



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

PORTARIA/SEI Nº 1299, DE 19 DE AGOSTO DE 2019

O **Diretor Geral do Campus da UFJF em Governador Valadares, Prof. Dr. Peterson de Oliveira Andrade**, no uso de suas atribuições e competências, que lhe são conferidas por disposições legais e estatutárias, Portaria nº 1188 de 10 de Outubro de 2016,

RESOLVE:

Art. 1º- Reconhecer como produção técnica o relatório “**Desenvolvimento de um dispositivo para monitoramento térmico conectado à internet para UFJF-GV**”. O Relatório foi elaborado pelos Coordenadores do Projeto: **Erick Carvalho Campos**- Siape 2159351- Engenheiro Mecânico e **Moises Henrique Souza Valbuza**- Siape- 3045764- Engenheiro Eletricista.

Art. 2º - Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

PETERSON MARCO DE OLIVEIRA ANDRADE



Documento assinado eletronicamente por **Peterson Marco de Oliveira Andrade, Diretor (a)**, em 20/08/2019, às 10:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **0011671** e o código CRC **290173CA**.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO
PARA MONITORAMENTO TÉRMICO
CONECTADO À INTERNET PARA A UFJF-GV**

**Autores:
Erick Carvalho Campos
Moises Henrique Souza Valbuza**

Este relatório ou parte dele pode ser reproduzido por qualquer meio, desde que seja citada a fonte

Coordenadores do Projeto Erick Carvalho Campos - Eng. Mecânico

 Moises Henrique Souza Valbuza - Eng. Eletricista

RESUMO

A Universidade Federal de Juiz de Fora - Campus Governador Valadares possui características peculiares devido ao funcionamento predominantemente em imóveis locados ou cedidos e a adaptação do uso desses imóveis à demanda intensiva da instituição eventualmente gera consequências que exigem atenção. Um exemplo concreto dessas consequências é a sobrecarga elétrica, gerando superaquecimento dos quadros elétricos do imóvel destinado à Sede Administrativa, que apresentaram quedas frequentes no primeiro quadrimestre de 2019. Como os recursos para instrumentação de engenharia tem se tornado mais avançados e acessíveis com a acelerada evolução técnica dos últimos anos, torna-se possível a construção de soluções personalizadas de *IoT (Internet of Things)* para sanar problemas de engenharia como o monitoramento térmico de aplicações sensíveis. A conjunção da demanda da UFJF-GV com a oferta tecnológica desencadeou o desenvolvimento de uma solução para monitoramento permanente dos quadros elétricos que, além de registrar as temperaturas 24h por dia, também envia os dados para um sistema de acompanhamento online que armazena e exibe os dados. Este relatório detalha os princípios, estágio atual e usos futuros dessa solução tecnológica.

Palavras-chave: Monitoramento de temperatura; IoT; Engenharia

SUMÁRIO

Introdução	4
Desenvolvimento da solução	6
Implantação e resultados	12
Conclusão	21
Referências	22

1. Introdução

A UFJF - Campus Avançado Governador Valadares (UFJF-GV) foi implantada na cidade de Governador Valadares em 2012, atualmente com um rol de 10 cursos de graduação, 5 de pós-graduação e um quantitativo de discentes próximo a 2732. Apesar de ser a maior instituição federal de ensino superior no leste de Minas Gerais, a UFJF-GV sofre de um problema atípico por não possuir campus próprio, que é a pulverização dos ambientes de ensino e administrativos ao longo de toda a cidade. A figura 1 contém os imóveis ocupados pela UFJF-GV na presente data, de forma que, com exceção do imóvel 9 que foi adquirido em 2019, todos os outros são ocupados através de locação.



Figura 1 - Imóveis ocupados pela UFJF-GV na presente data. Fonte: UFJF, 2019

A locação de imóveis para uma instituição do porte e com os requisitos da UFJF-GV gera desafios diversos, pois a disponibilidade de imóveis que atendam plenamente os requisitos físicos e financeiros é escassa ou mesmo inexistente, dependendo da demanda. Eventualmente os imóveis locados apresentam problemas inesperados por não terem sido concebidos para o uso intensivo da UFJF-GV.

O imóvel destinado atualmente à Sede Administrativa da UFJF-GV, situado na Rua São Paulo, 745, tem apresentado problemas em seus quadros elétricos gerando desarmes frequentes dos disjuntores em temporadas quentes, como ocorreu na transição de 2018 para 2019. Após análise, constatou-se superaquecimento por sobrecarga dos quadros (principalmente quadros destinados aos equipamentos de climatização) por estarem funcionando próximo ao limite nominal.

As temperaturas dos disjuntores principais e secundários de todos os quadros foram aferidas utilizando, num primeiro momento, um termômetro infravermelho e, posteriormente, um termopar. Foi constatado temperaturas alcançando até 90 °C nos disjuntores principais. Há uma preocupação com o superaquecimento e com os impactos na eficiência dos circuitos e também com a segurança dos mesmos.

O problema em questão apresenta desafios diversos por representar uma condição variável no tempo (medições pontuais não são capazes de descrever completamente o comportamento do sistema), dependente do uso de equipamentos (fator de simultaneidade variável) e também dependente da ocupação e condição climática (a variação da carga térmica do ambiente influencia no uso de climatização). Além disso, as variáveis que compõem o cerne do problema possuem natureza interativa e não-linear.

De forma simplificada, qualquer demanda da rede elétrica fora da sua condição nominal de projeto gera mais calor do que os condutores conseguem dissipar, o acúmulo de calor afeta a temperatura do quadro, aumentando a resistência elétrica dos condutores, que causará queda de tensão no condutor e a queda de tensão, além de gerar ineficiência no circuito, também causa a mudança da demanda, afetando a geração de calor, sendo, assim, um loop autodestrutivo. Toda essa relação dependerá de quantos equipamentos estão ligados, principalmente dos equipamentos de climatização, os quais têm funcionamento dependente da temperatura externa e da ocupação do espaço climatizado.

A harmonização dessas condições fazem parte do projeto elétrico de imóveis novos da UFJF-GV, porém não se tem a mesma flexibilidade em imóveis locados. A solução definitiva, que seria a refatoração da instalação elétrica para comportar a demanda plena da UFJF-GV, está em negociação. A negociação não é um processo rápido por se tratar de intervenções de custo elevado.

Enquanto a solução definitiva é negociada, se faz necessário um acompanhamento detalhado do problema, pois podem estar constituídos dois cenários distintos do ponto de vista da segurança:

1. Os quadros apresentam elevadas temperaturas todo o tempo, fazendo com que o risco de segurança seja permanente
2. Os quadros apresentam elevadas temperaturas em condições específicas e pontuais, portanto o risco de segurança não é permanente

Porém, a realização de aferições em períodos espaçados (como foi feita no momento inicial do diagnóstico) não traz a descrição completa do que está ocorrendo (cenário 1 ou 2) e a alocação de uma força de trabalho que faça o monitoramento constante da temperatura do quadro é uma medida descabida e de elevado custo. A alternativa ideal é o monitoramento computadorizado, que pode ser viabilizado através da opção de aquisição de uma solução comercial fechada, o que no entanto representa custo e prazos de aquisição elevados ou a construção de uma solução de monitoramento internamente.

