

# Visualização de Dados em Tempo Real de Sensores IoT Usando Realidade Virtual e BIM

Angela K. Matsuo, Mario J.B. Araújo, Heverton A. Abreu, Lucas L. Oliveira, Matheus C. Cardoso, Walter Seiffert Simões

Laboratório de IoT Manaus – Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (C.E.S.A.R), salas 1702 a 1707 Edf. The Place, R. Belo Horizonte, 19 – Adrianópolis, 69057-060 – Manaus – Am – Brazil (Emails: [akm@cesar.org.br](mailto:akm@cesar.org.br), [mjba@cesar.org.br](mailto:mjba@cesar.org.br), [haa@cesar.org.br](mailto:haa@cesar.org.br), [llo2@cesar.org.br](mailto:llo2@cesar.org.br), [mcc@cesar.org.br](mailto:mcc@cesar.org.br), [wcsss@cesar.org.br](mailto:wcsss@cesar.org.br))

---

**Abstract:** Currently, interest in exploring the Internet of Things (IoT) in building installations and in the management of contexts, such as temperature, lighting, etc., has grown. However, the data generated by IoT agents are presented as elements that are not attractive to a less technical audience, such as building supervisors. Thus, this paper proposes the development of a layer for manipulation and visualization of data from thermal sensors of an indoor environment in a virtual representation. The methodology applied in this research is the construction of BIM (Building Information Modeling) models to be represented in a 3D virtual reality environment. The results showed that the system can help users to monitor in real time the thermal comfort conditions of indoor installations.

**Resumo:** Atualmente tem crescido o interesse na exploração da Internet das Coisas (IoT) nas instalações prediais e na gestão de contextos, como temperatura, iluminação, etc. Entretanto, os dados gerados pelos agentes IoT são apresentados como elementos sem atração a um público menos técnico, como os supervisores prediais. Assim, este artigo propõe o desenvolvimento de uma camada de manipulação e visualização dos dados de sensores térmicos de um ambiente indoor em uma representação virtual. A metodologia aplicada nesta pesquisa é a de construção de modelos BIM (*Building Information Modeling*) para serem representados em um ambiente 3D de realidade virtual. Os resultados mostraram que o sistema pode auxiliar os usuários no monitoramento em tempo real das condições de conforto térmico das instalações de ambientes *indoor*.

**Keywords:** BIM; sensors; thermal comfort; Virtual Reality; Internet of Things (IoT); Visualization.

**Palavras-chave:** BIM; sensores; conforto térmico; Realidade virtual; Internet das Coisas (IoT); Visualização.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da Internet das Coisas (IoT), várias arquiteturas de IoT foram implantadas para oferecer suporte ao monitoramento e gerenciamento de ambientes internos. Muitas dessas arquiteturas são construídas com o objetivo de manter as condições ideais de conforto com o auxílio de fluxos ao vivo de dados do sensor (DAVE *et al.*, 2018). Os sensores de IoT podem fornecer feedback em tempo real aos responsáveis pelo monitoramento sobre seus ambientes físicos monitorados (TEIZER *et al.*, 2017). Esta informação será de grande valia uma vez que as condições interiores têm uma enorme influência na qualidade do bem-estar térmico para as pessoas e equipamentos eletrônicos.

A escolha de um método apropriado para a visualização dos dados do sensor é importante, pois pode ajudar os usuários a entender intuitivamente e trabalhar com os dados de maneira mais rápida e fácil (BRESSA *et al.*, 2021). Convencionalmente, as técnicas de visualização estática são usadas para interpretar o significado dos dados capturados, transformando os dados em várias formas gráficas (por

exemplo, gráficos de linhas, gráficos, gráficos de barras, gráficos de dispersão e mapas). No entanto, essas técnicas de visualização estática têm certas restrições. Por exemplo, eles só podem permitir que determinados tipos de dados sejam apresentados e não podem apresentar os dados do sensor em tempo real, como temperatura do ar interno/externo, umidade relativa e taxa de fluxo de ar.

