

Projeto de Graduação



16 de julho de 2021

Plataforma de aquisição remota de dados com transmissão LoRa®

Luís Henrique Silva Neves



www.ele.puc-rio.br



Plataforma de aquisição remota de dados com transmissão LoRa®

Aluno: Luís Henrique Silva Neves

Orientador: Marco Antonio Grivet Mattoso Maia

Coorientador: Marcelo Balisteri

Trabalho apresentado com requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia de Controle e Automação na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Agradecimentos

Agradeço a todos que me apoiaram nessa jornada, que desde sempre foi um sonho pessoal. Apesar de se alongar mais que o esperado, reconheço que sem a minha determinação e apoio de familiares nada disso seria possível.

Aos professores da PUC por toda determinação de levar aos alunos o que há de excelência no mundo acadêmico, tornado a universidade uma referência no âmbito nacional.

Ao professor e orientador Marco Antonio Grivet Mattoso Maia e ao co-orientador Marcelo Balisteri, por compartilhar o conhecimento para que este projeto pudesse ser concretizado.

Resumo

Este projeto visa o desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo, capaz de monitorar a variação climática, utilizando a infraestrutura de comunicação LoRaWAN™. Para isso, foram utilizados sensores para medir a temperatura e umidade do ar, painéis solares para medir a intensidade solar, e um Arduino para o controle. Através da integração do módulo EndDevice da Radioenge com a infraestrutura LoRaWAN™, foi possível o monitoramento a distância via plataforma web.

Palavras-chave: Arduino, LoRaWAN™, IoT, LoRa®

Remote data acquisition platform with LoRa® transmission

Abstract

This project aims to develop a low-cost device, capable of monitoring climate variation, using the LoRaWAN communication infrastructure. For that, sensors were used to measure the temperature and humidity of the air, solar panels to measure the solar intensity and control with an Arduino device. Through the integration of Radioenge's EndDevice module with the LoRaWAN infrastructure, remote monitoring web application was possible.

Keywords: Arduino, LoRaWAN™, IoT, LoRa®

Lista de Figuras

1	Mapa de cobertura - Fonte: coverage.sh	2
2	Estrutura física	3
3	Diagrama elétrico do sistema	4
4	Resultado.	5
5	Arduino Uno.	7
6	Fonte 5V.	8
7	Sensor DHT11.	9
8	Incluir biblioteca.	10
9	Gerenciar Biblioteca.	11
10	Sensor B25.	12
11	Diagrama B25.	12
12	Painel Solar.	13
13	Modelo desenvolvido em Fusion360.	14
14	Arquitetura LoRa®.	14
15	LoRaWan.	15
16	IOT-USB.	16
17	Conectar módulo EndDevice.	17
18	Cadastrar dispositivo.	18
19	Aquisição da chave Application Key.	19
20	Aquisição da chave Application EUI.	20
21	Configurando o Device EUI.	21
22	Configurando a máscara.	22
23	Join.	23
24	Filtro.	24
25	Integração.	25
26	TagoIO.	26
27	Caixa.	27
28	Furos na tampa.	27
29	Hate.	28
30	Parafusos.	28
31	TFC Elétrica do painel solar.	29

Sumário

1	Introdução	2
2	Projeto	3
a	Arquitetura	3
3	Dashboard	5
4	Sistema elétricos e componentes	7
a	Microcontrolador	7
b	Fonte	8
c	Dht 11DHT11 - Sensor de temperatura e umidade	8
d	B25 - Sensor de tensão	11
e	Painel Solar	13
f	LoRaWAN™	14
5	Configuração	17
a	Conectar módulo EndDevice	17
b	Configuração do "AppEUI" e "AppKey"	17
c	Definição da chave "DevEUI"	20
d	Definição da chave "Channel Mask"	21
e	Verificação de conexão	22
f	Definição dos filtro	23
g	Integração do network server com a plataforma TagoIO	24
6	Montagem	27
a	Caixa	27
b	Haste	28
c	Conexões	29
7	Conclusão	30
8	Futuros trabalhos	31
a	Melhorias na caixa	31
b	Conexão entre os componentes	31
c	Bateiras	31

1 Introdução

O objetivo deste projeto foi o desenvolvimento de uma mini estação meteorológica que dispõe de sensores para o monitoramento das mudanças climáticas utilizando o conceito de Internet das Coisas (do inglês, *internet of things* IoT), sendo capaz de conectar diversos dispositivos semelhantes em uma mesma rede sem fio. Desta forma é possível monitorar em praticamente tempo real, as mudanças climáticas de uma determinada região.

O monitoramento de microclimas possibilita aos agricultores o cultivo com grande variedade de culturas em pequena região. Com este monitoramento, feito de maneira adequada, permite a seleção e posicionamento da colheita da maneira apropriada para cada espécie. Os microclimas também podem ser manipulados sob medida em espaços fechados como por exemplo: unidades de armazenamento, estufas e pequenos canteiros.

Visando tornar viável o monitoramento de microclimas, este projeto foi desenvolvido em plataformas de baixo custo, flexíveis e de acesso público. Foram utilizados sensores de temperatura e umidade do ar, juntamente com painéis solares para medir a incidência solar, todos os componentes escolhidos são compatíveis com a plataforma Arduino que por sua vez utiliza a comunicação LoRaWAN™ para se conectar à rede.

A infraestrutura LoRa permite uma comunicação de longo alcance e com um baixo custo energético, essas características tornam a tecnologia extremamente adequada a inúmeras aplicações IoT. Para conectar o dispositivo utilizou-se a cobertura da empresa American Tower que apresenta a maior rede neutra de IoT do Brasil. Na imagem 1 apresenta a área de cobertura no estado do Rio de Janeiro, entretanto é importante ressaltar que esta cobertura também está presente em diversas cidades em todo o Brasil [1].

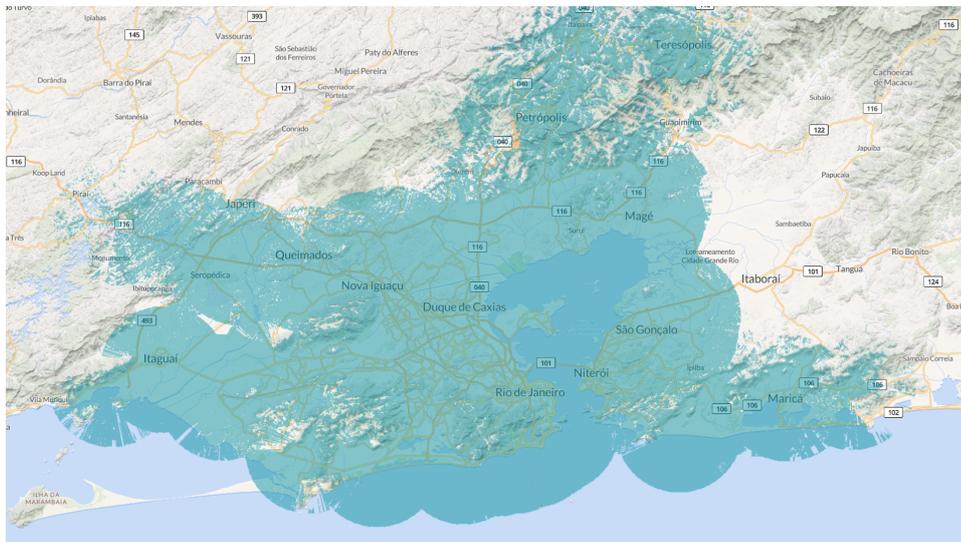


Figura 1: Mapa de cobertura - Fonte: coverage.sh

2 Projeto

O projeto tem como objetivo desenvolver uma mini-estação meteorológica de baixo custo e capaz de enviar os dados aferidos utilizando a arquitetura LoRaWAN™. Com os objetivos definidos, se deu preferência a plataformas de código aberto e com uma certa relevância no mercado.

Os dispositivos eletrônicos definidos, optou-se pelo uso da plataforma Arduino por apresentar uma vasta quantidade de componentes compatíveis com o mesmo, desta forma foram utilizados sensores de temperatura e umidade do ar, e um voltímetro capaz de ler a tensão gerada pelos painéis solares presente no dispositivo, como é possível visualizar na figura 2.

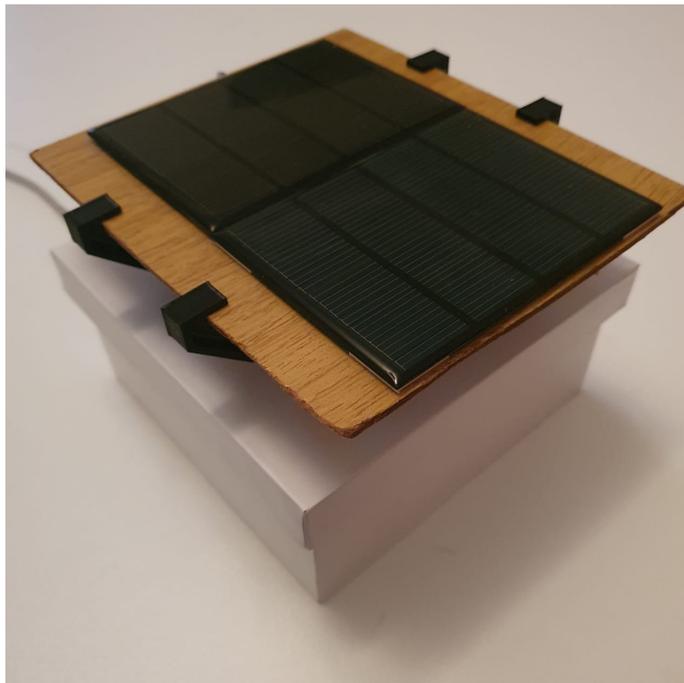


Figura 2: Estrutura física

Para apresentação dos dados foi utilizado a plataforma TagoIO, por se tratar de uma aplicação gratuita sendo possível a leitura de diversos dispositivos conectados à rede LoRaWAN™, desta maneira é possível analisar remotamente os dados aferidos pelo dispositivo em qualquer lugar, desde que esteja conectado à rede.

A rede utilizada foi a rede neutra LoRaWAN™ da empresa American Tower do Brasil, uma vez que, apresenta uma parceria com a universidade Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), desta maneira não foi necessário agregar mais componentes de rede ao desenvolvimento do projeto em si.

a Arquitetura

Assim como qualquer projeto de engenharia, é fundamental o uso de ferramentas adequadas em cada projeto para que o mesmo esteja de acordo com os requisitos pré estabelecidos. A seguir será apresentado a utilidade de cada componente presente no diagrama da figura 3.

