



# CAPÍTULO 9

## DATA LOGGER PARA APLICAÇÕES EM ENERGIA EÓLICA<sup>1</sup>

**Maro Jinbo**  
**Marcelo Franklin Lorensetti**  
**Mauro Ceretta Moreira**  
**Bruno Leonardo Alves da Silva**  
**Carlos Filipe Gonçalves dos Santos**  
**Fernando Michelin Marques**

### RESUMO

O presente artigo trata de um registrador de dados que foi desenvolvido (*data logger*) para aplicações em energia eólica, prospecção do potencial dos ventos em um determinado local. Não foi homologado no INMETRO, portanto, não pode ser utilizado nas medições demandadas pela ANEEL para prospecção e o monitoramento de usinas eólicas, que exigem instrumentos de medições de primeira linha (*First Class*) (anemômetros, *wind vane*, termômetro, barômetro e higrômetro) (THIES, 2022) e *data logger* (KINTECH, 2022) aprovados para serem utilizados no Brasil. Assim sendo, este *data logger* desenvolvido é recomendado para medições preliminares de prospecção eólica, utilizando-se instrumentos de medições também de baixos custos e não homologados (WRFComercial). O *data logger* desenvolvido é constituído por uma unidade do RASPBERRY Pi4 model B, 5 unidades do ESP8266 (microcontrolador com wifi), um painel fotovoltaico de 150W, um regulador de carga, uma bateria estacionária de 55 Ah. Para obtenção dos resultados experimentais apresentados neste artigo utilizou-se instrumentos de baixo custo e não homologados, 1 anemômetro digital de 3 copos e 1 *wind vane*, 1 sensor de temperatura e umidade, 1 barômetro altímetro. Os dados medidos, velocidade do vento, direção do vento, temperatura, umidade, pressão e altitude foram armazenados na memória micro SD de 32 GB do Raspberry Pi4 a cada 1 segundo e estes podem ser acessados remotamente através da internet por um software, o VNC. Além disso, os 4 ESP8266 enviam os dados para um servidor nos EUA (Weblink), que também possibilita através de um link de internet visualizar uma parte dos dados coletados referente aos últimos segundos. O *data logger* desenvolvido apesar de não homologado tem capacidade de realizar medições de acordo com as exigências da norma IEC61400 e da ANEEL, inclusive com a utilização de instrumentos de medição *First Class*.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Data Logger*; Registrador de Dados; Energia Eólica; Prospecção Eólica.

### INTRODUÇÃO

Para o aproveitamento do potencial eólico em um determinado local é necessário conhecer as médias dos ventos para se tenha uma segurança nos investimentos em turbinas eólicas e para as faixas maiores de potências das turbinas eólicas, exigências da ANEEL, realizar as medições por um período de três anos. As grandezas velocidade dos ventos, direção dos ventos, temperatura, pressão e umidade devem ser medidos de acordo com as normas da



IEC 61400 (*International Standard for wind measurement, 2017*) e as exigências da EPE (Empresa de Pesquisa Energética) (EPE, 2015).

Atualmente as torres de medições anemométricas homologadas costumam ter de 90 a 120 m de altura e possuem pelo menos 3 anemômetros *First Class*, 2 *wind vane First Class*, 1 termômetro, 1 barômetro e 1 hidrômetro e o *data logger*. Além de acessórios como painéis fotovoltaicos, baterias, módulos de conexão com a internet ou telefonia móvel.

Em um determinado local que se deseja realizar uma prospecção eólica, iniciar estes estudos com torres e instrumentos de primeira linha (*First Class*) consiste em um investimento muito elevado. Portanto, este *data logger* de baixo custo e que pode ser ajustado para instrumentos de medições de baixos custos e também para os denominados *First Class* é uma solução interessante. Uma medição preliminar é bastante útil na tomada de decisões para maiores investimentos na prospecção.