Assim, o problema a ser resolvido nesta pesquisa é: Como fornecer dados de temperatura da sala de servidores com auxílio de um dispositivo que funciona como supervisor de monitoramento por meio de um sistema visual?

O fornecimento de tais informações será de importância essencial para a tomada de decisões rápidas para enfrentar os problemas de forma mais proativa. Os métodos de visualização estática 2D tornam-se menos úteis e esses métodos precisam ser aprimorados (OLSHANNIKOVA *et al.*, 2015). Além disso, visualizações estáticas sofrem significativamente com a falta de capacidade de representar dados ao vivo interativamente, proibindo assim tarefas interativas (CHANG *et al.*, 2018).

A proposta deste presente trabalho é a captação de dados ecossistêmicos através de um dispositivo sensor, em seguida, a transmissão dos mesmos por redes sem fio capazes de fornecer as informações necessárias para os responsáveis através de realidade aumentada nas câmeras. A metodologia do projeto consiste no monitoramento de dados em tempo real de temperatura da sala dos servidores, usando a arquitetura IoT (*et al.*) e o uso da realidade aumentada para visualização de dados para os supervisores responsáveis em monitorar o processo.

Por outro lado, a IoT e as tecnologias de sensoriamento em tempo real estão sendo cada vez mais utilizadas e aplicadas em diversas plataformas para melhorar a qualidade de vida (CHANG *et al.*, 2018). Olshannikova e seus co-autores afirmou que a IoT permite que o streaming de dados de dispositivos conectados à rede seja entregue e transformado em outros tipos de informações a serem incluídas em simulações virtuais (OLSHANNIKOVA *et al.*, 2015).

As demais partes do artigo seguem a estrutura: No tópico 2 são demonstrados trabalhos relacionados ao tema de pesquisa que indicam métodos e ferramentas que colaboram em conhecimento para a resolução do problema tratado. No tópico 3 é mostrado claramente a arquitetura deste trabalho. No tópico 4 a arquitetura é reproduzida através de um estudo de caso com objetivo de validar os conceitos. No tópico 5 é descrito as avaliações deste trabalho para situar esta pesquisa em associação aos trabalhos relacionados. Por fim, no tópico 6 é detalhada a conclusão, expondo os dados mais relevantes.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

A seleção de trabalhos científicos correlacionados e examinados em periódicos e convenções demonstra uma significativa contribuição na pesquisa desenvolvida (MASSOCA *et al.*, 2022). Então, foi realizada uma revisão sistemática com base em alguns critérios e inclusão de artigos, que são: leitura do título, resumo, descrição do processo metodológico e a obtenção de dados e análises que tratam os objetivos propostos desse projeto. Os critérios que foram definidos estão baseados no material disponível, a construção da rede com uma arquitetura em IoT (*Internet of Things*) e ferramentas de realidade aumentada.

Sicat desenvolveu junto ao seu grupo de pesquisa aplicativos de visualização de dados para realidade estendida (DXR), um kit de ferramentas para visualização imersiva de dados de construção com base na plataforma de desenvolvimento Unity. A visualização imersiva de dados incorporada no sistema DXR foi desenvolvida para apresentar dados com visualizações 2D ou 3D interativas (SICAT *et al.*, 2017).

Em outro estudo, Natephra propôs um método para integrar BIM e imagens termográficas aos dados de detecção do ambiente, a fim de visualizar dados térmicos espaço-temporais de superfícies de edifícios e apoiar a avaliação do conforto térmico interno. Com base nos estudos anteriores, o pré-processamento dos dados é uma etapa crucial antes de proceder à incorporação de modelos digitais em ambientes virtuais (NATEPHRA *et al.*, 2017).

Pasini apresentou uma estrutura de conexão entre BIM e sensores IoT em ambientes prediais para rastrear o comportamento dos ocupantes. Seu estudo amplia as discussões anteriores sobre a integração focada principalmente em automatizar a transferência de informações de sensores para modelos BIM. Neste estudo, além da transferência de dados, foi dada atenção especial também deve ser dada à visualização dos dados do sensor. A geração de visualizações apropriadas e direcionadas ajuda as partes interessadas a compreender melhor as saídas do sensor e tomar melhores decisões (PASINI *et al.*, 2016).