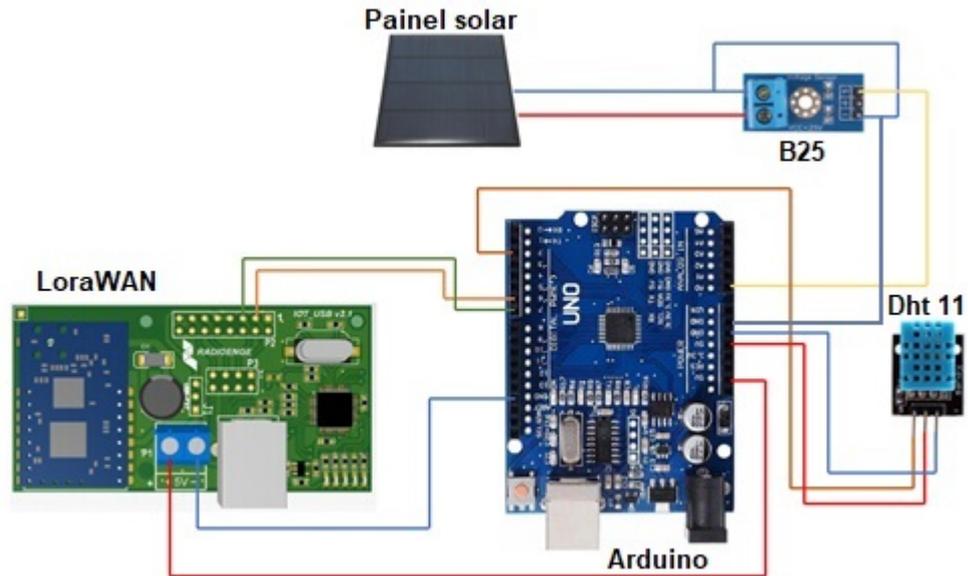


Figura 3: Diagrama elétrico do sistema

- Arduino Uno – Responsável por coordenar toda a operação do sistema, a escolha do Arduino está atrelada ao fato de ser uma plataforma de código aberto e apresentar uma extensa comunidade na internet disposta a compartilhar o conhecimento, se tornando a plataforma ideal para este projeto.
- Painel solar – Usualmente utilizado para gerar energia decorrente dos raios solares, neste projeto vamos usá-los como um sensores de incidência solar no local.
- B25 – Sensor de tensão, responsável por aferir a variação de tensão gerada pelos painéis solares.
- Dht11 – Sensor de umidade e temperatura, com uma grande vantagem de transmissão de dados por meio de um único fio.
- LoRaWAN™ – Módulo de transmissão LoRa®.
- IOT-USB – Módulo que permite a comunicação com o dispositivo LoRaWAN™.

3 Dashboard

Um dos pilares deste projeto está na maneira na qual os dados são apresentados para o usuário final, como é possível visualizar na figura 4. Estes painéis de apresentação de dados são conhecidos como dashboard. Pensando nisso foi implementado em um dashboard que apresenta todos os valores pertinentes para a aplicação em questão, neste caso os dados atuais e passados aferidos pelos sensores.

A plataforma da TagoIO fornece uma grande variabilidade de apresentações de dados como o exemplo na figura 4. Esta dashboard apresenta dados aferidos durante o teste de funcionamento do projeto, nela é possível visualizar o último valor recolhido pelos sensores nos campos Umidade, Tensão Painel e Temperatura, e também os seus valores históricos nos gráficos em linha.

Outro fator relevante desta plataforma, é a possibilidade de exportar os dados em forma de tabela para fins de estudos futuros. No entanto, é necessário a configuração de números de dados salvos para a composição do gráfico, tal valor pode variar de 1 até 10000 pontos, para os testes foi utilizado o valor 1000 pontos.

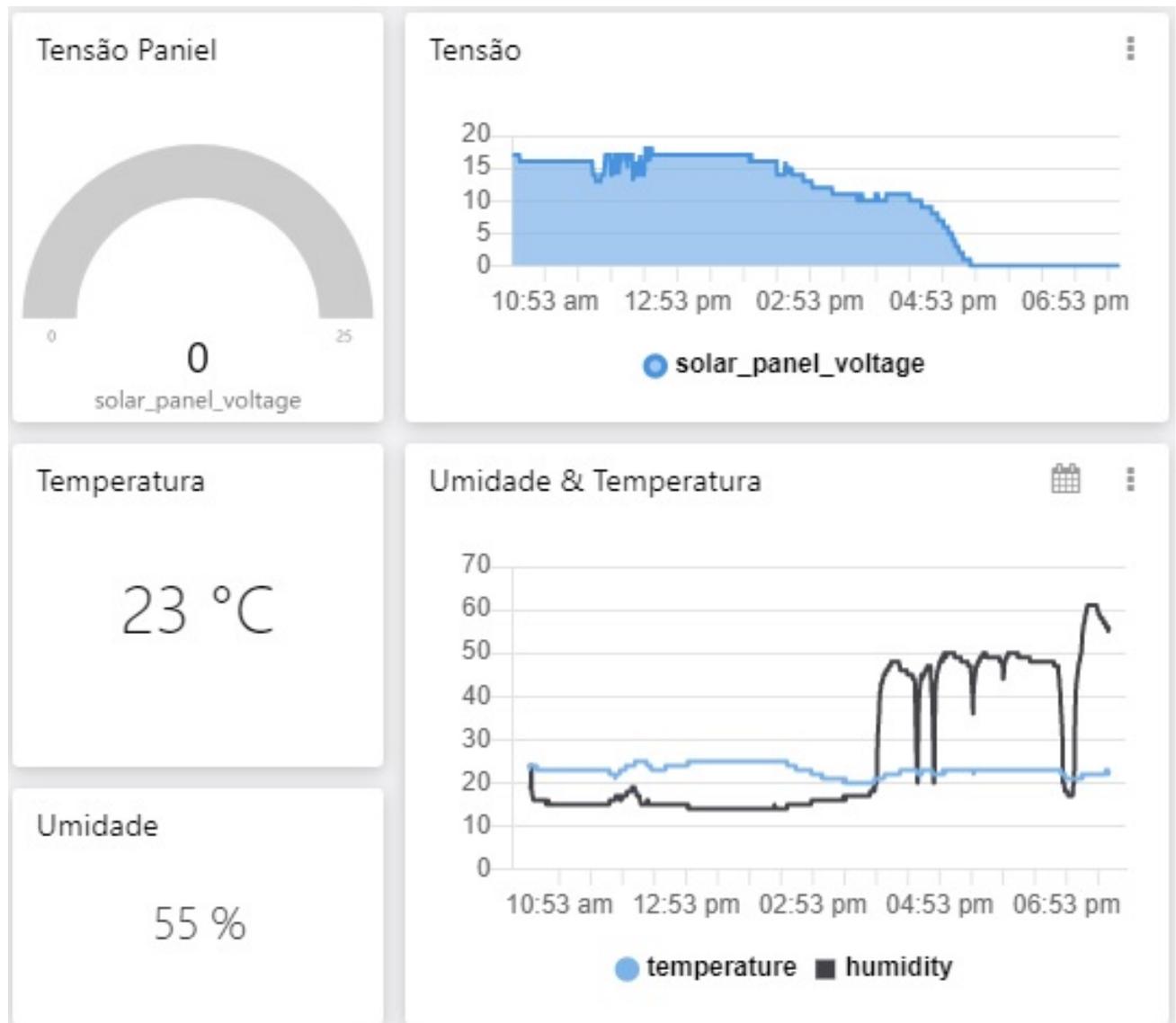


Figura 4: Resultado.

O teste foi realizado dentro de um dos laboratórios do Centro de Estudos em Telecomunicações da PUC-Rio, posicionado o equipamento próximo à janela para que fosse possível captar a intensidade solar no local. Para os testes de temperatura e umidade, foi utilizado um equipamento de ar condicionado presente

no laboratório para simular a variação de tais parâmetros, como é possível visualizar no gráfico “Umidade & temperatura” na figura 31. Os resultados obtidos com os testes se mostraram satisfatórios.

Caso ocorra falta de conexão com o dispositivo, por alguma instabilidade da rede ou até mesmo por falta de energia, a plataforma manterá os dados da última medição enviada com sucesso. É possível visualizar na área de “Device” a última hora do dado enviado para a plataforma da TagoIO, essa informação é importante para o monitoramento de possíveis falhas no sistema.

4 Sistema elétricos e componentes

Nos tópicos a seguir, será abordado de maneira detalhada as especificações técnicas dos principais componentes deste projeto.

a Microcontrolador

Desenvolvido em 2005 [2], o Arduino se tornou um microcontrolador extremamente popular em prototipagem e em ambientes acadêmicos. Por se tratar de uma plataforma que desde sua criação tem tanto hardware quanto o seu código aberto, isto significa que não existe qualquer segredo intelectual por trás deste dispositivo. Esta cultura possibilitou a existência de uma comunidade disposta a trabalhar para desenvolver uma infinidade de componentes compatíveis com a plataforma. Essas características incentivaram uma alta demanda pelo produto, o que possibilitou que o seu valor final se tornasse mais acessível.



Figura 5: Arduino Uno.

O Arduino Uno será usado para o desenvolvimento deste projeto, porém a existem uma extensa gama de dispositivos desenvolvidos pela própria Arduino igualmente compatível, como por exemplo:

- Arduino nano
- Arduino mega
- Arduino micro

Outro fator relevante para a escolha deste microcontrolador é a existência de inúmeras bibliotecas de código aberto disponíveis gratuitamente na internet. Apesar de aparentemente não ser um fator determinante para o uso desta plataforma, a disponibilidade de códigos de terceiros provê uma economia de tempo considerável para o desenvolvimento.

O Arduino Uno apresenta dois grandes grupos de interfaces, os pinos digitais e pinos analógicos facilmente identificados na própria placa de circuito impresso. Os pinos digitais funcionam de maneira muito semelhante a um interruptor, ou seja, só podem fornecer valores de 0 ou 5 volts com uma corrente

máxima de 30 mA. Por outro lado, os pinos analógicos são necessários o uso de conversor analógicos para digital e vice-versa já presentes no próprio circuito do dispositivo, uma vez que todo o seu processamento é feito de forma digital.

b Fonte

Uma das vantagens do uso do Arduino são suas possibilidades de alimentação, segundo o seu fabricante, é possível alimentá-lo diretamente na sua porta USB tipo B com uma tensão de 5V ou em seu conector P4 via uma fonte auxiliar, e neste conector a tensão pode variar entre 7 Volts a 12 Volts apesar de suportar tensão de até 20 Volts segundo o seu fabricante, porém não é recomendado dado que essa sobrecarga de tensão irá sobreaquecer o sistema e consequentemente poder causar danos ao circuito.



Figura 6: Fonte 5V.

Neste projeto foi escolhido um conversor (modelo ETA0U83BWB) 100V para 5V 1A apresentado na foto (Figura 6), este tipo de transformador é geralmente usado para o carregamento das baterias de dispositivos celulares. Tal característica o torna bastante útil para a aplicação em razão de apresentar uma saída 5 Volts extremamente confiável. A sua alimentação do Arduino é feita por um cabo USB tipo B, no entanto esta conexão apresenta uma resistência física menor que o conector P4.

c Dht 11DHT11 - Sensor de temperatura e umidade

O DHT11 apresentado na figura 10, é um conjunto de dois sensores em um único componente, o sensor de temperatura e outro de umidade relativa do ar. Este componente contém uma singularidade visto que apresenta um controlador interno de 8 bits, desta forma é capaz de transmitir tanto o valor do sensor de umidade e temperatura em apenas um único barramento.

