



## MONITORAMENTO E CONTROLE DA CLIMATIZAÇÃO DE DATA CENTER VIA IOT

Wedes de Oliveira Soares\*<sup>1</sup>, Nádia Camila dos Santos Faria<sup>1</sup>, Marcos Antônio de Sousa<sup>1,2</sup>, Bruno Quirino de Oliveira<sup>1</sup> e Antônio Marcos de Melo Medeiros<sup>1</sup>

<sup>1</sup> POLI-PUC Goiás – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

<sup>2</sup> EMC-UFG – Universidade Federal de Goiás

**Resumo** - Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento e controle da climatização via IoT com o objetivo de gerenciar a temperatura e umidade em *data center* de pequeno porte. O sistema permite a coleta de dados através de sensores, com processamento e transmissão dos dados via WiFi para um sistema de acesso em nuvem IoT. A facilidade de utilização por parte do usuário final é um dos destaques do protótipo proposto. O desempenho do sistema é conferido por meio de cenários de aplicação em tempo real. Os resultados são apresentados e discutidos.

**Palavras-Chave** - Arduino, controle, *data center*, IoT, MKR WiFi 1010, monitoramento.

### MONITORING AND CONTROL OF DATA CENTER CLIMATE VIA IOT

**Abstract** - This work presents the development of a system for monitoring and controlling the climate via IoT with the objective of managing the temperature and humidity in a small data center. The system allows data collection through sensors, with data processing and transmission via WiFi to an IoT cloud access system. Ease of use by the end user is one of the highlights of the proposed prototype. System performance is checked through real-time application scenarios. Results are presented and discussed.

### I. INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento tecnológico e, conseqüente, informatização de processos, possibilitou enormes avanços operacionais nas empresas, nos mais variados setores da economia. Particularmente, no setor industrial, a produção de hardwares cada vez mais eficientes e baratos criaram um ambiente propício ao desenvolvimento de grandes sistemas baseados em IoT (*Internet of Things* – Internet das Coisas), com a implantação de redes de comunicação mais rápidas, abrangentes e eficientes.

Com a crescente adoção da IoT, dispositivos conectados estão presentes em todos os aspectos da vida moderna, desde agricultura, passando pela automação residencial, automotiva

\*wedes.oliveira@hotmail.com

e de logística, chegando às cidades inteligentes e à IoT industrial [1].

A Internet das Coisas se refere à integração de objetos físicos e virtuais em redes conectadas à Internet. Esta estrutura permite que “coisas” coletem, troquem e armazenem informações a respeito do meio que estão inseridas. Estes cenários possibilitam a geração de grandes volumes de dados que podem estar sendo coletados em tempo real, através de sensores. Estes dados gerados, uma vez processados e analisados, geram informações e serviços para uma variedade enorme de aplicações [2].

A adoção de soluções IoT para sistemas de monitoramento e controle de ambientes está aumentando constantemente. Com o monitoramento e controle da temperatura e umidade do ar, por exemplo, é possível avaliar quando o sistema que faz o resfriamento de um determinado ambiente está ou não funcionando corretamente e realizarmos a possível contenção através do revezamento desses equipamentos. Com uma rede de sensores é possível perceber quando os valores de temperatura e umidade se encontram fora dos padrões estabelecidos.

Diante de tal contexto este artigo tem como objetivo desenvolver uma alternativa de baixo custo, de software e hardware livres, que possibilite o monitoramento e gerenciamento da temperatura ambiente para aplicação em salas de equipamentos, possibilitando o monitoramento remoto e a notificação de eventuais anormalidades no gerenciamento automatizado de temperatura e umidade do ar em *data centers* através da implementação do controle nesse sistema.

O presente estudo justifica-se pela possibilidade de criar um sistema de monitoramento e controle em tempo real em que se busca um resultado favorável na prevenção de possíveis problemas maiores com os equipamentos de computação. Afinal, quanto mais rápido se descobre a mudança de valores de temperatura e umidade do ar do ambiente monitorado, para cenários críticos de operação, melhor pode ser programada a ação corretiva com o controle dessas variáveis.