O autor Tirza e seus co-autores no artigo *Architecture proposal for real-time sensor monitoring using IoT and Augmented Reality*, desenvolveram um ambiente inteligente usando uma tecnologia IoT com o protocolo de comunicação MQTT. Para o ambiente virtual, foi usado o *Smartphone* com a ferramenta Unity para a câmera do celular detectar o *target*. A aplicação criava um informativo 3D sobre o modelo do ambiente inteligente, com os dados referentes a umidade, temperatura e nível do gás carbônico (TISZA *et al.*, 2022).

Pronika e seus co-autores produziram o artigo *Augmented Reality for Advanced Home Applications* com foco em automação residencial usando a tecnologia AR. Foram utilizados sensores conectados a uma rede IoT usando um Arduino Uno e um *Smartphone* para ler os marcadores e projetar um ambiente virtual. A relação virtual dos marcadores e o cenário virtualizado produziram um *dashboard* 3D, dando as perspectivas de cenário, possibilitando a ativação e desativação dos sensores através de botões virtuais (PRONIKA *et al.*, 2023).

Jenzi e seus colaboradores no artigo *Development of a Mixed Reality System Based on IoT and Augmented Reality* propôs usar unir as tecnologias IoT e AR, construindo uma arquitetura de protocolo de comunicação com HTTP com uma API. A aplicação do ambiente virtual propôs melhorias na performance para o usuário (JENZERI *et al.*, 2022).

A relação entre os trabalhos desta seção e esta pesquisa desenvolvida, foi construída a partir da percepção das metodologias e ferramentas adotadas por eles, como indicado na Tabela 1.

**Tabela 1. Cruzamento dos Trabalhos Relacionados.**

Autores	Controladora	BIM	Protocolo	Sensor
SICAT <i>et al.</i> , 2018	NodeMCU	-	HTTP	-
NATEPHRA <i>et al.</i> , 2017	Raspberry Pi	X	MQTT	-
PASINI <i>et al.</i> , 2016	NodeMCU	X	HTTP	DHT11
TISZA <i>et al.</i> , 2022	NodeMCU	-	MQTT	DHT11
PRONIKA <i>et al.</i> , 2023	Arduino e ESP8266		MQTT	-
JENZERI <i>et al.</i> , 2022	Arduino e ESP8266	-	HTTP	DHT22
<b>Este trabalho</b>	NodeMCU	X	MQTT	X

Para o desenvolvimento do projeto, foi escolhido como microcontrolador o ESP8266 como concentrador e dois módulos ESP12 para leitura de temperatura com DHT11. A escolha do ESP8266 deve-se à sua capacidade de trabalhar com códigos embarcados (útil para o controle dos sensores) e

códigos escritos em linguagens de programação no modelo da linguagem C. Para criação de um ambiente virtual foi utilizado a ferramenta Unity, por possuir um conjunto robusto de bibliotecas que proporcionam a comunicação com o sistema embarcado em IoT. A programação do ambiente 3D utiliza a linguagem C# e a biblioteca Paho MQTT para comunicação com o concentrador. Estas decisões estão contempladas na arquitetura de projeto apresentada na seção de Metodologia.

### 3. METODOLOGIA

A arquitetura proposta para a visualização dos dados do sensor de temperatura no ambiente de realidade virtual integra a camada física do IoT com os modelos BIM. O sistema fornece uma representação virtual dos marcadores físicos contendo os sensores térmicos distribuídos pelo ambiente. O sistema utiliza um esquema de leitura visual dos marcadores, mostrando o valor correspondente em um objeto 3D inserido virtualmente no cenário (Fig. 1).

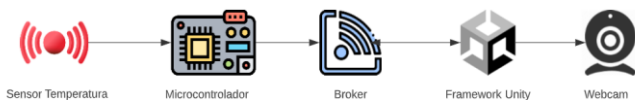


Fig. 1. Arquitetura detalhada do projeto.