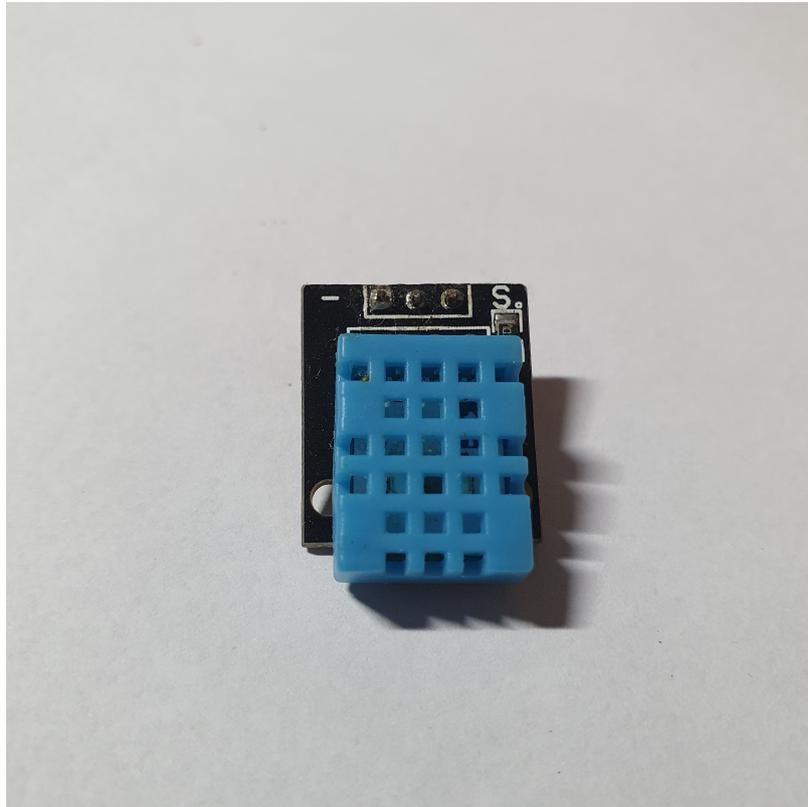


Figura 7: Sensor DHT11.

Para que exista uma comunicação entre os dispositivos, é necessário um protocolo de transmissão que neste caso segue o seguinte formato: 8 bit integral umidade data + 8 bit decimal umidade data + 8 bit integral temperatura data + 8 bit decimal temperatura data + 8 bit checksum = 40 bits [3].

Um exemplo de um possível dado enviado pelo sensor:

$$00110101 + 00000000 + 00011000 + 00000000 = 01001101 \quad (1)$$

O "checksum" é um mecanismo de segurança que segue um protocolo que soma todos os bits enviados pelo barramento e compara com o valor enviado do "checksum", caso apresentem o mesmo valor, significa que o dado foi enviado de maneira correta. Este mecanismo diminui a chance de eventuais ruídos interferirem na leitura dos dados.

Ao comparar o valor da soma dos bits com o valor enviado pelo checksum, é possível validar o valor recebido pelo microcontrolador Arduino.

Humidade: 0011 0101 = 53

Temperatura: 0001 1000 = 24°C

Outro ponto relevante deste sensor, está na porta com a qual se comunica com o Arduino. É imprescindível que o dht11 esteja conectado à porta digita 2 do Arduino, por se tratar de uma porta de interrupção externa. Em outras palavras, esta interrupção do sistema ocorre por alguma interferência externa ao microcontrolador neste caso pelas ondas quadradas enviadas pelo dht11, e assim é possível a interação entre as duas interfaces.

Apesar de apresentar uma certa complexidade na maneira de comunicação, existem bibliotecas disponíveis gratuitamente e de fácil integração ao código base da aplicação proposta. Antes de prosseguir, é fundamental demonstrar como é feita a aquisição desta biblioteca.

Com a IDE do Arduino aberta, selecione na barra superior o campo "Sketch" em seguida o campo "Incluir biblioteca" e por fim o campo "Gerenciar Biblioteca", como ilustrado na figura 8.

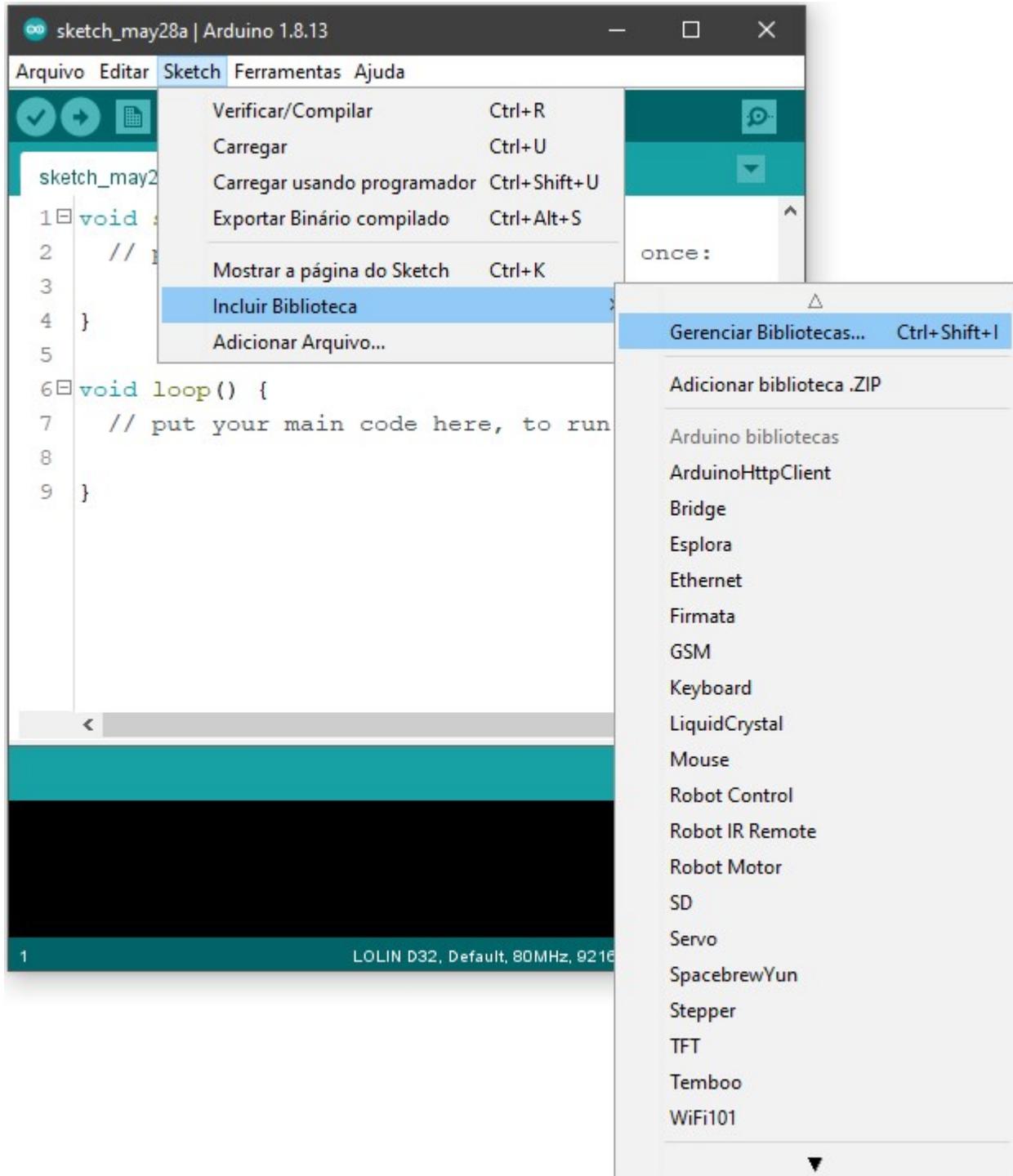


Figura 8: Incluir biblioteca.

Logo após irá abrir uma nova janela com todas as possibilidades de bibliotecas compatíveis com o dispositivo, no campo de texto insira "DHT sensor library" e a pesquisa será feita automaticamente. É possível visualizar na figura 9 que apareceram inúmeras possibilidades, mas é fundamental a escolha da opção correta (DHT sensor library) para evitar possíveis incompatibilidade do código principal do projeto. Ao encontrar a biblioteca correta, clique em instalar e ao fim da operação selecione no canto inferior direito o botão "Fechar".

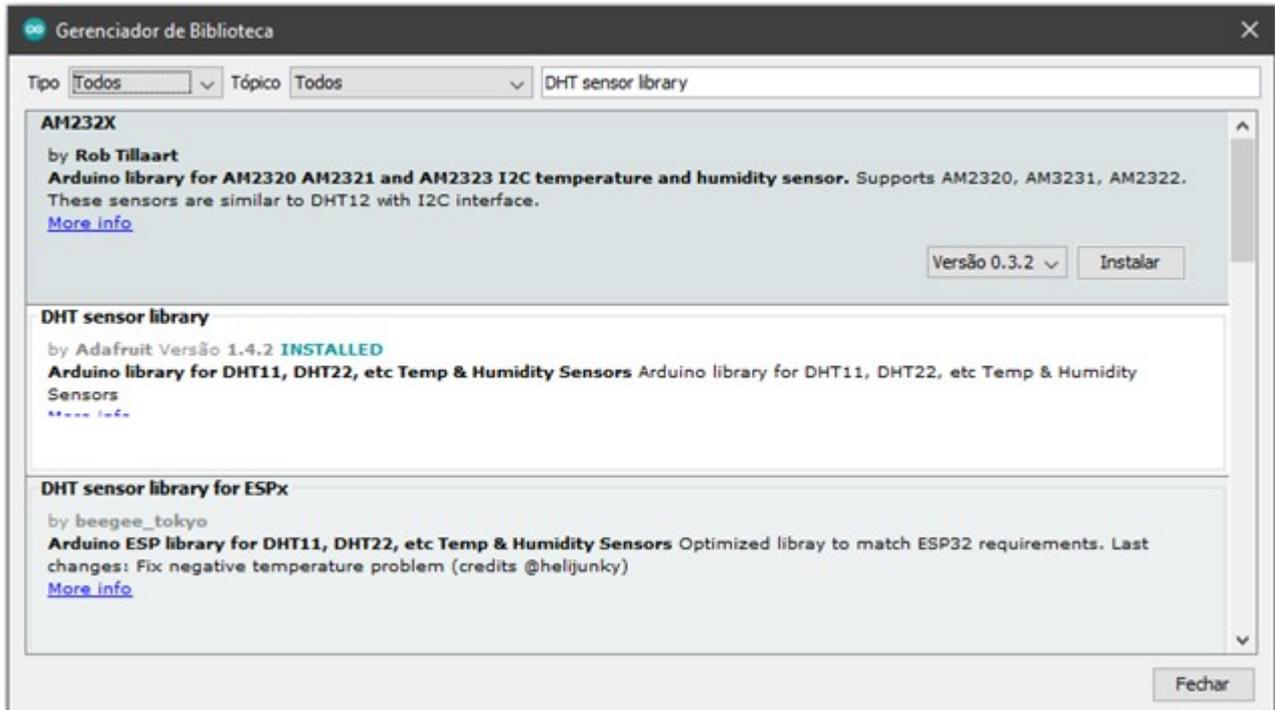


Figura 9: Gerenciar Biblioteca.

d B25 - Sensor de tensão

Antes de abordar as características elétricas do sensor B25, é fundamental o entendimento dos motivos que levaram à sua escolha. Para que o microcontrolador do Arduino consiga processar os dados analógicos aferidos pelo sensor, é necessária uma conversão analógica para digital. Esta conversão é feita diretamente no hardware do Arduino nas portas identificadas na própria placa variando de A0 a A5.

