

## ***ETLA2: um sistema integrado para extração, transformação, leitura e análise da qualidade do ar***

Rodrigo Perlin

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

rodrigo\_perlin@hotmail.com

Uelinton Quatrin Brezolin

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

uelintonbrezolin@hotmail.com

Luciano Candaten

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

lucianocandaten98@gmail.com

Cristiano Bertolini

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

cristiano.bertolini@ufsm.br

Joel da Silva

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

joel.silva@ufsm.br

Sidnei Renato Silveira

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

sidneirenato.silveira@gmail.com

### ***Resumo***

Ao analisar os efeitos prejudiciais da poluição na saúde humana, identificam-se estudos envolvendo estes efeitos e a qualidade do ar como um dos principais indicadores de qualidade de vida. Além disso, estes estudos apresentam uma relação entre o avanço da tecnologia e o aumento da contaminação do ar. Neste contexto, este artigo apresenta a evolução de um sistema automatizado, desenvolvido para monitorar a qualidade do ar em tempo real. O ETLA2, após o aperfeiçoamento implementado, permite verificar aspectos tais como a umidade, temperatura, monóxido de carbono e dióxido de carbono da região onde estão localizadas as estações de monitoramento, compostas por sensores.

A prova da eficiência do projeto se dá a partir dos resultados, colhidos pelas estações de monitoramento.

**Palavras-Chave:** *Poluição, Qualidade do Ar, Sistema Automatizado de Monitoramento.*

### **Abstract**

When analyzing the harmful effects of pollution on human health, studies involving these effects and air quality as one of the main indicators of quality of life are identified. In addition, these studies show a relationship between the advancement of technology and the increase of air contamination. In this context, this paper presents the evolution of an automated system, developed to monitor air quality in real time. The ETLA2, after the improvement implemented, allows to verify aspects such as the humidity, temperature, carbon monoxide and carbon dioxide of the region where the monitoring stations, composed by sensors, are located. Proof of the project's efficiency comes from the results, collected by the monitoring stations.

**Keywords:** *Pollution, Air Quality, Monitoring Automated System*

## **1. Introdução**

Atualmente, o aumento do nível de emissão de gases nocivos no meio ambiente, por exemplo, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o monóxido de carbono (CO), consiste em um dos maiores problemas para a população mundial. Muitas vezes, esses gases são os responsáveis por doenças nos habitantes de uma região como, também, podem ocasionar o efeito estufa e, por consequência, o aquecimento global (OSTERMAYER; HECK, 2003). Porém, grande parte desses eventos danosos poderia ser evitada se houvesse o monitoramento da qualidade do ar nas cidades, visto que existe uma grande relação entre os problemas de saúde e a poluição do ar (ARBEX et al., 2012).

Na literatura, são apresentadas diversas complicações de saúde causadas pela péssima qualidade do ar, sendo que, dentre elas, Gouveia (GOUVEIA et al., 2003), propõem um estudo sobre efeitos do ar na saúde da população, Arbex (ARBEX et al., 2012) apresentam um trabalho sobre o nível de poluição na atmosfera, Del Pino (DEL PINO et al., 2018) apresentam uma relação entre o avanço da tecnologia e o aumento da contaminação do ar, e Braga (BRAGA et al. 2001) apontam a qualidade do ar como um dos principais indicadores de qualidade de vida.

Neste contexto, este trabalho apresenta a evolução do sistema ETLA2. Inicialmente, este sistema foi desenvolvido para coletar umidade, temperatura e um conjunto de gases. Neste trabalho realizou-se uma implementação que permitiu melhorar a coleta como, também, a interface de controle do sistema. Atualmente, o sistema apresenta dados da umidade, temperatura, monóxido de carbono e dióxido de carbono com alto nível de detalhamento e duas áreas de controle com permissões diferentes, uma para administrador e outra para os demais usuários. Como estudo de caso foram realizadas leituras de temperatura, umidade, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e Monóxido de carbono (CO) em duas estações de diferentes locais. O dióxido de carbono foi captado por ser o possível responsável de mudanças climáticas, no planeta

(OSTERMAYER; HECK, 2003) e o monóxido de carbono, pelo fato de ser um gás que pode gerar vários problemas na saúde e causar a morte (SOUZA et al., 2004).

Para complementar o sistema proposto, foram realizadas as seguintes atividades: 1) adaptação do sistema existente; 2) adaptação dos sensores e 3) coleta dos resultados. Esse processo será explicado, detalhadamente, na seção 3 deste artigo.