## METODOLOGIA

A concepção do *data logger* do presente artigo foi idealizado baseando-se na experiência adquirida com outros dois sistemas desenvolvidos e testados anteriormente. O primeiro utilizava um microcontrolador PIC 18F4550 (ANDREOLA, 2016), realizava a leitura de dados anemométricos e armazenava-os em uma memória micro SD de 2GB e também apresentava os dados no *display* LCD de 2 linhas por 16 colunas. O segundo sistema utilizava o Arduino Nano, armazenava os dados em uma memória micro SD de 2GB e possuía módulo de comunicação *Bluetooth* o que dispensava o *display* e os valores mais recentes de dados podiam ser observados por um *smartphone*. Possuía um módulo GSM para envio de dados para um banco de dados utilizando a rede de telefonia móvel (LORENSETTI, 2018). Os dois sistemas funcionaram muito bem em condições de bancada de laboratório por meses, sem apresentar interrupções nas aquisições de dados. Esses *data loggers* quando foram expostos aos ambientes externos sob sol, chuvas, umidades, foram muito frequentes as falhas que ocasionaram perdas de dados.

No *data logger* desenvolvido do presente artigo utilizou-se o Raspberry Pi4 model B (RASPBERRY, 2022) que é muito utilizado em câmeras de vigilâncias em ambientes externos com inteligência artificial para reconhecimento de veículos e pessoas. Pode-se utilizá-lo com sistema operacional windows ou linux instalados na memória micro SD, com conexão a internet via *wifi* ou cabo. Assim sendo, os dados podem ser armazenados localmente e acessados a qualquer momento quando a internet esteja disponível no local.



Escolheu-se a utilização do ESP8266 (ESP8266, 2022) microcontrolador com *wifi*, para leitura dos instrumentos de medições anemométricas e para o envio dos dados via serial para o Raspberry Pi4. Além disso, o ESP8266 envia diretamente pela internet para um servidor de dados nos EUA, a Weblink (WEBLINK, 2022).

Realizado a escolha dos principais dispositivos que integram o *data logger*. Buscou-se recursos financeiros para o desenvolvimento. A proposta foi submetida a um edital de pesquisa e foi aprovada. Um bolsista de iniciação científica de graduação em engenharia de controle e automação foi alocado para trabalhar por 1 ano neste projeto.

Inicialmente elaborou-se um código em linguagem C para o ESP8266 que realizasse a leitura dos instrumentos de medições anemométricas e a comunicação com o Raspberry Pi e o servidor de dados. Elaborou-se um código em Python no Raspberry Pi para a comunicação com as 4 unidades do ESP8266 e o armazenamento dos dados recebidos na memória micro SD.

Montou-se o *data logger* em um quadro elétrico, com bateria, painel fotovoltaico, regulador de cargas e as conexões com os instrumentos de medições. Realizou-se testes em bancada do sistema para resolução dos problemas que surgiam. Resultou em um sistema que não apresentasse falhas, funcionando corretamente por semanas. Próxima etapa seriam testes em campo, ambientes externos e a verificação de eventuais problemas que possam surgir e encontrar soluções.

## DATA LOGGER EÓLICO DESENVOLVIDO

A Tab. 1 apresenta os dispositivos que constituem o *data logger* desenvolvido com destaque ao Raspberry Pi4 model B e os ESP8266 microcontrolador com *wifi on board*.

**Tabela 1:** *data logger* eólico.

Dispositivo	Função
(1) Raspberry Pi4 Model B 4GB RAM, micro SD32GB	Salvar os dados coletados em uma memória micro SD e permitir o acesso pela internet
(2) ESP8266 microcontrolador com wifi	4 unidades para as leituras dos instrumentos das grandezas meteorológicas
(3) ESP8266 Reset	1 unidade que permite o <i>reset</i> remoto de todo sistema
(4) Regulador de cargas PWM 30A	Recebe a energia do painel fotovoltaico, carrega bateria e pode alimentar o <i>data logger</i>
(5) Bateria estacionária 12V 55 Ah	Fornecer energia em caso de falta de fornecimento pela rede elétrica
(6) Cabos USB	Conexões seriais entre os 4 ESP8266 e o Raspberry Pi4
(7) Painel fotovoltaico de 150W	Fornecer energia em caso de falta pela rede elétrica

Fonte: Autoria própria, 2022.



A Fig. 01 apresenta o quadro elétrico do *data logger* desenvolvido: (1) Raspberry Pi4 model B, (2) ESP8266 leitores dos instrumentos meterológicos, (3) ESP8266 *reset* do sistema, (4) Regulador de cargas PWM 30A, (5) Bateria estacionária 12V 55Ah, (6) Cabos USB para comunicações seriais entre os ESP8266 e o Raspberry Pi4.