Atualmente estão disponíveis comercialmente placas de desenvolvimento de baixo custo e dotadas de muitos recursos, como a *NodeMCU Esp-12e* (ver figura 2), que é uma placa integrada com a placa *ESP8266-V3* desenvolvida pela empresa Espressif, capaz de comunicação em redes 802.11 b/g/n (HT20), clock até 160 MHz, memória flash de 4 MB, 8 portas digitais I/O e uma porta analógica ADC com resolução de 10 bits (ver figura 3), com possibilidade de programação na IDE Arduino. Tais características a tornam uma placa poderosa e amigável ao desenvolvimento.

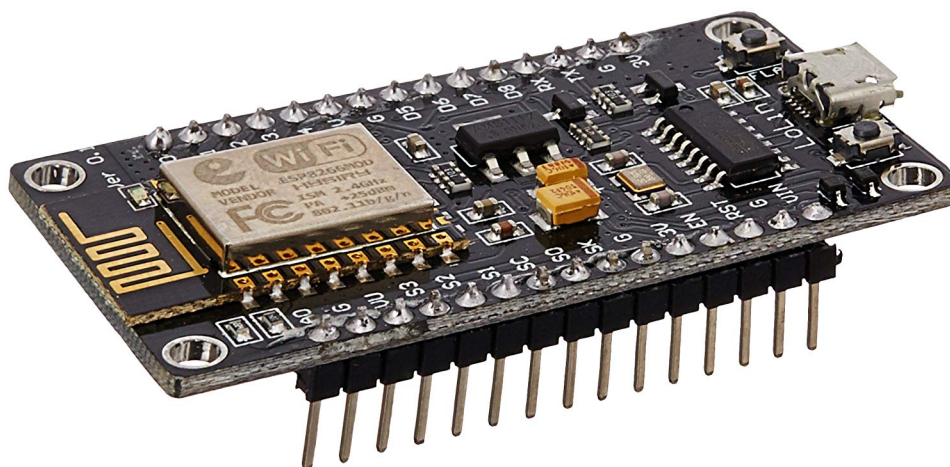


Figura 2 - Placa de desenvolvimento NodeMCU Esp-12e. Fonte: Amazon, 2019

A disponibilidade da placa de desenvolvimento somado ao conhecimento prévio dos servidores optou-se por criar uma solução própria na UFJF-GV que fosse ajustada às necessidades da instituição, de baixo custo, capaz de monitoramento constante e conectada à internet.

2. Desenvolvimento da solução

A placa utilizada para construção da solução foi a *NodeMCU* detalhada previamente. Apesar da existência de placas com características técnicas equivalentes ou superiores, o ponto decisivo foi a disponibilidade da *NodeMCU* localmente, o que é um diferencial para a fluidez do processo de pesquisa e desenvolvimento. Optou-se pela *NodeMCU* em detrimento da utilização da placa mais popular para prototipagem *Arduino* porque uma das premissas do projeto é a utilização do circuito mais simples possível e, neste caso, seria necessário adicionar o *ESP8266* ao *Arduino* enquanto a *NodeMCU* já possui esse elemento embarcado.

Todas as placas com o *ESP8266* integrado são compatíveis com o código fonte do projeto, facilitando a migração para outras placas de desenvolvimento como caso se deseje. A especificação completa da placa *NodeMCU* está na tabela 1 e o mapa de portas encontra-se na figura 3.

Especificações do Módulo Wi-Fi ESP-12E	
Padrão Wireless	IEEE 802.11 b/g/n
Faixa de Frequência	2412 a 2484 GHz
Capacidade de transmissão	802.11 b : +16 +/- 2dBm (a 11Mbps)
	802.11 g : +14 +/- 2dBm (a 54Mbps)
	802.11 n : +13 +/- 2dBm (HT20, MCS7)
Sensibilidade de recebimento	802.11 b : -93 dBm (a 11Mbps, CCK)
	802.11 g : -85 dBm (a 54Mbps, OFDM)
	802.11 n : -82 dBm (HT20, MCS7)
Modulação Wireless	Antena PCB Integrada
Capacidade de entrada / saída	UART, ISC, PWM, GPIO, 1 ADC
Características Elétricas	Operação em 3,3V
	Saída de 15mA de corrente por pino GPIO
	Corrente de trabalho de 12 a 200mA
	Corrente de standby menor que 200 microA
Temperatura de operação	-40 a +125 Graus Celsius
Transmissão serial	110 a 921600 bps, TCP Client 5
Tipo de rede wireless	STA / AP / STA + AP
Tipo de segurança	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
Tipo de encriptação	WEP64 / WEP128 / TKIP / AES
Firmware Upgrade	Porta serial local / Upgrade remoto OTA
Protocolo de rede	IPv4, TCP / UDP / FTP / HTTP
Configuração de usuário	AT + Order Set, Web Android / iOS, Smart Link APP

Tabela 1: Especificações básicas da placa *NodeMCU*. Fonte: Einstronic, 2019

Visando criar uma solução de baixo custo, optou-se por utilizar sempre que possível bibliotecas e serviços prontos e já testados desde que atendessem os quesitos de segurança mínimos estabelecidos.

Foram utilizados 2 sensores distintos, o AM2302 da AOSONG que é um termohigrômetro (figura 4) que também é conhecido como DHT22, que afere temperatura e umidade e um termistor NTC 10K de uso geral (figura 5) que afere somente a temperatura. As principais características técnicas dos sensores podem ser vistas nas tabelas 2 e 3 respectivamente.