Para validar o sistema, desenvolveu-se um estudo de caso, na cidade de Frederico Westphalen, município localizado no Estado do Rio Grande do Sul. A proposta teve como avaliação os resultados colhidos na estação do Campus de Frederico Westphalen da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria) e na estação localizada no centro da cidade. Houve utilização das leituras feitas para comprovar sua efetividade na questão de coleta de dados. A fim de saber se o ar recolhido é aceitável, foram utilizadas informações do relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) e do grupo de peritos da ONU (Organização das Nações Unidas) (ONU, 2019), ambos relacionados ao dióxido de carbono e, para o monóxido de carbono, foi utilizado o material publicado pelo Ministério do Trabalho (NR -15) (TRABALHO.GOV.BR, 2019).

O restante do artigo está organizado como segue. A seção 2 apresenta os trabalhos relacionados. A seção 3 expõe as adaptações realizadas no sistema existente, desenvolvido no trabalho de Groth (2017). A seção 4 apresenta o sistema (ETLA2) depois de realizadas as implementações adicionais. A seção 5 expõe o delineamento do estudo de caso, bem como discute os resultados obtidos. Encerrando o artigo, são apresentadas as considerações finais e as referências empregadas.

## **2. Trabalhos relacionados**

Entre as principais abordagens utilizadas para apoiar o monitoramento do ar foram estudados trabalhos relacionados à: poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras; poluição do ar e o sistema respiratório; poluição do ar e poluição atmosférica e saúde humana.

O primeiro trabalho estudado, desenvolvido por Gouveia (GOUVEIA et al., 2003), apresenta um estudo sobre os efeitos da qualidade do ar na saúde da população. O estudo fez uma avaliação em duas cidades brasileiras: São Paulo e Rio de Janeiro. Os resultados apontam que houve comprovação do risco para a saúde, associando os níveis de poluentes atmosféricos com os avanços na mortalidade e nas hospitalizações, causados por complicações respiratórias e cardiovasculares. Embora o trabalho tenha concluído que o nível de poluição atual, em São Paulo e no Rio de Janeiro, é nocivo e gera danos para saúde, o trabalho não cogita o desenvolvimento de um Sistema de Informação para auxiliar e informar as pessoas sobre a qualidade do ar.

O segundo trabalho envolve um estudo apresentado por Arbex (ARBEX et al., 2012), que analisou o nível de poluição atmosférica, em um período de 250 anos. O estudo relata que várias doenças e problemas são causados por poluentes particulados e gasosos, emitidos por diferentes fontes, aos quais as pessoas são expostas todos os dias, tanto nas áreas urbanas como, também, nas áreas rurais. Ainda que o estudo considere que muitos efeitos negativos são causados pela impureza do ar, houve pouca discussão

de como a tecnologia poderia ser usada para ajudar no monitoramento da grande quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, porque ocasiona o efeito estufa e, por consequência, o aquecimento do planeta.

O trabalho desenvolvido por Del Pino (DEL PINO et al., 2018) é um estudo que demonstra que, com o avanço da tecnologia, acabamos consumindo mais energia. Para tornar constante esse avanço tecnológico, utilizamos uma maior quantidade de energia e, conseqüentemente, a produção dessa energia, é o principal motivo da contaminação do ar, a partir do efeito estufa, pois muito dessa produção vem da queima de combustíveis fósseis. Cerca de 80% de toda energia produzida no mundo é de origem fóssil (GOLDEMBERG, 2009). Quando poluímos o ar provocamos, também, a poluição na água e no solo. Ainda que o aperfeiçoamento da tecnologia seja apontado como nocivo ao meio ambiente, devido ao aumento do consumo de energia, o trabalho não se dedicou a oferecer uma solução para auxiliar no monitoramento os poluentes.

O estudo feito por Braga (BRAGA et al., 2001), trata a qualidade do ar como sendo um dos principais indicadores para os problemas de saúde de uma cidade. Com o crescimento dos meios de locomoção em São Paulo/SP, já que, entre os anos de 2015 e 2016, 412.494 novos veículos estavam em circulação. Comparando-se os dados percentuais, entre os anos 2010 e 2016 o dado é mais significativo, pois houve um aumento de 129% na quantidade de veículos (IBGE, 2016). Mesmo constatando que houve diminuição da qualidade de vida e saúde nas cidades, ocasionada pela expansão do índice de emissão de gases, por exemplo, CO<sub>2</sub> e CO, emitidos pelo grande número de veículos, o trabalharam não apresentou nenhuma sugestão sobre o possível uso da tecnologia para monitorar e procurar diminuir esses números alarmantes.

