

## Protótipo de micro estação meteorológica para pesquisa de dados atmosféricos na região do Pantanal Matogrossense

Fabiano da Guia Rocha<sup>1</sup>, Luiz Filipe de Jesus do Nascimento<sup>2</sup>, Renan Teotônio dos Santos<sup>1</sup>, Wallatan França Pinho de Souza<sup>1</sup>, Lucas Campos Borges<sup>1</sup>, Ana Letícia de Oliveira<sup>1</sup>, Monique Virães Barbosa dos Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Cáceres – Prof. Olegário Baldo (IFMT)  
Caixa Postal 244 – 78.200-000 – Cáceres, MT – Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva  
78.005-200 – Cuiabá, MT - Brasil

{fabiano.rocha, monique.santos, ana.oliveira}@cas.ifmt.edu.br,  
{lfjnascimento, renantn93, wallatansouza, lucas.campos.borges}@gmail.com

**Abstract.** *This project consists in the development of a meteorological micro-station using the Arduino platform and its components. Based on sensors of temperature, air humidity, atmospheric pressure and air quality, the micro-station collects environmental data that allows modeling the regions. The collected data have been compared with INMET public data. Using the Arduino platform together with the sensors, it was possible to implement the environmental measurements with a good degree of reliability.*

**Resumo.** *Este projeto consiste no desenvolvimento de uma micro estação meteorológica utilizando a plataforma Arduino e seus componentes. Com base em sensores de temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica e de qualidade do ar, a micro estação coleta dados ambientais que permitem modelar as regiões. Os dados coletados foram comparados com dados públicos do INMET. Com o uso da plataforma Arduino e os sensores foi possível realizar as medições ambientais com um bom grau de confiabilidade.*

### 1. Introdução

O experimento em grande escala da biosfera-atmosfera na região do Pantanal Matogrossense, tem por objetivo contribuir para o entendimento dos mecanismos que regem os processos de interação entre a superfície e a atmosfera. Os resultados desse mapeamento podem ser aplicados na consolidação de políticas relacionadas ao uso sustentável dos recursos naturais, bem como pode-se propor estudos adicionais com o objetivo de identificar possíveis causas de diferentes resultados no mapeamento da região.

Nesta pesquisa buscou-se desenvolver um protótipo de micro estação meteorológica, de baixo custo e de fácil implantação, que permita realizar medições e monitoramento ambiental, sendo este o passo inicial para fornecer subsídios tecnológicos necessários para realizar o mapeamento em grande escala da biosfera-atmosfera na região do Pantanal Matogrossense, em especial em Cáceres-MT. Neste sentido, busca-se realizar o mapeamento da região utilizando alternativas tecnológicas com a capacidade de minimizar custos e maximizar informações medidas pelos sensores e equipamentos.

A tecnologia proposta consiste no desenvolvimento de micro estações meteorológicas construídas na plataforma Arduino e sensores eletrônicos que permitam aferir parâmetros como temperatura, umidade, pressão do ar, altitude e qualidade do ar. Tais componentes devem compor harmoniosamente uma solução capaz proporcionar a coleta e armazenamento de dados das variáveis ambientais que servirão de base para análise e geração do mapeamento da região.

## 2. Arquitetura

Os microcontroladores estão presentes na maioria dos equipamentos eletrônicos, desde simples rádios a complexos sistemas de automação residencial. A aplicação deste componente nos aparelhos eletrônicos contribui na diminuição do seu valor de custo, pois o valor do chip é bem menor em relação as alternativas encontradas no mercado além de ser capaz de substituir um grande número de outros componentes, contribuindo para compactação dos equipamentos que utilizam esta tecnologia [Robótica Livre, 2011].

Martins (2005) descreve os microcontroladores como pastinhas inteligentes dotadas de um processador, pinos de entrada/saída e uma memória. Pode-se considerar que os microcontroladores integram em um único chip elementos computacionais que podem ser programados para realização de tarefas específicas. A difusão do uso de microcontroladores acarretou o seu barateamento, que aliado a facilidade de uso, tem impulsionado o desenvolvimento de ferramentas melhores e mais simples. Um bom exemplo desse avanço tecnológico que tem se popularizado é a plataforma Arduino.

