
ARQUITETURA E ENGENHARIA CIVIL contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharia

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.º Me. José Henrique de Goes

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

Universidade Norte do Paraná

Prof.º Me. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus
Parauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional,
FNDE*

© 2021 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

A772 Arquitetura e engenharia civil contemporânea inovação, tecnologia e sustentabilidade [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 223 p. – ISBN 978-65-88580-77-6

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

DOI 10.47573/aya.88580.2.48

1. Engenharia civil. 2. Materiais de construção. 3. Concreto. 4. Geração de energia fotovoltaica. 5. Sistemas de energia fotovoltaica. 6. Engenharia elétrica. 7. Energia solar. 8. Acidentes – Prevenção. 9. Estações meteorológicas. 10. Arquitetura. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 624

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

84.071-150

Estação meteorológica IOT de baixo custo autossustentável

Self-sustaining low cost IOT weather station

Amanda Genovez Lacerda

Centro Universitário Uniredentor

<http://lattes.cnpq.br/4559088977713597>

Emily Prudencio de Souza Rosa

Centro Universitário Uniredentor

<http://lattes.cnpq.br/0795153066034388>

Jhonatan da Silva Mazoque

Centro Universitário Uniredentor

<https://orcid.org/0000-0003-0718-7026>

Rafael Lima de Oliveira

Centro Universitário Uniredentor

<http://lattes.cnpq.br/6212659806406513>

DOI: 10.47573/aya.88580.2.48.9

Resumo

O presente capítulo trata-se de uma estação meteorológica que tem por objetivo ser construída com baixo custo e ser autônoma no quesito eletricidade. Visando a praticidade para a visualização das informações obtidas pela estação, foi-se implementado um sistema de armazenamento em nuvem com um banco de dados no FireBase, que é atualizado em tempo real com base nos dados obtidos por sensores de pressão atmosférica, temperatura, umidade e raios ultravioleta. Para que os dados possam ser analisados em tempo real em qualquer lugar, foi desenvolvida uma página HTML, que é um serviço disponibilizado na própria plataforma onde se encontra o banco de dados. Para seu funcionamento autônomo, neste projeto foi feito o dimensionamento de um sistema fotovoltaico no modelo off-grid, a fim de garantir seu pleno funcionamento 24 horas por dia, além do dimensionamento é apresentado também um orçamento para sua montagem prezando o menor gasto possível desde que atenda aos requisitos necessários de qualidade, segurança e funcionalidade.

Palavras-chave: estação meteorológica, sistema fotovoltaico off-grid, IoT.

Abstract

This chapter is about a meteorological station that aims to be built at low cost and to be autonomous in terms of electricity. Aiming at the convenience of viewing the information provided by the station, a cloud storage system was implemented with a database in FireBase, which is updated in real time based on data obtained by atmospheric pressure, temperature, humidity and ultraviolet rays. So that the data can be boosted in real time anywhere, an HTML page was developed, which is a service available on the platform where the database is located. For its autonomous operation, in this project, the dimensioning of a photovoltaic system in the off-grid model was carried out, in order to guarantee its operation 24 hours a day. that meets the required quality, safety and functionality requirements.

keywords: weather station, off-grid photovoltaic system, IoT.

INTRODUÇÃO

Devido a capacidade de avaliar por meio quantitativo diversos dados, não é de hoje que o homem mensura vários tipos de informações a fim de poder armazená-las, seja para conhecimento próprio ou até mesmo para dimensionamentos e comparações. Visto que a temperatura pode ser medida, utilizando-se aparelhos específicos, porém “diante da dificuldade de aquisição desses materiais, a criatividade é estimulada para a construção de equipamentos de baixo custo e de fácil manuseio” (MONTEIRO, 1991 *apud* HOPPE *et al.*, 2015), então obteve-se a ideia do presente trabalho, a criação de uma estação meteorológica IoT de baixo custo e autossustentável.

Uma estação meteorológica se dá por um conjunto de equipamentos e sensores que coletam dados para análise do clima. Esses instrumentos são capazes de registrar a temperatura do local, velocidade e direção do vento, umidade do ar, radiação solar, chuva, pressão atmosférica entre outras variáveis (VILARINHO, 2009) “A disponibilidade de dados meteorológicos confiáveis é fundamental para quantificar os impactos na produtividade das culturas” (HOPPE *et al.*, 2015).