#### RASPBERRY Pi4

Utilizou-se o Raspberry Pi4 Model B, 4GB de memória RAM, cartão micro SD Classe 10 (rápida) de 32 GB, cooler para ventilação, *case* (caixa plástica de proteção) e fonte de alimentação com interruptor. Instalou-se o sistema operacional Linux Raspbian, pois este possui todos os drivers para funcionar todos os periféricos, incluindo o módulo wifi para conexão com a internet. Além disso foi instalado o compilador Python Pycharm e o software VNC para acesso remoto.

**Figura 1:** Vista frontal do *data logger* desenvolvido.



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

Utilizou-se o Pycharm para compilar os códigos em linguagem e programação Python. Desenvolveu-se em Python um código, cujo arquivo denominou-se *datalogger.py*. Este executa as comunicações seriais com as 4 unidades de ESP8266 e salva os dados obtidos em 4 arquivos *.txt* que denominaram-se *dadosx.txt* ( $x=a,b,c,d$ ). Executando-se o código *datalogger.py* inicia-se o recebimentos dos dados e o salvamento nos arquivos *.txt*.



O sistema operacional Raspbian possui o VNC integrado e para utilizá-lo basta habilitá-lo. Assim é possível acessar remotamente a memória micro SD de 32GB do Raspberry através da internet por um outro computador com o VNC instalado e com o endereço IP do Raspberry.

#### ESP8266 - LEITURA DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Utilizou-se 4 unidades do ESP8266 que são microcontroladores com *wifi* integrados conectados aos instrumentos de medições meteorológicas. A utilização de anemômetros digitais com saídas pulsadas, incluindo os chamados *First Class*, necessitam da utilização de entradas digitais específicas do ESP8266, entradas para interrupções externas. Este possui duas entradas para esta finalidade. Necessita-se também da programação de uma rotina de interrupção para essas entradas específicas que contabilize o intervalo de tempo transcorrido entre as interrupções externas. Assim, consegue-se medir a rotação do anemômetro, portanto, a leitura da velocidade dos ventos.

Considerando-se que o *data logger* possui 4 ESP8266, pode-se conectar até 8 anemômetros digitais. A utilização das entradas analógicas para leitura de instrumentos também é bastante simples. A saída *wind vane* é conectado em uma das entradas analógicas. Este sensor de direção do vento trata-se de um resistor variável em 360°. Além disso, na programação em C do ESP8266 pode-se utilizar a IDE (software de programação) do Arduino que possui muitas bibliotecas prontas para a utilização de vários outros sensores como os de temperatura, umidade e pressão.

Uma das características que foram determinantes também para a escolha do ESP8266 como dispositivo de leitura foi o seu módulo *wifi*. O que possibilitou o envio de dados de segundo em segundo para um servidor de dados nos EUA, o WEBLINK. Além disso, possibilitou disponibilizar os últimos dados lidos em um *link* de internet. Isto necessitou uma programação em PHP dentro do site da WEBLINK.

#### ESP8266 – RESET REMOTO DO DATA LOGGER

O *data logger* possui 1 ESP8266 que tem a finalidade de reinicializar o sistema remotamente. Em uma de suas saídas digitais tem conectado um relé, este quando comandado liga e desliga a alimentação do sistema. Um código em C foi elaborado para que esse ESP8266 se conecte na internet e seja acessível através de um site denominado Adafruit (ADAFRUIT, 2022). Pode-se ressetar através de um *smartphone* ou computador.



## RESULTADOS EXPERIMENTAIS

O teste de funcionamento com o *data logger* desenvolvido foi realizado em condições de banca de laboratório, sem exposições ao sol, chuvas e umidades. Somente o painel fotovoltaico ficou exposto. Foram duas etapas de testes, uma para o período de desenvolvimento, onde os códigos foram gradativamente sendo elaborados para os ESP8266 e para o Raspberry. A outra para verificar o seu correto funcionamento de acordo com o esperado. Por fim o sistema ficou pelo menos 1 mês funcionando ininterruptamente sem apresentar problemas.

### SENSORES UTILIZADOS PARA EXPERIMENTO

A velocidade do vento foi medida utilizando-se um anemômetro digital de 3 copos fabricado em alumínio. Este gera um pulso por revolução (WRFComercial, 2022). Não se trata de um instrumento *First Class*, mas é de saída pulsada também. Utilizou-se um CI 4050 como opto acoplador, pois foi utilizado um cabo de 20 m de comprimento entre o anemômetro e o ESP8266 que realiza a sua leitura.