### 2.1. Plataforma Arduino

A plataforma Arduino, criada em 2005 na Itália, é uma plataforma de prototipagem de hardware eletrônica, sendo que neste projeto faremos uso do Arduino UNO R3 (Figura 1) cotado a R\$110. O Arduino UNO é composto por 14 pinos digitais de entrada/saída, sendo 6 entradas com Modulação por Largura de Pulso (PWM), 6 entradas analógicas, conexão USB, entrada de alimentação e botão de reset (ARDUINO, 2005).

A plataforma Arduino foi a escolhida para uso neste projeto por sua facilidade de uso, sendo uma tecnologia emergente e conta com diversas fontes de consulta; seu custo relativamente baixo na aquisição da plataforma e de seus sensores; ser multiplataforma; IDE de programação baseada em uma linguagem padrão C/C++; hardware e software de fonte aberta; conta com bibliotecas para facilitar o desenvolvimento de aplicações sem a necessidade de programar à nível de hardware; ampla variedade de sensores e *shields* para estender as funcionalidades do Arduino.



Figura 1: Plataforma Arduino Uno

## 2.2. Sensores e dispositivos utilizados

Para aferir os valores das variáveis do ambiente, neste projeto fizemos uso de sensores compatíveis com a plataforma Arduino, sendo descritos a seguir.

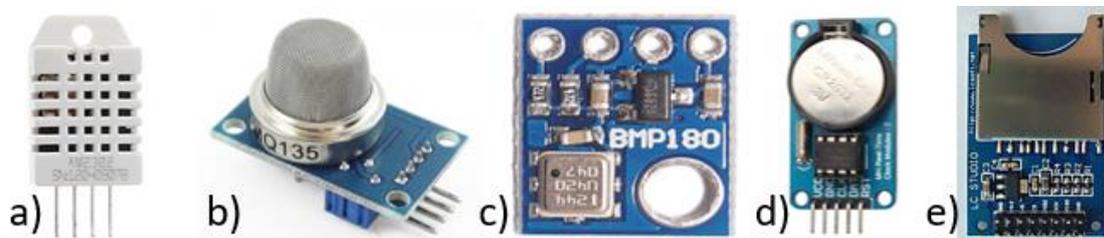


Figura 2: DHT22, MQ135, BMP180, RTC DS1307, Módulo Cartão SD

### 2.2.1. Sensor de temperatura e umidade - DHT22

O sensor DHT22 (Figura 2a), cotado a R\$36, é capaz de efetuar leituras de temperatura entre  $-40$  à  $80^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar entre 0 a 100%, conforme as especificações técnicas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Especificação do sensor DHT22

Modelo	DHT22
Alimentação	3.3 ~ 6V DC
Sinal de Saída	Sinal digital via single-bus
Elemento de detecção	Capacitor de polímero
Faixa de operação	Umidade 0-100%RH; temperatura $-40\sim 80^{\circ}\text{C}$
Precisão	Umidade 0.1%RH; temperatura $0.1^{\circ}\text{C}$

O sensor foi utilizado para aferir umidade e temperatura por meio da biblioteca DHT-sensor-library-master da Adafruit Industries. A conexão é realizada através de 4 pinos, sendo 2 dedicados a alimentação, um pino digital para comunicação e o pino null. No projeto o módulo foi alimentado com a saída 5V do Arduino com o auxílio de uma protoboard e o canal de comunicação conectado diretamente ao pino digital 8 do Arduino.