Nas seções seguintes serão detalhadas as etapas de construção do sistema de monitoramento e controle da climatização de *data center* utilizando uma plataforma IoT. A seção II descreve os elementos necessários para desenvolvimento do projeto: *data center* para pequenas

empresas, IoT para sistemas de monitoramento e controle remoto com os trabalhos correlatos. O protótipo do sistema desenvolvido é detalhado na seção III, com destaque para o processo de implementação computacional. Os resultados mais relevantes, juntamente com as suas discussões, podem ser conferidos na seção IV. Por fim, a seção V descreve as conclusões gerais e as possibilidades de trabalhos futuros.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma das áreas que se relaciona à aplicação da Internet das Coisas é a área de monitoramento e controle da climatização, o que sugere um uso adequado e consciente dos recursos disponíveis [3]. É um dos setores que requer constante monitoramento e controle é o ambiente de *data centers*, que incorporam “equipamentos eletrônicos utilizados no processamento de dados (servidores), armazenamento de dados (equipamentos de armazenamento) e comunicações (equipamentos de rede) [4].

Nesta seção destacam-se os fundamentos teóricos que orientam o processo de desenvolvimento do sistema proposto neste trabalho. São descritos os elementos que compõem um *data center* para pequenas empresas, sistemas de monitoramento e controle remoto assim como IoT para monitoramento e controle de climatização.

### A. Monitoramento e Controle de Temperatura

O monitoramento e controle da temperatura ambiente em um *data center* tem como objetivo tratar e evitar a ocorrência de eventos críticos, como por exemplo o superaquecimento de equipamentos. Este processo é feito por meio do monitoramento e controle dos equipamentos de climatização e dissipação de calor dispostos na infraestrutura. Tendo em vista que os servidores possuem diversos componentes sensíveis a temperaturas elevadas, o gerenciamento da temperatura em um *data center* é fundamental. O aumento das infraestruturas computacionais exige sistemas de climatização mais potentes para garantir a disponibilidade e a integridade dos recursos. Os equipamentos de TI de alto desempenho concentrados nos *data centers* podem em apenas alguns segundos ultrapassarem a temperatura limite definida por seus fabricantes, podendo superaquecer e comprometer os componentes e a disponibilidade dos servidores e suas aplicações. Segundo orientações da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*), a temperatura ideal na entrada de ar dos equipamentos críticos de TI deve estar entre 18° C e 27° C [5].

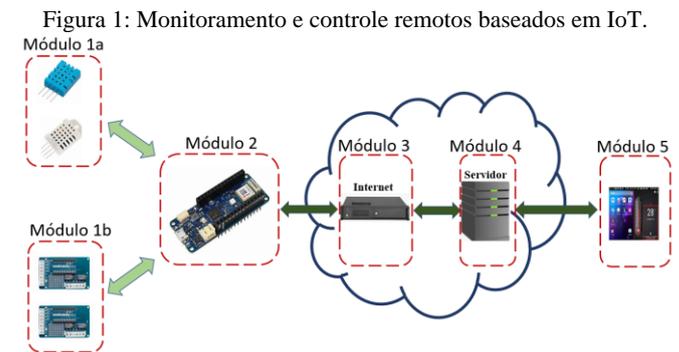
### B. Monitoramento da Umidade do Ar

O hardware instalado em *data centers* pode não suportar condições extremas de operação, com muita ou pouca umidade do ar. Um ambiente com umidade alta demais pode condensar água dentro dos servidores, causando, por exemplo, a oxidação de componentes metálicos. Um ambiente com umidade baixa demais gera carga eletrostática que pode queimar componentes eletrônicos das máquinas. Ambas as condições podem ter um impacto significativo e podem causar danos a computadores e equipamentos em *data centers*. Portanto, tão importante quanto realizar adequadamente o monitoramento e controle da temperatura é de suma importância o monitoramento e controle da umidade do ar

nestes ambientes. A ASHRAE recomenda que a umidade relativa do ar esteja entre 40 e 55% [5].

### C. Sistemas de Monitoramento e Controle Remotos

O objetivo principal de um sistema de monitoramento e controle remotos é permitir ao usuário o poder de acompanhar à distância os parâmetros de funcionamento do ambiente. Com um módulo de monitoramento remoto o usuário pode realizar instruções que envolvem por exemplo a utilização de uma interface interativa que possibilita atividade de alerta inteligente e precoce. A Figura 1 apresenta a topologia com os principais elementos de um sistema de monitoramento e controle remotos baseados em IoT e que pode ser utilizado para acompanhar os níveis de temperatura e umidade do ar em um *data center*.