Com a coleta desses dados pode-se analisar o clima em determinado local conforme o passar dos dias, possibilita-se a análise em determinado período a predominância de temperatura na área observada. Sendo possível assim fazer uma previsão para momentos futuros.

Segundo Finholdt *et al.* (2011), “Uma estação meteorológica automática é um sistema autônomo de mensuração e registro dos dados de fenômenos meteorológicos”, que não depende da interação humana para a coleta dos dados. Para uma maior praticidade pode-se conectá-la à internet, tornando-a assim uma estação meteorológica automática IoT. A sigla IoT deriva do termo em inglês Internet of Things, Internet das coisas, que é uma forma de conectar as informações em níveis mundiais, podendo controlá-las remotamente, permitindo acessá-las como provedores de serviços. (Santos *et al.*, 2016), ela vem crescendo seu emprego nos mais variados campos da vida humana. Para aumentar a praticidade da sua utilização, foi desenvolvida a computação em nuvem que vem para facilitar o seu uso, já que ela é a responsável por armazenar dados em servidores externos, livrando a memória dos dispositivos e proporcionando o acesso por qualquer aparelho conectado à internet.

O presente trabalho tem por objetivo principal a conexão de uma estação meteorológica a um banco de dados em nuvem, onde será possível disponibilizar as informações em tempo real aos usuários que estejam conectados. Objetiva-se ainda que esta estação meteorológica seja autônoma em termos de energia elétrica, para que isso seja possível será projetado um sistema de geração de energia fotovoltaica off-grid, pois dessa forma não dependerá de energização de alguma rede da concessionária.

METODOLOGIA

Estação Meteorológica

A estação meteorológica IoT de baixo custo utilizada no presente trabalho foi desenvolvida anteriormente por Fonseca e Mendonça (2019), ela conta com um microcontrolador e três

sensores, e mede a pressão atmosférica, a temperatura, a umidade e os raios ultravioletas.

Segundo Santos e Junior (2019), o microcontrolador é um equipamento de pequeno porte, que possibilita sua programação, controlando assim as ações de um sistema. Ele pode ser descrito como o cérebro de um sistema. Na figura 1 vê-se a ESP32 que foi o microcontrolador escolhido para integrar a estação meteorológica pois funciona numa baixa faixa de tensão, podendo funcionar até com pilhas, e possuir um preço acessível, fator importante já que se espera uma estação meteorológica de baixo custo (FONSECA; MENDONÇA, 2019).

Figura 1 – ESP32



Fonte: Santos e Junior (2019)

O BMP180 é um barômetro da marca Bosch, funciona usando a tecnologia piezoelectricidade, que consiste na vibração de um componente de acordo com a mudança de pressão no ambiente, gerando assim uma diferença de potencial proporcional a essa vibração que pode ser mensurada e convertida para determinar a pressão (FONSECA; MENDONÇA, 2019). A figura 2 mostra um sensor BMP180.

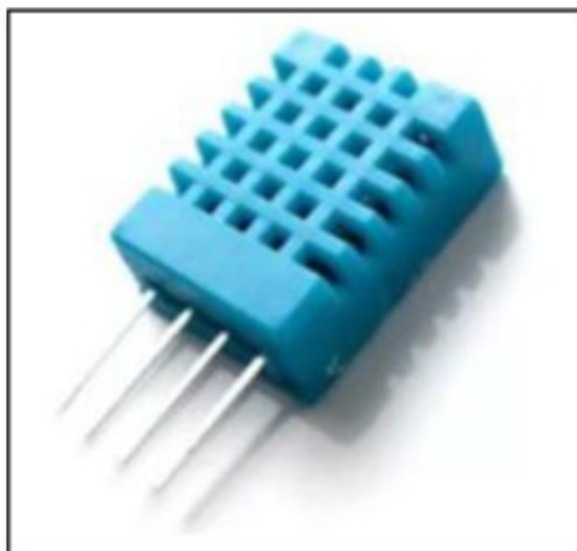
Figura 2 – Sensor BMP180



Fonte: Fonseca e Mendonça (2019)

O DHT11 é um sensor de temperatura e umidade do ar, que pode ser visto na figura 3, com precisão de 2°C para temperatura e de 5% para umidade. A medição dessas grandezas é feita através das mudanças que o material semiconductor, de que é feito, sofre. A faixa de valores que mede é de 0 a 50°C e de 20 a 90% (FONSECA; MENDONÇA, 2019).

