

# Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e Controle Climático de *Data Center* Baseado em Internet das Coisas

Augusto Zanoni F. S. Santiago, Piercarlo H. Guinzani, Ramon da S. Ribeiro, Luis Claudio de Oliveira Silva

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade Federal do Maranhão (UFMA)  
Caixa Postal 322 – CEP.: 65080 – 040 – São Luís – MA – Brasil

{augustozanonii, pierguinzani, rribeiros122,  
lcoliveira.silva}@gmail.com

**Abstract.** *Through the advancement of internet-connected technologies, the use of Data Centers (DCs) by companies has become very common to suit the need to maintain and provide online services. However, maintaining this kind of structure poses a major challenge in relation to energy consumption, since DCs are large consumers of electricity. With it in mind, this work has as main proposal: the development of an embedded system of monitoring and control of the climatic conditions of DCs, in order to prevent possible defects in the equipment due to failures in the refrigeration system and reduce the energy consumption related to the cooling of the room. All objectives were achieved, and a data set was collected for future work.*

**Resumo.** *Devido ao crescente avanço de tecnologias ligadas à internet, o uso de Data Centers (DCs) por empresas tem se tornado cada vez mais comum para atender a necessidade de manter e prestar serviços online. Entretanto, manter este tipo de estrutura traz um grande desafio em relação ao consumo energético, uma vez que DCs são grandes consumidores de energia elétrica. Em vista disso, este trabalho tem como proposta principal o desenvolvimento de um sistema embarcado de monitoramento e controle das condições climáticas de DCs, a fim de prevenir possíveis defeitos nos equipamentos decorrentes de falhas no sistema de refrigeração e reduzir o consumo energético referente ao resfriamento da sala. Todos os objetivos foram alcançados, e um conjunto de dados foi coletado para trabalhos futuros.*

## 1. Introdução

Muito tem se falado atualmente sobre eficiência energética, uma vez que as empresas estão buscando cada vez mais reduzir os custos operacionais e aumentar a eficiência dos seus serviços com o mínimo de investimento. Nesse contexto, a norma TIA-942 (*Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers*) prevê o monitoramento da infraestrutura física em salas de equipamentos utilizando dispositivos que promovam o monitoramento e gerenciamento destes ambientes, a fim de evitar possíveis falhas.

Estudos indicam que o consumo mundial de energia dos *Data Centers* (DCs) teve um aumento significativo nos últimos anos, representando cerca de 1,3% do consumo elétrico mundial (KOOMEY, 2011). Tossi (2014) afirma que cerca 36% de toda a energia consumida em um DC é realmente aplicada a equipamentos de Tecnologia da Informação (TI) e os custos de energia referentes à climatização somam cerca 50% do orçamento total

de operação de um DC, uma vez que os processadores geram calor e o ambiente precisa ser refrigerado.

Para que os equipamentos não superaqueçam, diversos servidores permanecem ligados a um conjunto de refrigeradores de ar de forma intermitente, gerando um gasto de energia elevado (KOOMEY,2011). A fim de prevenir a sobrecarga da temperatura dos processadores, evitando a geração de falhas operacionais e a redução da vida útil dos equipamentos de TI, esse ambiente geralmente é mantido em temperatura mínima (CAMARGO; MIERS, 2015).

Diante de tal contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma alternativa de baixo custo, utilizando conceitos de Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*) bem como uma plataforma de integração de sistemas embarcados chamada Blynk, para o monitoramento e controle climático de DCs, a fim de avaliar a viabilidade de uma possível redução de custo, além controlar remotamente a temperatura de acordo com as condições de ambiente estabelecidas pelas normas e verificar a existência de anormalidades no ambiente, como o superaquecimento da sala ou incêndio.

