

BIG DATA MINERINING AND ANALYTICS
ISSN 2096-0654 04/07 pp25–32 Volume
4, Número 1, março de 2021 DOI:
10.26599/BDMA.2020.9020018

Registrador de dados baseado em IoT para monitoramento meteorológico usando redes de sensores sem fio baseadas em Arduino com aplicação gráfica remota e alertas

Jamal Mabrouki-, Mourade Azrou, Driss Dhiba, Yousef Farhaoui e Souad El Hajjaji

Abstrato: Nos últimos anos, os sistemas de monitorização desempenharam um papel significativo na nossa vida. Assim, neste artigo, propomos uma sistema automático de monitoramento meteorológico que permite ter dados climáticos dinâmicos e em tempo real de uma determinada área. O sistema proposto é baseado na tecnologia da Internet das coisas e no sistema embarcado. O sistema também inclui dispositivos eletrônicos, sensores e tecnologia sem fio. O principal objetivo deste sistema é sentir o clima parâmetros, como temperatura, umidade e existência de alguns gases, com base nos sensores. O capturado os valores podem então ser enviados para aplicativos ou bancos de dados remotos. Posteriormente, os dados armazenados podem ser visualizados em formulário de gráficos e tabelas.

Palavras-chave: Arduino; Estação meteorológica; Internet das Coisas; sem fio; sensores; ambiente inteligente

1. Introdução

Hoje em dia, a aplicação da Internet das Coisas (IoT) afeta todos os domínios habituais^[1]. Os sistemas IoT inventados tentam controlar, gerenciar e monitorar ações humanas usuais, parâmetros ambientais ou movimentos de animais. Assim, todas essas inovações são desenvolvidas para facilitar o trabalho humano e tornar a vida mais fácil do que antes. Nesta fase, os sistemas de monitoramento ambiental são inventados para medir e controlar os parâmetros ambientais^[2–6].

Durante muitos anos, os humanos tentaram compreender o seu ambiente. Então, os humanos inventaram muitos objetos

para medir vários parâmetros. Por exemplo, os humanos criaram termômetro, barômetro e pirômetro para medir temperatura, pressão atmosférica e radiação solar, respectivamente. No entanto, essas ferramentas tradicionais devem ser utilizadas localmente. Por outro lado, com a invenção da IoT, os humanos podem medir todos os parâmetros ambientais remotamente^[7–10]. Assim, o procedimento de quantificação e medição dos parâmetros ambientais tornou-se mais simples do que nos dias anteriores.

Os recentes sistemas de monitoramento ambiental^[11–14] são baseados em sensores, como sensores de temperatura, umidade e pressão. Alguns desses sensores podem suportar diferentes condições ambientais. Mas, outros exigem condições específicas. Esses sensores podem capturar os valores climáticos físicos ou químicos correspondentes e convertê-los em um sinal elétrico. Assim, os valores capturados são transferidos como sinal elétrico para um cartão eletrônico. Este último é capaz de compreender os sinais recebidos e atribuir o seu valor respeitado a cada um.

Neste contexto, propomos neste artigo uma estrutura de estação de monitoramento meteorológico. Nosso sistema é baseado na tecnologia da internet das coisas. Em nosso sistema, a placa Arduino desempenha um papel fundamental. Na verdade, ele pode processar o valor medido e tomar algumas decisões. Também pode ser considerado um intermediário entre os sensores e a aplicação de monitoramento. O local

Jamal Mabrouki e Souad El Hajjaji trabalham no Laboratório de Espectroscopia, Modelagem Molecular, Materiais, Nanomateriais, Água e Meio Ambiente, CERNE2D, Faculdade de Ciências, Universidade Mohammed V em Rabat, Rabat 10000, Marrocos. E-mail: jamal.mabrouki@um5s.net.ma .

Mourade Azrou e Yousef Farhaoui fazem parte da equipe IDMS, Departamento de Ciência da Computação, Faculdade de Ciências e Técnicas, Universidade Moulay Ismail, Errachidia 52000, Marrocos.

Driss Dhiba trabalha no Instituto Internacional de Pesquisa da Água IWRI, Universidade Mohammed VI Politécnica (UM6P), Benguerir 43150, Marrocos.

- Para quem a correspondência deve ser endereçada. Artigo recebido: 23/07/2020; aceito: 21/08/2020

e as comunicações remotas entre nosso sistema e outros dispositivos correspondentes são fornecidas através do módulo Wi-Fi.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 apresenta trabalhos relacionados ao nosso estudo. Na Seção 3, apresentamos nosso sistema proposto. Na Seção 4, os resultados do experimento e a discussão são detalhados. Por fim, o artigo é concluído na Seção 5.