Figura 3 – Sensor DHT11



Fonte: Fonseca e Mendonça (2019)

O sensor escolhido para a medição dos raios ultravioletas foi o UVM-30^a, visto na figura 4, que possui uma lente que transmite as informações necessárias para a medição das ondas, é capaz de detectar ondas de 200 a 370nm de comprimento (FONSECA; MENDONÇA, 2019).

Figura 4 – Sensor UVM-30A



Fonte: Fonseca e Mendonça (2019)

Plataforma FireBase

O FireBase é uma plataforma criada sobre a infraestrutura da google destinada para o desenvolvimento de aplicativos web ou mobile, de uma forma efetiva, rápida e simples. Ela oferece vários serviços, para o presente trabalho será utilizado o Realtime Database.

O Realtime Database é o serviço de banco de dados do FireBase, que é hospedado em nuvem, onde os dados são armazenados como JSON e sincronizados em tempo real com todos os clientes conectados junto com o recurso de otimização offline, logo que o dispositivo volta a ficar online o serviço Realtime Database atualiza os dados automaticamente.

Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é aquela obtida pelo efeito fotovoltaico, que é a conversão da radiação solar em energia elétrica. O efeito fotovoltaico consiste no surgimento de uma diferença de potencial nos extremos de um material semicondutor, quando esse é exposto a radiação solar (RIBEIRO, 2018).

A energia solar pode ser considerada umas das mais promissoras, já que a sua fonte é limpa e renovável e a mesma não causa impactos ao meio ambiente, já que não utiliza combustíveis fósseis, que liberam gases do efeito estufa, nem gera calor em sua produção, não afetando assim o equilíbrio da biosfera (BRAGA, 2008).

Os sistemas fotovoltaicos são classificados em dois tipos: os sistemas on grid e os sistemas off grid.

O sistema solar on grid, também conhecido como sistema conectado à rede, é ligado à rede de transmissão de energia elétrica, sendo assim quando a produção dos módulos fotovoltaicos supera o consumo o excedente de energia elétrica é injetado na rede elétrica, e quando o consumo é maior que a produção do sistema a energia é retirada da rede. Quando a produção mensal supera o consumo, o usuário da rede fica com crédito com a concessionária de energia. Os equipamentos principais deste tipo de sistema são os módulos fotovoltaicos, responsáveis por converter a radiação solar em energia elétrica em corrente contínua, e os inversores, que transformam a corrente contínua em corrente alternada, seguindo a frequência e tensão da rede elétrica (BORTOLOTO, 2017).

O Sistema Off Grid ou isolado não se conecta à rede elétrica, sendo assim, é o único responsável pelo abastecimento dos aparelhos ligados a ele. Para que os aparelhos estejam ligados mesmo em momentos com baixa ou nenhuma radiação precisa-se de um banco de baterias, que irá armazenar a energia excedente nos momentos de alta radiação. Esse tipo de sistema costuma ser encontrado em locais onde a rede elétrica não está disponível ou para projetos específicos. Neste sistema, além dos módulos fotovoltaicos, necessita-se de um banco de baterias, e em alguns casos de controladores de carga e inversores (BORTOLOTO, 2017).

Dimensionamento do sistema solar off grid

De modo a garantir seu funcionamento, será integrado ao projeto um sistema fotovoltaico off-grid, o que possibilitará sua atuação de forma independente da concessionária. Para o determinado projeto será utilizado um controlador de carga que conduzirá a energia excedente da radiação solar para as baterias que são utilizadas para o armazenamento da energia. Como a estação meteorológica possui somente equipamentos que usam corrente contínua não será necessário um inversor. Desse modo seu funcionamento pode ser de 24 horas, até mesmo em períodos nublados.

O primeiro dado importante para o dimensionado da energia solar é a irradiação solar local do lugar onde será implementada. A Figura 5 mostra a radiação solar na cidade de Itaperuna, RJ, local escolhido para a instalação da estação, de acordo com o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB).