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1 Data Center**

*Data Center* é um local de armazenamento de máquinas e sistemas computacionais em operação, em que é possível armazenar dados e resultados de um processamento, além de outros serviços (MEHDIPOUR, NOORI, JAVADI, 2015). Principalmente em grandes empresas e indústrias esses locais são de grande importância já que são guardados dados e informações relevantes para o seu funcionamento. Por funcionarem de forma intermitente, esses ambientes são regidos por normas de construção e funcionamento, onde podem-se destacar as normas NBR 14565 e ANSI/TIA 942 (*American National Standards Institute/Telecommunications Industry Association*), sendo a última a mais utilizada por estabelecer aspectos relativos aos requisitos ambientais, como a temperatura e umidade dos DCs. Tal norma, especifica que as faixas temperatura e a umidade nos DCs devem ser de 20° C a 25° C e 40% a 55%, respectivamente.

### **2.2 Internet das Coisas**

A Internet das Coisas (IoT) é uma revolução tecnológica na computação e nas comunicações. Ele discorre sobre um mundo de redes e dispositivos inteligentes, em que tudo está interligado (ITU Internet Reports, 2005). A ideia de IoT se dá através de uma rede de comunicação entre vários dispositivos físicos capazes de coletar e transmitir dados. Segundo Evans (2011) é possível considerar que a IoT representa a próxima evolução da internet, já que com isso é possível coletar, analisar e distribuir dados que nós podemos transformar em informações, conhecimento e sabedoria.

### **2.3 Blynk**

O Blynk é uma plataforma para dispositivos móveis capaz de fazer a comunicação entre a parte física e a rede dados, ou seja, através desse aplicativo é possível obter e enviar dados da rede para o sistema embarcado (BLYNK ,2017). O Blynk se divide em três partes, são elas:

- Aplicativo, que permite a criação de interfaces para os projetos usando vários *widgets* que são fornecidos pela própria aplicação (BLYNK ,2017);

- Bibliotecas, que permitem a comunicação com o servidor e processam todos os comandos de entrada e saída. (ROCHA; COSTA, 2018);
- Servidor, que é responsável pela comunicação entre o *smartphone* e o *hardware*, permitindo que o usuário use o Blynk Cloud (Servidor responsável por armazenar os dados do aplicativo e do *hardware*) ou até mesmo um servidor Blynk privado local. O servidor é de código aberto, sendo de fácil manipulação e podendo ser controlado por diversos dispositivos. (BLYNK ,2017)

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 Materiais

Os materiais utilizados no projeto com seus respectivos preços encontram-se descritos na Tabela 1. Tais valores evidenciam o baixo custo do sistema proposto.

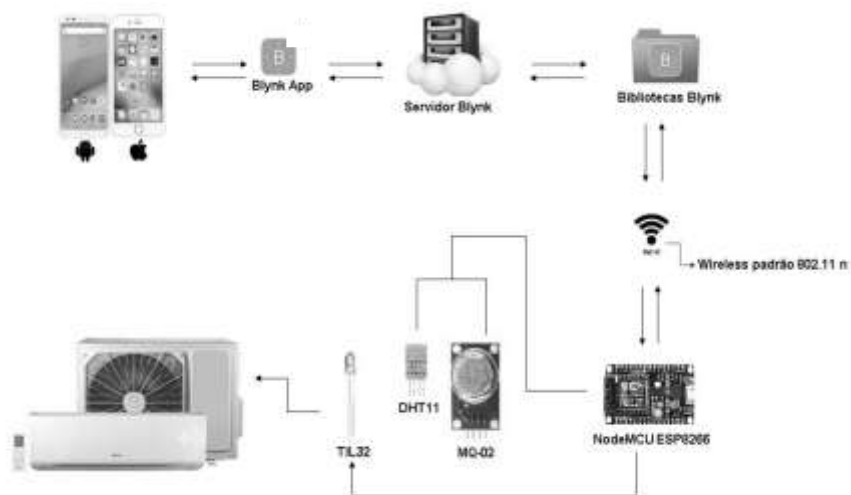
**Tabela 1. Materiais Utilizados e Seus Respectivos Valores.**