Diferentemente dos trabalhos estudados, o trabalho aqui apresentado traz um sistema automatizado que se propõe a monitorar umidade, temperatura, além de permitir às pessoas identificar se o nível de monóxido de carbono e dióxido de carbono de suas regiões estão adequados aos parâmetros definidos pelo Governo brasileiro para CO e para CO<sub>2</sub>, além de utilizar informações divulgadas em um relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), por um grupo de peritos da ONU (Organização das Nações Unidas). Embora, seja de grande importância existir uma forma de monitorar esses dados, nenhum dos trabalhos relacionados apresenta, em destaque, a criação de um sistema automatizado de monitoramento, que possa auxiliar na verificação da qualidade do ar.

### **3. Projeto**

O projeto desenvolvido compreende três etapas: 1) adaptação do sistema existente; 2) adaptação dos sensores ao sistema e 3) análise dos resultados. A Figura 1 ilustra estas etapas.



**Figura 1. Processo das etapas do projeto. Fonte: dos autores, 2019**

O sistema existente compreende um protótipo desenvolvido com a plataforma Arduino, para leitura, armazenamento e monitoramento de temperatura, umidade e concentração de *ppm* (partículas por milhão) em relação à poluição do ar (GROTH 2017). A implementação apresentada neste artigo possibilita a coleta de gases selecionados (dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO)). Além disso foi criado um controle de acesso e outras funções auxiliares.

O sistema existente (GROTH, 2017) utilizava o *template AdminLTE*, que foi mantido na implementação aqui apresentada, sendo incrementado. Conforme Silotto (2017), o *AdminLTE* é um *template* responsivo para criação da área administrativa de praticamente qualquer tipo de projeto *web*. O interessante do *template* é a sua facilidade de customização, além de seu código ser aberto, compatível com diferentes navegadores *web* e possibilitar a instalação de *plug-ins*.

Para gerar os mapas e informar o local de cada estação de sensores, foi mantida a utilização da API (*Application Program Interface*) do *Google Maps* (GOOGLE MAPS, 2019). A API do *Google Maps* é um serviço público e gratuito para qualquer pessoa em seus projetos, desde que o usuário final não seja cobrado. A API permite usar a linguagem de programação *JavaScript* para incluir o *Google Maps* em uma página *web*, fornecendo diversos utilitários para manipular mapas e adicionar conteúdo.

Para implementar uma área de controle do administrador com permissões diferentes em comparação com as do usuário cliente, foi utilizada uma ACL (*Access Control List*) do *framework Laravel* chamada *Defender*. Ela possibilitou criar duas áreas com mesma interface, porém com restrições de acesso. Isso possibilita existir dois tipos de usuários: administrador com todas as funções do sistema e cliente, com funções mais associadas à visualizações de dados.

Uma biblioteca do *Java Script*, a *Highcharts*, ainda que já usada para gerar os gráficos dinâmicos do sistema foi configurada e ajustada conforme as novas necessidades. Optou-se por manter essa biblioteca por proporcionar uma maneira fácil de adicionar mapas interativos nesse projeto. Uma das características importantes dessa biblioteca é ter seu código-fonte aberto, o que possibilita ao usuário baixar o código-fonte e fazer suas próprias edições, permitindo fazer modificações pessoais; Além disso, não requer instalação de *plug-ins* pelo usuário cliente como outras aplicações.

Foi mantido o mesmo gerenciamento de banco de dados, o *Postgresql* (POSTGRESQL, 2017), que é um SGBD (Sistema Gerenciador de Bancos de Dados) de código aberto, extremamente robusto e dispõe de vários recursos. A interface do *Pgadmin*, foi utilizada por ser um *software* gráfico para administração do SGBD para *Windows* e *UNIX*.

Para a adaptação dos sensores ao sistema utilizou-se o Arduíno. Roberts (2011) caracterizou o Arduíno como um pequeno computador sendo programado para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. Além disso, o Arduíno possibilita chamar uma plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de *hardware* e *software*, utilizado para desenvolver objetos interativos independentes. Além disso, pode ser conectado a um computador, a uma rede, ou até mesmo à Internet para recuperar e enviar dados. Para que fosse possível a comunicação e configuração com os sensores das estações de monitoramento, utilizou-se o Arduíno que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre (ARAÚJO et al., 2012).