O conversor analógico digital do ATmega328 possui 10 bits de resolução, como valor de referência do Arduino é configurado em 5V, cálculo da resolução pode ser observado na equação 2

$$Resolucao = \frac{5}{1024} = 4,88mV \quad (2)$$

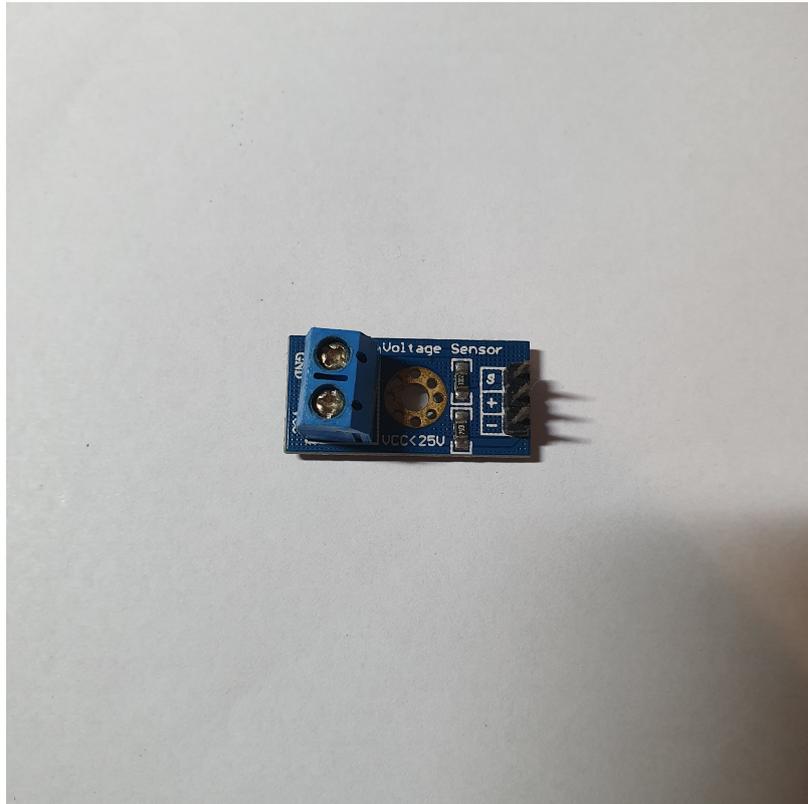


Figura 10: Sensor B25.

Visto a maneira como o Arduino recebe os dados por portas analógicas, a seguir será abordado o princípio de funcionamento do sensor. Baseado em um divisor de tensão figura 11, a expressão matemática para calcular a tensão de saída neste tipo de circuito é expressa na equação 3.

$$S = VCC \times \frac{R2}{R1 + R2} \quad (3)$$

Segundo o fabricante do sensor, os resistores R1 e R2 tem os valores de 30k Ω e 7.5k Ω respectivamente [4], substituindo os valores dos resistores na equação 3, obtemos o seguinte a equação 4.

$$S = VCC * 0,2 \quad (4)$$

Desta maneira, o valor de "S" na equação 4 é referente ao valor de entrada do Arduino, portanto o valor máximo de "S" é 5 volts como abordado anteriormente, portanto com este tipo de sensor é possível medir voltagens de até 25 Volts, caso esta tensão seja ultrapassada pode acabar danificando permanentemente o microcontrolador.

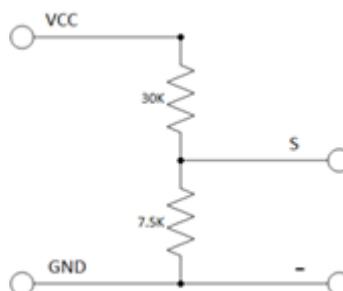


Figura 11: Diagrama B25.

É notório que este componente pode ser substituído integralmente por resistores comuns e de diferentes valores, a única sugestão é que a conversão de tensão dos painéis solares tenha como valor máximo de 5 volts para que se possa usar todo o espectro de leitura da porta analógica.

Por fim a conexão com o Arduino apresentada no esquemático (figura 11) é feita interligando todos os pontos de terra entre si. O pino identificado no sensor pelo caractere "-", qualquer porta do Arduino com a identificação da sigla "GND" e na parte inferior do painel solar igualmente identificado pelo caractere "-", desta maneira todo esse subsistema terá a mesma terra de referência. E como é de se esperar, o pino identificado pela letra "S" se conecta à porta analógica, neste caso ao pino A0.

e Painel Solar

Apesar de aparentemente não apresentar grandes complexidades na execução do projeto, este componente foi desenvolvido com o intuito de aumentar a flexibilidade e facilitar eventuais manutenções. Composto por uma base de madeira de 2 milímetros de espessura, 155.5 milímetros de largura e 180 milímetros de comprimento, como pode ser observado na figura 12 a base serve de apoio para os painéis solares

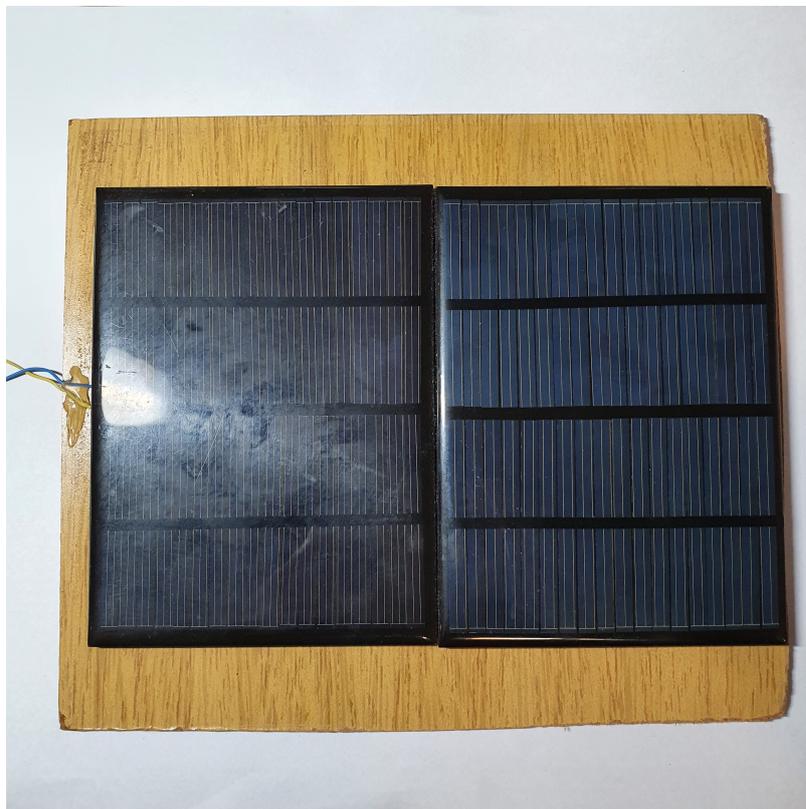


Figura 12: Painel Solar.

É importante ressaltar que existem inúmeros modelos de painéis solares disponíveis no mercado, desta maneira se tornou necessário o uso de uma base para possibilitar que diferentes modelos sejam igualmente compatíveis para a confecção do projeto, a seguir será apresentada algumas restrições.

Como os painéis serão utilizados basicamente com sensores de intensidade solar, uma restrição que este item deve seguir é que a sua tensão máxima deve ser inferior à apresentada pelo sensor B25 (indicado na seção d B25 - Sensor de tensão) que tem como tensão máxima de 25 volts. Posto isto, os painéis solares utilizados apresentam uma tensão máxima de 12 volts e 1.5 Watt entretanto, para utilizar todo o espectro do sensor de tensão do foi necessário ligá-los em série, assim a tensão máxima atingida pelo circuito é de 24 volts. Outro fator restritivo é o tamanho físico visto que a distância entre o vão do suporte é de 139.5 milímetros, como é possível visualizar na simulação em 3D na figura 13

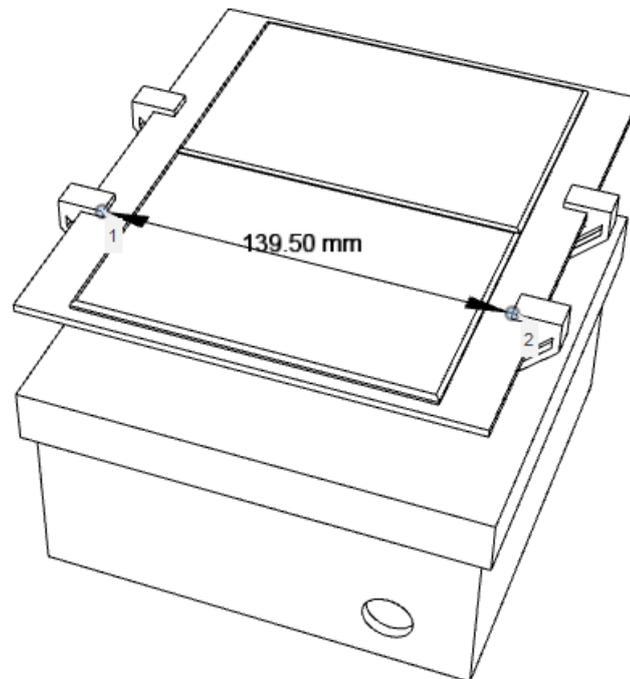


Figura 13: Modelo desenvolvido em Fusion360.

Para a fixação dos painéis na base de madeira, foi utilizado fita dupla face de alta resistência e esta alternativa se apresentou bastante eficiente uma vez que estes painéis são extremamente frágeis. Ao aplicar pequenos pedaços de fita nas extremidades de cada painel foi o suficiente para apresentar uma resistência satisfatória.

f LoRaWAN™

Por fim, serão apresentados os responsáveis por toda a comunicação de dados com a interface web, para isso é necessário compreender um pouco melhor qual a trajetória dos dados aferidos pelos sensores a serem apresentados na dashboard do aplicativo da TaigoIO. A arquitetura escolhida para o envio dos dados foi a comunicação LoRaWAN™, por se tratar de uma tecnologia voltada para aplicações IoT com transmissão de dados em longas distâncias e com um baixo custo energético.

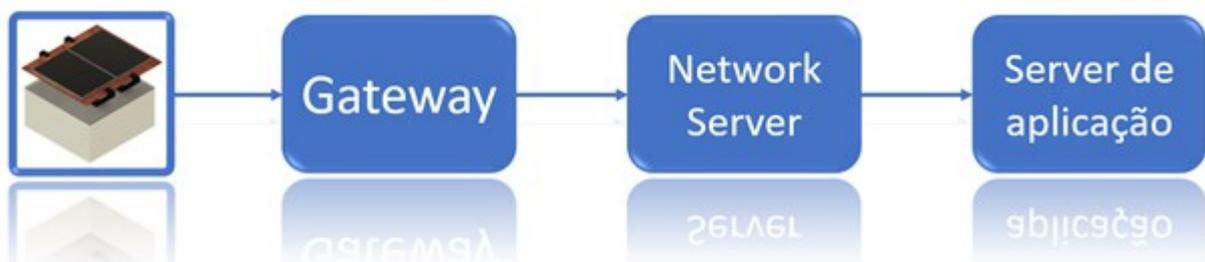


Figura 14: Arquitetura LoRa®.