A arquitetura do sistema é composta por quatro etapas: o recebimento dos dados do sensor, análise e tratamento dos dados, o fluxo da transmissão de dados e a visualização de dados no ambiente virtual. Essas etapas estão detalhadas nos seguintes tópicos abaixo.

#### 3.1 Recebimento de Dados

O sistema proposto tem como primeira etapa a instalação dos sensores IoT para coletar dados em tempo real sobre variáveis ambientais, como a temperatura. Cada marcador físico recebe uma representação virtual chamada BIM.

O procedimento do fluxograma da transmissão dos dados de temperatura do sensor de temperatura está formalizado na Fig. 2.

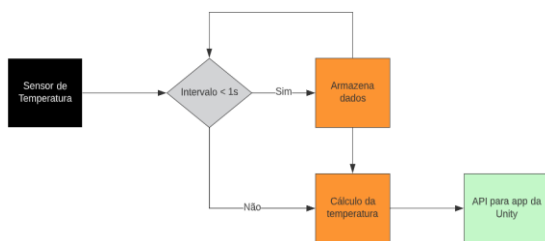


Fig. 2. Fluxograma descrito de dados.

Neste processo, quando o sensor é ativado é verificado o intervalo de recebimento dos dados. Quando o intervalo de transmissão é inferior a um segundo, o algoritmo que calcula a temperatura na escala de Celsius precisa armazenar para que seja finalizada a análise.

Uma vez ativados, os sensores iniciam o processo de envio de dados para a camada de agregação, onde são submetidos a processos de validação de dados para que, eventuais valores dispersos do padrão não contaminem a análise.

#### 3.2 Agregação, Visualização e Análise dos fluxos de Dados

No procedimento de agregação, visualização e análise de dados, os valores recebidos do sensor de temperatura são recebidos e analisados quanto ao contexto e o indicativo do status para o objeto ou local analisado. Ou seja, é possível criar critérios de situações e tomada de ações baseada nesses valores. No contexto de pesquisa deste artigo, os critérios são analisados estritamente em uma sala de servidores local para monitoramento da temperatura (Fig. 3). Sabendo disso, essa agregação de valores consiste em:

Etapa 1: Coleta e seleção dos dados dos sensores.

Etapa 2: Análise de dados de temperatura para estabelecimentos de critérios de citações na sala do servidor.

Etapa 3: Estabelecer as faixas de valores de temperatura para cada situação.

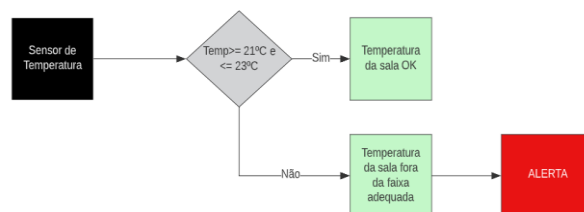


Fig. 3. Monitoramento do sensor de temperatura da sala do servidor.

#### 3.3 Transmissão de Dados

A escolha dos protocolos de comunicação se baseia na quantidade de informações no pacote dos dados transmitidos e quantos dispositivos estão conectados na arquitetura. Com isso, a partir desses critérios citados acima, foi escolhido o protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), no qual se baseia na arquitetura de *Publish/Subscribe* para pacotes de dados que não exigem muitas informações e que atende na necessidade de gerenciar os dispositivos, de quem lê a mensagem e de quem transmite (PASSINI et al.,2016).

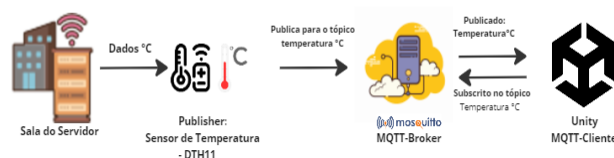


Fig. 4. Arquitetura detalhada de transmissão de dados.

A Fig. 4 ilustra a arquitetura do projeto, onde as temperaturas da sala do servidor são monitoradas e esses dados são transmitidos, através de um canal, para um server, chamado de *broker*, no qual esse server gerencia as informações que vem do *publisher* para entregá-los para os *subscribers*. Os

*subscribers* são os usuários inscritos e que recebem as informações gerenciadas pelo *broker*.