#### 1) Módulo 1a - IoT de Coleta de Dados

Utilizado para obter informações do mundo físico, sendo composto de dispositivos sensores, em geral com limitado poder de processamento.

#### 2) Módulo 1b - IoT de atuadores

Utilizado para executar operações de correção no sistema monitorado, para situações em que o monitoramento percebe uma anomalia na operação do sistema. No sistema desenvolvido neste trabalho, este módulo tem como objetivo atuar na rotina de operação das máquinas de condicionadores de ar.

#### 3) Módulo 2 - IoT Local de Gerenciamento de Dados

Este módulo é composto por microcontroladores e periféricos mínimos para seu funcionamento. Atuam como elementos concentradores que interligam os sensores e atuadores locais a redes mais amplas, sendo responsável por receber as informações dos sensores e transmitir para um servidor em nuvem através de uma conexão com a internet.

#### 4) Módulo 3 - Comunicação com a Internet

Para a conexão de um sensor IoT e ou qualquer dispositivo controlador à um serviço de processamento em nuvem é necessário um sistema de comunicação que permita que os dados possam ser enviados e recebidos para um servidor remoto. O módulo de comunicação com a internet é responsável por esta atividade, possibilitando a consulta do estado das variáveis monitoradas em tempo real pelo usuário.

#### 5) Módulo 4 - Computação em Nuvem (cloud)

Os dados coletados por meio de dispositivos IoT podem ser armazenados e processados em grandes datacenters. Toda a

capacidade, além da flexibilidade e da mobilidade necessárias, fica sob a responsabilidade das empresas provedoras, totalmente dedicadas a isso, o que possibilita a redução de custos e agregar segurança da informação (confiabilidade, disponibilidade e integridade), entre outros benefícios.

#### 6) Módulo 5 - Monitoramento Mobile

O processo de armazenamento dos dados coletados dos sensores na nuvem cria oportunidades para o gestor acessar estas informações a qualquer hora e de qualquer lugar. O módulo de monitoramento *mobile* possibilita esta flexibilidade de gestão por parte do cliente. O desenvolvimento deste módulo exige a implementação de aplicativos de interface amigável para aparelhos portáteis como os *tablets* e os *smartphones*.

#### D. Sistemas Embarcados para Monitoramento e Controle Remotos

O Arduino é uma plataforma composta por software e hardware que permite ajustes na implementação do sistema conforme a necessidade de desenvolvimento do projeto. Ele utiliza um microcontrolador ATmega e possui um ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) para escrever o código.

Com o Arduino é possível desenvolver os mais diversos projetos, uma vez que esta plataforma possui a capacidade de receber dados de uma grande variedade de sensores e é capaz de gerenciar uma diversidade de dispositivos atuadores.

Atualmente existe uma grande diversidade de sensores disponíveis no mercado. Devido ao fato destes sensores serem capazes de realizar a medição de uma gama enorme de variáveis, eles têm auxiliado em diversos setores, com destaque para monitoramento e gerenciamento de linhas produção, prevenção de acidentes e acuidade em processos de segurança de sistemas.

Entre os modelos de sensores disponíveis no mercado para captura de valores de temperatura e umidade do ar pode-se destacar o modelo DHT22. Este sensor apresenta simplicidade de uso e comunicação com o Arduino, através de sua interface digital.

#### E. Plataformas de Computação em Nuvem

O modelo de computação em nuvem a ser adotado em um sistema IoT, depende muito do tipo da aplicação para a qual o sistema está sendo desenvolvido. Conhecer os vários modelos de computação em nuvem para a internet das coisas, possibilita uma escolha mais adequada, conforme a aplicação IoT a ser implementada. Algumas plataformas de computação em nuvem que podem ser adotadas no desenvolvimento de sistemas de monitoramento e controle remotos são: IBM Cloud IoT [7], Google Cloud IoT [8], Microsoft Azure IoT [9], Arduino IoT Cloud [6], entre outras.

### III. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto tem como intuito desenvolver um estudo cujo princípio está relacionado na supervisão e gerenciamento remoto em tempo real da temperatura e umidade de uma central de processamento de dados através da Internet das Coisas. Na conclusão do protótipo, presume o estudo e a sua aplicação em *data center* com capacidade de previsão de melhores condições de funcionamento dos equipamentos.

Seguem a listagem dos elementos e as etapas do projeto do sistema proposto.