Figura 5 – Irradiação Solar em Itaperuna

Estação: Itaperuna
Município: Itaperuna, RJ - BRASIL
Latitude: 21,201° S
Longitude: 41,849° O
Distância do ponto de ref. (21,206389° S; 41,889722° O): 4,3 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Piano Horizontal	0° N	6,21	6,39	5,26	4,57	3,88	3,59	3,71	4,52	4,93	5,23	5,15	6,03	4,95	2,79
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	21° N	5,62	6,09	5,39	5,11	4,89	4,54	4,59	5,25	5,21	5,10	4,76	5,39	5,15	1,56
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	19° N	5,70	6,15	5,40	5,08	4,63	4,47	4,53	5,20	5,21	5,13	4,82	5,47	5,15	1,68
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	25° N	5,46	5,97	5,35	5,15	4,79	4,67	4,71	5,33	5,21	5,02	4,64	5,22	5,13	1,33

Fonte: CRESESB

O segundo passo é o levantamento da carga da qual será instalada, fazendo assim um somatório com a potência de cada equipamento. Como a estação meteorológica deverá ficar ligada o tempo todo o somatório das potências deve ser multiplicado por 24 horas, conforme equações 1 e 2:

$$P = U \cdot I \quad (1)$$

$$P_s = \sum P \cdot 24 \quad (2)$$

Onde:

P é a potência do equipamento;

U é a tensão do equipamento;

I é a corrente do equipamento;

P_s é a potência total dos componentes no sistema solar.

Devido a exposição dos módulos fotovoltaicos ao tempo, deve-se considerar a perda de potência por sujeiras, portanto para isso divide-se o valor total da potência dos componentes pelo valor estimado para as perdas, obtendo-se a potência corrigida, conforme equação 3:

$$P_c = \frac{P_s}{pe} \quad (3)$$

Onde:

P_c é a potência corrigida;

P_s é a potência total dos componentes no sistema solar;

pe é o valor das perdas.

Tendo em vista os dados anteriores será possível determinar o número de módulos fotovoltaicos que serão utilizados. Esse cálculo é feito conforme equação 4, determinando primeiramente a potência produzida pelo sistema por dia, aqui a radiação solar do local será inserida:

$$P_T = \frac{P_c}{IS} \quad (4)$$

Onde:

P_T é a potência total diária do sistema solar;

P_c é a potência corrigida;

IS é a radiação solar no local.

Se tratando de um sistema off grid será necessário acrescentar um controlador de carga ao sistema. Este equipamento é responsável por controlar a tensão que chega ao banco de baterias, impedindo uma sobrecarga ou descarga excessiva, aumentando assim a vida útil das baterias (LINS, 2018).

O controlador deve ser escolhido de maneira que a sua capacidade seja superior à corrente gerada pelos painéis solares e a potência dos aparelhos da saída, conforme equação 5. Além disso, sua tensão de saída deve ser compatível com a tensão das baterias. O arranjo dos painéis solares deve ser feito de maneira a respeitar a tensão do controlador de carga, sendo assim, se a tensão resultante do conjunto de módulos for superior a tensão do controlador de carga, estes módulos deverão ser conectados em paralelo (LINS, 2018).

$$I_{cd} = \frac{P_T}{V_{bat}} \quad (5)$$

Onde:

I_{cd} é a corrente de saída do controlador;

P_T é a potência total diária do sistema solar;

V_{bat} é a tensão das baterias utilizadas.

Para o dimensionamento do banco de baterias considera-se a corrente do controlador de carga e as horas de sol pleno na área determinada para a instalação do sistema, conforme equação 6.

$$I_{bb} = I_{cd} \cdot H \quad (6)$$

Onde:

I_{bb} é a corrente do banco de baterias;

I_{cd} é a corrente de saída do controlador;

H é a hora de sol pleno no local instalado.

Para um dimensionamento correto das baterias é recomendável considerar que elas não serão utilizadas até atingir sua capacidade máxima de descarga, pois assim pode-se estender sua durabilidade e funcionalidade. Para tal correção considera-se a profundidade de descarga máxima, conforme equação 7:

$$I_{bbc} = \frac{I_{bb}}{de} \quad (7)$$

Onde:

I_{bbc} é a corrente corrigida do banco de baterias;

I_{bb} é a corrente do banco de baterias;

de é a descarga máxima da bateria.

DESENVOLVIMENTO

Todas as informações geradas pelos sensores serão processadas e enviadas para o serviço de banco de dados do FireBase, o Realtime Database. Neste banco de dados as informações serão separadas em duas categorias. A primeira, ou seja, o armazenamento, é aquela onde todos os valores enviados estarão guardados e a segunda, o instantâneo, é aquela que guardará somente o último conjunto de dados recebido. A função armazenamento mantém os dados guardados sob a TAG “Registros” e a função instantâneo atualiza as informações sob a TAG “Status”, como constata-se na figura 6.