Para conexão das estações, utilizou-se o *Ethernet Shield W5100* (ARDUÍNO, 2019), que fornece acesso à rede via IP (*Internet Protocol*) nos protocolos TCP (*Transmission Control Protocol*) ou UDP (*User Datagram Protocol*) e é facilmente utilizado por meio da biblioteca *Ethernet Library* e *SD Library*. As estações são compostas por sensores e dispositivos auxiliares (placas conectadas com o Arduíno) que captam as informações que são mostradas no sistema, sendo eles: o sensor DHT22, utilizado por ser capaz de captar a temperatura e a umidade do ar e o MQ-135, sendo um sensor sensível a gases poluentes, tais como CO<sub>2</sub> e CO.

Para possibilitar a coleta dos dados, os dados de umidade e temperatura foram captados por meio do sensor DHT22, utilizando-se duas funções, apresentadas na Figura 2: (`float h = dht.readHumidity(); float t = dht.readTemperature();`), sendo “h” a variável que recebe o valor da função responsável por captar umidade e “t” a variável que recebe o valor da função encarregada de buscar a temperatura.

```
void tem_umi() {
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  Serial.println("DHT 22 ");
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(t);
  Serial.println(" °C ");
  Serial.print("Umidade : ");
  Serial.print(h);
  Serial.println(" %");
  Serial.println();
  delay(2000);
}
```

**Figura 2.** Parte do Código responsável para apresentar umidade e temperatura. Fonte: dos autores, 2019

Os níveis de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) foram possíveis de detectar pelo sensor MQ-135, utilizando duas funções: `float ppm = gasSensor.getPPM()`, onde “pmm” é

uma variável que recebe o valor da função encarregada de realizar o cálculo que está fixada na biblioteca “MQ135.h”, levando até a biblioteca o valor de RLOAD 22.0 e RZERO 879.13, assim retornando o valor em *ppm* de gás carbônico. A função é apresentada na Figura 3.

```

val = analogRead(A0);
Serial.println("CO2 ");
Serial.print ("Valor Analogico = ");
Serial.println (val);
float zero = gasSensor.getRZero();
Serial.print ("R zero: ");
Serial.println (zero);
float ppm = gasSensor.getPPM();
Serial.print ("PPM CO2: ");
Serial.println (ppm);
Serial.println();
delay(2000);
}

```

**Figura 3. Parte do Código responsável para apresentar Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**  
**Fonte: dos autores, 2019.**

Os níveis de monóxido de carbono (CO) foram possíveis de detectar pelo sensor MQ-135. O código para captação dos níveis de CO, consiste em um conjunto de passos demonstrados nas Figuras 4 e 5.

```

#define MQ_analog A0
#define DHTPIN 7
#define DHTTYPE DHT22
const int MQ_PIN=A0; //definir qual canal de entrada analógica você vai usar
int RL_VALUE=5; //definir a resistência da carga na placa, em kilo ohms
float RO_CLEAN_AIR_FACTOR=9.83; // (Resistência do sensor no ar limpo) / RO
int CALIBRATION_SAMPLE_TIMES=50; // definir quantas amostras você vai levar na fase de calibração
int CALIBRATION_SAMPLE_INTERVAL=500; // definir o intervalo de tempo em milissegundos entre cada amostra na fase de calibração
int READ_SAMPLE_INTERVAL=50; // definir quantas amostras você vai levar em operação normal
int READ_SAMPLE_TIMES=5; // definir o intervalo de tempo (em milissegundos) entre cada amostra em operação normal
#define GAS_CO 1
float COCurve[3] = {2.3,0.72,-0.34};
float Ro = 10;
void setup()
{
  Serial.print("Calibrating...") //LCD display
  Ro = MQCalibration(MQ_PIN);
}