#### A. Plataforma de Hardware IoT

O desenvolvimento de um sistema com placa Arduino MKR WiFi 1010 resume em construir uma rede de sensores conectada ao roteador local. Ou seja, na instalação de periféricos para aquisição de dados de temperatura e umidade do ambiente. Porém, ainda que pareça simples, existe mais um fator determinante: a plataforma de hardware se limita a alguns programas de modelagem.

O processador principal da plataforma Arduino é um Arm Cortex M0 SAMD21 de 32 bits de baixo consumo. A conectividade WiFi e Bluetooth é realizada com um módulo da *u-blox*, o NINA-W10, um *chipset* de baixa potência operando na faixa de 2,4GHz. A comunicação segura é garantida por meio do *chip* de criptografia Microchip ECC508. Além disso, o sistema possui um carregador de bateria e um LED RGB direcionável *on-board*.

#### B. Sistema de Sensores de Temperatura e Umidade do Ar

O DHT22/AM2302 é um sensor de temperatura e umidade que permite fazer leituras de temperaturas entre -40 e +80 graus Celsius e umidade entre 0 e 100%, sendo muito fácil usar com Arduino, pois possui apenas 1 pino com saída digital [10].

#### C. Implementação da Plataforma de Software do IoT

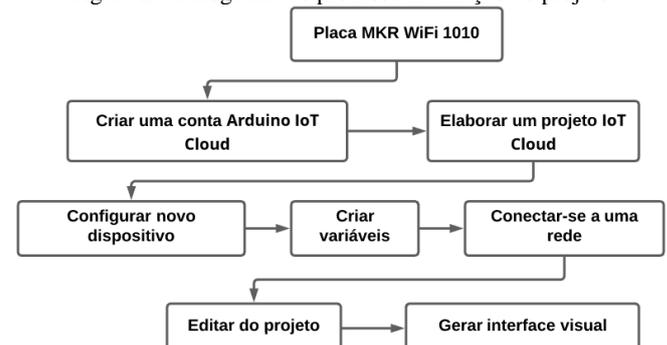
Nesse projeto, utilizou-se o Ambiente de Desenvolvimento Integrado Arduino (IDE) em que contém um editor de texto para escrever código, uma área de mensagem, um console de texto, uma barra de ferramentas com botões para funções comuns e uma série de menus. Ele se conecta ao hardware Arduino para fazer *upload* de programas.

A biblioteca principal utilizada na placa MKR WiFi 1010 é "thingProperties.h". Para o sensor DHT22 são utilizadas três bibliotecas "Adafruit\_Sensor.h", "DHT.h" e "DHT\_U.h". Para funcionar o display são utilizadas duas bibliotecas "LiquidCrystal\_I2C.h" e "Wire.h". Já para os atuadores é configurada a pinagem de saída da placa MKR WiFi 1010, uma vez que não é necessária nenhuma biblioteca auxiliar.

#### D. Projeto do Software de Comunicação Internet no Arduino

O modelo genérico de utilização e aplicação da IoT Cloud para integração da placa MKR WiFi 1010 está exemplificado no fluxograma da Figura 2. Por ser genérico, é compreensível que devem ser feitas adaptações na placa para a aplicação do modelo.

Figura 2: Fluxograma do processo de criação do projeto.



Inicialmente, é criada uma conta na *Arduino IoT Cloud* (Passo01) e em seguida é implementado o projeto (Passo02). A configuração de um novo dispositivo (Passo03) é feita via conexão USB serial de dados diretamente com a placa MKR WiFi 1010 e concomitantemente com a seleção de um novo dispositivo na página inicial da nuvem. Para adicionar uma nova variável (Passo04) é necessário declarar nome e permissão da variável, podendo ser de entrada e/ou de saída. Com este procedimento deve-se selecionar a taxa de atualização de cada variável. A conexão com a rede (Passo05) é realizada com identificação de nome e senha da rede WiFi local. Para editar o projeto (Passo06) seleciona-se o esqueleto e altera-se o código para execução do projeto conforme preferências do projetista. Por fim, a criação da interface visual (Passo07) é realizada com o acesso aos *widgets*, através da guia "Painéis" na parte superior da interface *Arduino IoT Cloud*. Este processo possibilita a visualização de uma lista de *widgets* criados para implementação no projeto.