2 Revisão da Literatura

Nos últimos tempos, as novas aplicações tecnológicas permitem-nos medir vários parâmetros do ar à distância, monitorizando assim a qualidade do ar remotamente. Esses aplicativos são desenvolvidos graças às vantagens da internet das coisas e à inovação de novos dispositivos. Os sistemas de monitoramento necessitam de interface de aplicação que pode ser página web, software ou aplicativo móvel para visualização dos valores recebidos ou controle dos sistemas [15].

Em 2016, Rao et al.[13]apresentou o sistema de monitoramento meteorológico baseado em IoT. O sistema mediu vários parâmetros, como valores de temperatura, intensidade de luz e nível de CO[16]. No mesmo ano, Ram e Gupta[12]desenvolveu sistema de visualização meteorológica baseado em redes de sensores sem fio. Este último é capaz de capturar valores de temperatura, luz e umidade. Os dados detectados são então transferidos para uma página da web para monitoramento.

Em 2017, Kumar e Jasuja[17]projetou um novo sistema baseado na tecnologia da Internet das Coisas usando o cartão Raspberry Pi. O sistema teve como objetivo avaliar a qualidade do ar medindo seus parâmetros, como temperatura, monóxido e dióxido de carbono, e pressão e umidade do ar.

Em 2018, Reddy et al.[18]propôs um monitoramento meteorológico de baixo custo baseado na tecnologia da Internet das Coisas. O sistema proposto utilizou vários sensores eletrônicos para detectar as condições do ar, incluindo hidrocarbonetos, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e assim por diante. Em caso de recepção de valores de gases perigosos, o sistema ativou o alarme de advertência. Além disso, pode comunicar uma mensagem do Sistema de Mensagens Curtas (SMS) ao usuário final. Por fim, foi conectado ao banco de dados de distâncias projetado para armazenar as medições históricas.

Posteriormente, Kumari et al.[19]propôs um sistema inteligente de monitoramento de ambiente baseado em Android e na tecnologia de internet das coisas. O sistema projetado é capaz de medir alguns parâmetros do ar, da água e do solo que são utilizados para avaliar o ambiente. Por estes motivos, o sistema está equipado com vários sensores que são conectados à placa Raspberry Pi. Ao obter os parâmetros medidos, o cartão transfere seus valores para o banco de dados remoto via rede sem fio.

Em 2019, Durrani et al.[20]propôs uma estação meteorológica inteligente para monitorar parâmetros meteorológicos. Este sistema está equipado com diversos sensores que coletam dados de sua localização e os enviam para a nuvem. Além disso, eles podem prever as futuras estações meteorológicas usando algoritmos de aprendizado de máquina.

3 Projeto de Medição da Qualidade do Ar Sistema

Para monitorar as condições do ar e do tempo, implementamos um novo aplicativo que é ilustrado na Fig. 1. Nosso aplicativo pode capturar parâmetros climáticos e do ar. A estrutura realizada inclui uma placa Arduino como unidade central de gerenciamento. Então, tudo

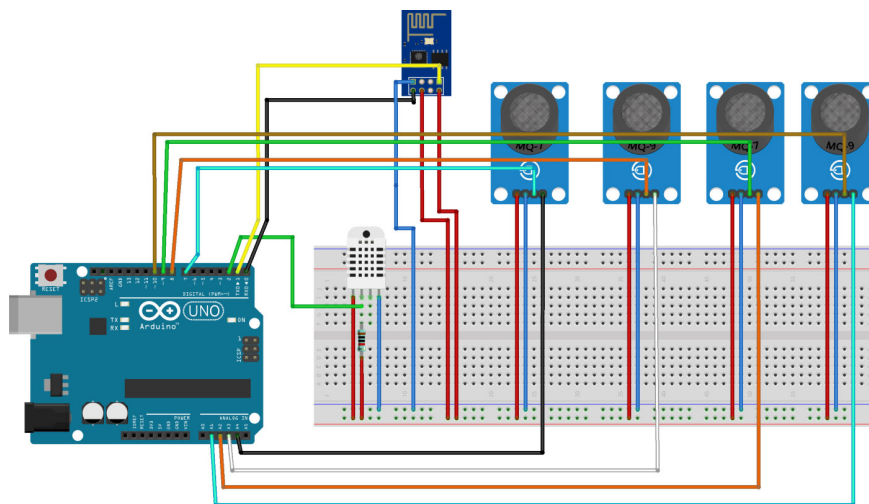


Figura 1 Diagrama de blocos.

sensores e dispositivos podem ser conectados a ele direta ou indiretamente. Os sensores conectados são capazes de medir informações meteorológicas e atmosféricas do ambiente. Os valores capturados são transmitidos para a placa Arduino para processamento local. Após um tratamento simples, a placa Arduino transmite os valores processados para um computador que inclui banco de dados. As informações armazenadas podem ser acessadas remotamente via página web. Quando um valor indesejável é detectado, uma mensagem de alerta é transmitida ao usuário final via mensagem de e-mail. Os principais componentes do sistema proposto estão representados na Figura 1 e são detalhados a seguir.