No projeto em questão, o *broker* é instalado no ambiente de programação e se comunica com os dados no microcontrolador.

### 3.4 Visualização dos Dados no Ambiente Virtual

Essa é a etapa final do projeto e serve para trazer o objetivo proposto do projeto, que é a aplicação de um ambiente virtual 3D. A aplicação da realidade aumentada tem aplicações em diversas áreas de IoT e usam essa tecnologia para visualização de dados em tempo real no ambiente em caso de estudo (BREZZA *et al.*,2021).

Os gráficos virtuais são exibidos para o formato AR (*Augmented Reality*), mostrando os valores recebidos dos sensores e indicando o status em relação ao conforto térmico (Fig. 5).

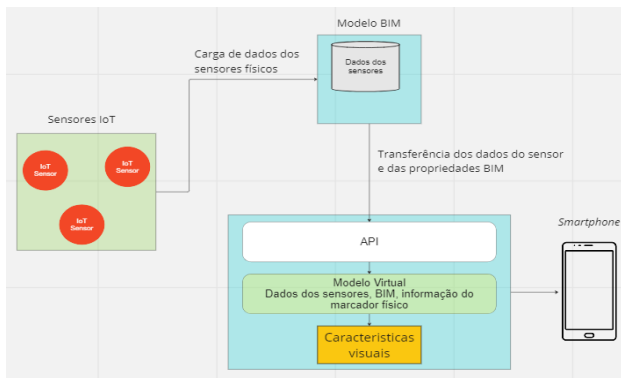


Fig. 5. Camada de exibição dos dados em ambiente de realidade aumentada.

Os *frameworks* utilizados em projetos de AR têm como base a facilidade de aprendizado e simplicidade de criação do objeto em 3D, como também a mobilidade de atender a demandas em relação aos protocolos de comunicação, como HTTP ou MQTT. Com base nesses quesitos, a Unity atende perfeitamente às demandas de trabalho que envolvem as áreas de internet das coisas e realidade aumentada, criando o ARIoT (TISZA *et al.*,2022).

## 4. DESENVOLVIMENTO

A construção do protótipo para ser utilizado como prova de conceito e avaliar os dados obtidos segue os passos descritos na seção de metodologia. Assim, primeiro é construído o protótipo físico (camada física) contendo o concentrador do processamento e transmissão dos valores do sensor e a capacidade de conexão com um ambiente em nuvem.

Em seguida é definido um modelo BIM para ser o representante de cada

### 4.1 Camada Física

A camada física é composta por sensores de temperatura DHT11, microcontrolador NodeMCU e um ambiente em nuvem (Fig. 6).

O nodeMCU é um microcontrolador baseado na arquitetura *Arduino* e é amplamente utilizado para projetos de IoT por seu chip ESP8266 com Wi-Fi 802.11 b/g/n. Possui interface de comunicação serial (UART), interface I2C e interface SPI. O sensor DHT11, mede a temperatura e umidade relativa do ar utilizando um único pino de dados para enviar as informações para um microcontrolador. Ele possui uma faixa de medição de temperatura de 0°C a 50°C com uma precisão de  $\pm 2^\circ\text{C}$  e uma faixa de medição de umidade de 20% a 90% com uma precisão de  $\pm 5\%$ . No ambiente das salas dos servidores, a temperatura padrão adotada oscilou entre 21-23°C.

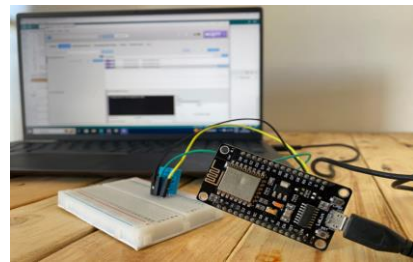


Fig. 6. Pinagem do componente DHT11 ao NodeMCU.