Figura 6 – Estrutura Realtime Database



Fonte: Autoria própria (2021)

Para o desenvolvimento e envio do código para o microcontrolador ESP32 foi utilizada a plataforma Arduino IDE. Todos os programas desenvolvidos para este microcontrolador devem conter as funções bases “void setup” e “void loop”. A primeira função realiza a inicialização do sistema, garantindo que as condições iniciais necessárias sejam configuradas, ou seja, definindo pinos e conexões necessárias para o correto funcionamento do projeto. A segunda função supracitada é a responsável por manter a execução dos comandos em loop infinito.

A figura 7 exibe a parte inicial do código onde foram incluídas as bibliotecas necessárias para o desenvolvimento do firmware do projeto. Aqui também são definidos os dados que permitem acessar o projeto no FireBase, ou seja, a definição do endereço da página e da autenticação do projeto para onde os valores mensurados serão enviados. As informações para conexão à rede WiFi, a qual proverá o acesso à internet, também devem ser inseridas nesta seção. Por fim, são adicionadas as definições das variáveis e dos pinos onde os sensores foram conectados.

Figura 7 – Parte I do Código da ESP32

```
#include <WiFi.h> //Lib WiFi
#define DHTPIN 23
#include <SimpleDHT.h> //Lib DHT
#include <IOXhop_FirebaseESP32.h> //Lib Firebase
#include <ArduinoJson.h> //Lib para a manipulação de Json
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>

#define FIREBASE_HOST [REDACTED]
// Autenticação (no caso não estamos usando)
#define FIREBASE_AUTH [REDACTED]
//Intervalo entre cada leitura do sensor
#define INTERVAL 20000
#define SSID [REDACTED]
#define PASSWORD [REDACTED]

Adafruit_BMP085 bmp;
SimpleDHT11 dht;
//Variáveis que vão guardar o valor da temperatura e umidade
float temperature, humidity;
uint32_t lastTimeRead = 0;

float sensorVoltage;
float sensorValue=0;
float Valorfinal;
```

Fonte: Autoria própria (2021)

A figura 8 expõe a função “void setup” que inicia com a configuração da taxa de transferência dos dados através de “serial.begin”, com isto é possível se comunicar com algum dispositivo, como um monitor serial. A próxima função presente, “setupwifi”, descreve os comandos para a conexão com a rede WiFi, enquanto não se faz a conexão pontos são exibidos na tela do monitor, assim que conectado escreve-se o nome da rede e o número do IP recebido.

Figura 8 – Parte II do Código da ESP32

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  //Inicializa a conexão com a rede WiFi
  setupWiFi();
  //Inicializa a lib do Firebase
  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
  if(!bmp.begin()){
  }
}

void setupWiFi()
{
  WiFi.disconnect();
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  //Tenta conectar à rede que possui este SSID e senha
  WiFi.begin(SSID, PASSWORD);
  Serial.println("");
  //Enquanto não estiver conectado à rede WiFi
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  //Se chegou aqui está conectado
  Serial.println("");
  Serial.print("Connected to ");
  Serial.println(SSID);
  Serial.print("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}
```

Fonte: Autoria própria (2021)

Na próxima etapa observa-se a função “void loop”, onde primeiro se espera o tempo necessário para cada nova leitura e, após este tempo, se inicia a leitura dos sensores. Após a leitura dos sensores, os valores obtidos são enviados para o Firebase através das funções `sendToFirebaseNewRegister` e `sendToFirebaseUpdateStatus`. Pode-se enxergar essa sequência na figura 9.

Figura 9 – Parte III do Código da ESP32

```
void loop()
{
  //Tempo em milissegundos desde o boot do esp
  unsigned long now = millis();
  //Se passou o intervalo desde a última leitura
  if(now - lastTimeRead > INTERVAL)
  {
    //Faz a leitura do sensor
    readSensor();
    //Envia para o Firebase

    sendToFirebaseNewRegister();
    sendToFirebaseUpdateStatus();

    //Marca quando ocorreu a última leitura
    lastTimeRead = now;
    //Realiza a leitura da temperatura e umidade
  }
}
```

Fonte: Autoria própria (2021)

Na figura 10 vê-se a função responsável por ler os valores enviados para o microcontrolador pelos sensores que compõe a estação meteorológica. Para a leitura do sensor de umidade e temperatura segue-se o formato determinado pela biblioteca do componente. A segunda parte mostra a leitura do sensor de raios UV, para este componente são feitas dez leituras seguidas por uma média para a correção do valor, dividindo o último valor por uma constante determinada pelo fabricante, e como o sensor UV fica dentro de uma caixa de acrílico precisa-se fazer mais uma correção, que é a multiplicação feita na linha de `Valorfinal`, tornando-se assim a leitura mais precisa.

Figura 10 – Parte IV do Código da ESP32