A figura 14, representa o diagrama simplificado da topologia de comunicação de uma rede LoRaWAN™. O gateway é um hardware responsável por receber e transmitir dados para todos os módulos no qual a ele estão atrelados, e para este projeto em particular, será utilizado a rede pública da American Tower. Por

apresentar uma parceria com a PUC-Rio, a American Tower disponibiliza acesso a sua infraestrutura para aplicações de LoRaWAN™, caso não se tenha acesso a essa infraestrutura, é possível comprar hardwares dedicados para esta operação, um exemplo seria o Gateway LoRaWAN™ RD43HAT / RD43HATGPS.

Após a aquisição dos dados pelas antenas do gateway, o dado é enviado para o "Network Server" que por sua vez são responsáveis por encaminhar a informação para a aplicação final, esta etapa é realizada pela "Everynet" parceira da "American Tower" no Brasil. Caso seja utilizado um gateway particular, é recomendado o uso do "Network Server" da OrbiWAN. Por fim, a aplicação final recebe os dados do "Network Server" e o apresenta para o usuário final de forma detalhada, e nesta etapa foi utilizado a plataforma da Tago, por se tratar de uma plataforma gratuita e de fácil usabilidade.

O módulo LoRa® usado neste projeto foi o EndDevice LoRaWAN™ Radioenge, e o protocolo de ativação utilizado foi do tipo "OTAA" ("Over The Air Activation"). Este método utiliza três dados que serão configurados futuramente, sendo eles o "AppEUI", o "AppKey" e a "DevEUI".

Segundo o próprio fabricante, o Módulo EndDevice LoRaWAN™ Radioenge (Figura 15) é um produto ideal para uso em sensoriamento remoto por apresenta uma concepção de uma LPWAN (Low Power Wide Area Network), permitindo assim a transmissão de dados em longas distância com baixo consumo de energia.



Figura 15: LoRaWan.

A configuração do EndDevice Radioenge é efetuada via uma comunicação serial com uma taxa de transmissão configurável entre 9600, 19200, 43000 e 115200 bps, e para este projeto será utilizado um uma taxa de 9600 bps [5]. Desta forma, mesmo não sendo estritamente necessário para a sua configuração, o uso da shield USB (Figura 16) fabricada pela própria Radioenge facilita bastante a configuração do módulo.

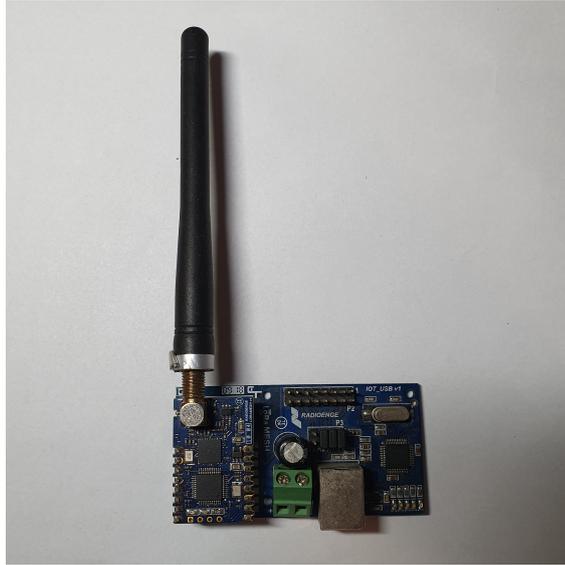


Figura 16: IOT-USB.

5 Configuração

Neste capítulo será apresentado o passo a passo para a realização da integração do módulos EndDevice Radioenge com todo o protocolo de comunicação "OTAA" ("Over The Air Activation"), para isso é necessário a aquisição de alguns parâmetros presentes tanto no próprio módulo quanto nas plataformas web. Para que seja possível prosseguir com a configuração, é fundamental que se tenha instalado no computador o programa "Radioeng - Software MOTE", que até o presente momento do desenvolvimento deste projeto, está disponível gratuitamente no site da própria Radioenge [6].

a Conectar módulo EndDevice

Conecte a Shield USB ao computador, abra o programa "Radioenge - software MOTE" e em seguida aparecerá o nome da porta serial na qual o módulo está conectado ao computador, ao selecionar corretamente a porta deve-se clicar no botão "Conectar ao MOTE" inicializando a comunicação com o módulo.

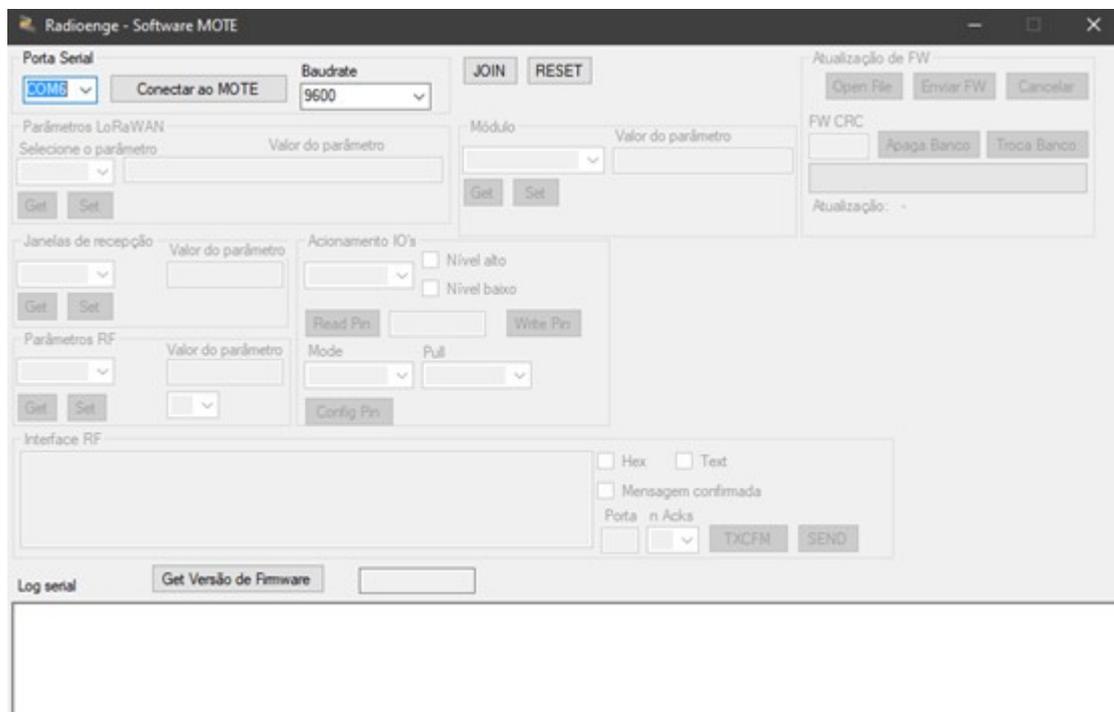


Figura 17: Conectar módulo EndDevice.

b Configuração do "AppEUI" e "AppKey"

Após a conexão ser estabelecida com o módulo, acesse o portal da Everynet para que seja possível configurar os dados necessários para a conexão OTTA. Na aba "Device Manager" figura 29, gere uma chave aleatória para o "Application EUI" e o "Application key", estes dados serão inseridos no módulo pelo programa da Radioenge. Com o programa aberto, selecione no campo "Selecione o parâmetro" a opção "Appkey".

Device management

Delete

Device EUI
8b3ff239a47a38e6

Application EUI ↻
73044dd7e4a46078

Tags

TCC-Grivet X New

Uplinks ON OFF Downlinks ON OFF Strict counters ON OFF

Security

Application key ↻
80401d5c4c238837311555e69976277f

Device address
164e1aa3

Network session key
4dfbe7a5b3ebf599f89cdf9f258fac5a

Application session key
e0594ea5d09975a2117e1915b962fdfc

Activation OTAA ABP Encryption NS APP

Last join

Thursday 27 05 2021 10:21:09

LoRa

Counters

Uplink -1 Downlink -1

Delays ✓

RX1, s 5 RX2, s 6

Class A B C Counter size 2 4

RX Window

AUTO RX2

Radio

Last activity

Thursday 27 05 2021 10:21:09

Band

LA915-928A

Figura 18: Cadastrar dispositivo.

Insira o mesmo valor gerado pelo portal da Everynet no campo "Application key" e em seguida clique no botão "Set" como apresentado na figura 29 . A mesma operação deve ser realizada para o "Application EUI", entretanto no campo "Selecionar parâmetro" seleccione a opção "AppEUI" representado na figura 29.

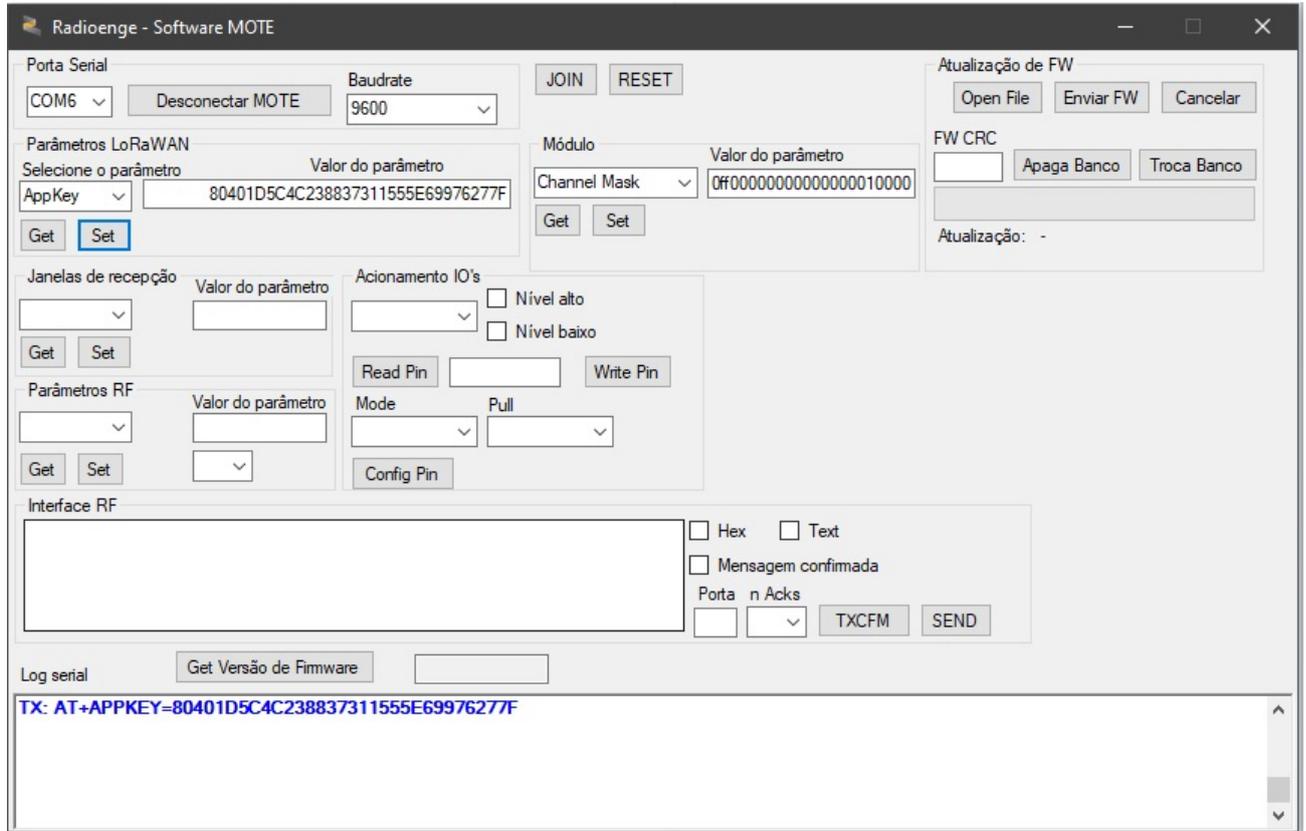


Figura 19: Aquisição da chave Application Key.