Descrição	Modelo	Preço (Real)
<b>NodeMCU ESP8266</b>	V2	R\$ 26,13
<b>Sensor de Temperatura e Umidade</b>	DHT11	R\$ 5,79
<b>Sensor de Gás e Fumaça</b>	MQ-2	R\$ 22,39
<b>Transistor Coletor-Base-Emissor</b>	BC548	R\$ 0,93
<b>Emissor Infravermelho</b>	TIL32	R\$ 0,56
<b>Receptor Infravermelho</b>	TSOP1736	R\$ 7,44
<b>Total</b>		R\$ 63,24

Vale ressaltar que alguns materiais não foram representados na tabela, tais como fios do tipo *jumper* e *protoboard* por serem intuitivamente essenciais a qualquer montagem eletrônica. Ademais, utilizou-se um *smartphone* Android e o Blynk para construir o *dashboard mobile* do projeto e suas funcionalidades.

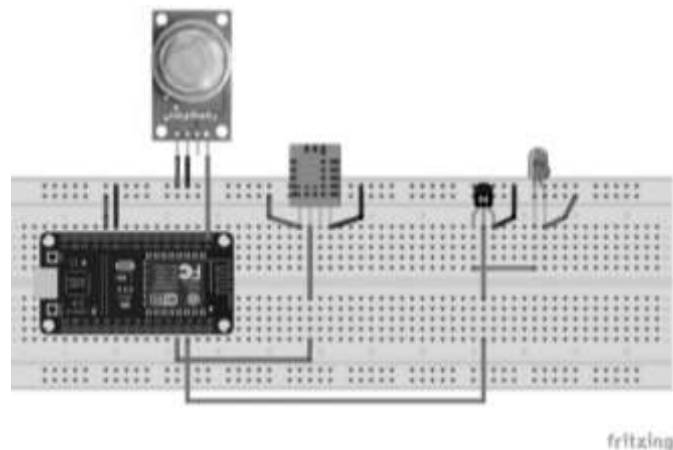
#### 3.2 Métodos

Para a elaboração do projeto e a posterior montagem do mesmo fora necessária a instalação prévia de alguns programas e bibliotecas para controlar o NodeMCU, tais como o programa Arduino IDE e as bibliotecas *Wi-Fi* (Versão 1.2.7), *Adafruit ESP8266* (Versão 1.0.3), *Blynk* (Versão 0.6.1), *DHT sensor library* (Versão 1.3.4) e *IRremoteESP8266-master* (Versão 2.6.0). A Figura 1 apresenta o diagrama do projeto, onde é mostrado o fluxo de informações desde o aplicativo até o sistema de refrigeração.



**Figura 1. Diagrama do Projeto.**

Na Figura 2 é possível observar o esquema do circuito completo, onde ocorreu a junção de todos os sensores em apenas um circuito, conectando o MQ-2 no pino analógico A0 e o DHT11 e LED nos pinos digitais D3 e D2, respectivamente.



**Figura 2. Esquema de Montagem do Circuito.**

Após a montagem do circuito, foi dado início ao processo de configuração do Blynk. Com o aplicativo previamente baixado e instalado em um *smartphone* Android, foi criado um novo projeto e configurado os seus componentes. Toda a interface do projeto pôde ser configurada através do próprio aplicativo, dispensando a utilização de códigos nessa parte e poupando tempo para a criação da aplicação.

A configuração final do Blynk é composta por *widgets* para visualização da temperatura e umidade, um gráfico de linha temporal, um botão para ligar e desligar o ar-condicionado, uma entrada numérica para configurar a temperatura do dispositivo e um componente de alertas via notificação no aplicativo para anormalidades, como temperatura e umidade elevada e indícios de fumaça.

Após a configuração do Blynk fora clonado o controle do ar-condicionado, a fim de controlar o aparelho de refrigeração remotamente através do Blynk. Para a obtenção dos códigos hexadecimais fora utilizado o exemplo IRrecvDumpV2 da biblioteca

IRremoteESP8266-master e o receptor infravermelho. O ar-condicionado utilizado neste trabalho foi um aparelho de ar condicionado *split* tipo piso teto, da Electrolux, modelo CI36F de 36000 *British Thermal Unit* (BTU)s. Os códigos hexadecimais obtidos pelo sensor são apresentados na Tabela 2.