#### E. Projeto de Integração do Sistema de Monitoramento

O projeto inclui todas as funcionalidades de conexão WiFi e gerenciamento de conexão em nuvem. As únicas informações necessárias do usuário são as credenciais necessárias para estabelecer uma conexão com uma rede WiFi (SSID e PASSWORD).

O *Arduino IoT Cloud* autentica o dispositivo conectado usando uma chave armazenada dentro do chip cripto da placa durante a configuração do dispositivo (em *Devices section - ADD DEVICE*), garantindo a transmissão de dados através de um canal seguro [6].

### IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são descritos alguns resultados preliminares para as técnicas de configuração, treinamento e aplicação do Sistema de Monitoramento e Controle da Climatização de *Data Center* via IoT.

#### A. Aquisição dos Dados dos Sensores

O DHT22 / AM2302 é um sensor digital de temperatura e umidade. Ele utiliza um sensor de umidade capacitivo e um termistor para medir o ar circundante, e emite um sinal digital no pino de dados (sem necessidade de conversores analógicos). Relativamente simples de usar, e permite obter novos dados de leitura a cada 2 segundos [10].

A placa *Arduino MKR Relay Proto Shield* oferece facilidade de acoplamento com a placa MKR WiFi 1010, além de possuir relés de acionamento dos atuadores.

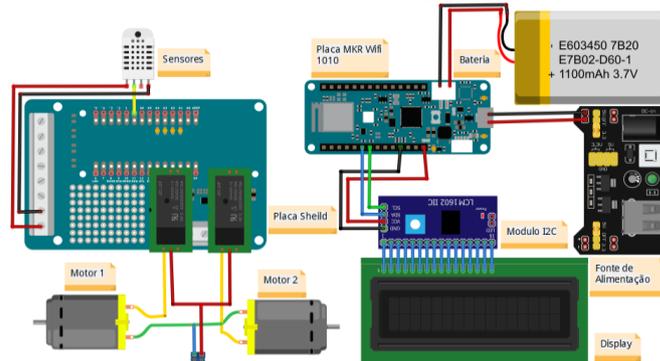
A montagem e configuração do hardware do sistema de monitoramento e controle pode ser conferida na Figura 3. Um diagrama de montagem também é construído na plataforma *Frizing* para exemplificar o processo de interligação dos componentes do sistema. Este diagrama pode ser conferido na Figura 4.

A placa *Shield* foi adicionada ao projeto com o objetivo de facilitar as conexões dos componentes pelo fato do processador principal da placa MKR WiFi 1010 operar com a tensão de 3.3 Volts. Nesse esquema a placa *Shield* apresenta suas ligações por meio dos relés com o Motor 01 e Motor 02 que representam o Condicionador 01 e o Condicionador 02 no ambiente do data center.

Figura 3: Protótipo do sistema real desenvolvido.



Figura 4: Esquema de ligação.



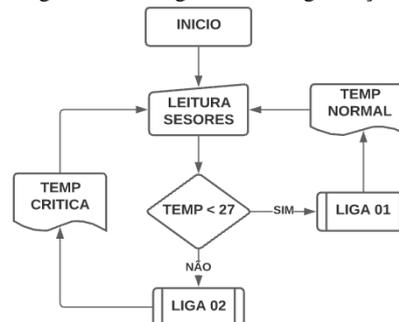
O sensor de temperatura e umidade está conectado a alimentação de 3,3 Volts e entrada digital 0 da placa MKR WiFi 1010 com o intuito de coletar os dados no ambiente monitorado. A bateria está ligada na placa MKR WiFi 1010 com a finalidade de manter a energização caso falte eletricidade. A fonte chaveada de alimentação de 5 Volts conectada ao terminal micro USB garante a tensão de entrada, além de carregar a bateria. O display LCD está acoplado com a placa de interface I2C para facilitar a ligação com a MKR WiFi 1010 e gerar a visualização *in loco* dos parâmetros de temperatura e umidade.

#### B. Plataforma de Computação em Nuvem

Os dados são coletados pelos sensores e tratados na plataforma *Arduino IoT Cloud*, através da comunicação MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) e vinculados às variáveis criadas pelo programador.

A Figura 5 demonstra como foi feita a parte do *loop* de programação no Software IDE da *Arduino* para as rotinas de leitura dos dados de temperatura e umidade, bem como o processo de tomada de decisão quanto a qual sistema de condicionamento de ar que deve ser ligado, dependendo do status da temperatura.