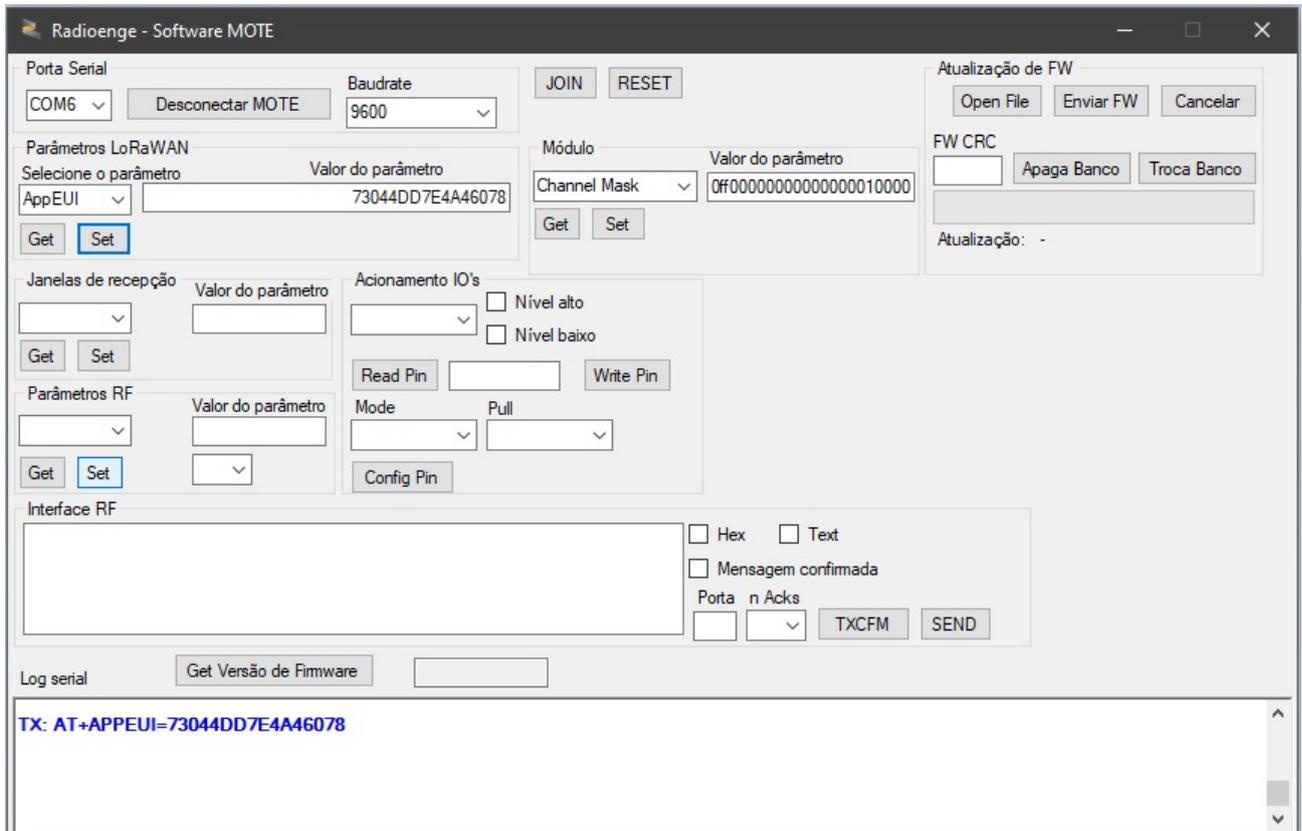


Figura 20: Aquisição da chave Application EUI.

Para que o parâmetro esteja de acordo com o código do Arduino [7] é necessário adicionar a cada dois caracteres o caractere especial ":" como apresentado no exemplo a seguir:

Valor do parametro: 80401D5C4C238837311555E69976277F

Valor do parâmetro: 73044DD7E4A46078

Código Arduino (linha 11): 80:40:1D:5C:4C:23:88:37:31:15:55:E6:99:76:27:7F

Código Arduino (linha 12): 73:04:4D:D7:E4:A4:60:78

c Definição da chave "DevEUI"

Posteriormente, deve-se informar ao "Network server" qual é a chave "Device EUI", esta operação é feita de maneira semelhante aos passos anteriores. Selecione o parâmetro "DevEUI" e clique no botão "Get" como apresentado na figura 29, em seguida insira o valor recebido no campo "Device EUI" no site da Everynet.

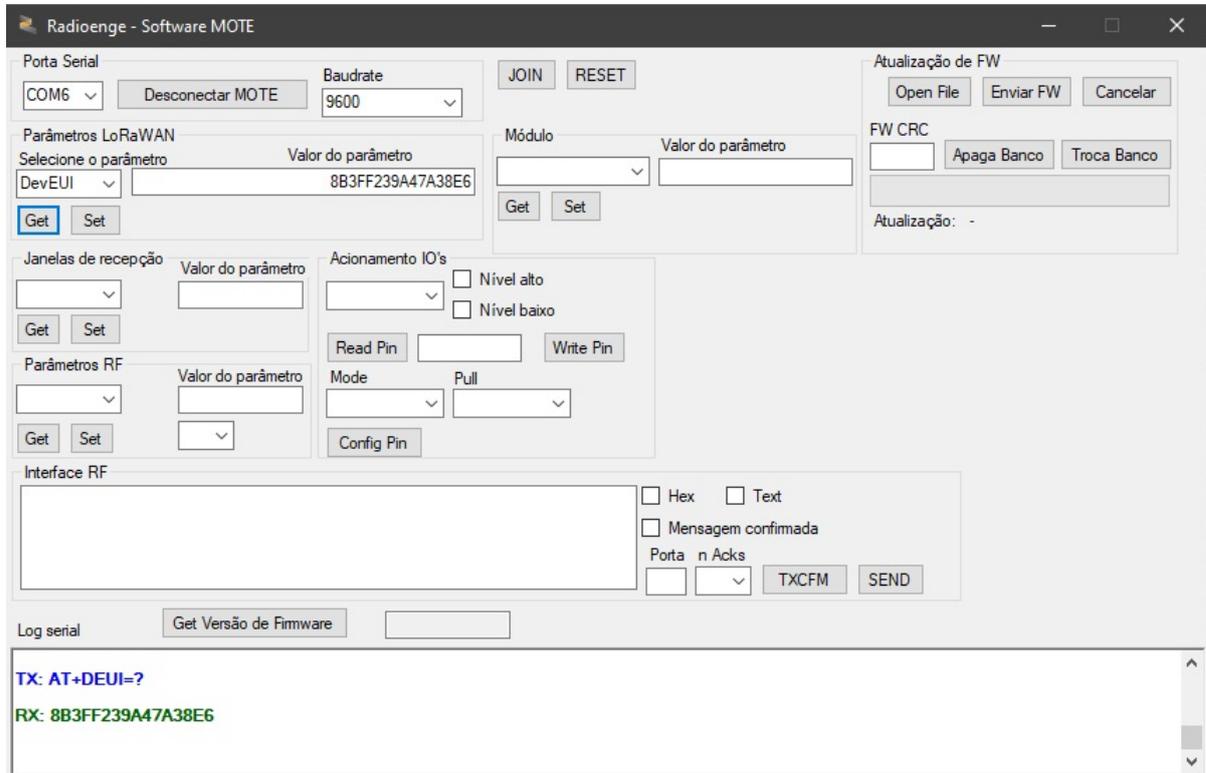


Figura 21: Configurando o Device EUI.

d Definição da chave "Channel Mask"

Nesta etapa, será configurada a "Channel Mask" ou máscara do canal apresentada na figura 22, que será ligeiramente diferente dos passos anteriores. Segundo o manual de configuração da Radioenge [5], deve-se inserir o seguinte valor "00ff000000000000000010000" no campo "Valor de parâmetro", em seguida selecionar nas opções de "Módulo" o campo "Channel Mask" e por fim clicar no botão "Set" logo abaixo.

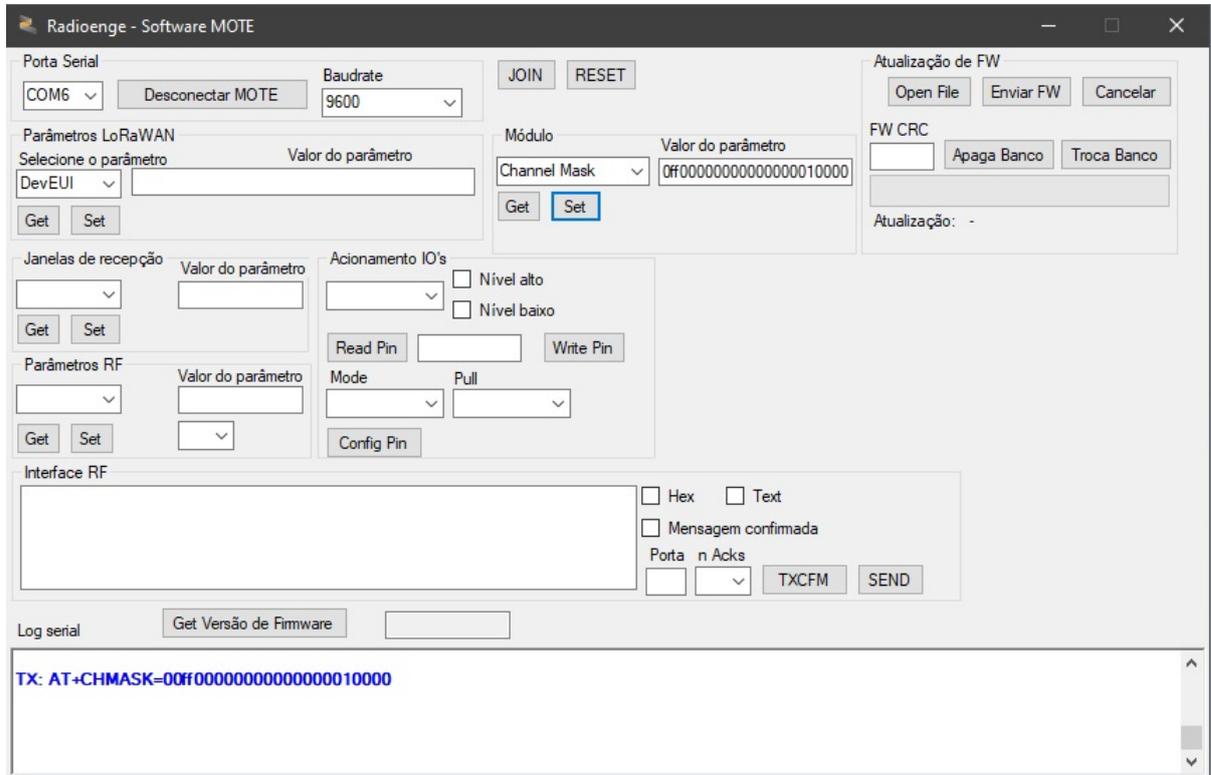


Figura 22: Configurando a mascara.