(1) Placa Arduino UNO R3

Em nosso sistema, usamos a placa Arduino UNO ilustrada na Fig. Como podemos ver, é uma pequena placa eletrônica que integra microcontrolador. A placa Arduino UNO pode ser programada para receber os valores detectados pelos sensores e controlar os atuadores. Por outro lado, os sensores e o atuador podem ser conectados ao Arduino através do pino digital e analógico. Além disso, o Arduino é alimentado via conector USB ou conector de corrente contínua (DC). A placa Arduino UNO está vinculada a um regulador de tensão integrado. Portanto, a fonte de alimentação para conexão deve estar entre 5 e 12 V^[21].

(2) Módulo Wi-Fi

Nesta aplicação, utilizamos o módulo Wi-Fi ESP8266 conforme mostrado na Fig. A pilha de Transmissão

O protocolo de controle/protocolo de Internet (TCP/IP) está incluído neste dispositivo^[22]. Após conectar-se a um ponto de acesso, nosso sistema obterá um endereço IP automaticamente. Este módulo desempenha um papel importante em nosso sistema. Na verdade, é a parte que permite ao sistema transferir os valores capturados para a palavra externa através da rede de internet. Também permite a aplicação à distância para controlar o sistema remotamente.

(3) Sensores

Nosso sistema contém vários sensores, como temperatura, umidade e CO₂ sensores, que são ilustrados na Fig. 3. Esses sensores medirão os parâmetros do ar distintamente, mas não limitados à temperatura, ozônio (O₃/nível, dióxido de enxofre (SO₂/nível, nível de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂/nível e umidade relativa. Este sensor fornece a tensão simples que corresponde a um fator climático específico. Posteriormente, o microcontrolador integrado Arduino irá converter esta tensão em valores numéricos^[23–25].

4 Resultado Experimental e Discussão

Com o objetivo de avaliar o sistema proposto, realizamos alguns testes experimentais. Assim, após compilar o código-fonte do programa e baixá-lo na placa Arduino, testamos cada parâmetro separadamente.

(1) Experimento com sensor de umidade e temperatura

Em nosso sistema, o sensor utilizado para detectar umidade e temperatura é o sensor DHT22. A fim de

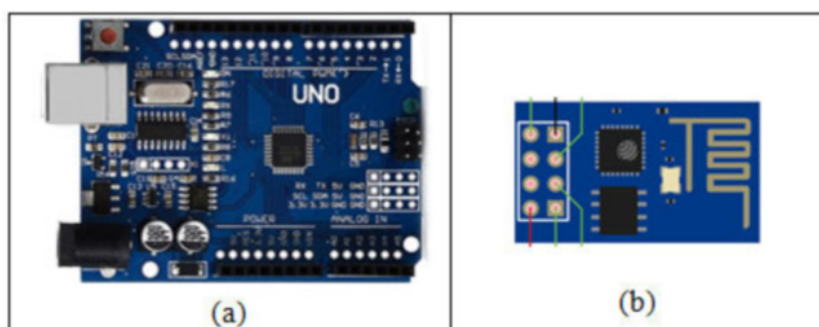


Figura 2 (a) placa Arduino UNO e (b) módulo Wi-Fi.

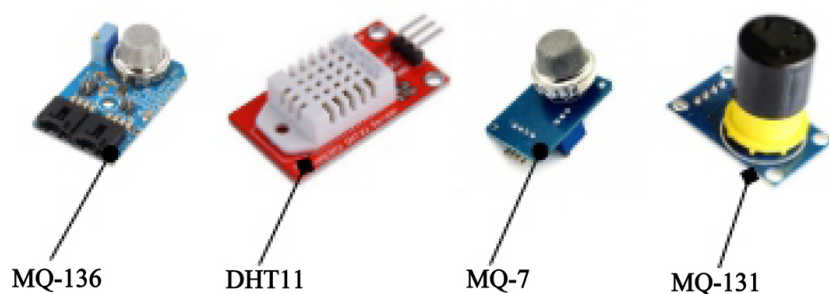


Fig. 3 Sensores usados.

