;
- \* Coletar e armazenar dados de consumo;
- \* Tomar decisão a cerca do consumo.

#### 3.1 Medição do Consumo

A medição do consumo energético é obtida por meio de operações matemática seguindo as leis da física. Essa medição deve ser feita de forma não invasiva, portanto,

utilizando-se de sensoriamento. A expressão matemática que calcula o consumo está representada na equação 1.

$$C_{consumo} = \frac{P_{watts} \times t_{horas} \times T_{mês}}{1000} \quad (1)$$

Sendo que:

$$P_{watts} = V_{volts} \times I_{ampers} \quad (2)$$

##### 3.1.1 Sensor de Corrente

Como a Potência é uma grandeza física, definida como a quantidade de energia fornecida ao equipamento num intervalo de tempo.

Para o cálculo da potência, e consequentemente do consumo energético do maquinário, é preciso definir a quantidade de corrente consumida pela máquina elétrica. Portanto, para essa medida será usado o sensor de corrente SCT-013-000.



Figura 1 – Sensor Medidor de Corrente Alternada SCT-013-000

O sensor SCT-013-000 é muito versátil e tem como principal vantagem de ser um instrumento eletrônico não invasivo e não precisar de contato elétrico com o circuito para medir a corrente elétrica alternada. Ou seja, não precisamos abrir o circuito para ligá-lo em série com a carga, basta apenas “abraçar” um dos fios ligados ao equipamento a ser monitorado.

O SCT-013-000 pode medir valores de 0 até 100A de corrente alternada. Em sua

saída tem valores entre 0 a 50mA proporcionais ao valor de corrente percorrido no condutor principal.

Como a leitura da corrente passara por um módulo LoRa será preciso montar um circuito auxiliar para que essa corrente percorra um resistor e assim possa converter os valores de correntes gerado pelo sensor em valores de tensão.

### 3.2 Módulo RF

Para a comunicação em RF será utilizado dois módulos RN2483 do Kit LoRa da Microchip® figura2.

Este módulo apresenta um Arm mbed, com tranceptor lora integrado, apresentando assim interfaces I2c, SPI, serial, pinos digitais e analógicos, garantindo comunicação com a estação base de 15 km.

Parâmetros de funcionamento do módulo:

- \* Frequência de operação de 868/915 MHz;
- \* Tecnologia disponível: ARM e LoRa com modulação CSS e frequência variável, I2c, SPI, UART, PWM, ADC, GPIO;
- \* Alcance do sinal: > 15KM;
- \* Potência de transmissão : 5 a 20 dBm
- \* Processamento : Processador STM32F411RET , ARM Cortex -M4 Core, 96MHz, 128kB RAM, 512kB Flash



Figura 2 – Módulo de Rádio LoRa mDot

### 3.3 Microcomputador

Para serviço de GateWay LoRa e controle será utilizado o Microcomputador **Raspberry Pi** conhecida como Rasp, figura3.

A Rasp é uma série de Microcomputadores de placa única. Nele pode ser conectado um monitor de computador, um teclado e um mouse padrão.

Foi desenvolvido pela *Fundação Raspberry Pi* do *Reino Unido*. Todo o hardware é integrado numa única placa.



Figura 3 – Raspberry Pi modelo B

Com a Rasp se tem uma vasta gama de projetos, tais como : Projetos robóticos, projetos com satélite , servidores web, automação residencial, em projetos de microcontroladores, como um computador embarcado em um carro, entre outras.

Características de funcionamento:

- \* CPU: ARM 11 de 700 MHz e a GPU de 250 MHz, que suportam inclusive overclock;
- \* GPU: Broadcom VideoCore IV 250MHz;
- \* Alimentação : 1V a 5V;
- \* RAM: 512MB.
- \* GPIO: 26;
- \* USB: 2 portas;

- \* HDMI: 1 porta;
- \* Ethernet: 1 porta;
- \* Saída de vídeo: HDMI e RCA;
- \* Saída de áudio: HDMI e JACK 3.5mm;
- \* Entrada de Vídeo: CSI connector;
- \* Saída de Display: DSI connector
- \* Armazenamento: SD;
- \* UART;
- \* Barramento I2C;
- \* Barramento SPI;

## 4 Benefícios

O produto fim do projeto é uma solução de mercado para o gerenciamento de consumo energético para indústrias ou segmentos que necessitam manter níveis de consumo. Contribuindo também para indicadores de consumo.