```
void readSensor()
{
  float t, h;
  //Coloca o valor lido da temperatura em t e da umidade em h
  int status = dht.read2(DHTPIN, &t, &h, NULL);
  //Se a leitura foi bem sucedida
  if (status == SimpleDHTerrSuccess) {
    //Os valores foram lidos corretamente, então é seguro colocar nas variáveis
    temperature = t;
    humidity = h;
  }

  for (int i=1; i<=10;i++){ sensorValue += analogRead(35);}
  sensorValue = sensorValue/10;
  sensorVoltage = sensorValue/4095*3.3;
  Valorfinal = (sensorVoltage*2.94611727416);
}
```

Fonte: Autoria própria (2021)

A função `sendToFirebaseNewRegister` envia os dados obtidos no void `readSensor` para o armazenamento criado no Realtime Database do Firebase, estes são os dados armazenados sob a tag “Registros”. Já a função `sendToFirebaseUpdateStatus` atualiza os valores da tag “Status” da estação meteorológica, onde fica armazenado somente o último valor lido pelos senso-

res, ou seja, o valor atual. Deste modo, a cada nova leitura o valor armazenado é apagado e substituído pela nova informação. Os arquivos enviados para o Firebase devem estar no formato JSON, por isto, nas duas funções há a criação de um arquivo deste formato com os números lidos nos sensores, conforme exibido na figura 11.

Figura 11 – Parte V do Código da ESP32

```
void sendToFirebaseNewRegister() {  
  
    StaticJsonBuffer<150> jsonBufferSensor;  
    StaticJsonBuffer<50> jsonBufferTimestamp;  
    JsonObject sensorData = jsonBufferSensor.createObject();  
    sensorData["Pressao"] = bmp.readPressure();  
    sensorData["Temperatura"] = temperature;  
    sensorData["Umidade"] = humidity;  
    sensorData["Uvm"] = Valorfinal;  
    JsonObject timestamp = jsonBufferTimestamp.createObject();  
    sensorData["timestamp"] = timestamp;  
    Firebase.push("/Registros", sensorData);  
    jsonBufferTimestamp.clear();  
    jsonBufferSensor.clear();  
}  
  