Figura 5: Fluxograma de Programação.



O sistema proposto neste trabalho realiza o monitoramento remoto de temperatura e umidade, porém os atuadores controlam apenas a temperatura, tendo em vista que para efetuar o controle preciso de umidade se faz necessário o uso de um sistema mais complexo, com uso de umidificador e resistências de reaquecimento.

Ao energizar a placa com o programa devidamente instalado e com login e senha da rede WiFi local, a cada 2 segundos é feita a leitura e atualização dos dados de temperatura e umidade do ar do ambiente monitorado. Estes dados são atualizados automaticamente na nuvem Arduino IoT Cloud. Caso observe uma discrepância entre os valores coletados e os limites de operação, o sistema de monitoramento emite alertas para o usuário.

A *loop* de verificação de *status* e de ativação dos atuadores (módulo relé) é iniciado com a realização do teste de nível da temperatura monitorada. Caso a temperatura esteja dentro das especificações de operação (abaixo de 27°) o atuador do Condicionador 1 mantém-se ligado e a mensagem de texto “Condicionador 01 Ligado \*Temperatura Normal\*” é enviada para o *Dashboards*. Caso aconteça algum evento em que o monitoramento identifique que a temperatura esteja fora dos limites aceitáveis de operação (acima de 27°), o sistema entende que houve alguma falha no Condicionador 01. Neste caso, o sistema aciona os módulos de atuadores para desligar o Condicionador 01 e ligar o Condicionador 02. A mensagem “Condicionador 02 Ligado \*Temperatura crítica maior que 27°, Acionar Manutenção\*” é enviada para o *Dashboards*.

O usuário do sistema de monitoramento e gerenciamento remoto desenvolvido neste trabalho também pode executar a rotina de acionamento do atuador que liga o Condicionador 02 via IoT REMOTE. Este processo permite ao usuário acionar manualmente uma rotina de controle de operação dos condicionadores de ar, via comando simples pela plataforma, se sobrepondo à rotina automatizada descrita na Figura 5.

### C. Divulgação de Informações de Monitoramento

A Figura 6 apresenta as imagens que o usuário tem acesso através da plataforma da Arduino, onde é possível visualizar a caixa de texto que tem como função receber os eventos de mudança de estado de temperatura do ambiente monitorado. Além disso, tem o *widgets* do *status* do equipamento que está em funcionamento. O visualizador gráfico de temperatura e umidade do ambiente é exibido contendo o histórico dos últimos 15 dias com possibilidade de configuração do projeto em funcionamento atual assim como as demais opções presentes na imagem (7 dias, 1 dia e 1 hora). Vale ressaltar que nesta etapa de desenvolvimento do sistema, o plano de serviço de computação em nuvem contratado possui algumas limitações em termos de quantidade de variáveis de monitoramento e controle utilizadas e de duração do histórico de registros de armazenamento de dados.

### D. Simulação do Aplicativo Mobile

O controle de acesso às informações via smartphone é realizado por meio do aplicativo disponibilizado para IOS e Android chamado “Arduino IoT Cloud Remote”. O usuário deve entrar *Play Store* ou *App Store* baixar e instalar o aplicativo e acessar com o *login* e senha. A Figura 7 exibe as informações coletadas pelo sistema através da visualização no aplicativo *mobile* desenvolvido.

Figura 6: Divulgação de informações via Web.