### 2.2.2. Sensor de gás - MQ135

O módulo sensor de gás MQ135 (Figura 2b), cotado a R\$20, afere a concentração de gases poluentes presentes no ar utilizando em sua estrutura uma resistência sensível que altera seu valor quando submetida à uma atmosfera que contenha gases como amônia, dióxido de carbono, benzeno, óxido nítrico, fumaça e álcool, sendo indicado pelo fabricante um tempo de pré-aquecimento da resistência para uma medição precisa. O módulo possui 2 pinos dedicados à alimentação, uma saída digital com resistência ajustável e uma saída analógica, para este trabalho foi utilizado apenas os valores provenientes da saída analógica, que foi conectada diretamente ao pino 0 do Arduino.

### 2.2.3. Sensor de Pressão Barométrica - BMP180

O sensor BMP180 (Figura 2c), cotado a R\$ 24, é capaz de mensurar a pressão atmosférica e temperatura do ambiente. O sensor é conectado ao Arduino utilizando por padrão o pino analógico 4 para a conexão ao SDA (*Serial Data*) e o pino analógico 5 para o SCL (*Serial clock*), e dois pinos reservados para alimentação de 3.3V. Para realizar a comunicação utilizamos a biblioteca Adafruit-BMP085-Library-master desenvolvida pela Adafruit

Industries. Como a micro estação já contava com um medidor de temperatura, o DHT22, utilizamos apenas os valores da pressão atmosférica fornecida pelo BMP180, enquanto o valor da altitude foi estimado através da fórmula barométrica especificada no *Datasheet* do BMP180 pela Bosch Sensortec, sendo  $p_0$  a pressão a nível do mar e  $p$  a pressão aferida pelo sensor.

$$Altitude = 44330 * \left( 1 - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{5.255}} \right)$$

#### 2.2.4. Relógio de Tempo Real - DS1307

O relógio de tempo real (*Real Time Clock - RTC*), módulo DS1307 (Figura 2d) com valor cotado em R\$15, tem por função fornecer informações de data e hora. Ele conta com uma bateria 2032 que tem o objetivo de prover sua autonomia energética, evitando possíveis inconsistências nos dados de data e hora por falta de energia.

#### 2.2.5. Módulo Cartão SD Card

O Módulo de Cartão SD Card (Figura 2e), cotado em R\$15, permite a leitura e escrita de informações em cartão de memória SD, com fácil ligação ao Arduino e outros microcontroladores. No projeto fizemos uso do módulo para armazenar os valores aferidos pelos sensores em determinado instante de tempo obtido pelo RTC. O armazenamento automático permite a autonomia de medições feitas pela micro estação em intervalos de tempo programados.

#### 2.2.6. Protoboard e Jumpers

A *protoboard* ou matriz de contato, contada a R\$17, é utilizada como base para a criação de circuitos eletrônicos. Nela contém furos ligados na vertical e horizontal por uma placa metálica localizada logo abaixo, no qual tem como vantagem dispensar o uso de solda no momento da prototipação de circuitos, podendo fazê-lo por meio dos *jumpers*.

Os *jumpers*, cotado a R\$13, são pequenos condutores metálicos, cuja a finalidade é conectar dois pontos distintos de um circuito eletrônico. Sua estrutura é composta normalmente por um fio condutor metálico encapsulado por material isolante. No projeto foi utilizada uma *protoboard* de 830 pontos e *jumpers* para a prototipação da estação como forma de prover a interligação entre a placa Arduino e os sensores.

### 3. Metodologia

No desenvolvimento deste projeto, buscou-se utilizar a plataforma Arduino como base para a criação do protótipo da micro estação que, uma vez conectada aos demais sensores permitiu aferir as variáveis ambientais desejadas. Essa tecnologia arquitetada sob a plataforma Arduino deve prover o armazenamento dos dados coletados pelos sensores, gravando os dados em cartão SD, registrando o horário da medição e os valores aferidos de temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica e qualidade do ar.

Os dados das variáveis ambientais obtidos pela micro estação foram comparados à dados públicos, no qual procedemos com as análises das possíveis equivalências de resultados e erros encontrados.