PIN DEFINITION

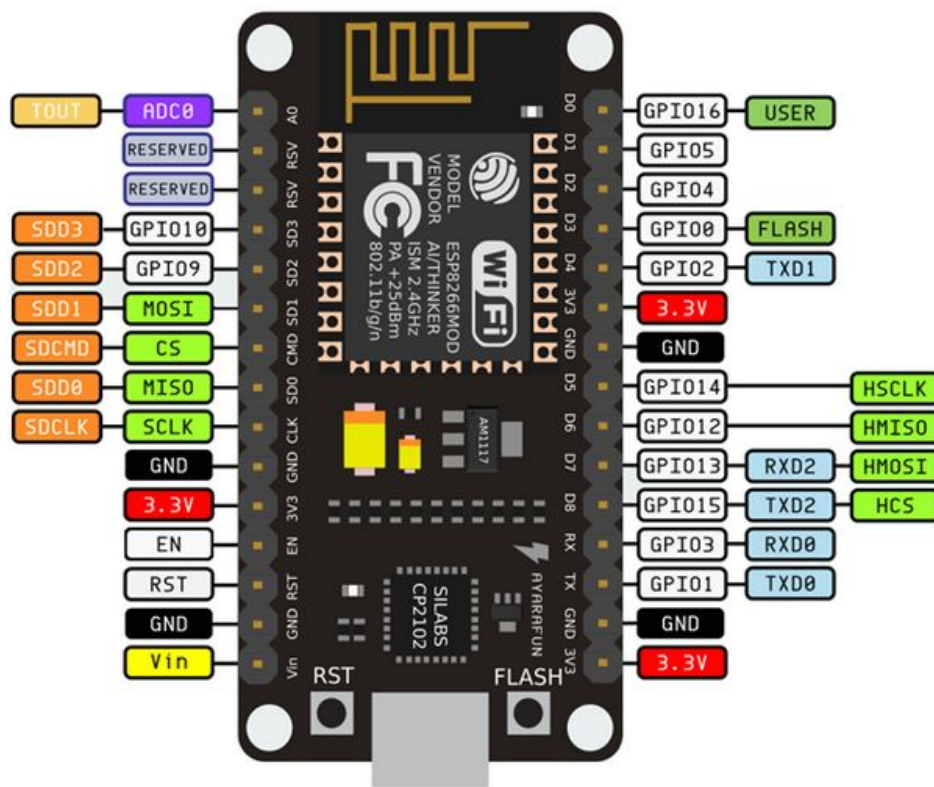


Figura 3 - Portas da placa de desenvolvimento NodeMCU Esp-12e. Fonte: Labgaragem, 2019

AOSONG



Figura 4 - Sensor termohigrometro AM2302/DHT22. Fonte: Thomsen, 2019



Figura 5 - Termistor NTC 10K. Fonte: Daeletrica, 2019

Modelo	AM2302/DHT22
Alimentação	3.3-6V DC
Sinal de saída	Sinal digital por porta única
Elemento sensor	Capacitor polimérico
Faixa de operação	Umidade 0-100% UR; Temperatura -40~80°C
Precisão	Umidade +-2% UR (Max +- 5% UR); Temperatura -40~80°C
Resolução	Umidade 0.1% UR; temperatura 0.1°C
Repetibilidade	Umidade +-1% UR; Temperatura +-0.2°C
Histerese da umidade	+-0.3% UR
Estabilidade a longo prazo	+-0.5% UR/ano
Intervalo para estabilização	Aprox. 2s
Intercambiável	Totalmente intercambiável
Dimensões	Menor 14*18*5.5mm; Maior 22*28*5mm

Tabela 2: Especificações técnicas do AM2302/DHT22. Fonte: Adaptado de Sparkfun, 2019

Potência máxima @25°C	P_{25}	450	mW
Tolerância resistência	$\Delta R_R/R_R$	+5, +10	%
Temperatura de referencia	T_R	25	°C
Fator de dissipação (no ar)	δ_{th}	Aprox. 7.5	mW/K
Constante térmica concentrada (no ar)	τ_c	Aprox. 20	s
Capacidade térmica	C_{th}	Aprox. 150	mJ/K
Faixa de operação		-40 a +125	°C

Tabela 3: Especificações técnicas do termistor NTC 10K. Fonte: Adaptado de OSU, 2019

Cada sensor integrou uma unidade distinta para experimentação da construção do dispositivo utilizando sensores digitais (AM2302) de maior custo por unidade (aprox. R\$ 49,90) e sensores analógicos (termistor) de custo mais baixo (aprox. R\$ 0,50).

Os requisitos funcionais de cada unidade foram:

- Plataforma de desenvolvimento: IDE Arduino
- Atualização de firmware Over-the-air (sem a necessidade de cabos)
- Transmissão de dados pela internet
- Circuito mínimo para maior robustez durante o manuseio
- Alimentação por fonte 5V padrão micro USB tipo B

A plataforma utilizada para recepção dos dados enviados e construção dos painéis de controle foi a ThingSpeak da MathWorks (Thingspeak, 2019), que também é a desenvolvedora do Matlab. Essa plataforma permite o uso sem custos

para até 8.200 envios de dados diários, com 4 canais distintos de coleta, além de permitir que os dados sejam tratados utilizando o mesmo core e linguagem do Matlab na própria plataforma. A principal restrição da plataforma atualmente é que o envio de pacotes tem que ocorrer com intervalos mínimos de 15 segundos. Todos os dados ficam registrados no histórico para serem analisados em diversas análises de tendências, comportamentos anômalos, etc. e também podem ser exportados para outra plataforma no futuro. Este conjunto faz com que o ThingSpeak torne-se uma boa opção para experimentação e validação dos protótipos em tempo hábil.

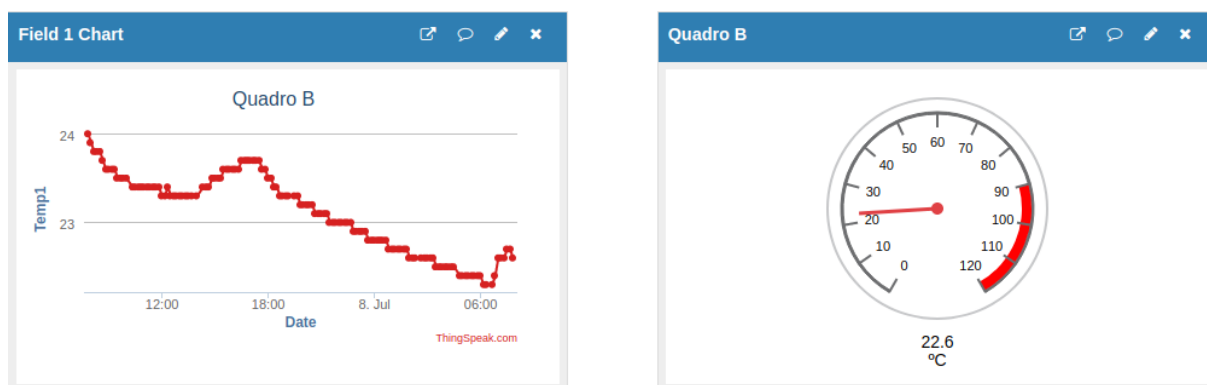


Figura 6: Alguns dos componentes disponíveis no Thingspeak para visualização dos dados coletados. À esquerda um gráfico de linhas demonstrando os valores em função do tempo e à direita um mostrador analógico que apresenta a última medição registrada.

Os circuitos desenvolvidos contavam cada um com um elemento de medição de temperatura, conforme pode ser visto nas figuras 7 (termohigrômetro digital) e figura 8 (termistor analógico). A criação de circuitos distintos visou o teste de campo do sensor mais caro e do sensor mais barato respectivamente.