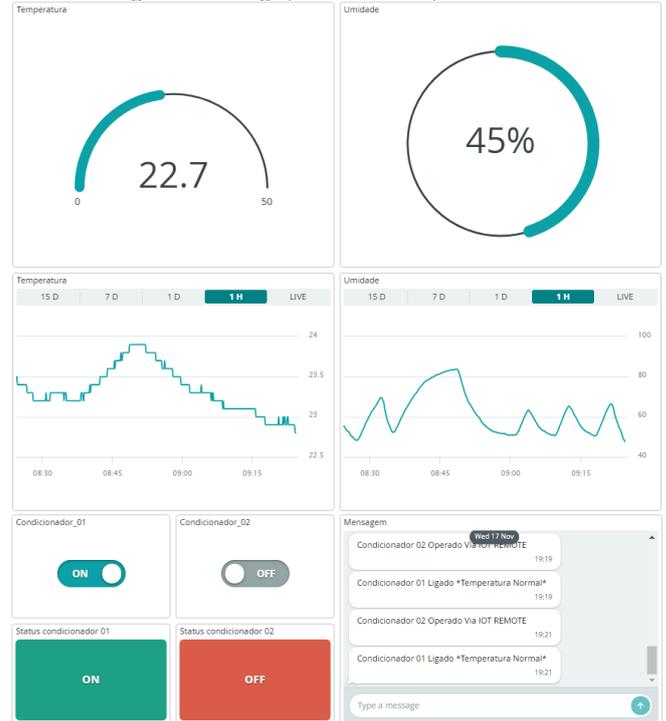
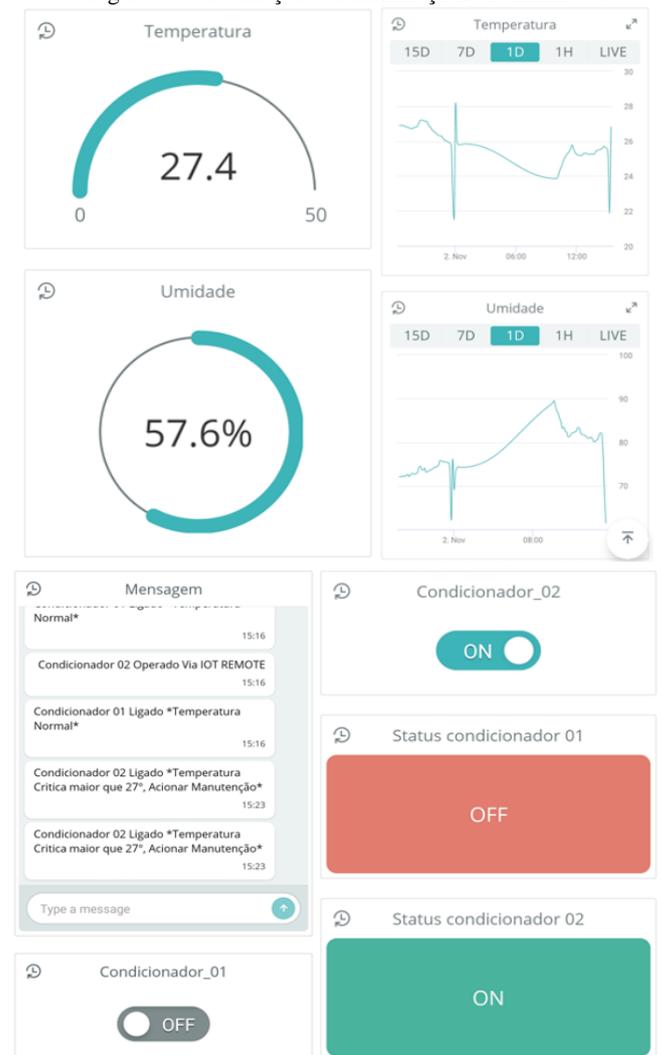


Figura 7: Visualização das informações via Mobile.



A divulgação das informações no aplicativo *mobile* segue o mesmo conceito de interpretação das informações da plataforma Arduino IoT *Cloud* via Web. São apresentados o monitoramento da temperatura e umidade do ambiente e os gráficos de linha que acompanham a variação por período de monitoramento. Caixa de texto contendo informações de eventos gerados também podem ser gerenciadas. Com a utilização do aplicativo *mobile* garante-se facilidade em obter as informações por ser uma ferramenta de fácil e rápido acesso.

Na Figura 7 pode-se notar que a temperatura no momento da coleta estava acima de 27°C, entrando em estado crítico. O sistema entende que existe uma falha de refrigeração no condicionador 01 e aciona o condicionador 02 e em seguida desliga condicionador 01, além de enviar uma mensagem de alerta no bloco da caixa de texto.

O status dos condicionadores do projeto é apresentado para uma melhor percepção do usuário sobre qual equipamento está em funcionamento naquele instante. Os gráficos com as informações do monitoramento auxiliam no acompanhamento das oscilações de temperatura para possíveis correções do sistema.

## V. CONCLUSÕES

Atualmente, com o avanço tecnológico, a quantidade de plataformas utilizadas em processos de coleta de dados tem aumentado significativamente. A capacidade de extrair informações relevantes para auxiliar os processos de tomada de decisão é fundamental. As plataformas de desenvolvimento IoT surgem como uma opção para solucionar esse problema, automatizando os procedimentos de coleta e atuação. Neste contexto, a importância da IoT é fundamental, sendo utilizada inclusive na predição de futuros cenários.