#### 3.1. Localização Micro estação e INMET

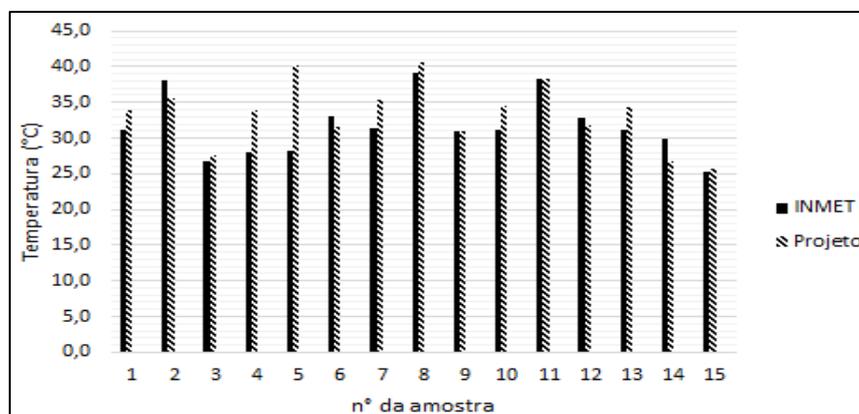


O sensor DHT22 utilizado para aferir a variável meteorológica de temperatura opera com precisão de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . No período aferido obtivemos os valores descritos na Tabela 2 que foram comparados com os dados públicos fornecidos pelo INMET. Com base nos dados obtidos observa-se que, desconsiderando-se os *outliers* (amostras n° 5 e 14), é possível modelar o quesito temperatura média com certo grau de confiabilidade, tendo sido obtido no projeto a temperatura média de  $33,4^{\circ}\text{C}$ .

**Tabela 2: Dados meteorológicos de Temperatura (INMET x Micro Estação)**

Data	Horário		INMET ( $^{\circ}\text{C}$ )	Projeto ( $^{\circ}\text{C}$ )	Erro (%)	
	UTC	Cuiabá-MT				
1	09/10/2017	12	9	31,2	33,9	8,7%
2	09/10/2017	18	15	38,2	35,6	-6,8%
3	10/10/2017	0	21h - 09/10	26,8	27,6	3,0%
4	10/10/2017	12	9	28,0	33,8	20,7%
5	10/10/2017	18	15	28,2	40,3	42,9%
6	11/10/2017	0	21h - 10/10	33,0	31,6	-4,2%
7	11/10/2017	12	9	31,4	35,4	12,7%
8	11/10/2017	18	15	39,1	40,6	3,8%
9	12/10/2017	0	21h - 11/10	31,0	31,0	0,0%
10	12/10/2017	12	9	31,2	34,6	10,9%
11	12/10/2017	18	15	38,3	38,3	0,0%
12	13/10/2017	0	21h - 12/10	32,8	31,9	-2,7%
13	13/10/2017	12	9	31,2	34,4	10,3%
14	13/10/2017	18	15	30,0	26,7	-11,0%
15	14/10/2017	0	21h - 13/10	25,2	25,6	1,6%

Se comparado a temperatura média de  $31,7^{\circ}\text{C}$  do INMET no mesmo período, observa-se erro de +5%. Ressalta-se o valor aferido na amostra n° 11, no qual obteve-se valor idêntico ao INMET em  $38,3^{\circ}\text{C}$ . Outra observação importante a ser feita é quanto a localidade e as condições em se realiza a aferição, fato este que pode justificar os valores aferidos serem divergentes entre o do projeto e do INMET. Na continuidade do projeto, estuda-se utilizar como sensor auxiliar à medição do parâmetro de temperatura o módulo BMP180.