O controle a média e longa distância é um conveniente do projeto uma vez que proporciona eficiência no gerenciamento. O projeto é indicado para cenários que não podem depender da conexão da internet ou Wi-Fi™.

## 5 Processo de Fabricação

### 5.1 Gateway

O Gateway é uma ferramenta versátil presente em vários ambientes de rede que tem como uma das funções principais fazer a intermediação entre um dispositivo final e a internet.

O Gateway desse projeto é constituído pelo Raspberry Pi 2 modelo B e tem a função de receber os dados que chegam no receptor e disponibiliza-los na rede. Esses dados são armazenados para serem encaminhados para um servidor TTN.

### 5.2 Receptor

O Receptor é formado pelo módulo LoRa RN2483. Ele tem a função de receber do transmissor as leituras feita pelo sensor de corrente. Essas leituras são passadas para o Gateway via UART-Tx.

### 5.3 transmissor

O transmissor é um circuito formado por três componente eletrônicos:

- Modulo RF LoRa RN2483 - Que possui a função de receber do microcontrolador via UART-Rx os dados de leitura em forma digital;
- O microcontrolador - Recebe do sensor as leituras analógicas e passa para o módulo dados digitais referentes as leituras;
- O sensor de corrente - Responsável por fazer as leituras de corrente do circuito analisado.

Posteriormente os dados tratados por esse circuito são transmitidos para o receptor via UART-Tx.

### 5.4 Concentrador

O concentrador é formado pelo Gateway e o modulo Receptor LoRa RN2483.

É nesse circuito que temos a interface do projeto com portas USB, ethernet, HDMI e micro USB.

A micro USB é usada para alimentação de energia da RASPI que por sua vez alimenta todo o circuito elétrico. A ethernet para logar na rede local.

## 6 Bibliografia

- <https://www.raspberrypi.org/>
- <http://blog.everpi.net/2013/12/transmitindo-rf-com-o-raspberry-pi.html>

- <http://www.ppgee.eng.ufba.br/teses/a2a2f6b0a19ad446fcc8bf76a77b4972.pdf>
- Joacy Teixeira Santana,  
Dimensionamento de uma rede de  
sensores para agricultura dentro do  
conceito de IoT/ Joacy Teixeira  
Santana. – Brasília, DF, 2018
- <https://www.acoplastbrasil.com.br/como-melhorar-o-controle-dos-recursos-energeticos-na-industria/>
- João Luis Grizinsky de Brito -  
Sistema para monitoramento de  
consumo de energia elétrica particular,  
em tempo real e não invasivo  
utilizando a tecnologia Arduino -  
Londrina, 2016
- <file:///C:/Users/user/Downloads/DaniloHenriquePelegrinoDEFINITIVO.pdf>
- <https://www.sparkfun.com/products/retired/11546>  
- Características Raspberry Pi
- <https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>
- <https://github.com/TTN-Recife/rpi-pkt-fwd/wiki/Criando-seu-gateway-LoRaWAN-com-Raspberry-Pi>