### 4.2 Camada Lógica

As leituras do sensor são armazenadas automaticamente no modelo BIM. Para armazenar as leituras dos sensores no modelo, um *software* é desenvolvido usando o *Unity* com auxílio do *Vuforia*, que é um ambiente de programação visual. A camada de programação embarcada é direcionada à arquitetura IDE *Arduino*.

A descrição da solução lógica do projeto foi desenvolvida em etapas, que foram desenvolvidas nos próximos tópicos.

#### 4.2.1. Recebimento de Dados

O sensor de umidade e temperatura DHT11 trabalha com um resistor do tipo NTC para variação de temperatura em um dado ambiente e sua alimentação de entrada é de 3 a 5 V. Dentro de seu encapsulamento existe um circuito interno capaz de realizar leitura do sensor e se comunicar com um microcontrolador por meio de um sinal serial (Fig. 7).

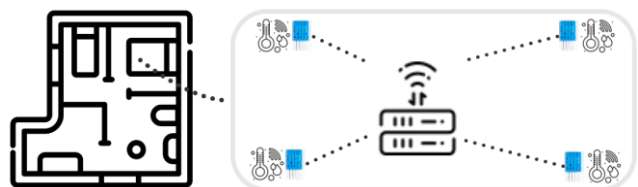


Fig. 7. Captação de dados por sensor de temperatura DHT11.

#### 4.2.2. Agregação, Visualização e Análise dos fluxos de Dados

As leituras dos marcadores são transferidas para o motor de aplicativo a partir do modelo BIM. Nessa etapa foram realizadas as coletas de dados dos sensores de temperatura com o microcontrolador ESP32.

O sensor coleta informações sobre a temperatura do ambiente a cada segundo, mas armazenando o valor e calculando um novo valor de temperatura para, quando chegar em 1 minuto, calcula novamente e manda esse dado para o *broker*. Portanto, esse servidor recebe os valores de temperatura em cada minuto que se passa, e esses dados foram analisados para criar situações que descrevem a faixa ideal de temperatura do servidor.

#### 4.2.3. Transmissão de Dados

No algoritmo do programa, foram necessárias algumas bibliotecas para o funcionamento do protocolo MQTT, como o ESP8266WiFi.h e PubSubClient.h. Essas bibliotecas permitem transmitir os dados por wifi e escrever ou publicar informações para o tópico do servidor. O tópico do *broker* utilizado no projeto é o "temperature\" no qual vai receber os dados no formato string do valor de temperatura, e a função `client.publish(topic, string)` é responsável por publicar a mensagem para o *broker* utilizado.

#### 4.2.4. Geração de Imagens e Gráficos em Dashboard

As imagens geradas a partir do processamento dos dados estão em concordância com os já conhecidos dos pesquisadores em realidade aumentada. A seleção dos dados coletados para geração de uma indicação de status em temperatura da sala dos servidores, é demonstrada de forma detalhada. Os gráficos virtuais são desenvolvidos para exibir o gráfico de dados em tempo real dos dados do sensor em agentes de visualização AR (Fig. 8).

O protótipo, constituído pelas camadas físicas e lógicas, é avaliado em parte experimental seguindo um protocolo descritivo na próxima seção.

Para aumentar os gráficos virtuais, os marcadores em cada sala precisam se tornar facilmente visíveis para a câmera. O sistema então detecta a localização e a orientação do smartphone em relação ao marcador e visualiza o gráfico virtual apropriado. Os usuários podem analisar quantitativamente a condição ambiental e avaliar o conforto térmico interno verificando os gráficos no ambiente AR.

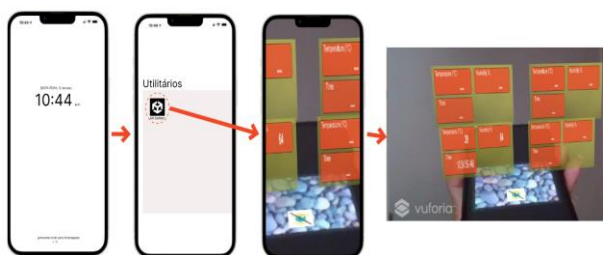


Fig. 8. Layout da estrutura com os valores monitorados.