**Figura 4: Gráfico comparativo de Temperatura (INMET x Micro Estação)**

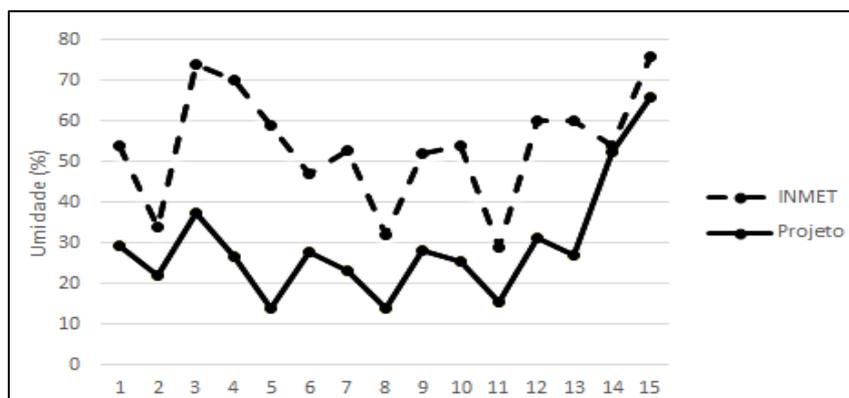
## 4.2. Umidade do Ar

O parâmetro umidade do ar foi aferido utilizando o sensor DHT22. Observa-se que os valores obtidos (Tabela 3) pela micro estação divergem consideravelmente dos valores do INMET. Devido à esta divergência nos valores, acreditamos que o sensor DHT22 não seria o sensor ideal para ser utilizado na micro estação, pois apresenta grandes oscilações em suas medições. Outro ponto a ser considerado é a localização e as condições de coleta de dados, que são diferentes entre a estação do INMET e a micro estação.

**Tabela 3: Dados meteorológicos de Umidade do Ar (INMET x micro estação)**

	Data	Horário		INMET	Projeto
		UTC	Cuiabá-MT	(%)	(%)
1	09/10/2017	12	9	54	29,2
2	09/10/2017	18	15	34	21,8
3	10/10/2017	0	21h - 09/10	74	37,3
4	10/10/2017	12	9	70	26,6
5	10/10/2017	18	15	59	14
6	11/10/2017	0	21h - 10/10	47	27,8
7	11/10/2017	12	9	53	23,3
8	11/10/2017	18	15	32	13,7
9	12/10/2017	0	21h - 11/10	52	28,3
10	12/10/2017	12	9	54	25,4
11	12/10/2017	18	15	29	15,3
12	13/10/2017	0	21h - 12/10	60	31,3
13	13/10/2017	12	9	60	26,8
14	13/10/2017	18	15	54	52,5
15	14/10/2017	0	21h - 13/10	76	66

Apesar da considerável divergência dos valores aferidos, pode-se notar que a medição feita pela micro estação assemelha-se em comportamento aos dados aferidos pelo INMET, como pode ser observado na Figura 5. O melhor resultado obtido foi o aferido na amostra 14, no qual o valor obtido encontra-se dentro do intervalo de precisão do sensor.



**Figura 5: Gráfico comparativo de Umidade do Ar (INMET x Micro Estação)**

Durante os experimentos o sensor DHT22 apresentou instabilidade, tendo comportamento inesperado o que motivou a trocar o sensor. Na continuidade do trabalho,

considera-se a possibilidade de uso de outros sensores para aferição do parâmetro umidade, tais como o DHT11 e outros.

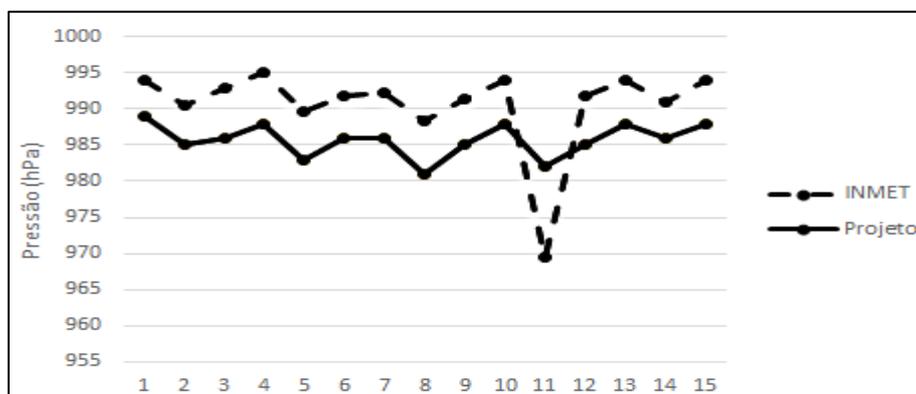
### 4.3. Pressão Atmosférica

O sensor de pressão BMP180 apresentou valores aferidos (Tabela 4) com bom grau de precisão, variando de 0,5 a 0,7% (4,9 a 7,9 hPa) a menos se comparado aos dados do INMET. Nos dados aferidos na micro estação, a maior variação ocorreu na amostra n° 11 com uma diferença de 12,6 hPa a mais.