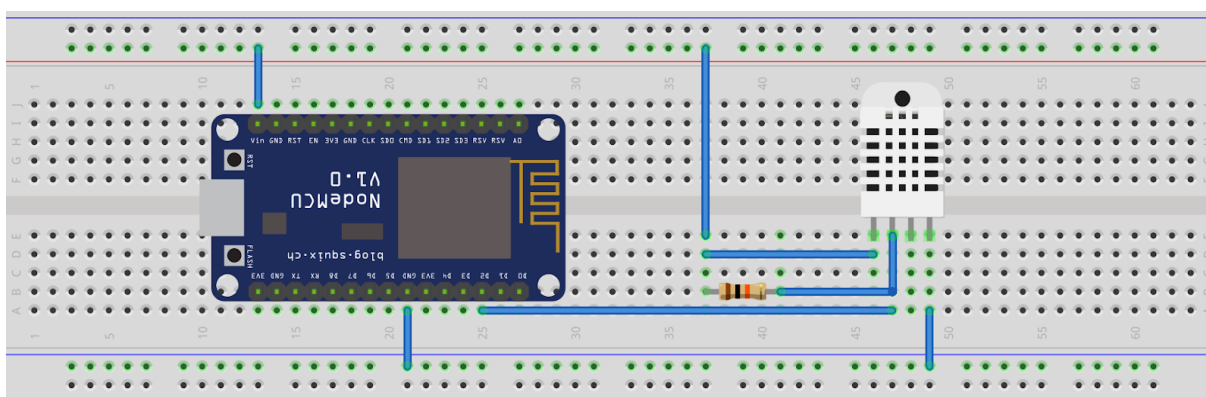


Figura 7: Esquemático do circuito utilizando AM2302/DHT22

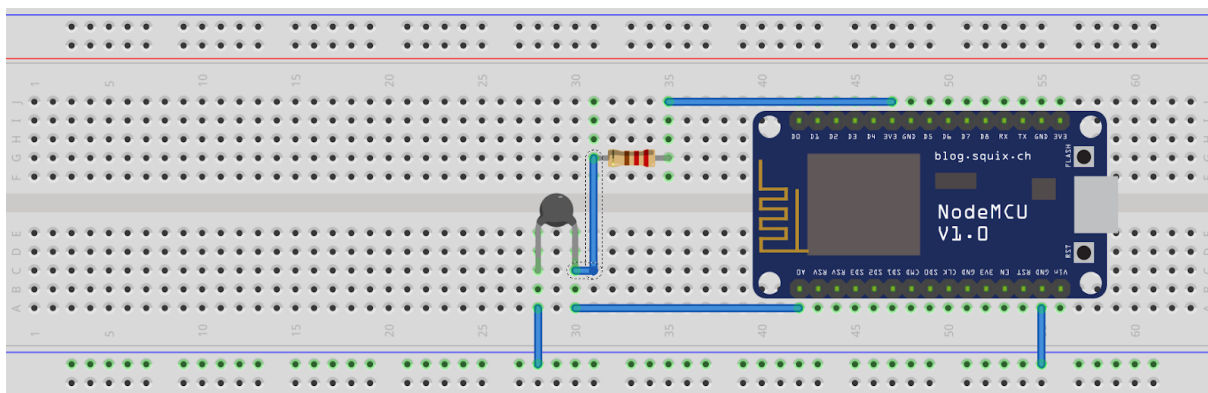


Figura 8: Esquemático do circuito utilizando termistor

O custo final de cada protótipo pode ser observado nas tabelas 4 e 5, todos os materiais foram custeados pelos autores do projeto. É importante mencionar que, apesar de apresentarem uma robustez admirável, considerando que são para materiais voltados à prototipagem rápida e *hobbystas* (estão operando 24h por dia desde a ligação sem nenhuma intercorrência), caso se deseje alcançar padrões industriais de confiabilidade, há um custo diferenciado. A posição dos autores é que enquanto a UFJF-GV não dispor de recursos para tamanha profissionalização dos protótipos, pode-se utilizar a metodologia atual de construção com uma gama imensa de benefícios em relação à opção de nenhuma automação para o processo de acompanhamento.

Circuito com termohigrometro AM2302			
Item	Valor unitário (R\$)	Quant.	Valor total (R\$)
Protoboard 170 pinos	19,90	1	19,90
Placa Nodemcu Esp-12e Esp8266 V3 com CP2102	35,90	1	35,90
Termohigrometro AM2302	49,90	1	49,90
Resistor 10K	0,50	1	0,50
Fonte USB 5V 1A	30,00	1	30,00
Cabo USB Micro B	10,00	1	10,00
Total*			146,20

Tabela 4 - Lista de materiais e custos do circuito com termohigrometro AM2302

*O cabo que liga o sensor à protoboard não foi contabilizado porque foi confeccionado a partir de pedaços de cabos que são encontrados em abundância

Circuito com termistor NTC 10K			
Item	Valor unitário (R\$)	Quant.	Valor total (R\$)
Protoboard 170 pinos	19,90	1	19,90
Placa Nodemcu Esp-12e Esp8266 V3 com CP2102	35,90	1	35,90
Termistor NTC 10K	0,50	1	0,50

Resistor 10K	0,50	2	1,00
Fonte USB 5V 1A	30,00	1	30,00
Cabo USB Micro B	10,00	1	10,00
Total*			97,30

Tabela 5 - Lista de materiais e custos do circuito com termistor NTC 10K

*O cabo que liga o sensor à protoboard não foi contabilizado porque foi confeccionado a partir de pedaços de cabos que são encontrados em abundância

3. Implantação e resultados

Os protótipos iniciaram o funcionamento pleno em 04/06/2019, tendo sido instalados nos quadros B e C da Sede Administrativa da UFJF-GV, com a inserção de dados exclusivamente na plataforma *ThingSpeak* e utilizando uma rede *wireless* dedicada disponibilizada pelo NTI da instituição.

No quadro B optou-se por instalar o ponto de alimentação dentro do quadro se aproveitando do espaço disponível. Essa opção traz o benefício de manter o conjunto protegido de ações deletérias provenientes do público, mas traz o ônus de ocupação do espaço que poderia ser destinado a novos disjuntores.