Assim como anteriormente, é necessário uma alteração no código da máscara adicionando o caráter especial ":" a cada 4 caracteres.

Valor do parâmetro: 00ff000000000000000010000

Código Arduino (linha 13): 00FF:0000:0000:0000:0001:0000

e Verificação de conexão

Para verificar se todos os dados estão corretos, basta selecionar o botão "JOIN" destacado em azul na figura 23 e esperar a resposta aparecer na caixa de texto "log serial", caso apareça a mesma mensagem da figura 23 significa que tudo o dispositivo foi configurado adequadamente.

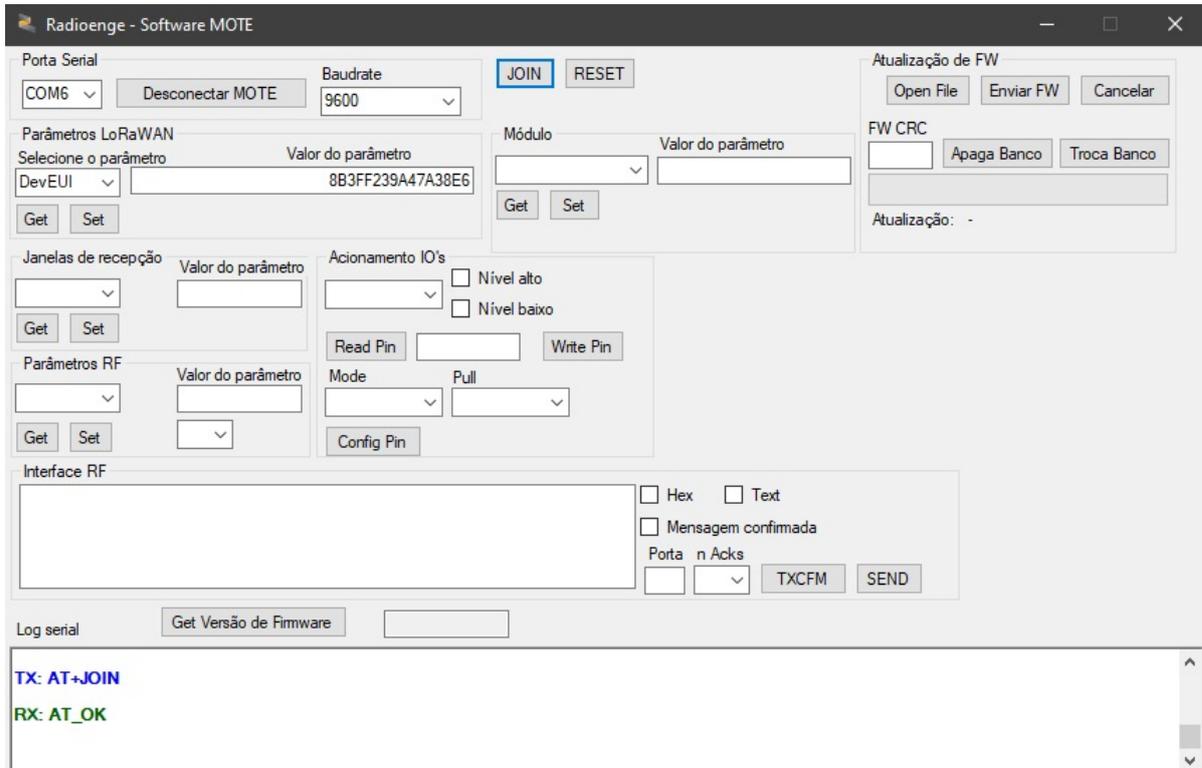


Figura 23: Join.

f Definição dos filtro

Na aba "Filter management" (figura 24) é possível marcar os campos de variáveis que deseja-se enviar para a integração da aplicação. Para isto basta selecionar os itens abaixo do de "Message type" quais informações serão pertinentes para a perfeita comunicação entre as plataformas, que neste projeto vamos usar a plataforma da TagoIO.

Filter management Delete

Filter ID
6043a17421cc971a5be35320

Enabled
ON OFF

Description
TCC-Grivet

Filter by

Device tags
TCC-Grivet New

Device EUIs
New

Application EUIs
New

Gateways
New

Message types

join_request uplink downlink downlink_request error warning info location status_response

Options

Duplicates Radio data LoRa data

Live stream 🔊 ■ ||

Clean 25 50 100 NO LIMIT

i	10:21:10.285	a75d	8b3ff239a47a38e6	73044dd7e4a46078	Join request duplicate received
i	10:21:09.943	a75d	8b3ff239a47a38e6	73044dd7e4a46078	Join accept message has been successfully sent to device.
i	10:21:09.874	a75d	8b3ff239a47a38e6	73044dd7e4a46078	Join request accepted
i	10:17:39.815	0f15	8b3ff239a47a38e6	73044dd7e4a46078	Join accept message has been successfully sent to device.
i	10:17:39.759	0f15	8b3ff239a47a38e6	73044dd7e4a46078	Join request accepted
i	10:17:07.166	a86a	8b3ff239a47a38e6	73044dd7e4a46078	Join request duplicate received

Figura 24: Filtro.

g Integração do network server com a plataforma TagoIO

Com toda a configuração do network server realizada, é possível configurar a etapa final da trajetória do dado, nesta fase do projeto será escolhido a plataforma da TagoIO como ferramenta de aplicação. Provida de uma documentação bastante detalhada para a integração com o "network server" da Everynet, a TagoIO é uma ferramenta voltada para o desenvolvimento de projetos de IoT, sendo possível criar dashboards personalizadas para inúmeras aplicações.

Connection management 🗑️ Delete 🔒

Connection ID

6043a17d6cd9ce8bb48aa19b

Type (eccbc87e4b5ce2fe28308fd9)

HTTP

Parameters

Filter

6043a17421cc971a5be35320

Application URL

<https://everynet-oauth.middleware.tago.io/{typ>

Description (optional)

TCC-Grivet

Authorization header (optional)

at64e3b8b95a6047fd87e1aea018fb280c

Status 

	12/05/2021 02:24:22.964	Application connection established
	12/05/2021 02:24:17.993	Connection initialized
	11/05/2021 18:11:43.321	Application connection established
	11/05/2021 18:11:41.573	Connection initialized
	28/04/2021 03:17:19.576	Connection check error

Figura 25: Integração.

Ainda na aba "Connection management" (figura 25) do site da Everynet, é necessário inserir as seguintes informações [8].

- Filter - O ID Filter, presente na aba "Filter Management" (Figura 24).
- Application URL - <https://everynet-oauth.middleware.tago.io/type>.
- Description - descrição é opcional.
- Authorization header - Esta informação está presente dentro da plataforma na qual serão enviadas as informações, neste projeto será a Tago.

Após realizar o cadastro e efetuar o login no site da TagoIO, aparecerá um painel semelhante ao da figura 26. Para criar a chave de autorização citada anteriormente, acesse o link "<https://admin.tago.io/de->

vices/authorization” em seguida dê um nome para a sua autorização e então crie a chave, posteriormente introduza esta mesma chave no campo “Authorization header” na configuração de conexão da Everynet. Para finalizar todo este processo, basta cadastrar o dispositivo e nesta etapa basta inserir a chave do “Device EUI” no campo determinado.

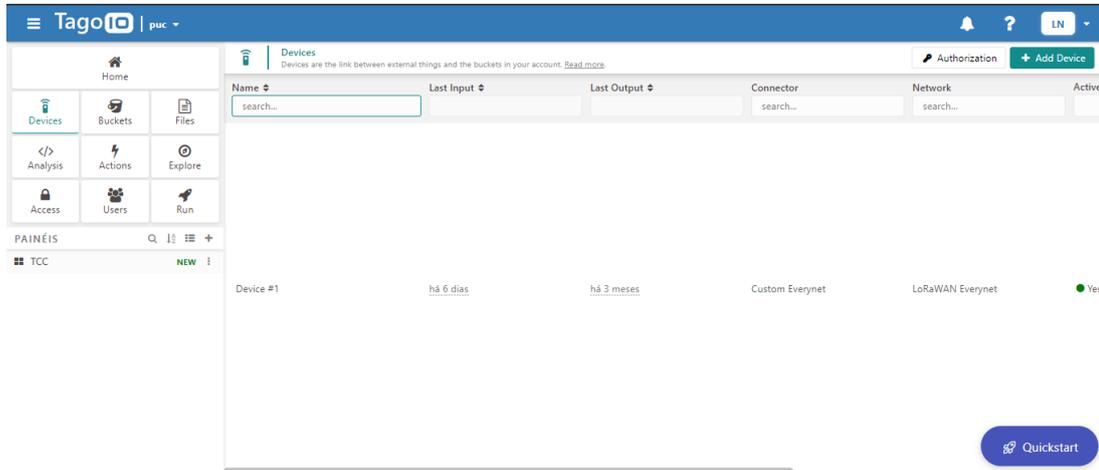


Figura 26: TagoIO.

6 Montagem

a Caixa

Para acomodar todo o sistema eletrônico, foi utilizado uma caixa de MDF de 156 mm de largura, 156 mm de comprimento e 78 mm de altura, como é possível visualizar na figura 27. Entretanto este tipo de material deve ser utilizado apenas em ambiente fechado, contudo para que o sistema seja utilizado em local aberto é recomendado o uso de um compartimento que seja resistente aos fenômenos da natureza.

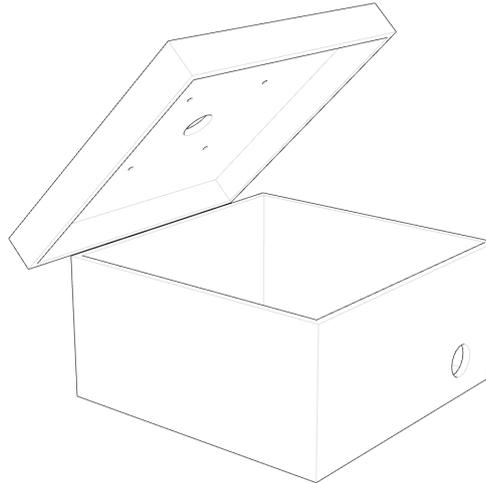


Figura 27: Caixa.

Com o auxílio de uma furadeira, foram efetuados quatro furos de 3 milímetros de diâmetro com 60 milímetros de distância entre si para a fixação das hastes representado na figura 28, é extremamente importante que estes furos estejam perfeitamente alinhados para que seja possível encaixar a placa de suporte dos painéis solares. O furo ao centro de 18 mm de diâmetro permite a passagem dos fios dos painéis solares e a passagem do sensor de DHT11 sem que seja necessário desconectá-lo do Arduino, outro furo de 18 milímetros foi efetuado na lateral da caixa visível na figura 27 para a passagem do cabo USB para alimentar o Arduino.