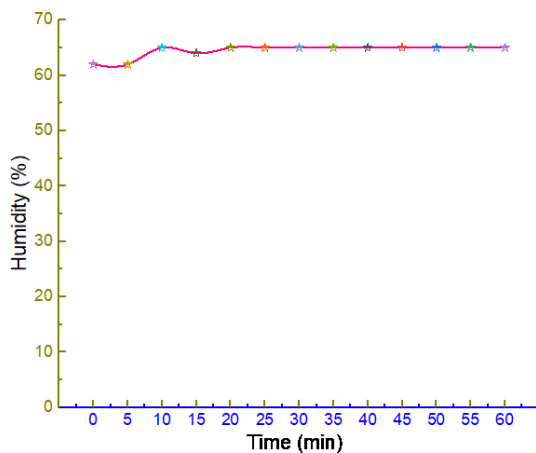
monitorar a umidade em determinada zona, realizamos este teste básico: O sensor DHT22 foi colocado em um local extremamente úmido, então notamos que o sistema começou a registrar vários valores de umidade. Os valores recebidos estão expostos graficamente na Figura 4.

O resultado deste experimento é considerado uma demonstração que confirma a reação do sensor aos níveis de umidade. Consequentemente, mostra também que nosso sistema é eficiente para monitorar remotamente a umidade.

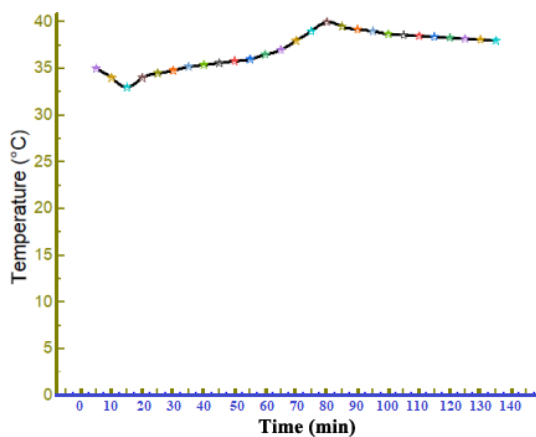
Por outro lado, fizemos outro teste simples para levantamento dos valores de temperatura. Durante este exame, utilizamos uma pequena chama para alterar a temperatura do ar. Em seguida, o sensor DHT22 foi posicionado próximo à chama para perceber a variação da temperatura do ar. A medição de temperatura obtida é ilustrada na Fig. 4b em forma de gráfico. O valor da temperatura foi aumentado de cerca de 32°C no início para mais de 38°C. Esta alteração confirma a capacidade do sistema de detectar os vários valores de temperatura.

(2) Experimento com sensor de ozônio

Para avaliar a capacidade do nosso sistema de



(a) Umidade



(b) Temperatura

Figura 4 Resultado experimental do nível de umidade e temperatura do ar.

detectar a existência de gás ozônio no ar, conectamos o sensor de ozônio ao nosso sistema e o expusemos a um ar que contém gás ozônio. Os dados registrados são exibidos na Fig. 5. Em nosso teste, usamos a câmara de fluxo laminar para produzir gás ozônio. Esta câmara está equipada com uma lâmpada Ultravioleta (UV) que acende após colocar o sensor na câmara. Assim, o raio UV transforma o oxigênio do ar em ozônio. Na Figura 5 podemos observar que o gráfico está crescendo com o tempo e o nível de ozônio detectado está crescendo continuamente. No entanto, este desenvolvimento é estável após 240 s.

(3) Experimento com sensor de dióxido de nitrogênio

Os testes foram realizados para verificar a utilidade do detector de nitrogênio na identificação do grau de NO₂ gás perceptível ao redor, como mostrado na Fig.

Para confirmar sua atividade, o sensor foi apresentado com NO retirado de um pequeno frasco. O frasco está associado a um objeto de medição em forma de cone onde ocorreu uma resposta da substância para enquadrar o NO gasoso. Para formar NO gasoso, uma quantidade limitada de nitrito de sódio foi misturada com 1 mol/L de cloridrato corrosivo para criar

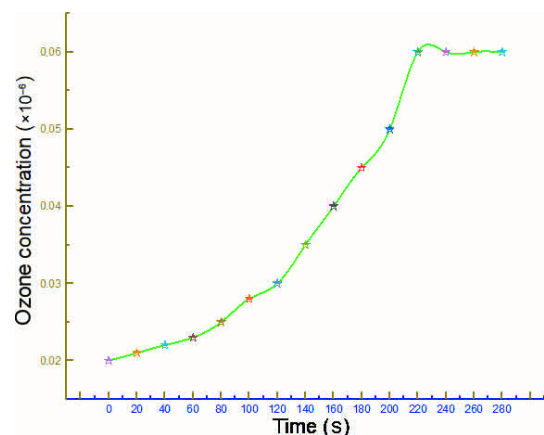


Fig. 5 Resultado experimental da concentração de ozônio no ar.