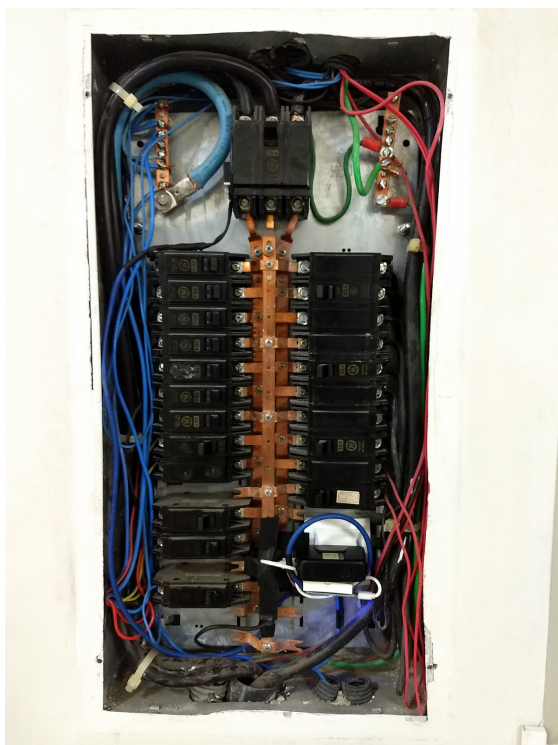


Figura 9: Ponto de alimentação dentro do quadro B

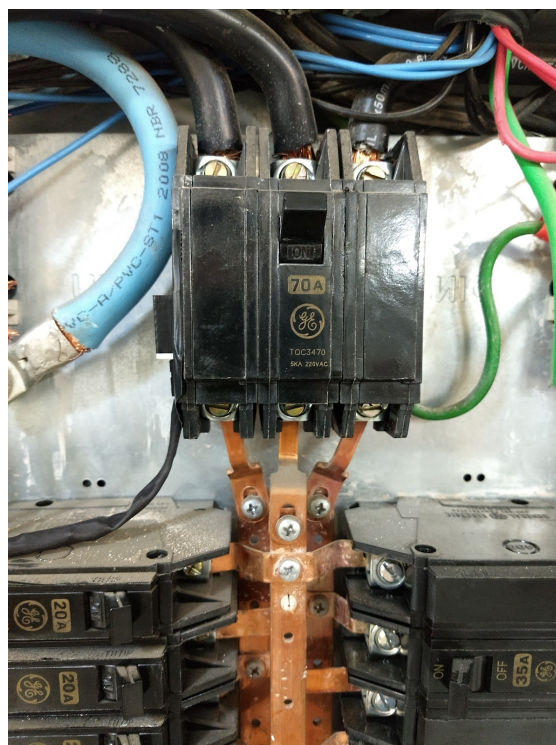


Figura 10: Termohigrômetro posicionado no disjuntor principal



Figura 11: Termohigrômetro posicionado no disjuntor principal

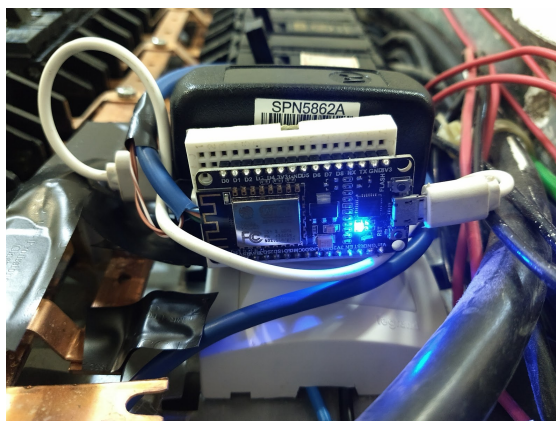


Figura 12: Visão inferior do circuito instalado junto à fonte para ocupar o mínimo de espaço possível

Desde a implementação não houve qualquer falha do sistema que necessitasse de intervenção, até o momento a montagem está se mostrando bastante robusta. As figuras 12, 13, 14 e 15 apresentam dados coletados a partir do quadro B. Os dados estão disponíveis tanto em <https://thingspeak.com/channels/793615> ou em <http://guia.gv.uff.br/guia/monitor-de-temperatura-do-quadro-sede-administrativa/>.

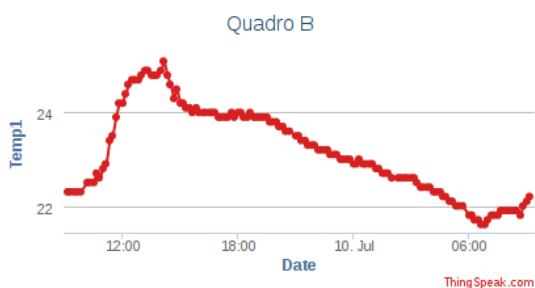


Figura 12: Visualização da temperatura do quadro B ao longo de 24 horas

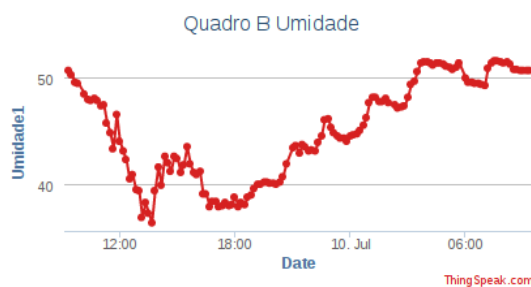


Figura 13: Visualização da umidade do quadro B ao longo de 24 horas

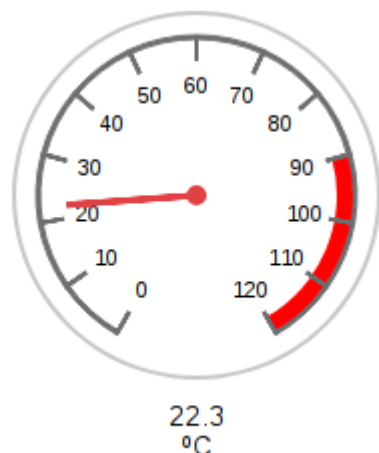


Figura 13: Visualização da temperatura instantânea do quadro B

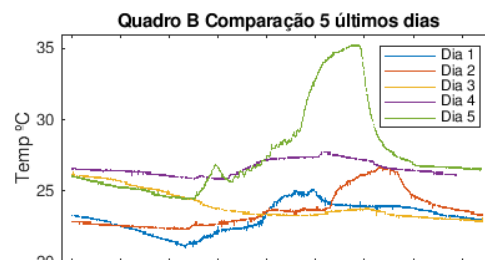


Figura 14: Visualização da variação da temperatura do quadro B ao longo dos 5 últimos dias de forma regressiva

A figura 14 apresenta uma das funcionalidades mais chamativas da plataforma *ThingSpeak*, que é a possibilidade de criar visualizações personalizadas dos dados. O gráfico sobrepondo os últimos 5 dias não faz parte das visualizações padrão disponibilizadas aos usuários, mas pôde ser construído com relativa facilidade utilizando a plataforma de desenvolvimento (utiliza a sintaxe do *Matlab*) e um modelo do próprio banco de exemplos do *ThingSpeak*, conforme pode ser visto na figura 15.

Nos protótipos atuais não foi utilizado um recurso dentro do rol do ambiente de desenvolvimento, que é a possibilidade de se produzir comunicação ativa do *ThingSpeak* com alguém caso a condição de alarme seja detectada.

O quadro C foi monitorado através de um termistor. Neste quadro estão ligados somente equipamentos de ar condicionado e, apesar de haver bastante espaço livre, optou-se por experimentar uma alimentação externa ao quadro. Dessa forma será avaliado um componente subjetivo que é a postura dos usuários da Sede Administrativa em relação à presença de um circuito acessível a ações de vandalismo. As figuras 16, 17, 18 e 19 apresentam os detalhes da montagem.

O protótipo do quadro C iniciou a operação contínua em 12/06/2019 e desde então não houve intercorrência com o protótipo.

A figura 20 apresenta a variação de temperatura do quadro C ao longo das últimas 24 horas. Como se trata de um termistor e não um termohigrômetro, não há leitura para a umidade. A figura 21 apresenta a leitura instantânea.