void sendToFirebaseUpdateStatus() {  
  
    StaticJsonBuffer<150> jsonBufferSensor;  
    JsonObject sensorData = jsonBufferSensor.createObject();  
    sensorData["Pressao"] = bmp.readPressure();  
    sensorData["Temperatura"] = temperature;  
    sensorData["Umidade"] = humidity;  
    sensorData["Uvm"] = Valorfinal;  
    Firebase.set("/Status", sensorData);  
    jsonBufferSensor.clear();  
}
```

Fonte: Autoria própria (2021)

Para o dimensionamento do sistema solar utilizou-se as equações descritas no item Dimensionamento do Sistema Solar Off Grid, deste trabalho e, iniciou-se considerando a potência total sendo apenas a do microcontrolador, visto que todos os demais componentes são interligados a ela. Utilizando a equação 1 e de acordo com o valor do regulador de tensão que a ESP32 já possui internamente, sendo este o modelo AMS1117 de 3,3 V e de corrente de saída máxima de 1 A, encontrou o valor de potência (P) sendo 3.3 W. Entretanto para cálculos deve-se encontrar P_s , conforme a equação 2, obtendo-se o valor de 79,2 Whd para todo o sistema solar.

Considerando a exposição dos módulos ao tempo, foram inclusas as perdas causadas por poeira e folhas, contendo um fator de perda de 80%. Esse valor é usado no cálculo para que aumente a estimativa do consumo e não haja problemas por incapacidade de geração. Seguindo a equação 3 e considerando os valores já calculados e determinados, encontra-se uma potência corrigida (P_c) de 99 Whd. Na próxima etapa foi feito o dimensionamento do módulo fotovoltaico. Para isso precisou-se das horas de sol pleno, que é o valor estimado de tempo em um dia que o sol atuará de forma constante e mais eficaz.

Considerou-se o local para instalação da estação sendo Itaperuna, obtendo-se um período de 4,95 horas de sol pleno. Essa informação foi retirada do Site do CRESESB, conforme ilustrado na figura 5. Servindo-se da equação 4 a potência final do sistema solar (P_T) será de 20 Wp. Com o valor máximo a ser gerado, pôde ser selecionado o módulo e sua quantidade. Para este projeto foi escolhido utilizar um módulo com potência de 20 Wp.

Em seguida foi dimensionado o controlador de carga, que é o componente que irá enviar a energia gerada pelos módulos para as baterias e equipamentos.

Considerando que ele será usado para uma tensão de 12V, que é o valor de tensão mais usual das baterias, foi calculado a corrente mínima necessária para seu funcionamento conforme a equação 5. Sendo assim a corrente mínima do controlador será de 1,67 A.

O modelo analisado para implementação no projeto é o Controlador de Carga Solar 30a 12e24v PWM LCD que possui saída USB de 5V, visto que a ESP32 suporta uma tensão de 4,5 a 9 V.

Figura 12 – Ligação do Controlador de Carga



Fonte: Mercado Livre

Por fim foi calculado o valor do banco de baterias necessário, considerando o custo-benefício, a bateria escolhida foi de 12 V. Conforme equação 6 a corrente de do banco de baterias (I_{bb}) será de 8,25 Ah.

Sabendo-se que não é recomendável utilizar a bateria até o fim de sua capacidade de armazenamento, visando prezar por sua durabilidade, considerou-se usar apenas 60% de sua capacidade nominal, sendo essa sua profundidade de descarga. Substituindo valores na equação 7 chegou-se ao valor de 13,75 Ah de corrente corrigida do banco de baterias (I_{bbc}).

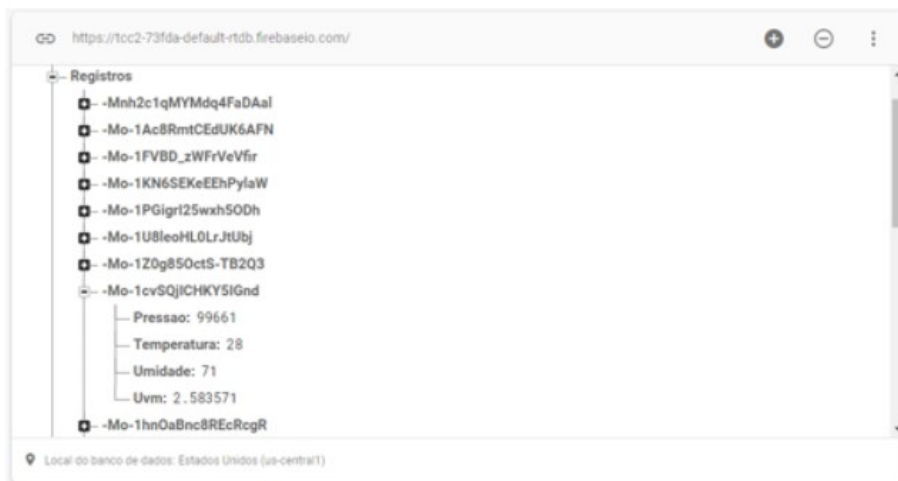
Com base nos valores calculados foi considerado utilizar 2 baterias de 12V ligadas em paralelo, sendo cada uma de 7A de corrente nominal, tendo-se assim um banco de baterias com capacidade de 12V - 14A.

Para esse dimensionamento não foi necessário utilizar inversor, visto que o próprio controlador de carga já possui saída USB de 5V.

RESULTADOS

Viu-se que os dados recebidos pela estação meteorológica estão sendo enviados para a plataforma do Firebase. Para acesso das informações disponíveis na plataforma é necessário fazer um login em conta permitida para acesso do projeto da estação meteorológica. A figura 13, mostra a TAG “Registros” e as informações em uma das sub TAGs mostrando as leituras, todas seguem um mesmo padrão alterando somente os elementos coletados. Já na figura 18 visualiza-se o conteúdo da TAG Status.

Figura 13 – Pasta Registos



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 14 – Pasta Status



Fonte: Autoria própria (2021)

Os usuários podem acessar as informações da estação meteorológica IoT também através de uma página HTML através de um link. Os valores mostrados na página HTML serão os mesmos visualizados na TAG Status do bando de dados, ou seja, os dados da última leitura feita e sendo atualizados constantemente, se a estação meteorológica IoT estiver conectada a internet. Na figura 15 constata-se o layout da página HTML desenvolvida utilizando o conceito “Mobile First”.