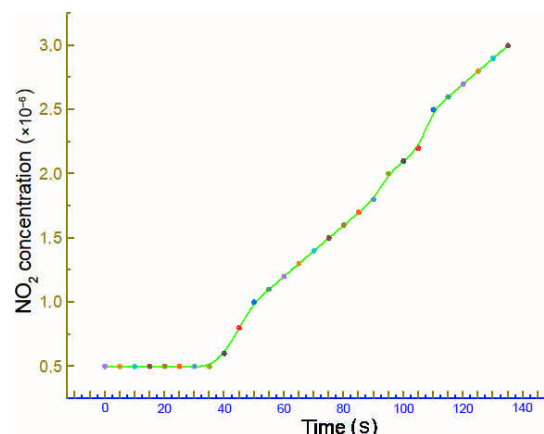
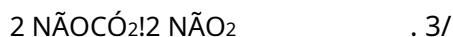
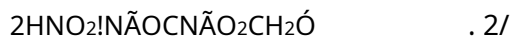


Figura 6 Resultado experimental de NO₂ concentração no ar.

gasoso $\text{N}\ddot{\text{A}}\text{O}_2$ com coloração terrosa.



Nesta situação, HNO_2 não era estável e foi rapidamente substituído pelo óxido nítrico (NO), que ao ver o oxigênio, emoldurou o NO de cor terra2gás, conforme mostrado na Fig. 6. A resposta da preparação foi em 0 s. Como o $\text{N}\ddot{\text{A}}\text{O}_2$ gás chega ao tanque que contém o sensor através do canal de associação, a leitura começa a avançar de forma constante por 55 s até o final do teste. Desta forma, o sensor tem a oportunidade de determinar o grau de NO_2 e está funcionando com precisão.

(4) Experimento com sensor de dióxido de enxofre

A utilidade do sensor MQ-136 para estimar o grau de SO_2 no ar foi validado por um teste básico onde o sensor foi apresentado diretamente ao gás em um pequeno recipiente conforme mostrado na Fig. 7. O dióxido de enxofre foi fabricado misturando uma porção do bissulfito de sódio com um pequeno volume de 1 mol/L de corrosivo cloridrato. Esta etapa resultou na rápida liberação de SO_2 seco na chaleira:



Como resultado do SO_2 , o sensor MQ-136 foi expandido lentamente dentro de 20 s após sua introdução de 0 a 70-106. Como a resposta sintética rejeitava constantemente o SO_2 gás, a taxa de leitura do sensor permaneceu elevada até o final do teste, conforme mostrado na Figura 7. Esse tipo de estimativa mostrou que o sensor MQ-136 encheu conforme planejado.

(5) Experimento com sensor de monóxido de carbono A

Figura 8 mostra o dispositivo de varredura para avaliar a utilidade do sensor MQ-7 no reconhecimento do grau de gás CO no ar. Os cabos dos sensores foram

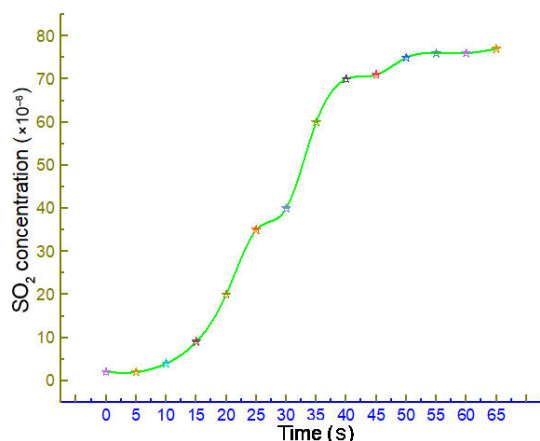


Fig. 7 Resultado experimental de SO_2 concentração no ar.

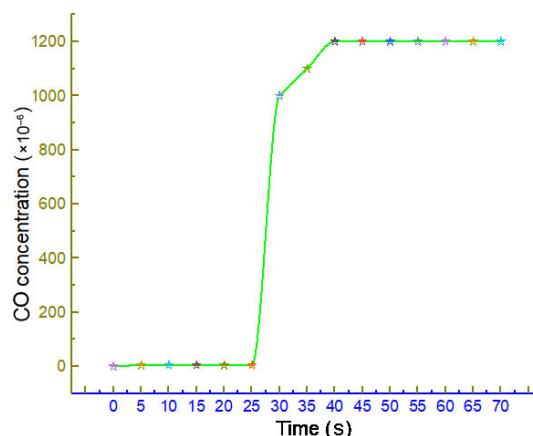


Figura 8 Resultado experimental da concentração de CO no ar.

estendido para permitir que o sensor seja colocado em uma pequena caixa fixada ao ar externo. O recipiente está associado a um objeto de medição onde ocorre uma resposta composta para produzir gás CO. Este foi colocado em um aquecedor para pré-aquecer a resposta da substância em seu interior.