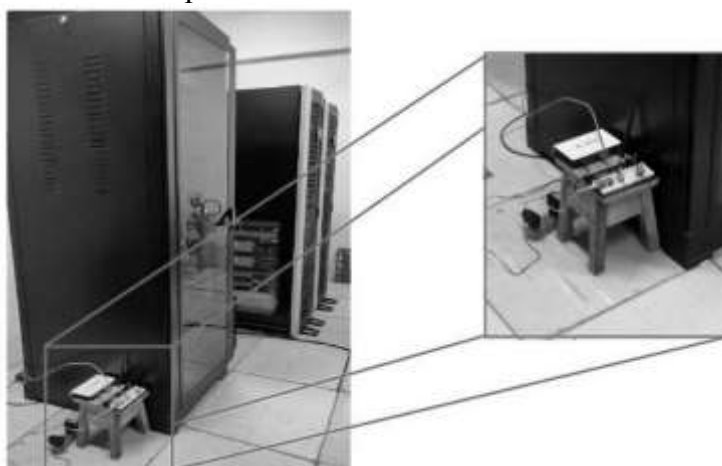
**Tabela 2. Códigos Hexadecimais e Suas Respectivas Funções.**

Código Hexadecimal	Função no Ar-condicionado
B27BE0	Desligar
B2BF20	Ligar/Modificar Temperatura para 20 °C
B2BF60	Ligar/Modificar Temperatura para 21 °C
B2BF70	Ligar/Modificar Temperatura para 22 °C
B2BF50	Ligar/Modificar Temperatura para 23 °C
B2BF40	Ligar/Modificar Temperatura para 24 °C

#### 4. Prova de Conceito

A prova de conceito do projeto foi feita entre os dias 19 a 26 de junho de 2019, no DC da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). O DC em questão possuía na presente data três *racks* ativos, três *nobreaks* para a alimentação e proteção de cargas críticas e quatro aparelhos de ar condicionado, sendo três de 35000 BTUs e um de 30000 BTUs.

Para o teste definitivo, o sistema embarcado fora posicionado ao lado de um dos *racks* do DC, como é possível observar na Figura 4, próximo ao ar-condicionado central. Na mesma figura é possível observar de perto o projeto. O sistema embarcado, então, permitiu o controle de dois aparelhos de ar condicionado dos quatro presentes na sala, ambos de mesmo modelo. Vale ressaltar que para o pleno funcionamento do sistema, os aparelhos de ar condicionado deveriam estar com a sua manutenção em dia, sendo esta condição satisfeita durante o período de testes.



**Figura 4. Teste do Sistema Embarcado no DC da UFMA.**

Para fim de observação do funcionamento do sistema, fora aumentado a temperatura (+2°C) dos aparelhos de ar condicionado a cada dois dias a fim de verificar o comportamento da temperatura e umidade dentro do ambiente e tentar estabelecer um parâmetro ideal desses aspectos climáticos através do controle remoto via aplicativo.

Além disso, foram feitos os testes de anormalidades no ambiente, tais como temperatura e umidade elevadas e indícios de fumaça. Vale ressaltar que estes testes foram feitos previamente à prova de conceito, ou seja, em outro ambiente, utilizando a temperatura natural em um dia quente, um incenso para fumaça e um umidificador de ar. A Figura 5 apresenta as notificações de anormalidades no DC.



Figura 5. Notificações de Anormalidades no DC.

## 5. Resultados

Os resultados contidos na Figura 6 correspondem aos 7 dias consecutivos nos quais o protótipo esteve em funcionamento no *Data Center* do Núcleo de Tecnologia da Informação da UFMA, onde foram coletados os dados de temperatura e umidade com intervalos de 2 segundos por dado. No gráfico da Figura 6 estão dispostos de forma ampla, permitindo que sejam observados os dias de teste (19 a 26).