A Fig. 9 mostra a interface do usuário no protótipo de sistema desenvolvido. A interface inicial inclui uma ferramenta de

digitalização. Um marcador é usado para representar diferentes saídas do sensor ambiental de uma só vez. Depois que a câmera do smartphone reconhece as coordenadas dos marcadores detectados, os gráficos virtuais são aumentados.

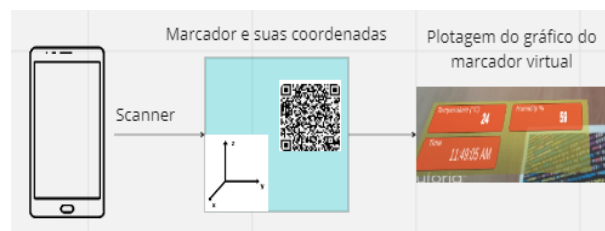


Fig. 9. Recorte do funcionamento do protótipo.

## 5. RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Para avaliar as capacidades e comportamentos do protótipo, tanto na camada física, como no *software*, foi selecionado como área de experimentação o Laboratório de IoT do Instituto CESAR - Manaus, no 17o andar. O Laboratório possui uma área de aproximadamente 20 metros quadrados. Os marcadores foram colocados nos cantos da sala, a uma altura de 1 metro do chão. Para cada marcador, gráficos visuais específicos foram associados para apresentar os parâmetros e valores medidos. Três pontos de medição da temperatura da sala foram estabelecidos: um próximo a uma porta de entrada, um próximo a iluminação e um próximo ao equipamento monitorado (computador servidor).

A faixa de temperatura escolhida foi de 0 a 50 graus Celsius, com precisão de mais ou menos 2 graus Celsius. Os sensores foram configurados para coletar os dados com intervalos de 1 segundo.

Os resultados obtidos indicam um comportamento estável, enviando os dados em uma janela de tempo inferior a 1 segundo (Fig. 10).



Fig. 10. Captura da tela do monitor serial da IDE Arduino.

A leitura do sensor está integrada a representação do marcador BIM. Nesta integração, primeiramente os sensores DHT11 conectados ao NODEMCU fornecem os dados da temperatura ambiente para a camada de processamento. Para transmitir as leituras é ativada a interface BIM, utilizada para representar os dados na camada da realidade virtual.

A visualização dos dados em tempo real é feita em um smartphone *Android*, exibindo os gráficos de plotagem de séries temporais que representam as saídas dos sensores contendo informações ambientais nos intervalos de tempo especificados (o eixo Y apresenta o valor dos valores medidos dos parâmetros ambientais, o eixo X apresenta o tempo, em segundos). Para configurar os marcadores de

destino no aplicativo AR, os locais do marcador foram obtidos do modelo BIM. As leituras do sensor, juntamente com seu carimbo de data/hora, foram salvas como arquivo de texto, que pode ser usado para rastrear o histórico de operação para análises adicionais de condições internas.

Os resultados obtidos dos testes e avaliações apresentadas nessa seção são alinhados ao objetivo deste trabalho e apresentados na seção de conclusão.

## 6. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou um método para desenvolver uma visualização de dados de sensor de temperatura em tempo real utilizando tecnologia de realidade aumentada e virtual. A construção de todo o processo teórico e de protótipo tinha como objetivo buscar solução para o problema: Como fornecer dados de temperatura da sala de servidores com auxílio de um dispositivo que funciona como supervisor de monitoramento por meio de um sistema visual?

De acordo com os experimentos relatados neste estudo, a integração de BIM, detecção ambiental orientada por IoT e visualização baseada em AR oferece a oportunidade de monitoramento em tempo real de parâmetros relacionados ao conforto térmico de salas de servidores.

O sistema também ofereceu a possibilidade de avaliação das variáveis ambientais internas que têm efeito significativo no conforto interno. Estas variáveis compõem o conjunto de informações coletadas sobre as condições ambientais internas podem ser armazenadas em uma estrutura BIM ou em banco de dados para serem analisadas posteriormente, com o objetivo de adquirir novos conhecimentos a partir de dados históricos sobre as condições internas da instalação.