Apps / MATLAB Visualizations / Histórico temperaturas / Edit

Name

Histórico temperaturas

MATLAB Code

```

1 % Read temperature data from a ThingSpeak channel for three separate days
2 % and visualize the data in a single plot using the PLOT function.
3
4 % Channel 12397 contains data from the MathWorks Weather Station, located
5 % in Natick, Massachusetts. The data is collected once every minute.
6 % Field 4 contains temperature data.
7
8 % Channel ID to read data from
9 readChannelID = 793615;
10 % Temperature Field ID
11 myFieldID = 1;
12 % One day date range
13 oneDay = [datetime('yesterday') datetime('today')];
14
15 % Channel Read API Key
16 % If your channel is private, then enter the read API key between the '' below:
17 readAPIKey = 'XXXXXXXXXXXXXXXXXX';
18
19 % Read Temperature Data. Learn more about the THINGSPEAKREAD function by
20 % going to the Documentation tab on the right side pane of this page.
21 temperatureDay1 = thingSpeakRead(readChannelID,'Fields',myFieldID, ...
22                                 'dateRange', oneDay, 'ReadKey',readAPIKey);
23 temperatureDay2 = thingSpeakRead(readChannelID,'Fields',myFieldID, ...
24                                 'dateRange',oneDay-days(1),'ReadKey',readAPIKey);
25 temperatureDay3 = thingSpeakRead(readChannelID,'Fields',myFieldID, ...
26                                 'dateRange', oneDay-days(2),'ReadKey',readAPIKey);
27 temperatureDay4 = thingSpeakRead(readChannelID,'Fields',myFieldID, ...
28                                 'dateRange', oneDay-days(3),'ReadKey',readAPIKey);
29 temperatureDay5 = thingSpeakRead(readChannelID,'Fields',myFieldID, ...
30                                 'dateRange', oneDay-days(4),'ReadKey',readAPIKey);

```

Figura 15: Ambiente de desenvolvimento disponível na plataforma *ThingSpeak*. O extrato abaixo é o mesmo utilizado para criação da visualização personalizada para o quadro B

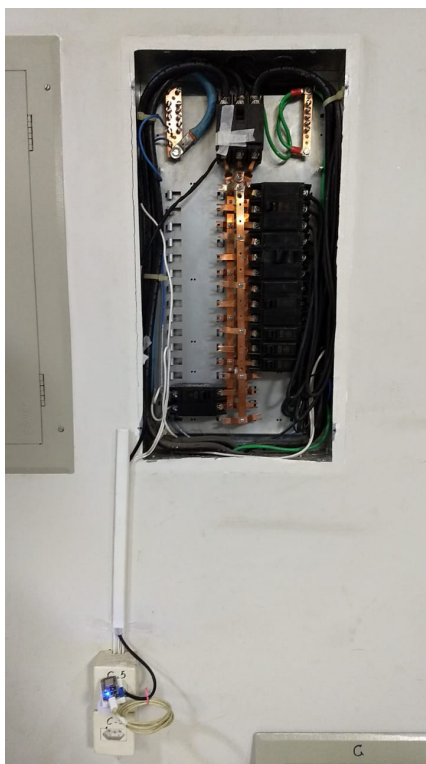


Figura 16: Visão geral da instalação do protótipo utilizando ponto de alimentação externo ao quadro



Figura 17: Detalhe da instalação do protótipo. Foi novamente fixado junto à fonte.

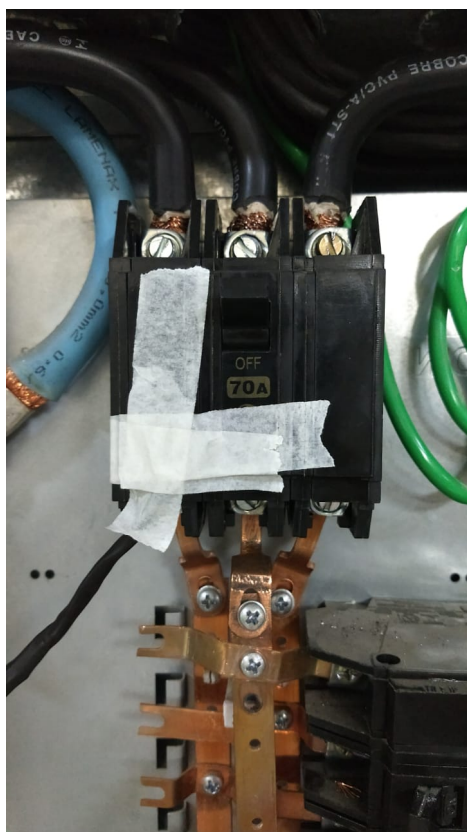


Figura 18: Detalhes da fixação do termistor no disjuntor principal do quadro C



Figura 19: Visão geral da instalação com a tampa do quadro remontada

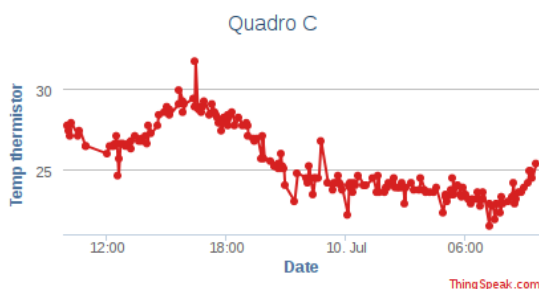


Figura 20: Variação da temperatura do quadro C ao longo das últimas 24 horas

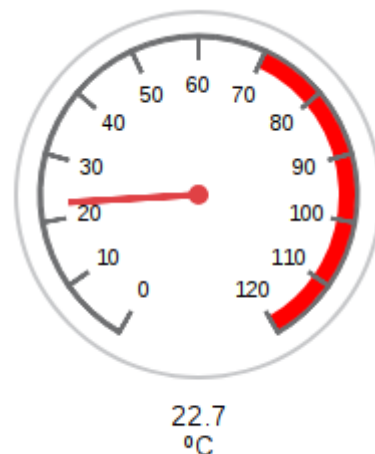


Figura 20: Temperatura instantânea registrada no Quadro C

Durante o período monitorado os quadros apresentaram bons índices de temperatura, com o quadro B e C atingindo 46.9 °C e 48.35616 °C respectivamente. O AM2302, por ser digital, gera dados já limitados à sua própria resolução, enquanto o termistor fornece dados analógicos com a resolução permitida pela porta analógica do *NodeMCU* utilizado, que são 10 bits, e esses dados são processados para converter a leitura da resistência do termistor (efetivamente a resistência é lida a partir da queda de tensão detectada no termistor em conjunto com o divisor de tensão) em valores de temperatura.

A tabela 6 apresenta os dados da temperatura máxima diária desde o dia 04/06/2019 e também a temperatura média do ambiente aferida pelo INMET (2019) na estação automática de Governador Valadares. A figura 21 apresenta uma representação gráfica da tabela 6.