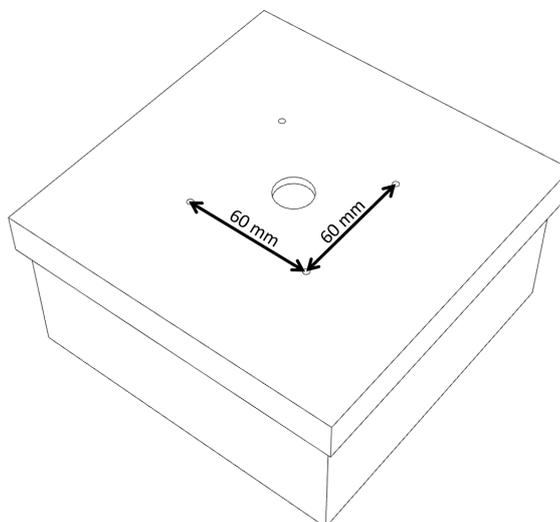


Figura 28: Furos na tampa.

b Haste

Em princípio o uso da haste presente na figura 29 não foi identificado com um componente fundamental para a realização do projeto. Com o decorrer da montagem do hardware foi observado que o uso destes componentes traria mais possibilidades de possíveis melhorias futuras, entre elas a possibilidade de fixação em diversas superfícies.

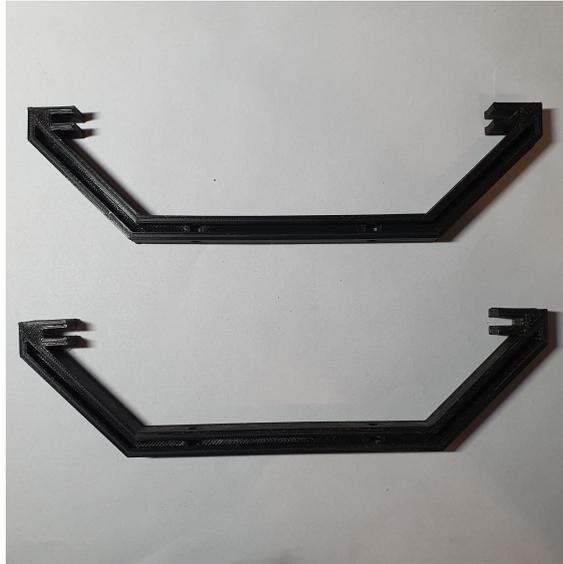


Figura 29: Haste.

Para facilitar futuras replicação do projeto, o modelo desenvolvido pelo autor deste documento está disponível gratuitamente e aberto a novas melhorias caso seja necessário [9]. Para fabricação foi utilizado a tecnologia de impressão 3D do tipo FDM (Fused Deposition Modeling), e o material para a impressão foi o plástico PLA, porém é válido ressaltar que é possível utilizar outros tipos de materiais presentes no mercado. Os mais usuais são os filamentos de ABS e o PETG e ambos são igualmente adequados para a realização deste projeto.

Para o protótipo, utilizou-se quatro parafusos de madeira com 4 milímetros de diâmetros. Todavia, caso saia do âmbito de protótipo é fundamental o uso de parafusos com porcas para que as fixações das hastes sejam extremamente seguras.

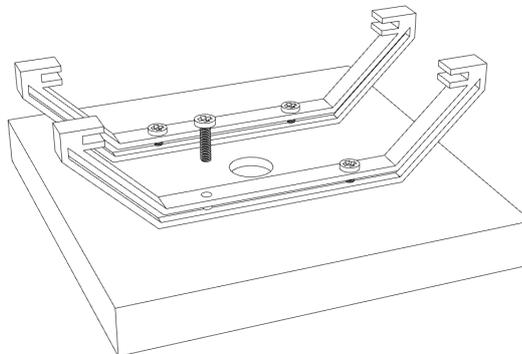


Figura 30: Parafusos.

Para finalizar, basta encaixar e deslizar a base de suporte dos painéis solares nas hastes, esse tipo fixação baseada apenas no atrito permite a fácil manutenção caso seja necessário a retirada da base.

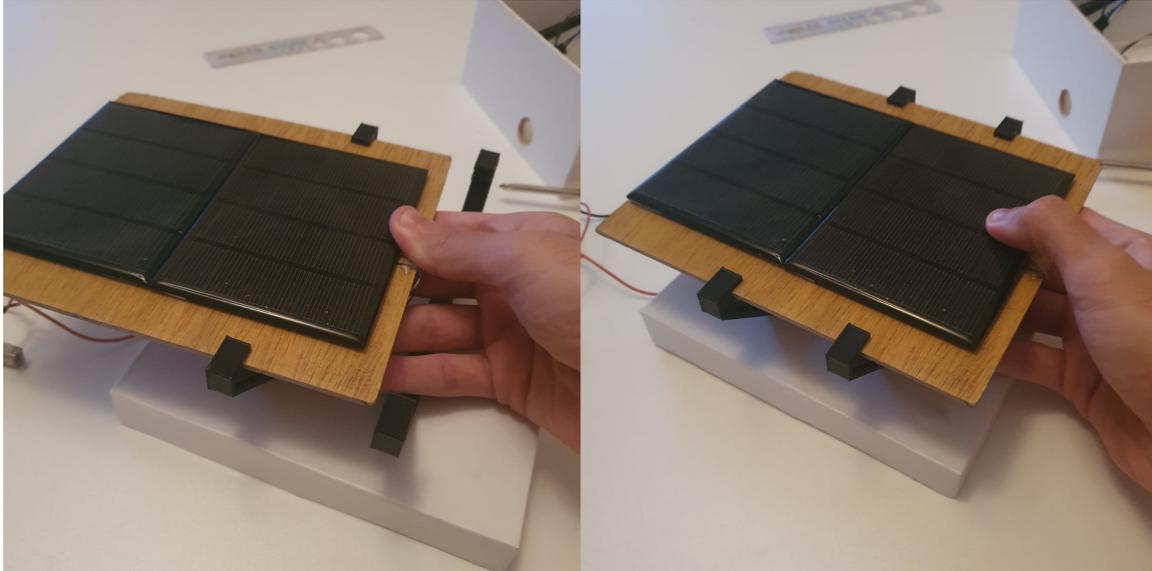


Figura 31: TFC Elétrica do painel solar.

c Conexões

As conexões dos componentes com o Arduino Uno ilustrada na figura 3, na tabela seguir apresenta os pinos de comunicação entre os componentes do sistema. Neste projeto foram utilizados fios conhecidos como "jumpers", este tipo de conexão é fundamental para qualquer tipo de prototipagem facilitando a conexão entre os componentes eletrônicos, entretanto podem constantemente apresentar mau contato com os componentes. As conexões dos componentes com o Arduino Uno ilustrada na figura 3, na tabela seguir apresenta os pinos de comunicação entre os componentes do sistema. Neste projeto foram utilizados fios conhecidos como "jumpers", este tipo de conexão é fundamental para qualquer tipo de prototipagem facilitando a conexão entre os componentes eletrônicos, entretanto podem constantemente apresentar mau contato com os componentes.

Porta Arduino Uno	Porta Componente	Componente
2	S	Dht11
A1	S	B25
6	5	USB LoRaWAN™
7	3	USB LoRaWAN™

7 Conclusão

Ao final do desenvolvimento, foi possível perceber que a comunicação LoRa® se apresentou extremamente versátil, atendendo perfeitamente ao projeto. Com tamanha facilidade para o envio das informações, abriu-se inúmeras possibilidades para adicionar novos componentes, deixando o sistema de medição cada vez mais completo para a aplicação.

Um fato que deve ser levado em consideração é que em alguns momentos do dia, a conexão com a rede da American Tower apresentou certa instabilidade e perda de pacotes. Desta maneira deve ser levado em consideração o uso de um Gateway privado, uma vez que a conexão estará integralmente ao controle do desenvolvedor.

O objeto deste projeto, uma mini-estação meteorológica, demonstrou ser capaz de monitorar os parâmetros ambientais a um baixo custo operacional. Com alta flexibilidade de atrelar novos sensores ou dispositivos pertinentes para cada tipo de necessidade, também é importante ressaltar a viabilidade de replicação de várias unidades para o melhor controle de uma região.

Outro ponto a ser destacado, é o fato que a comunidade presente em fóruns voltados para desenvolvimento está sempre disposta a compartilhar o conhecimento em eventuais dificuldades que surgiram.

Toda a jornada para o desenvolvimento deste projeto foi extremamente enriquecedora, apresentando novas tecnologias e desafios que sem a disponibilidade do Marcelo Balisteri, uma referência na área de comunicação LoRa® e sempre solícito em compartilhar sua sabedoria, este trabalho se tornaria extremamente exaustivo. Por fim, o projeto atendeu todos os pontos que foram levantados previamente, desde a aferição dos dados dos sensores até a apresentação na plataforma Web.

8 Futuros trabalhos

a Melhorias na caixa

Recomendaria o uso de uma caixa capaz de suportar as mais diversas condições climáticas, apesar do material de MDF da caixa ser bastante resistente, foi possível notar desgastes oriundos da exposição ao sol e umidade. Uma solução possível seria utilizar algum recipiente de plástico, desta maneira todo o sistema estaria protegido.

b Conexão entre os componentes

Como abordado, o tipo de conexão entre os componentes não apresenta uma grande confiabilidade, uma vez que este tipo de conexão deve ser utilizado apenas na etapa de prototipagem. Uma alternativa para melhorar esta instabilidade, seria o desenvolvimento de uma placa de circuito impresso desta maneira evitaria qualquer tipo de mau contato.

c Bateiras

Por falta de recursos, não foi implementado uma bateria ao sistema. Todavia seria extremamente interessante integrar uma bateria, uma vez que seria possível utilizar os painéis solares para o carregamento das mesmas, como o sistema tem um consumo extremamente baixo de energia o tornaria autossustentável durante um longo período de tempo.

Referências

- [1] Americantower. A rede de iot que vai transformar o seu negócio. [Online]. Available: <https://americantower.com.br/pt/solu%C3%A7%C3%B5es/rede-neutra-loRaWAN.html>
- [2] M. Evans, J. Noble, and J. Hochenbaum, *Arduino em ação*. Novatec Editora, 2013.
- [3] *Temperature and humidity module DHT11 Product Manual*, AOSONG. [Online]. Available: https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_DHT11.pdf
- [4] electronicshub. Interfacing voltage sensor with arduino – measure up to 25v using arduino. [Online]. Available: <https://www.electronicshub.org/interfacing-voltage-sensor-with-arduino/>
- [5] *Modulo LoRaWAN Radioenge*, radioenge, 2020. [Online]. Available: https://www.radioenge.com.br/uploads/dcdddc4ddd8e01c48ff7557824c4d0a41589481954-Manual_LoRaMESH_EndDevice_LoRaWAN.pdf
- [6] Firmware e software lorawan v1r3s35. [Online]. Available: http://download.radioenge.com.br/iot/LoRaWAN_FW_SW.zip
- [7] GitHub. Radioenge equipamentos de telecomunicação - lorawan. [Online]. Available: <https://github.com/Radioenge/LoRaWAN>
- [8] Everynet lorawan. [Online]. Available: <https://docs.tago.io/en/articles/129-everynet-lorawan>
- [9] L. H. NEVES. Haste. [Online]. Available: <https://www.thingiverse.com/thing:4862109>