A visualização do detector foi feita em uma tela e filmada no quadro. Para criar o gás CO, um pequeno volume de corrosivo fórmico foi integrado a um pequeno volume de corrosivo sulfúrico em uma bacia que liberava CO seco e sem cheiro após o aquecimento, para que a receita que acompanha especificasse a maravilha.



O comando de resposta foi dado em questão de momentos. O desenho mostra um vale perfeito desde o início do teste até 30 s, onde ocorreu um aumento radical no nível de CO até 37 s, quando o gás aquecido atingiu o pote contendo o detector. A varredura foi então definida em um limite significativo até o final do teste, conforme mostrado na Fig. 8. Nessa perspectiva, o detector foi capaz de reconhecer o nível de CO e operar com precisão.

(6) Experiência em campo

Para demonstrar a funcionalidade do sistema, foi realizada uma experiência de campo para medir as concentrações de poluentes nos três locais com diferentes volumes de tráfego. O sistema foi posicionado próximo a uma estrada de baixo tráfego (Local 1) e de alto tráfego (Local 3). A Tabela 1 apresenta os resultados da instalação experimental para obtenção de valores de sub-Application Programming Interface (API) em áreas de baixo e alto tráfego. O experimento foi realizado ao longo de uma beira de estrada próxima a uma área habitacional e outra próxima à área industrial. As medições foram feitas a cada 30 vezes durante um dia. As medidas foram registradas e salvas no sistema. Da mesma forma, outro

Tabela 1 Resultados de medição das concentrações de poluentes no terreno.

Site	Temperatura (euC)	Umidade (%)	Concentração de poluentes (-10%)			
			Ó ₃	ENTÃO ₂	CO	NÃO ₂
1	24	65	0,03	62	1245	0,7
2	28	60	0,05	72	1324	2,0
3	22	71	0,03	65	1420	1.2

experimento foi configurado para obter leituras sub-API em uma área de alto tráfego.

Os resultados destas experiências mostraram que os níveis de cada poluente nas duas zonas diferiram consideravelmente, exceto no Local 3, conforme mostrado na Tabela 1. O₃, ENTÃO₂, CO e NÃO₂ as concentrações eram todas relativamente baixas na área baixa, mas maiores quando o tráfego era intenso. Esta observação pode ser explicada pela maior quantidade de gás acumulada na área industrial de alto tráfego. É interessante notar que os níveis de PM₁₀ foram mais elevados na área de baixo tráfego do que na área de alto tráfego. Isto pode ser explicado pelo movimento dinâmico das partículas de poeira na área devido ao tráfego intenso que mantém as partículas de poeira longe da estrada. O sistema parecia estar a funcionar conforme esperado, a julgar pela capacidade dos seus sensores para diferenciar entre diferentes níveis de poluição em áreas de baixo e alto tráfego.

5. Conclusão

A implementação de um sistema de monitoramento de parâmetros ambientais usando a IoT foi testada provisoriamente para verificar parâmetros atmosféricos e climáticos. O sistema fornece uma solução de baixo consumo de energia para o estabelecimento de um sistema meteorológico de estação. O sistema foi testado em um ambiente interno e atualizou com sucesso o ambiente e as condições climáticas a partir dos dados do sensor. É também uma solução menos dispendiosa graças ao uso de sensores sem fio de baixo consumo de energia e o System-on-Chip (SoC) contém um módulo Wi-Fi. Esta informação será útil para futuras revisões e tende a ser partilhada de forma eficaz com vários utilizadores. Este modelo também pode ser estendido à observação da contaminação em áreas urbanas novas e modernas. Para proteger o bem-estar geral da contaminação, este modelo fornece uma resposta eficaz e de esforço mínimo para observação contínua.

Referências

- [1] F. Firouzi, K. Chakrabarty e S. Nassif, *Internet Inteligente das Coisas: Do dispositivo ao nevoeiro e à nuvem*. Cham, Alemanha: Springer International Publishing, 2020.