```

**Figura 4. Variáveis auxiliares para o processamento do valor final do monóxido de carbono (CO) e Calibrando o sensor MQ-135** Fonte: dos autores, 2019.

```

float MQResistanceCalculation(int raw_adc)
{
    return ( ((float)RL_VALUE*(1023-raw_adc)/raw_adc));
}

float MQCalibration(int mq_pin)
{
    int i;
    float val=0;

    for (i=0;i<CALIBARAION_SAMPLE_TIMES;i++) { //pegar várias amostras
        val += MQResistanceCalculation(analogRead(mq_pin));
        delay(CALIBRATION_SAMPLE_INTERVAL);
    }
    val = val/CALIBARAION_SAMPLE_TIMES; //calcular o valor médio
    val = val/RO_CLEAN_AIR_FACTOR; //dividido por RO_CLEAN_AIR_FACTOR produz o Ro
    return val; //retorna valor
}

float MQRead(int mq_pin){
    int i;
    float rs=0;
    for (i=0;i<READ_SAMPLE_TIMES;i++) {
        rs += MQResistanceCalculation(analogRead(mq_pin));
        delay(READ_SAMPLE_INTERVAL);
    }
    rs = rs/READ_SAMPLE_TIMES;
    return rs;
}

long MQGetGasPercentage(float rs_ro_ratio, int gas_id){
    if ( gas_id == GAS_CO ) {
        return MQGetPercentage(rs_ro_ratio, COCurve);
    }
    return 0;
}

long MQGetPercentage(float rs_ro_ratio, float *pcurve){
    return (pow(10, ( ((log(rs_ro_ratio)-pcurve[1])/pcurve[2]) + pcurve[0])));
}

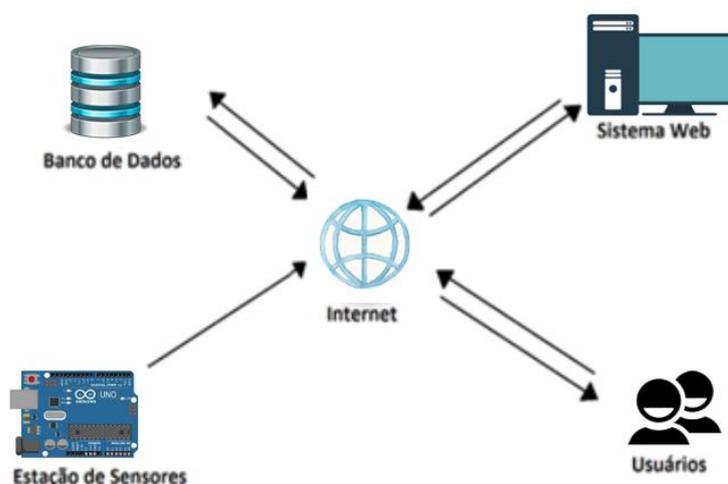
```

Figura 5. Valor final do monóxido de carbono (CO) Fonte: dos autores, 2019.

#### 4. O Sistema ETLA2

O sistema desenvolvido (ETLA2) conta com um *site*, que funciona para obter acesso ao sistema e oferecer informações para pessoas sobre o funcionamento e desenvolvimento do projeto. Um ponto criado para diferenciar a exposição dos dados, foi apresentar as localizações das estações no em um mapa no próprio *site*, em tempo real.

A Figura 6 apresenta a arquitetura do ETLA2 (Extração, Transformação, Leitura, Análise e Automação) em um alto nível de abstração, mostrando a interação entre quatro entidades: 1) a estação de sensores, responsável por fazer a leitura e transmitir os dados captados; 2) o banco de dados, sendo utilizado para guardar os registros de usuários e das estações; 3) os usuários que utilizam o sistema; 4) o sistema *web*, por meio do qual os usuários utilizam o sistema. Nota-se que apenas a estação de sensores envia dados por meio da Internet e as outras entidades *enviam e recebem* os dados.



**Figura 6 - Arquitetura do sistema em um alto nível de abstração (Fonte: dos autores, 2019)**

Como interface inicial, o sistema apresenta uma área de identificação, pois possui dois tipos de usuários (administrador e cliente) e algumas opções possuem limitação de acordo com o tipo de usuário. Após o *login*, o sistema conduzirá o usuário para a área em que o mesmo se enquadra.

Observando as etapas, desenvolveu-se uma página inicial (Figura 7) para o usuário administrador, bem como para o usuário cliente, existindo as seguintes opções: Página Inicial, Usuários, Cadastrar estações, Estações, Tipo de estações, Leituras e Sobre. O painel de controle do *usuário cliente* não possui as opções de Cadastro Estações e de Tipo de estação.