Datas	MAX Quadro B (°C)	MAX Quadro C (°C)	MAX Temp GV (°C)
04/06/2019	36.4		29.5
05/06/2019	39		27.4
06/06/2019	31.6		26.8
07/06/2019	29.6		28.9
08/06/2019	25.1		27.4
09/06/2019	24.7	27.20437	28.9
10/06/2019	29.2	25.02871	27.3
11/06/2019	32.8		29
12/06/2019	33.4	30.7637	27.7
13/06/2019	25.3	27.20437	29.7
14/06/2019	33.8	27.36535	28.7
15/06/2019	25.2	28.51489	30.3
16/06/2019	24.8	28.34817	29.7

17/06/2019	32.3	39.59817	30
18/06/2019	33.1	36.22457	28.6
19/06/2019	46.9	41.0588	30.2
20/06/2019	25.6	27.85308	30.7
21/06/2019	26	27.04418	29.8
22/06/2019	25.9	27.85308	26.3
23/06/2019	25.6	27.52715	26.8
24/06/2019	33.7	39.36132	26.9
25/06/2019	29.1	37.75307	28
26/06/2019	32.5	44.48727	33.2
27/06/2019	34.7	48.35616	32.3
28/06/2019	33.1	41.30923	29.6
29/06/2019	26.2	27.68969	29
30/06/2019	26.5	28.51489	29.4
01/07/2019	35.9	46.50845	32.4
02/07/2019	36	38.66174	33.1
04/07/2019	38	29.88015	35.1
05/07/2019	35.3	45.91702	35.7
06/07/2019	27.7	29.19033	30.4
07/07/2019	26.3	28.18231	24
08/07/2019	26.7	30.58502	26.3
09/07/2019	25.1	31.67224	26.3
10/07/2019	23	25.33102	20.6

Tabela 6 - Dados registrados a partir dos quadros B, C e a temperatura externa aferida pela estação meteorológica

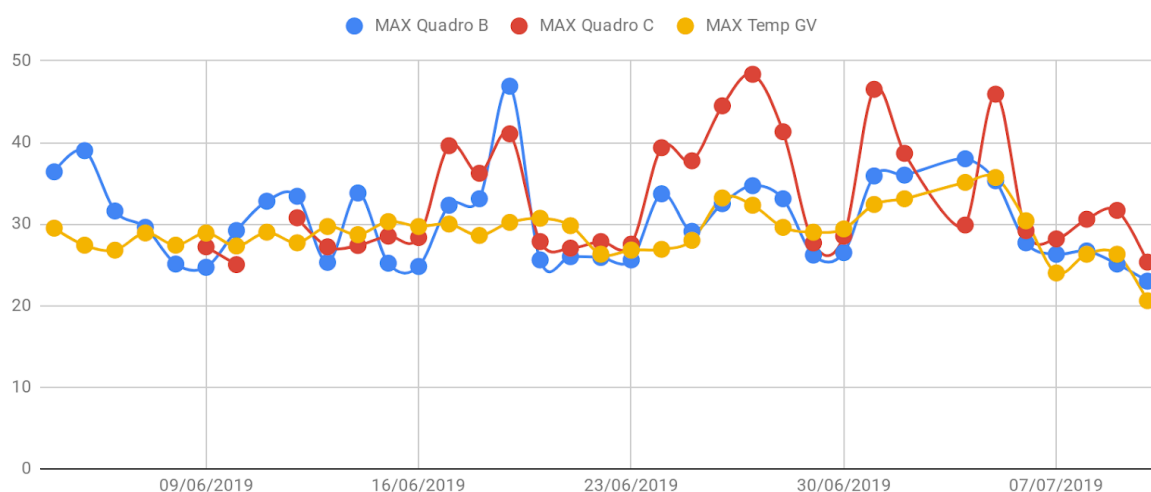


Figura 21: Comparação das temperaturas registradas a partir dos Quadros B, C e a temperatura ambiente

Durante o período monitorado os quadros não apresentaram valores considerados um risco de segurança, no entanto os protótipos foram instalados no inverno, o que representa uma temperatura mais baixa em relação à época em que

se convivia com os problemas de superaquecimento dos quadros. A figura 22 apresenta uma diferença entre os picos de temperatura no mês de fevereiro e no mês de junho aferidos pelo INMET (2019).

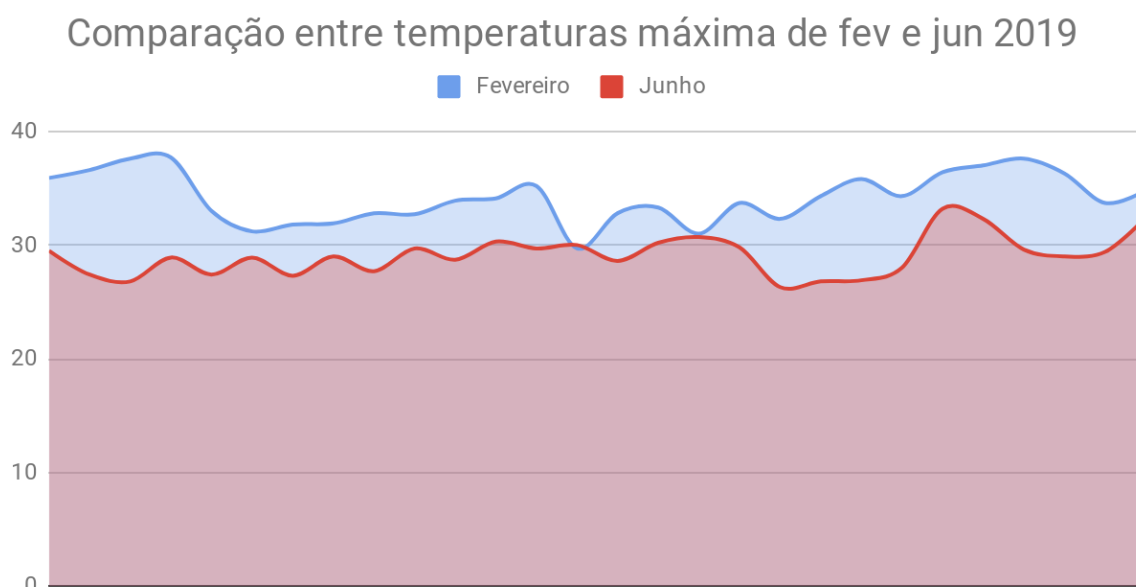


Figura 22: Comparação das temperaturas máximas registradas para o mês de fevereiro e junho de 2019

A análise que se faz do desempenho dos protótipos no período medido resultou no atendimento pleno às expectativas, não havendo nenhuma ocorrência em relação às placas *NodeMCU*. As datas sem registro a partir de 12/06/2019 são resultado de problemas da rede *wireless* disponibilizada, mas também foram exceções.

As leituras obtidas do termistor apresentaram uma oscilação maior, posteriormente será implementado um outro protótipo com o sensor de temperatura digital DS18B20 (aprox. R\$6,90) que possui valor mais baixo que o AM2302 e não demanda de divisor de tensão ou de tratamento dos dados após a coleta, sendo um sensor de implementação mais simples. Nesse momento será possível uma análise mais aprofundada sobre a relação de custo-benefício dos sensores dos protótipos.