**Tabela 4: Dados de Pressão Atmosférica (INMET x micro estação)**

	Data	Horário		INMET	Projeto
		UTC	Cuiabá-MT	(hPa)	(hPa)
1	09/10/2017	12	9	994	989
2	09/10/2017	18	15	990,5	985
3	10/10/2017	0	21h - 09/10	993	986
4	10/10/2017	12	9	995,1	988
5	10/10/2017	18	15	989,7	983
6	11/10/2017	0	21h - 10/10	991,8	986
7	11/10/2017	12	9	992,3	986
8	11/10/2017	18	15	988,4	981
9	12/10/2017	0	21h - 11/10	991,4	985
10	12/10/2017	12	9	993,9	988
11	12/10/2017	18	15	969,4	982
12	13/10/2017	0	21h - 12/10	991,8	985
13	13/10/2017	12	9	993,9	988
14	13/10/2017	18	15	990,9	986
15	14/10/2017	0	21h - 13/10	993,9	988

A Figura 6 ilustra o comportamento do parâmetro pressão atmosférica obtido pela micro estação e os dados do INMET no qual, com exceção da amostra 11 tem-se similaridade de comportamento.



**Figura 6: Gráfico comparativo de Pressão Atmosférica (INMET x Micro Estação)**

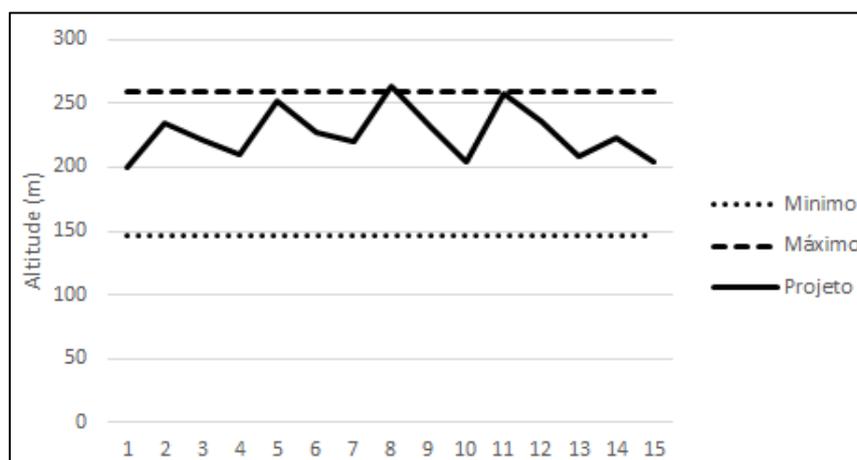
### 4.4. Altitude

O parâmetro altitude foi aferido utilizando-se o sensor BMP180 com base na fórmula apresentada na seção 2.2. O cálculo do valor de altitude depende do parâmetro de pressão aferido e, considerando que este oscila constantemente, obteve-se valores de altitude no intervalo de 199,98 à 263,92 (Tabela 5).