**Figura 7. Página inicial do ETLA2 do administrador (Fonte: dos autores, 2019).**

Na área do administrador existem três funções reservadas. Por meio da opção “Cadastrar Estações”, é possível cadastrar uma nova estação informando: Tipo da Estação, Usuário, Descrição, Logradouro, Bairro, Número, Complemento, Latitude, Longitude, Município e CEP. Um detalhe importante envolve as informações de localização da estação. Caso o usuário não as conheça, ele poderá na própria página encontrá-las, selecionando em um mapa o local da estação e visualizando-o. Além disso, na opção “Tipos de Estação” é possível informar uma descrição da estação como também definir o tipo da mesma. A opção “Estações” possibilita para o usuário administrador alterar ou excluir dados de uma estação, como também apagar a estação. Outros detalhes importantes dessa função são: a possibilidade de fazer busca pelo nome da estação ou escolher quantas estações deseja visualizar (Figura 8).

#	Estação	Tipo	Usuário	Endereço	Ações
8	Estação 1	Primeiro Tipo de Estação	Luciano Müller Candaten	Rua AA	[Edit] [Delete]
11	UFSM	Gás Carbônico e Umidade/ Temperatura	Uelinton Brezolin	R. Sete de Setembro	[Edit] [Delete]
22	CENTRO	Gás Carbônico e Umidade/ Temperatura	Uelinton Brezolin	Rua vinte e um de Abril,	[Edit] [Delete]

**Figura 8. Opção Estações do ETLA2 do administrador (Fonte: dos autores, 2019)**

Além disso, existem cinco opções para ambos os usuários. A primeira é a opção “Página inicial”, que possibilita aos usuários voltarem ao painel de controle inicial. A segunda opção, “Usuários”, possibilita alterar, cadastrar e excluir usuários, como administrador. Porém, para o usuário cliente, somente é permitido visualizar seus dados. A terceira opção, “Relatório Estações” apresenta as estações, no primeiro momento, e depois clicando no botão esquerdo na coluna *Ações* da estação desejada, são apresentados os dados de temperatura máxima e mínima, umidade máxima e mínima, como mostra a Figura 9.

## Relatórios das Estações

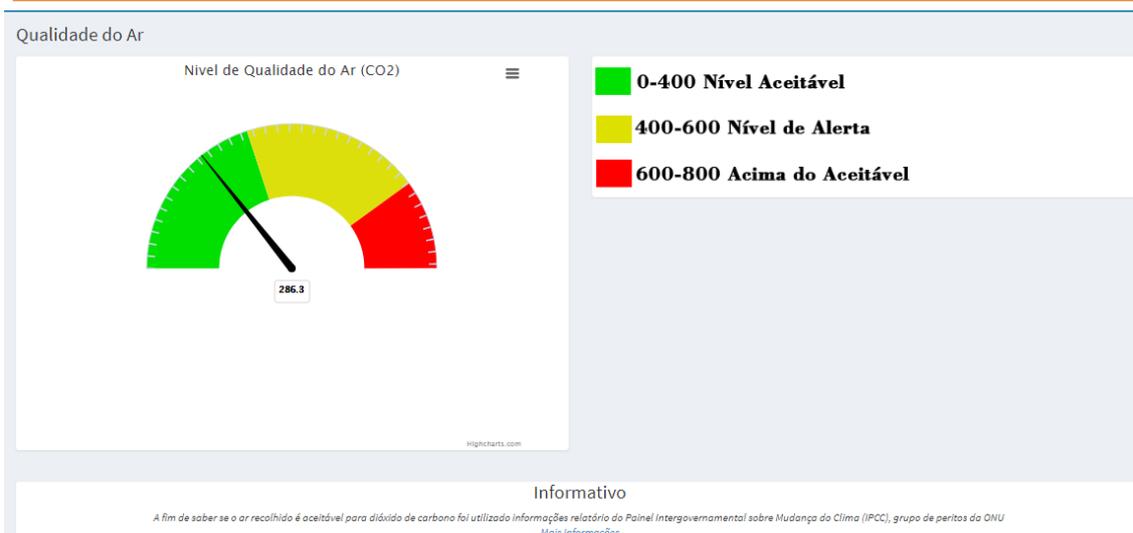
Show  entries Search:

#	Estação	Tipo	Usuário	Endereço	Ações
8	Estação 1	Primeiro Tipo de Estação	Luciano Müller Candaten	Rua AA	
11	UFSM	Gás Carbônico e Umidade/ Temperatura	Uelinton Brezolin	R. Sete de Setembro	
22	CENTRO	Gás Carbônico e Umidade/ Temperatura	Uelinton Brezolin	Rua vinte e um de Abril,	

Previous **1** Next

Figura 9. Área do Relatório de Estações no ETLA2 (Fonte: dos autores, 2019).