Figura 15 – Página HTML
Estação Meteorológica IOT



Fonte: Autoria própria (2021)

Como foi dito anteriormente nos objetivos específicos no quesito sistema fotovoltaico, a proposta do trabalho foi fazer o dimensionamento do sistema a fim de poder obter valores do custo para que o projeto se tornasse autônomo. Com as informações obtidas no decorrer do trabalho foi possível fazer uma pesquisa de valores, sendo assim conseguiu-se estipular um orçamento, conforme pode ser visto no quadro 1.

Quadro 1 – Orçamento do Sistema Fotovoltaico

QUANT.	ITEM	PREÇO
1 un.	Controlador de carga Solar 30a 12e24v PWM LCD	R\$ 52,00
1 un.	Painel solar fotovoltaico 20W	R\$ 129,00
2 un.	Baterias 12V- 7A	R\$ 140,00
5 m.	Cabo flexível 2,5mm	R\$ 10,00
TOTAL		R\$ 331,00

Fonte: Autoria própria (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conexão da Estação Meteorológica de Baixo Custo a plataforma Firebase, no serviço de banco de dados em nuvem, se mostrou eficiente e necessária, já que com os dados em nuvem é possível que estudos sejam feitos com as informações geradas no decorrer do tempo. Além de ser possível observar as informações também em tempo real em qualquer lugar. Além disso a característica de ser de baixo custo foi mantida, visto que o valor para a aquisição de uma estação meteorológica pronta é em torno de R\$ 1.500,00 a R\$ 3.000,00.

O funcionamento do protótipo, da plataforma e da página foram satisfatórios, e todos os objetivos propostos foram atingidos.

O orçamento e dimensionamento para a autossuficiência energética do projeto se mostrou eficaz matematicamente, mantendo um padrão de baixo custo, mesmo utilizando componentes com mais benefícios e disponibilidade para implementação em locais mais afastados de rede elétrica.

REFERÊNCIAS

BORTOLOTO, V. A. *et al.* Geração de Energia Solar On Grid e Off Grid. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 6., 2017, Botucatu. Anais ... Botucatu: Faculdade de Tecnologia de Botucatu, 2017.

BRAGA, R. P. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: 15 maio 2021.

FINHOLDT, G. *et al.* Desenvolvimento de uma Estação Meteorológica Automática para Manejo de Irrigação. REVENG, Viçosa, MG, v. 19, n. 4, p. 313-328, 2011.

FONSECA, F. T. P. da; MENDONÇA, H. G. Projeto e Implementação de Estação Meteorológica em IOT. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário

Redentor, Itaperuna, RJ, 2019.

HOPPE, I. L., IENSSE, A. C., SIMIONI, J. P. D., WOLLMANN, C. A., Comparação entre um abrigo meteorológico de baixo custo e a estação meteorológica oficial no INMET, em Santa Maria (RS). Revista Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37, n. 1, p.132-137, 2015.

LINS, L. R. P. Dimensionamento de Sistema Fotovoltaico Off Grid para Escritório Móvel. 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2018.

MERCADO LIVRE. Controlador de Carga Solar 30ª 12e24v Pwm Lcd. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1115983692-controlador-de-carga-solar-30a-12e24v-pwm-lcd-_JM>. Acesso em: 08 out. 2021

RIBEIRO, E. B. Energia Fotovoltaica - Estudo do funcionamento, instalação e sua viabilidade no Brasil. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 2018.

SANTOS, B. S.; SILVA, L. A. M.; CELES, C. S. F. S.; NETO, J. B. B.; PERES, B. S.; VIEIRA, M. A. M.; VIEIRA, L. F. M.; GOUSSEVSKAI, O. N.; LOUREIRO A. A. F., Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Trabalho acadêmico - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2016.

SANTOS, J. W.; JUNIOR, R. C. de L. Sistema de automatização residencial de baixo custo controlado pelo microcontrolador EPS32 e monitorado via smartphone. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial) - Departamento acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

VILARINHO, S. F. S. Influência da localização, nas medições efectuadas por uma estação meteorológica, no Campus de Gualtar. 2009. Tese (Mestrado em Física - Área de Especialização em Ensino) - Universidade do Minho, campus de Gualtar, Braga, Portugal, 2008.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi possível graças ao comprometimento do Orientador MSc. Rafael Lima de Oliveira, que nos auxiliou desde o início em todas as etapas da elaboração do presente trabalho. Agrademos também aos nossos familiares que nos apoiaram em diversos momentos para que pudéssemos concluir com afinho e dedicação nosso projeto.



AYA EDITORA
2021