A direção do vento foi medida utilizando-se, um *wind vane* sensor de direção do vento também do mesmo fabricante do anemômetro. Este possui saída analógica de 0 a 5V de acordo com a posição angular de 0 a 360°, mas segue o princípio de funcionamento de um *First Class*.

O sensor de temperatura e umidade foi o DTH11 (DTH11, 2022) conectado na entrada digital do ESP8266. Bibliotecas já estão disponíveis na própria IDE de programação, facilitando muito a sua utilização.

O sensor de pressão e altitude foi o BMP180 (BMP180, 2022) conectado a uma entrada digital do ESP8266. Este sensor também possui bibliotecas prontas na IDE e também de fácil utilização.

### DADOS ARMAZENADOS NA MEMÓRIA DO RASPBERRY

A seguir na Tab. 2 apresenta-se um trecho de linhas de dados extraídas na íntegra do arquivo dataloggerA.txt armazenadas na memória micro SD de 32GB do Raspberry Pi4. AS colunas são respectivamente, data, hora, grandeza e o valor lido. Sendo a temperatura em graus Celsius, umidade relativa em percentual, pressão em milibar, altitude em metros, rotação do anemômetro em RPM, velocidade do vento em m/s, a direção do vento em graus e o intervalo da interrupção em milissegundos.



**Tabela 2:** data, hora, velocidade do vento, direção do vento, temperatura, umidade, pressão e altitude.

2021-12-05 09:03:11.311343 b'Temperatura:27.10\r\n'  
 2021-12-05 09:03:11.656536 b'01-Temperatura:27.10\r\n'  
 2021-12-05 09:03:11.677411 b'02-Umidade:50.00\r\n'  
 2021-12-05 09:03:11.695033 b'03-Pressao : 940.150 mb\r\n'  
 2021-12-05 09:03:11.712747 b'04-Altitude : 626.93 m\r\n'  
 2021-12-05 09:03:11.730195 b'05-RPM:126\r\n'  
 2021-12-05 09:03:11.747543 b'06-Vento:3.90\r\n'  
 2021-12-05 09:03:11.766152 b'07-Direcao:1.00\r\n'  
 2021-12-05 09:03:11.777621 b'DifeTempo:469\r\n'  
 2021-12-05 09:03:11.788868 b'Temperatura:27.10\r\n'  
 2021-12-05 09:03:12.198400 b'200\r\n'  
 2021-12-05 09:03:12.209880 b'OK\r\n'  
 2021-12-05 09:03:12.220559 b'27.10 50.00 3.90 1.00 940.15\r\n'  
 2021-12-05 09:03:12.230907 b' DifeTempo:466\r\n'  
 2021-12-05 09:03:12.241515 b'Temperatura:27.10\r\n'  
 2021-12-05 09:03:12.662356 b'DifeTempo:443\r\n'  
 2021-12-05 09:03:12.684770 b'Temperatura:27.10\r\n'  
 2021-12-05 09:03:13.107235 b'DifeTempo:457\r\n'  
 2021-12-05 09:03:13.126182 b'Temperatura:27.10\r\n'  
 2021-12-05 09:03:13.240615 b'01-Temperatura:27.10\r\n'  
 2021-12-05 09:03:13.257338 b'02-Umidade:50.00\r\n'  
 2021-12-05 09:03:13.274323 b'03-Pressao : 940.190 mb\r\n'  
 2021-12-05 09:03:13.293563 b'04-Altitude : 627.11 m\r\n'  
 2021-12-05 09:03:13.310084 b'05-RPM:131\r\n'  
 2021-12-05 09:03:13.324665 b'06-Vento:4.04\r\n'  
 2021-12-05 09:03:13.338571 b'07-Direcao:1.00\r\n'

**Fonte:** Autoria própria, 2021.

## DADOS ENVIADOS AO SERVIDOR DE DADOS E APRESENTADOS NA INTERNET

A seguir na Tab. 3 apresenta-se os dados que foram enviados pelos ESP8266 ao banco de dados da WEBLINK nos EUA e são possíveis de serem visualizados através de um *link* de internet. Necessitou-se de uma programação em PHP dentro do banco de dados para possibilitar essa visualização. Alguns segundo não aparecem os dados no *link* de internet mas na base de dados estão sem falhas ou perdas.