A quarta opção, “Leituras” (Figura 10), expõe e possibilita impressão dos dados de temperatura, umidade, Partícula por milhão, ID (Identificador) da Estação, Estação, Proprietário, Localização, Data/Hora, Tipo de Substância e Valor - dados coletados nas estações de sensores. Um detalhe importante desta área é que, ao lado do valor, há um campo possibilita ir para uma área que mostra um gráfico sobre Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) ou Monóxido de carbono (CO), de acordo com a leitura escolhida, e os qualificar. Além disso, dispõe um informativo de quais as fontes utilizadas para qualificar os gases. Por último existe o “Sobre”, que exhibe informações sobre o projeto ETLA2.



**Figura 10. Opção Qualidade do ar do ETLA2 (Fonte: dos autores, 2019).**

## 5. Estudo de Caso

Essa seção apresenta o cenário onde foi realizada a validação do sistema ETLA2, por meio de um estudo de caso.

Sabendo-se da dificuldade de validar a proposta adotada por este trabalho, realizou-se uma análise dos dados obtidos, coletados em duas estações (uma no Campus da UFSM de Frederico Westphalen – RS e outra no centro da cidade de Frederico Westphalen). O estudo foi realizado no mês de dezembro de 2018.

O trabalho teve, como objetivo, a evolução do sistema desenvolvido por Groth (2017) que coleta dados sobre gases e, após as funcionalidades desenvolvidas neste trabalho, apresenta informações sobre umidade, temperatura e os níveis de CO<sub>2</sub> e de CO em partículas por milhão. Os resultados do estudo de caso apresentam indícios que contribuem para demonstrar a efetividade do sistema apresentado.

Com base nos dados recolhidos pelas estações, foram identificados: umidade, temperatura e níveis de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) e Monóxido de carbono (CO). O estudo de caso contou com duas estações, como dito anteriormente. A Figura 11 apresenta os dados de 4 leituras feitas no sistema. São apresentados os dados de temperatura, umidade em porcentagem, o partículas por milhão (ppm), o número de identificação da estação, nome da estação, proprietário dela, localização dela, data e hora da leitura, o tipo de substância recolhida e valor captado.

## Leituras Registradas

Imprimir

 Search: 

#	Temperatura	Umidade %	PPM	Id Estação	Estação	Proprietário	Localização	Data/Hora	Tipo de Substancia	Valor	Ação
3959	32.80	40.80 %	19.00	22	CENTRO	Uelinton Brezolin	Rua vinte e um de Abril,	2018-12-13 12:24:55	Co2	346.75	
3958	32.80	41.60 %	19.00	22	CENTRO	Uelinton Brezolin	Rua vinte e um de Abril,	2018-12-13 12:19:52	Co2	346.75	
3957	32.70	41.30 %	20.00	22	CENTRO	Uelinton Brezolin	Rua vinte e um de Abril,	2018-12-13 12:14:48	Co2	346.75	

Figura 11. Área de leituras Registradas no ETLA2 (Fonte: dos autores, 2019).

## 6. Considerações Finais

O monitoramento da qualidade do ar sempre será de extrema importância, para qualquer estudo sobre qualidade de vida e saúde humana. Acredita-se que o sistema ETLA2, atualmente, permitirá apoiar os processos de monitoramento e qualificação do ambiente, reduzindo as dificuldades em monitorar os níveis de impureza de uma região. Dessa forma, acredita-se que o sistema ajudará nos problemas apresentados nos trabalhos relacionados.

As principais vantagens do sistema são: ser um sistema *web*, que possibilita acesso pelo *browser* do computador, ou seja, sem necessidade de instalar outros programas. Outra vantagem é possuir uma interface simples, interativa e responsiva. Além disso, o custo para implementação é um ponto diferencial pelo fato de ter um custo baixo, possibilitando tanto empresas como usuários dispor de um sistema sem grandes investimentos e com resultados adequados. Isso possibilita qualificar os níveis de sua empresa ou região.

Por limitações de tempo, somente, coletamos a temperatura, umidade, dióxido de carbono e o monóxido de carbono, não explorando outros gases que os sensores possibilitam identificar. Entretanto é uma implementação futura a se realizar. Em relação a melhorias com o protótipo, seria possível adicionar mais formas de apresentar os dados, ou seja, com outras unidades de medida. Além disso, seria interessante desenvolver um aplicativo para possibilitar o acesso aos dados do sistema por meio de *smartphones*, visto que ajudará no acesso ao sistema, facilitando-o. Outra melhoria seria adicionar uma bateria reserva em cada estação de sensores visto que poderia continuar funcionando mesmo que falte luz.