A *ThingSpeak*, como dito anteriormente, permite um envio de pacote de dados a cada 15 segundos. Esse pacote pode ser composto por dados de até 4 sensores simultaneamente, mas uma vez que partam de origens distintas, cada pacote reinicia o tempo de hiato necessário e tudo o que for enviado nesse intervalo não é registrado. Isso demanda uma estratégia de gerenciamento de envios para o total de placas trabalhando simultaneamente, o que faz com que o intervalo mínimo de registro para cada placa seja proporcional ao número de dispositivos funcionando simultaneamente com a relação de $15 \times N_{\text{dispositivos}}$. Portanto, no cenário atual cada placa só pode enviar dados a cada 30 segundos para garantir o período de

hiato, mas em termos práticos adota-se um intervalo maior, com o intuito de evitar que a latência de conexão faça com que ocorram sobreposições involuntárias.

Esse gerenciamento de envio de dados poderia ser resolvido de duas formas para viabilizar o registro em tempo mínimo:

- Através da utilização de uma única placa para monitorar todos os quadros, porém isso traz uma série de dificuldades práticas devido às distâncias a serem vencidas, passagem de cabos, entre outros
- Através da utilização de um banco de dados que acumule os registros e faça o envio somente de 15s em 15s, porém essa opção demandaria o desenvolvimento de uma solução intermediária que ainda não foi possível. Mas seria a escolha natural visto que o meio digital é mais maleável que o meio físico.

Essa restrição terá que ser solucionada para expansão da implementação de protótipos. Durante os testes com esses protótipos foi instalado um novo protótipo para monitoramento da sala de servidores de internet da UFJF-GV, situado na Unidade Vila Bretas, onde foi utilizada provisoriamente outra conta no serviço para evitar uma piora no intervalo de coleta de dados.

3.1. Potenciais aplicações da tecnologia na instituição

As aplicações apresentadas neste relatório são a prova de conceito do uso dessa promissora tecnologia no ambiente da Universidade Federal de Juiz de Fora. Uma vez comprovada a viabilidade, tem-se adiante todo um ambiente muito fértil de aplicações diretas e indiretas que podem ser exploradas.

O já citado “alarme” é por si só um canivete suíço para diversas aplicações, pois permite através de um sistema externo independente comunicar os usuários interessados que um equipamento está desligado. Este serviço externo é capaz de funcionar mesmo que toda a instituição fique sem energia, porque ele opera a partir da comunicação objetiva de uma das placas e também pela ausência de comunicação, portanto se uma placa tornar-se incomunicável por mais tempo do que o definido como aceitável ele informa aos usuários da ocorrência.

A possibilidade de monitoramento com alarme já está implementada experimentalmente na sala de servidores presente na Unidade Vila Bretas com resultados promissores. Além dessa aplicação, existem outras oportunidades na instituição, como monitoramento de equipamentos de uso ininterrupto, como condicionadores de ar em laboratórios sensíveis, freezers e estufas.

A disponibilidade de sensores para placas de prototipagem, como termohigrômetros, termômetros, foto sensores, umidade do solo, nível de água, ultrassom, vibração permite que parâmetros importantes para estudos científicos possam ser monitorados permanentemente tanto para estudos piloto quanto para estudos completos. A possibilidade de combinação de sensores gera a possibilidade de criação de conjuntos personalizados de baixo custo para diversas aplicações

específicas, que antes demandavam diversos equipamentos para executar a função em sua plenitude, gerando fragmentação da solução e diversos problemas de financiamento e coleta de dados para os pesquisadores.

4. Conclusão

O resultado geral da implementação dos protótipos atendeu às expectativas, representando uma solução de baixo custo capaz de dar suporte ao problema de monitoramento permanente de parâmetros, que no caso atual se tratava da temperatura dos quadros, mas poderia ser qualquer outro parâmetro dentro do rol de sensores compatíveis com as placas de prototipagem disponíveis no mercado.

Com apenas R\$146,20 e R\$97,30 para cada dispositivo foi possível automatizar uma função que consumiria muito mais recursos caso fosse empregada mão-de-obra humana para executar as medições com a frequência requerida. Ainda não se explorou a opção de criação de alarmes ativos, que comunicarão aos responsáveis, em casos emergenciais, para que a resposta seja imediata, tornando a relação de custo-benefício ainda mais vantajosa.

O ponto principal para obtenção do sucesso na empreitada é o *knowhow* para implementação das tecnologias, que passam pelo campo da eletrônica, desenvolvimento de software, redes e, claro, pelo conhecimento do objeto a ser monitorado. Tal *knowhow* tem sido continuamente aprimorado pelos servidores envolvidos, o que permitirá a expansão dessa nova ferramenta para outras demandas.

Futuramente é interessante uma equipe multidisciplinar para que uma solução de maior qualidade seja desenvolvida, principalmente em relação à plataforma de coleta de dados.

5. Referências

- AMAZON, **NodeMcu WiFi Development Board: Amazon.in: Industrial & Scientific.** Amazon.in. Disponível em: <<https://www.amazon.in/ESP8266-NodeMcu-WiFi-Development-Board/dp/B00UY8C3N0>>. Acesso em: 11 Jul. 2019.
- DAELETRICA, **Termistor NTC 10K Ohm Faixa de -55 a 125°C.** Daeletrica.com.br. Disponível em: <<https://daelettrica.com.br/termistor-ntc-10k-ohm-faixa-de-55-a-125degc.html>>. Acesso em: 11 Jul. 2019.
- EINSTRONIC, **NodeMCU-32S ESP-32 WiFi + BLE 4.0 Development Board.** Einstronic.com. Disponível em: <<https://einstronic.com/store/internet-of-things/esp8266/nodemcu/nodemcu-32s-esp-32-wifi-ble-4-0-development-board/>>. Acesso em: 12 Jul. 2019.
- INMET, **INMET - Instituto Nacional de Meteorologia::** Inmet.gov.br. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 12 Jul. 2019.
- LABGARAGEM, **Pinos analógicos nos ESP8266-esp12, esp12E e nodeMCU – Laboratorio de Garagem (arduino, eletrônica, robotica, hacking).** Labdegaragem.com. Disponível em: <<http://labdegaragem.com/m/discussion?id=6223006%3ATopic%3A557486>>. Acesso em: 11 Jul. 2019.
- OSU, **Oregon State University - NTC thermistors for temperature measurement.** [s.l.: s.n.], 2006. Disponível em: <<https://eecs.oregonstate.edu/education/docs/datasheets/10kThermistor.pdf>>. Acesso em: 11 Jul. 2019.
- SPARKFUN, **RHT03 (DHT22) Humidity and Temperature Sensor Hookup Guide - learn.sparkfun.com,** Sparkfun.com, disponível em: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/rht03-dht22-humidity-and-temperature-sensor-hookup-guide/all>>, acesso em: 12 Jul. 2019.
- THINGSPEAK, **IoT Analytics - ThingSpeak Internet of Things,** Thingspeak.com, disponível em: <<https://thingspeak.com/>>. Acesso em: 12 Jul. 2019.
- THOMSEN, Adilson. **Sensor de Umidade e Temperatura AM2302 DHT22 - FilipeFlop.** FilipeFlop. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-am2302-dht22/>>. Acesso em: 11 Jul. 2019.
- UFJF, **UFJF - Campus GV.** UFJF - Campus GV. Disponível em: <<https://www2.ufjf.br/gv/sobre/campus-gv/>>. Acesso em: 11 Jul. 2019.