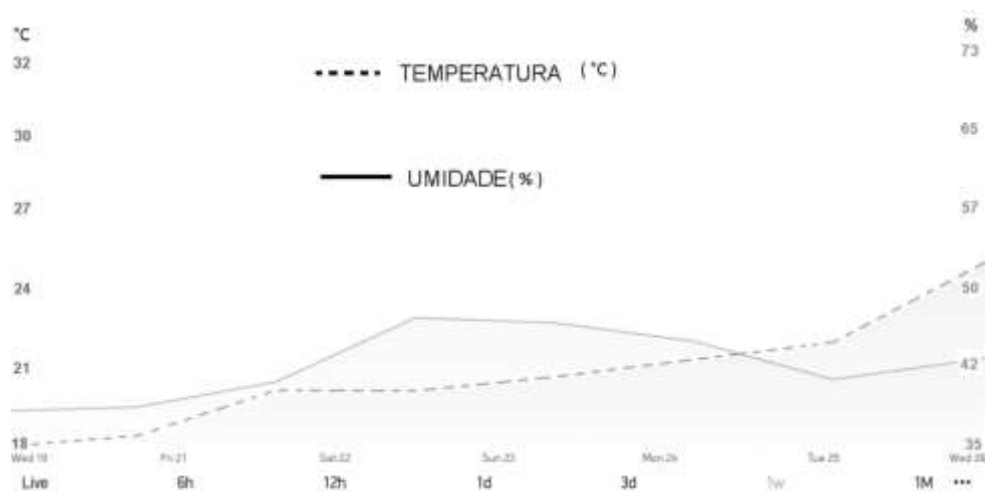


Figura 6. Gráfico de Variação de Umidade e Temperatura no DC da UFMA.

É possível observar na Figura 6 que houve um salto nos valores de umidade entre os dias 22 a 24, o que é explicado devido às fortes chuvas que atingiram o local nessas

datas. É possível analisar também que, os dias 21, 24 e 26 houve aumentos sutis nos valores da temperatura da sala, estes dias foram reflexo das alterações feitas a cada 2 dias a fim de aferir a viabilidade da utilização de temperaturas mais altas mantendo o padrão de resfriamento de um *Data Center*. É possível ver em detalhes estes dados na tabela 3, que possui também dados sobre os outros termômetros pré-existentes na sala (utilizados para controle interno), um posicionado em uma das paredes da sala e o outro na saída de ar dos servidores, onde foram comparados os seus valores para assegurar a precisão nas medições do sensor DHT11.

**Tabela 3. Comparativo da Temperatura Detectada pelo Sistema e pelo Termômetro.**

Sensor de Temperatura (DHT11)	Termômetro da Parede da Sala	Termômetro da Saída de Ar dos Servidores
20,2°C	21,3°C	27,3°C
22°C	22,3°C	29,2°C
23°C	23,9°C	30,6°C

## 6. Considerações Finais

Ao realizar o teste em um ambiente de prova real, foi possível coletar uma série de dados que deram embasamento para inferir que *Data Centers* precisam de monitoramento constante, uma vez que seu funcionamento é vital para continuidade dos serviços prestados por uma empresa que necessite do uso de internet. Dessa forma, o sistema embarcado proposto se mostrou efetivo para tal tarefa com baixo custo aquisitivo e operacional.

Após o período de testes foi comprovado que o sistema embarcado é capaz de aumentar a segurança para *Data Centers* contra as mais variadas adversidades, que podem ser causadas por problemas operacionais nos ares-condicionados, máquinas, incêndios, vazamentos de gás (específico para alguns países com tubulações de gás), goteiras (problemas estruturais do edifício), entre outros; os avisos em tempo real gerados pelo Sistema notificam o responsável, para que tome as devidas providências mais rapidamente e evite grandes ônus ao *Data Center*.