**Tabela 3:** registros de dados em um servidor de dados e apresentados em um endereço de internet.

Data	Hora	Temperatura °C	Umidade %	RPM	Veloc. Vento m/s	Dirção Vento graus
2022-03-20	03:48:14	19.6	76	182	2.81	94
2022-03-20	03:48:13	19.6	76	166	2.57	104
2022-03-20	03:48:11	19.6	76	165	2.54	103
2022-03-20	03:48:10	19.6	76	185	2.86	107
2022-03-20	03:48:08	19.6	76	197	3.04	119
2022-03-20	03:48:07	19.6	76	205	3.16	109
2022-03-20	03:48:05	19.6	76	208	3.21	107
2022-03-20	03:48:04	19.6	76	209	3.23	107
2022-03-20	03:48:02	19.6	76	187	2.89	108
2022-03-20	03:48:01	19.6	76	186	2.87	103
2022-03-20	03:47:59	19.6	77	198	3.06	110



2022-03-20	03:47:58	19.6	77	209	3.23	103
2022-03-20	03:47:56	19.6	77	200	3.08	97
2022-03-20	03:47:55	19.6	77	214	3.3	107
2022-03-20	03:47:53	19.6	77	223	3.43	119
2022-03-20	03:47:52	19.6	77	220	3.4	97
2022-03-20	03:47:50	19.6	77	215	3.32	108
2022-03-20	03:47:49	19.6	77	233	3.59	119
2022-03-20	03:47:47	19.6	77	199	3.07	91

Fonte: Autoria própria, 2022.

## CONCLUSÕES

O *data logger* desenvolvido funcionou corretamente em ambiente de laboratório, coletando dados de velocidade dos ventos, direção dos ventos, temperatura, umidade, pressão e altitude a cada segundo e armazenando-os na memória micro SD de 32GB do Raspberry. O acesso aos arquivos *dataloggerA.txt*, *dataloggerB.txt*, *dataloggerC.txt* e *dataloggerD.txt* da memória micro SD, através do software VNC, a partir de um computador permitiu copiar os arquivos de forma remota. Além disso, o sistema enviou os dados para um banco de dados e apresentou algumas dessas grandezas selecionadas em um *link* na internet. Possibilitando visualizá-los pelo computador ou *smartphones*.

Como trabalhos futuros a sugestão seria realizar ensaios de 6 meses a 1 ano com o *data logger* colocado em campo, sob condições de sol, chuva, umidade e verificar eventuais falhas que o sistema venha apresentar e resolvê-los. Outra sugestão seria implementar um código de coleta de dados que realize a média das grandezas a cada 10 minutos e calcule o desvio padrão dessas grandezas, enviando e armazenando somente estas informações.

## REFERÊNCIAS

ADAFRUIT. Disponível em: <<https://www.adafruit.com>> Acessado em 01 abril de 2022.

ANDREOLA, A.T.; Jinbo, M. *Low cost data acquisition system for wind prospecting. 12th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON), 2016.*

BMP180. Sensor de pressão e altitude. Disponível em: <<https://www.adafruit.com>> Acessado em 01 abril de 2022.

DHT11. *Humidity & Temperature Sensor*. Disponível em: <<https://www.mouser.com>> Acessado em 01 abril de 2022.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). *Instalação de Estações Anemométricas. Boas Práticas*. RJ, 2015.





ESP8266. Disponível em: <<https://www.esp8266.net>> Acessado em 01 abril de 2022.

IEC61400-12-1:2017 *International Standard for wind measurement*, 2017.

KINTECH. *Leading Manufacturer of Data Loggers for Wind And Solar Measurement*. Disponível em: <<https://www.kintech-engineering.com>>. Acessado em 01 abril de 2022.

LORENSETTI, M.F. Sistema Integrado de Prospecção Eólica On-Line para Microgeração. UnoChapecó Engenharia Elétrica TCC, 06/2018.

RASPBERRY PI. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org>> Acessado em 01 abril de 2022.

THIES. Fabricante de anemômetros First Class. Disponível em: <<https://www.thiesclima.com>>. Acessado em 01 abril de 2022.

WEBLINK. Servidor de Dados. Disponível em: <<https://www.weblink.com.br>> Acessado em 01 abril de 2022.

WRFComercial. Estações meteorológicas. Disponível em: <<https://www.wrfcomercial.com.br>> Acessado em 01 abril de 2022.