## Referências

- ARAÚJO. Í. B. Q.; SOUTO, F. V.; COSTA JUNIOR, A. G. (2012). “Desenvolvimento de um protótipo de automação predial/residencial utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica”. Arduino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 40., 2012, Belém. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/7/artigos/103723.pdf>>. Acesso em: 1 out. 2018.
- ARBEX. M. A. et al. (2012). “A Poluição do Ar e o Sistema Respiratório. J. Bras. Pneumologia”, v.38, n.5, p. 643-655. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/40293/S1806-37132012000500015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 9 outubro, 2018.
- ARDUINO. (2019). “Ethernet Shield W5100”. Disponível: [www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoEthernetShield](http://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoEthernetShield) Acesso em: 12 março, 2019.
- BRAGA. A.; BOHM, G. M.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. (2001). Poluição Atmosférica e Saúde humana. Revista USP, (51):58–71. Disponível em: [www.revistas.usp.br/revusp/article/download/35099/37838/](http://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/35099/37838/). Acesso em: 10 out. 2018.
- DEL PINO. J. C.; KRÜGER, V.; FERREIRA, M. (2018). “Poluição do Ar”. Disponível em: <[http://nead.uesc.br/arquivos/Biologia/scorm/Projeto\\_sobre\\_poluicao\\_atmosferica\\_-\\_UFRS-RS.pdf](http://nead.uesc.br/arquivos/Biologia/scorm/Projeto_sobre_poluicao_atmosferica_-_UFRS-RS.pdf)>. Acesso em: 1 outubro, 2018.
- GROTH, A. C. Uma Proposta de Sistema Web para Monitoramento e Análise de Dados Coletados a partir de Estações Construídas com Arduino. 2017. TCC (Graduação) - Curso de Sistemas Para Internet, Instituto Federal Farroupilha (IFFar), Frederico Westphalen – RS – Brasil, 2017. Acesso em: 1 abril, 2019.
- GOLDEMBERG, J. (2009). “Biomassa e Energia. Química” Nova, v.32, n.3. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422009000300004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422009000300004&script=sci_arttext)>. Acesso em: outubro, 2018.
- GOOGLE MAPS (2019). “Google Maps”. Disponível em: <<http://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 9 março, 2019.
- GOUVEIA. N. et al. (2003). Poluição do Ar e Efeitos na Saúde nas Populações de duas Grandes Metrópoles Brasileiras. “Epidemiologia e Serviços de Saúde”, v.12, n.1, mar. Disponível em: <[http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?pid=S1679-49742003000100004&script=sci\\_arttext](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?pid=S1679-49742003000100004&script=sci_arttext)>. Acesso em: 1 outubro, 2018.
- HIGHCHARTS. (2018). “HighCharts: Site Oficial.” Disponível em: <<http://www.highcharts.com>>. Acesso: 1 de setembro/2018.
- IBGE (2016). Cidades. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/pesquisa/22/28120?tipo=ranking> Acesso em: 1 out. 2018.

- OSTERMAYER, F., HECK, N. C. (2003) “Estudo das emissões de gases formadores do efeito estufa e balanço resultante da conversão de motores à gasolina, de uma frota de veículos leves, para gás natural e álcool hidratado” Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5642>>. Acesso em: 16 de outubro/2018.
- ONU. Organização das Nações Unidas (2019). “A ONU e a Mudança Climática”. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/mudanca-climatica/>>. Acesso em abril, 2019.
- PGMODELER (2018). “PgModeler: Postgre SQL DataBase Modele”r. Disponível em: <<https://pgmodeler.io/>>. Acesso em: 3 de outubro, 2018.
- ROBERTS. M. (2011) “Arduino Básico”. São Paulo: Novatec.
- SILOTTO, R. (2017) “AdminLTE – Template Bootstrap para Back-end e Painéis de Controle”.
- SOUZA. R., JARDIM, C., SALGE. J. M., CARVALHO. C. R. R. (2004) “Lesão por inalação de fumaça”. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v30n6/a11v30n6>>. Acesso em: 16 outubro, 2018.
- TRABALHO.GOV.BR. Ministério da Economia - Trabalho (2019). “Norma Regulamentadora N.º 15 – atividades e operações insalubres”. Disponível em: <<http://www.trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>>. Acesso em outubro, 2018.