Observou-se que temperaturas mais amenas (20-24°C) continuam a garantir que o *Data Center* não ultrapasse os limites de temperatura de operação, garantindo assim que o ar-condicionado trabalhe menos tempo para chegar à temperatura definida. A economia de energia fica respaldada pelo selo do IMMETRO que gerou valores alarmantes para funcionamento em potência nominal durante 24 horas por dia no decorrer de um mês de operação, gerando gastos desnecessários com o resfriamento da sala. Através de cálculos simples através da redução do uso da potência máxima foi possível assegurar uma economia de energia significativa levando em consideração o uso contínuo do ar-condicionado.

Por fim é possível concluir que este projeto de sistema embarcado alcançou seus objetivos, pois foi capaz de monitorar durante 6 dias consecutivos um *Data Center*, além de ser capaz de controlar duas unidades de ar-condicionado de teto (36.000 BTus) e enviar alertas nos casos onde a temperatura houvesse ultrapassado o limite, outrossim a umidade do ambiente, garantindo a segurança e continuidade dos serviços prestados.

## 7. Trabalhos Futuros

Com base na experiência adquirida durante a produção desse projeto, são sugeridos os seguintes aprimoramentos para trabalhos futuros:

Propomos que seja feito o uso de uma placa integrada com um ganho de rede maior, pois devido ao baixo ganho proporcionado pelo ESP8266 o roteador *Wi-Fi* teve que ser mantido na mesma sala em que era realizado o teste, sendo necessária uma distância mínima muito curta, o que pode ser um desconforto para projetos de maior porte. Em extensão a proposta de um ganho de rede maior, abrimos também a possibilidade do uso de redes 5G, promissoras na área de IoT, garantindo um tempo de resposta menor, pois utilizando redes padrão 2.4Ghz obtivemos um tempo de resposta aproximado de 2000 ms, considerado alto para determinados fins.

É sugerido que, com base em dados coletados por este ou outros sistemas, seja feita uma análise de dados com a finalidade de automatizar a tomada de decisões com relação a escolha de uma temperatura para os ares-condicionados, tornando assim o sistema menos suscetível a falhas causadas por interações humanas e garantindo uma economia de energia ainda maior devido a um controle maior em horários onde os operadores humanos estão inacessíveis. Em última instância, recomenda-se o uso de um sensor de corrente não intrusivo para aferir o consumo de energia de forma precisa, a fim de analisar o impacto real e a economia de energia gerada pelo sistema.

## 8. Referências

BLYNK. **Introdução ao Blynk**. Blynk 2017. Disponível em: < <http://docs.blynk.cc/>>.

CAMARGO, Daniel Scheidemantel; MIERS, Charles Christian. **Monitoramento Ambiental Open Source para Data Center**. In: SBC – ERAD - RJ, 2015, Rio de Janeiro. Artigo de Conferência [...]. Rio de Janeiro: [s. n.], 2015.

EVANS, Dave. **A Internet das Coisas: Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo**. Curitiba: Cisco, 2011. 13 p. Disponível em: < <http://twixar.me/TfX1> >. Acesso em: 05 jun. 2019.

ITU Internet Reports. **The internet of things**. Executive summary; November 2005. Disponível em: < <http://twixar.me/KfX>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

KOOMEY, Jonathan. 2011. **Growth in data center electricity use 2005 to 2010**. Oakland, CA: Analytics Press. July.

MEHDIPOUR, Farhad; NOORI, Hamid; JAVADI, Bahman. **Energy-Efficient Big Data Analytics in Datacenters**. Advances In Computers, [s.l.], p.59-101, abr. 2016. Disponível em: < <http://twixar.me/3fX1>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

ROCHA, Andreia dos Santos; COSTA, Helena Thayane Verissimo. **INTEGRAÇÃO ENTRE O MUNDO REAL E O VIRTUAL NO CONTEXTO DA IoT: Internet das coisas e Blynk, operacionalidade e viabilidade**. 2018. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Sistemas de Informação, Centro Tecnológico, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018. Disponível em: <<http://twixar.me/ffX1>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

TOSSI, Luís. **Eficiência energética em Data Centers**. *Revista de Redes, Telecom e Instalações - RTI*, ano.15, n.166, p. 38-51, mar. 2014.