Para a entrega de experiências AR, um aplicativo AR foi projetado e desenvolvido com o auxílio do método de localização baseado em marcadores. Os resultados demonstraram que os dados do sensor recuperados do *Arduino* Uno podem ser transferidos com sucesso para o modelo BIM, e as saídas do sensor também foram integradas com sucesso ao ambiente. Para construir o aplicativo AR, foram utilizadas bibliotecas do *Unity*.

Este artigo/ estudo buscou aplicar um método científico e sistemático na busca de possibilidades de resolução do problema proposto. No protótipo desenvolvido, o aplicativo AR foi capaz de fornecer com sucesso os dados do sensor em tempo real sob a forma de gráficos virtuais em um *smartphone*.

Algumas possíveis limitações de sua aplicação estão relacionadas a necessidade de configuração do ambiente por exigir o uso de sensores IoT, o que pode inviabilizar seu uso em alguns cenários. Para melhorar este aspecto estão sendo consideradas formas de coleta de dados.

## 6. REFERÊNCIAS

Bressa, N., Korsgaard, H., Tabard, A., Houben, S., Vermeulen, J. (2021). What's the situation with situated visualization? A survey and perspectives on situatedness.

- IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 28(1), 107-117.
- Chang, K.-M., Dzung, R.-J., Wu, Y.-J. (2018). An Automated IoT Visualization BIM Platform for Decision Support in Facilities Management. *Applied Sciences*, 8(7), 1086.
- Dave, B., Buda, A., Nurminen, A., Främling, K., A framework for integrating BIM and IoT through open standards, *Automation in Construction*. 95 (2018) 35–45.
- Jenzeri D., Chehri A., Jeon, G., "Development of a Mixed Reality System Based on IoT and Augmented Reality," 2022 IEEE 96th Vehicular Technology Conference (VTC2022-Fall), London, United Kingdom, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/VTC2022-Fall57202.2022.10012824.
- Massoca, J. M., Rodrigues, T. R., Neto, M. M., da Silva Rodrigueiro, M. M., Oliveira, K. S. M., dos Santos, P. S. B. (2022). Usos do arduino e mit app inventor na comunicação digital: revisão sistemática. *Research, Society and Development*, 11(3), e38411326510-e38411326510.
- Natephra, W., Motamedi, A., Yabuki, N., Fukuda, T. (2017). Integrating 4D thermal information with BIM for building envelope thermal performance analysis and thermal comfort evaluation in naturally ventilated environments. *Building and Environment*, 124, 194–208.
- Olshannikova, E., Ometov, A., Koucheryavy, Y., Olsson, T. (2015). Visualizing Big Data with augmented and virtual reality: challenges and research agenda. *Journal of Big Data*, 2(1), 1–27.
- Pasini, D., Mastrolembro Ventura, S., Rinaldi, S., Bellagente, P., Flammini, A., Ciribini, A.L.C., (2016) Exploiting internet of things and building information modeling framework for management of cognitive buildings, *IEEE 2nd International Smart Cities Conference: Improving the Citizens Quality of Life (ISC2)*.
- Pronika, D. Mudgal, G. Yati, (2023) "Augmented Reality for Advanced Home Applications," 2023 5th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT), Tirunelveli, India, pp. 118-123, doi: 10.1109/ICSSIT55814.2023.10060904.
- Sicat, R., Li, J., Choi, J. Y., Cordeil, M., Jeong, W. K., Bach, B., Pfister, H. (2018). DXR: A Toolkit for Building Immersive Data Visualizations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, (c).
- Teizer, J., Wolf, M., Golovina, O., Perschewski, M., Propach, M., Neges, M., König, M. (2017). Internet of Things (IoT) for integrating environmental and localization data in Building Information Modeling (BIM). In *proceedings of the 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2017)*, pp 603–609.
- Tisza, Juan; Ortega, David. (2022) Architecture proposal for real-time sensor monitoring using IoT and Augmented Reality. In: 2022 IEEE Engineering International Research Conference (EIRCON). IEEE, p. 1-4.