Este trabalho apresenta algumas técnicas que estão relacionadas com o processo de gerenciamento (monitoramento e controle) da climatização de *Data Center* de pequeno, de forma remota, e em tempo real.

Durante o estudo, chegou-se na definição de utilizar a placa MKR WiFi 1010, com arquitetura de transferência de dados MQTT, utilizando a plataforma Arduino IDE como ambiente integrado de desenvolvimento. A utilização se deu pelo fato de que esta codificação se tornou uma das mais utilizadas na comunidade especializada.

Os resultados alcançados com a execução do protótipo desenvolvido são satisfatórios, considerando o problema especificado neste artigo. Conforme pode ser observado nas soluções apresentadas nas Figuras 7 e 8, o modelo de monitoramento e controle proposto é de fácil visualização e utilização por parte do usuário final.

Entre os testes realizados vale destacar aqueles que demonstram a efetividade do sistema de atuadores para situações em que o monitoramento acusa uma transgressão nos limites de operação aceitáveis para a temperatura do *data center*. O sistema permite o usuário acompanhar: os níveis de temperatura e umidade do ar; os *status* dos condicionadores de ar; o sistema de atuadores em operação, desligando um grupo de condicionador de ar e ligando outro; e as mensagens de alerta. O sistema possibilita também a gestão das variáveis de climatização monitoradas, promovendo um histórico de

registros, o qual pode ser avaliado de forma a medir a qualidade do próprio produto desenvolvido.

Como trabalhos futuros vislumbra-se alguns estudos direcionados para o aperfeiçoamento do sistema de monitoramento e controle remoto, de forma que se possa implementar outros sensores de temperatura e umidade para um possível desenvolvimento de um sistema de *backup* em conjunto com a implementação de um rodízio automático entre as máquinas de condicionamento de ar que atuam no ambiente monitorado. Outras possibilidades de extensão relevantes seriam o controle via atuação de infravermelho, em conjunto com o controle de umidade, com atuadores operando sobre umidificadores e resistências de reaquecimento. Por fim, uma outra funcionalidade que pode ser avaliada é a integração do sistema de mensagens do protótipo proposto neste trabalho com um aplicativo de mensagens comercial de maior abrangência e usabilidade.

## REFERÊNCIAS

- [1] MEDINA, B.E. Internet das coisas em edifícios inteligentes: Desenvolvimento de uma rede de sensores e atuadores sem fio para o controle de sistemas de climatização. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas – SP, p. 129, 2017.
- [2] DA CUNHA, J. R. L. Monitoramento de ambientes especiais aliado ao conceito de internet das coisas (IoT). Trabalho de Conclusão de Curso, UFRN, p. 45, 2018.
- [3] SÔNEGO, A.S.; MARCELINO, Roderval; GRUBER, Wilson. A Internet das Coisas aplicada ao conceito de eficiência energética: uma análise quantitativo-qualitativa do estado da arte da literatura. *AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento*. Florianópolis, v.5, n.2, P. 80-90, jul/set. 2016.
- [4] GENG, H. *Data center handbook*, Palo Alto, CA: John Wiley & Sons, 2015.
- [5] Mukherjee, T., Banerjee, A., Varsamopoulos, G., and Gupta, S. K. (2010). Model-driven coordinated management of data centers. *Computer Networks*, 54(16):2869–2886.
- [6] Arduino store page (2021). *Aduino MKR WiFi 1010*, Acedido em 15 de maio de 2021, em: <https://store-usa.arduino.cc/collections/iot/>.
- [7] Nuvem IBM (2021). *Plataforma IoT IBM Cloud*, Acedido em 24 de maio de 2021, em: <https://www.ibm.com/br-pt/cloud/get-started>.
- [8] Nuvem Google (2021). *Soluções do Google Cloud IoT*, Acedido em 24 de maio de 2021, em: <https://cloud.google.com/solutions/iot/?hl=pt-BR>.
- [9] Nuvem Azure (2021). *Azure IoT Microsoft Cloud*, Acedido em 24 de maio de 2021, em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/iot/>.
- [10] Dados do sensor. *Sensor de temperatura e umidade*, Acedido em 01 de maio de 2021, em: <https://www.arduinoecia.com.br/sensor-de-temperatura-e-umidade-dht22/>.