- [2] P. Sethi e SR Sarangi, Internet das coisas: arquiteturas, protocolos e aplicações, *Jornal de Elétrica e Engenharia Informática*, vol. 2017, pág. 9.324.035, 2017.
- [3] D. Navani, S. Jain e MS Nehra, A Internet das Coisas (IoT): Um estudo de elementos arquitetônicos, apresentado em 2017 13^o Internacional Conf. Tecnologia de imagem de sinal e baseada na Internet Systems (SITIS), Jaipur, Índia, 2017, pp.
- [4] R. Khan, SU Khan, R. Zaheer e S. Khan, Futuro internet: A arquitetura da internet das coisas, possíveis aplicações e principais desafios, apresentada em 2012 10^o Internacional Conf. Fronteiras da Tecnologia da Informação, Islamabad, Índia, 2012, pp.
- [5] PP Ray, Internet das coisas para agricultura inteligente: Tecnologias, práticas e direção futura, *Jornal de Inteligência Ambiental e Ambientes Inteligentes*, vol. 9, não. 4, pp. 395–420, 2017.
- [6] RZ Naeem, S. Bashir, MF Amjad, H. Abbas e H. Afzal, Fog computing na internet das coisas: aplicações práticas e direções futuras, *Rede ponto a ponto e aplicativos*, vol. 12, não. 5, pp. 1236–1262, 2019.
- [7] H. Mansor, MHA Shukor, SS Meskam, NQAM Rusli e NS Zamery, Body Temperature Measurement for Remote Health Monitoring System, apresentado em 2013 IEEE Int. Conf. Instrumentação, Medição e Aplicações Inteligentes (ICSIMA), Kuala Lumpur, Malásia, 2013, páginas 1–5.
- [8] T. Togawa, Medição da temperatura corporal, *Clin. Física. Fisiol. Medidas.*, vol. 6, não. 2, pp. 83–108, 1985.
- [9] TS Gunawan, YMS Munir, M. Kartiwi e H. Mansor, Projeto e implementação de sistema portátil de medição de qualidade do ar externo usando Arduino, *Jornal Internacional de Engenharia Elétrica e de Computação (IJEEC)*, vol. 8, não. 1, pp. 280–290, 2018.
- [10] M. Sree Devi e V. Rahamathulla, Qualidade do ar por meio da IoT e análise de big data, em *Avanços em ciência e gerenciamento de dados*, S. Borah, V. Emilia Balas e Z. Polkowski, edição. Singapura: Springer, 2020, pp.
- [11] LS Chandana e AJR Sekhar, Monitoramento meteorológico usando redes de sensores sem fio baseadas em IOT, *Monitoramento climático usando redes de sensores sem fio baseadas em IOT*, vol. 4, não. 5, pp. 525–531, 2018.
- [12] KSS Ram e ANPS Gupta, dados baseados em IoT sistema registrador para monitoramento meteorológico usando redes de sensores sem fio, *Jornal Internacional de Tendências de Engenharia e Tecnologia*, vol. 32, não. 2, pp. 71–75, 2016.
- [13] BS Rao, DKS Rao e N. Ome, Internet sistema de monitoramento meteorológico baseado em IoT (IoT), *Revista Internacional de Pesquisa Avançada em Engenharia de Computação e Comunicação*, vol. 5, não. 9, pp. 319, 2016.
- [14] J. Mabrouki, M. Azrour, Y. Farhaoui e S. El Hajjaji, Sistema inteligente de monitoramento e detecção da qualidade da água, em *Tecnologias de Big Data e Redes*, vol. 81, Y. Farhaoui, ed. Cham, Alemanha: Springer International Publicação, 2020, pp.
- [15] AH Ali, RF Chisab e MJ Mnati, Um monitoramento inteligente e controle de bombas agrícolas usando tecnologia LoRa IOT, *Jornal Indonésio de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação*, vol. 13, não. 286–292, 2019.

- [16] G. Lehmann, A. Rieger, M. Blumendorf e S. AlbayrakDAI, Uma arquitetura de 3 camadas para modelos de ambiente inteligentes, apresentado em 2010 8ª Conferência Internacional IEEE sobre Workshops de Computação Pervasiva e Comunicações (Workshops PERCOM), Mannheim, Alemanha, 2010.
- [17] S. Kumar e A. Jasuja, Sistema de monitoramento da qualidade do ar baseado em IoT usando Raspberry Pi, apresentado em 2017 Int. Conf. Computação, Comunicação e Automação (ICCCA), Grande Noida, Índia, 2017, pp.
- [18] PSN Reddy, DV Vardhan, KTK Reddy e PA K. Reddy, um sistema de alerta e monitoramento meteorológico de baixo custo baseado em IoT usando nó MCU, em *Computação e Informática Inteligentes*, SC Satapathy, V. Bhateja e S. Das, eds. Singapura: Springer, 2018, pp.
- [19] S. Kumari, MH Kasiwal e ND Valakunde, An sistema de monitoramento ambiental inteligente baseado em Android usando IoT, em *Avanços em Computação e Ciências de Dados*, vol. 906, M. Singh, P. Gupta, V. Tyagi, J. Flusser e T. Ören, eds. Singapura: Springer, 2018, pp.
- [20] A. Durrani, M. Khurram e HR Khan, clima inteligente sistema de alerta para moradores de diferentes áreas, em *Processo. 2019 16ª Internacional Conferência de Burban. Ciências Aplicadas e Tecnologia*, Islamabad, Paquistão, 2019, pp.
- [21] YA Badamasi, O princípio de funcionamento de um Arduino, apresentado em 2014 no dia 11ª Internacional Conf. Eletrônica, Computação e Computação (ICECCO), Abuja, Nigéria, 2014, pp. 1–4.
- [22] J. Mesquita, D. Guimarães, C. Pereira, F. Santos e L. Almeida, Avaliando o módulo WiFi ESP8266 para a Internet das Coisas, apresentado na 2018 IEEE the 23ª Internacional Conf. Tecnologias emergentes e automação de fábrica (ETFA), Turim, Itália, 2018, pp.
- [23] H. Nazemi, A. Joseph, J. Park e A. Emadi, Avançado Tecnologia de sensores de micro e nanogás: uma revisão, *Sensores*, vol. 19, não. 6, pág. 1285, 2019.
- [24] D. Lazik, D. Vetterlein, SK Salas, P. Sood, B. Apelt, e HJ Vogel, Nova tecnologia de sensores para quantificação em escala de campo de dióxido de carbono no solo, *Zona Vadosa Diário*, vol. 18, não. 1, pp. 1–14, 2019.
- [25] H. Theuss, S. Kolb, M. Eberl e R. Schaller, Miniaturizado sensor de gás fotoacústico para CO₂, em *Simulações de sistemas de sensores: Do conceito à solução*, W. van Driel, O. Pyper e C. Schumann, eds. Cham, Alemanha: Springer International Publishing, 2020, pp.