## 7 Anexos

### 7.1 Fluxogramas

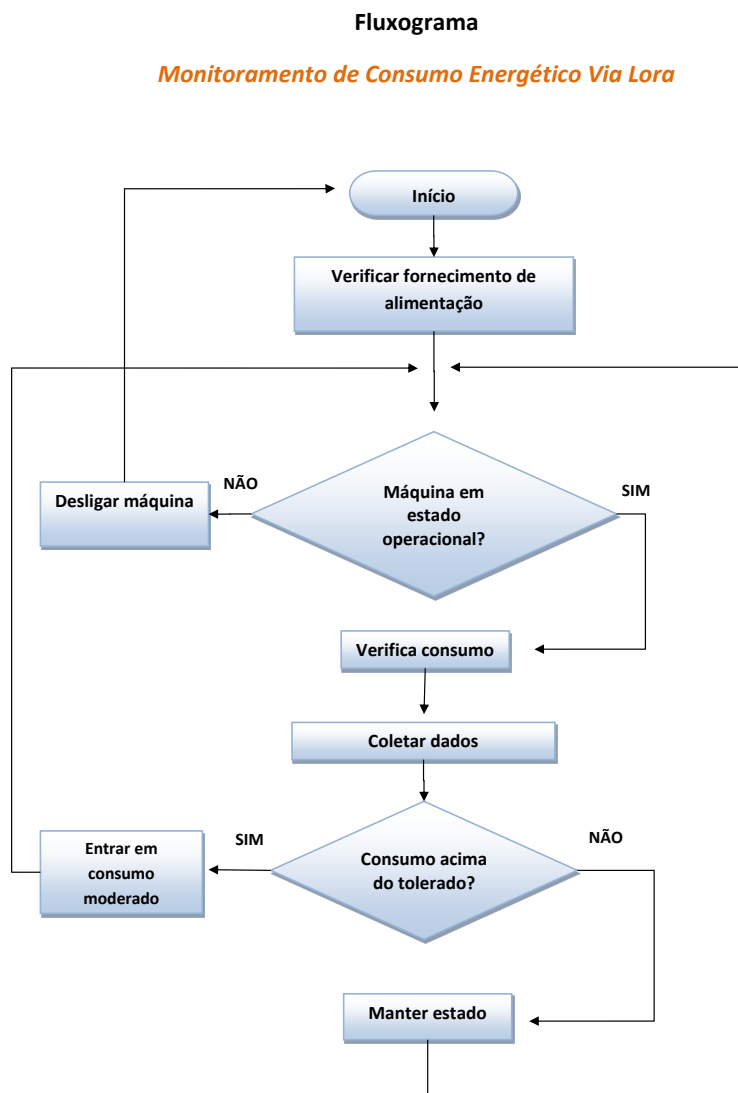


Figura 4 – Fluxograma de funcionamento do sistema

## 7.2 Diagramas

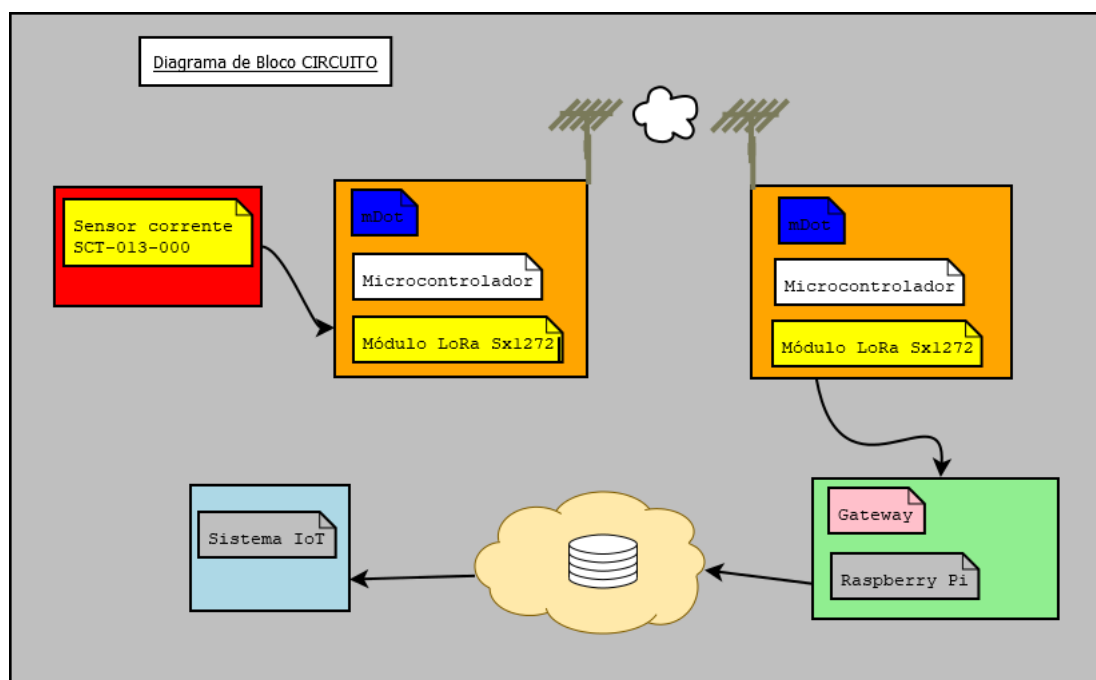


Figura 5 – Diagrama de Bloco do Circuito