**Tabela 5: valores de altitude obtida pela micro estação**

	Data	Horário		Projeto (m)
		UTC	Cuiabá-MT	
1	09/10/2017	12	9	199,98
2	09/10/2017	18	15	234,84
3	10/10/2017	0	21h - 09/10	220,96
4	10/10/2017	12	9	209,57
5	10/10/2017	18	15	251,97
6	11/10/2017	0	21h - 10/10	227,17
7	11/10/2017	12	9	220,71
8	11/10/2017	18	15	263,92
9	12/10/2017	0	21h - 11/10	232,96
10	12/10/2017	12	9	204,73
11	12/10/2017	18	15	257,43
12	13/10/2017	0	21h - 12/10	235,69
13	13/10/2017	12	9	208,39
14	13/10/2017	18	15	223,43
15	14/10/2017	0	21h - 13/10	204,56

O intervalo de valores obtido na micro estação encontra-se de acordo com publicado no Perfil Socioeconômico de Cuiabá [Cuiabá, 2009] no qual a altitude varia de 146 a 259m, com exceção da amostra n° 8 em que foi aferido 263m. Observa-se com os resultados obtidos que se faz necessário a obtenção de outro método para obter o parâmetro altitude, haja visto que a dependência do valor de pressão causa oscilações no resultado, no qual a altitude deve ser um parâmetro fixo.



**Figura 7: Comparativo das Medições de Altitude**

#### 4.5. Qualidade do Ar

O parâmetro atmosférico de qualidade do ar foi aferido utilizando o sensor MQ135 que permite a detecção de Amônia, Óxido Nítrico, Álcool, Benzeno, Dióxido de Carbono e Fumaça. Os valores médios aferidos com o sensor () foram comparados com os dados disponibilizados pela Secretaria de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT) em seu Boletim de qualidade do ar para o poluente monóxido de carbono (CO). Observa-se que apenas a amostra n° 1 apresenta valor no intervalo publicado pelo boletim da SEMA. Novamente, acredita-se que dentre outros possíveis fatores relacionado a aferição feita pelo sensor, o fator localização da estação leva a aferir valores locais de acordo com o ambiente em que se encontra, impossibilitando comparativo.

**Tabela 6: Dados da qualidade do Ar (Projeto x SEMA-MT)**

	<b>Data</b>	<b>Projeto</b> (ppm)	<b>Cuiabá</b> (ppm)
1	09/10/2017	0,194	0,160 - 0,340
2	10/10/2017	0,190	-
3	11/10/2017	0,155	0,180 - 0,300
4	12/10/2017	0,155	0,180 - 0,360
5	13/10/2017	0,162	0,280 - 0,330

## 6. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

A plataforma Arduino e seus componentes se mostram uma opção atraente e de bom custo benefício para o desenvolvimento da micro estação. Estima-se que, nesta fase inicial da prototipação do projeto foi gasto aproximadamente R\$ 250. Apesar de aferir alguns parâmetros erroneamente, a micro estação é uma alternativa para modelagem ambiental, pois possibilita caracterizar o comportamento das variáveis ambientais desejadas, necessitando apenas de tratamento prévio dos dados. Como trabalhos futuros, buscaremos analisar o potencial de uso de outros sensores e diferentes formas de encapsulamento da estação, bem como dar continuidade ao projeto macro que consiste em mapear em grande escala da biosfera-atmosfera na região do Pantanal Matogrossense, em especial a cidade de Cáceres-MT. Nesse próximo passo, iremos implantar múltiplas micro estações espalhadas pela cidade que irão aferir periodicamente os dados desejados, possibilitando o mapeamento da cidade.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação do IFMT pelo apoio financeiro ao projeto e a concessão de bolsa PIBIC/EM via Edital 046/2015.

### Referências

- Martins, N. A. Sistemas Microcontrolados, Novatec, 2005.
- Adafruit. Adafruit Industries. Disponível em: <[www.adafruit.com](http://www.adafruit.com)> Acesso em: Out/2017.
- Arduino. Disponível em: <<http://arduino.cc>> Acesso em: Out/2017.
- Cuiabá, Prefeitura. Perfil Socioeconômico de Cuiabá, Volume IV, 2009.
- INMET. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>, Acesso em: Out/2017
- Robótica Livre. Microcontrolador, Disponível em: <<http://roboticalivre.org>> Acesso em: Jan/2018.
- SEMA. Boletim Informativo Qualidade Ar, Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/> Acesso: Set/2017.