Jamal Mabrouk recebeu o grau de doutor em ciência e tecnologia da água pela Faculdade de Ciências da Universidade Mohamed V em Rabat em 2020. É também engenheiro em ambiente e clima. Está a trabalhar no projecto de migração e água e no papel da governação da água na política de migração em África, com a cooperação entre

MedYWat e Banco Mundial. Atualmente é investigador do programa ambiente e clima na ECOMED em Marrocos, onde iniciou a coordenação do projeto adaptação dos “cidadãos às alterações climáticas”.



Mourade Azrou recebeu o grau de doutor pela Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Moulay Ismail, Errachidia, Marrocos em 2019, e o grau de mestrado em computadores e sistemas distribuídos pela Faculdade de Ciências da Universidade Ibn Zouhr, Agadir, Marrocos em 2014. Atualmente trabalha como professor de ciência da computação na

o Departamento de Ciência da Computação, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Moulay Ismail. Seus interesses de pesquisa incluem protocolo de autenticação, segurança de computadores, Internet das Coisas e sistemas inteligentes. Ele é membro do comitê científico de inúmeras conferências internacionais. É também revisor de diversas revistas científicas, como *Jornal Internacional de Computação em Nuvem*, *Revista Internacional de Segurança Cibernética* e *Análise Forense Digital* (IJCSDF).



Yousef Farhaoui recebeu o grau de doutor em segurança informática pela Universidade de Ciências Ibn Zohr, Marrocos, em 2012. Atualmente é professor na Faculdade de Ciências e Técnicas da Universidade Moulay Ismail. Seus interesses de pesquisa incluem e-learning, segurança de computadores, análise de big data e business intelligence. Ele é um

membro de diversas associações internacionais. Ele é autor de 4 livros e muitos capítulos de livros com editoras de renome, como Springer e IGI. Ele atua como revisor de periódicos IEEE, IET, Springer, Inderscience e Elsevier. Ele também é editor convidado de muitas revistas com Wiley, Springer, Inderscience, etc. Ele foi presidente geral, presidente de sessão e palestrante em diversas conferências.



Driss Dhib recebeu o grau de doutor em valorização de recursos agrícolas pelo Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse, França em 1995. Tem realizado vários projetos de investigação relacionados com engenharia química, tratamento e reutilização de água, ambiente, biotecnologia, tecnologias de fertilizantes,

recuperação de oligoelementos e desenvolvimento de novos produtos. Ingressou na Universidade Mohammed VI Politécnica (UM6P) em 2017 como consultor de ciência e tecnologia e atualmente é co-líder do Programa Água e Clima no Instituto Internacional de Pesquisa Hídrica. Seus interesses de pesquisa incluem técnicas de tratamento de água, estudos ambientais e estudos de mudanças climáticas.



Souad El Hajjaji recebeu o grau de doutor em ciências dos materiais pelo Instituto Politécnico Nacional de Toulouse em 1994 e o doutoramento pela Universidade Mohammed V em Rabat, Marrocos, em 1999. Atualmente, é professora titular na Faculdade de Ciências da Universidade Mohamed V em Rabat e na chefe de

Centro de Pesquisa em Água, Recursos Naturais, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Os seus interesses de investigação incluem qualidade da água, poluição da água, processos de tratamento de águas residuais (adsorção, fotocatalise, etc.), tecnologias inovadoras, valorização de resíduos sólidos, modelização, alterações climáticas, etc.