



FRANCISCO TESIFOM MUNHOZ

**INTERNET DAS COISAS APLICADA À ANÁLISE DE DADOS E GESTÃO DO
CONSUMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL**

Sorocaba
2020

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*



unesp
Sorocaba

FRANCISCO TESIFOM MUNHOZ

**INTERNET DAS COISAS APLICADA À ANÁLISE DE DADOS E GESTÃO DO
CONSUMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL**

Dissertação apresentada como requisito para a
obtenção do título de Mestre em Ciências
Ambientais da Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" na Área de
Concentração Diagnóstico, Tratamento e
Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. José Arnaldo Frutuoso
Roveda

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Paciencia
Godoy

Sorocaba
2020

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*

M966i Munhoz, Francisco Tesifom
Internet das coisas aplicada à análise de dados e gestão do consumo e eficiência energética residencial / Francisco Tesifom Munhoz. -- Sorocaba, 2020
91 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: José Arnaldo Frutuoso Roveda
Coorientador: Eduardo Paciencia Godoy

1. Ciências ambientais. 2. Energia Conservação. 3. Energia elétrica Racionamento. 4. Análise harmônica. 5. Iot. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Autor: FRANCISCO TESIFOM MUNHOZ

Título: INTERNET DAS COISAS APLICADA À ANÁLISE DE DADOS E GESTÃO
DO CONSUMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL

Orientador: Prof. Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Paciencia Godoy

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. Área de concentração: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Paciencia Godoy

Universidade Estadual Paulista – Instituto de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Prof. Dr Antonio Cesar Germano Martins

Universidade Estadual Paulista – Instituto de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Prof. Dr Hélio Rubens Jacintho Pereira Junior

ESAMC Sorocaba

Data de aprovação: Sorocaba, 20 de fevereiro de 2020.

À minha esposa Lucimara, e aos meus filhos Lucas e Mateus, pela compreensão nos períodos de ausência dedicados aos estudos e pesquisa e pelo incentivo e apoio nos momentos de abatimento.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na pessoa do diretor do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Prof. Adj. Paulo Villela Santos Júnior e do vice-diretor Prof. José Roberto Rodrigues.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, na pessoa do coordenador Prof. Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, na pessoa do coordenador Prof. Dr. Átila Madureira Bueno

Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

À Prof^a. Dr^a. Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda, pela acolhida e incentivo em desbravar novos horizontes.

Ao Prof. Doutor Eduardo Paciencia Godoy, pelas orientações, sugestões e ensinamentos e sua dedicação no desenvolvimento deste projeto.

Ao Prof. Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda pelo acolhimento no programa de pós graduação, pelas orientações ainda durante as aulas, pela atenção e dedicação no desenvolvimento deste projeto.

Ao Prof. Me. Eduardo Antonio Pires Munhoz, pelo incentivo e motivação para avançar mais uma etapa na área acadêmica.

RESUMO

Os avanços tecnológicos impactam sobremaneira as relações humanas com o meio ambiente, o que implica numa readequação urgente da maneira em que se opera a matriz energética atual, seja na queima de combustíveis fósseis, seja pelo consumo de compostos nucleares, ambos altamente nocivos ao meio ambiente, ou ainda por meio de hidroelétricas associadas à impactos ambientais importantes já amplamente discutidos. Um segmento de especial interesse por parte dos pesquisadores que integra o universo da inteligência das coisas, como medidores inteligentes e cidades inteligentes é o conceito da casa inteligente (*Smart Home*), onde se explora o uso da informação e comunicação para fins de controle ambiental por meio de dispositivos de controle de automação residencial. Na arquitetura de casas inteligentes tem se buscado o escalonamento energético que possibilita aos residentes otimizar seu consumo de eletricidade visando redução do consumo de energia. Dentro dessas perspectivas, nosso projeto se apresenta em concordância com as tendências de ampliação e implementação da Internet das Coisas (IoT) no cenário das casas inteligentes, uma vez que nos propomos a criar e implementar uma rede de sensoriamento com dispositivos eletrônicos de variados graus de inteligência capazes de se comunicar via rede sem fios, de modo a agregar numa base de dados em nuvem, variáveis ambientais típicas de uma residência de modo que se possa por meio de processamento computacional em tempo real sugerir aos residentes o melhor uso de recursos energéticos visando eficiência, economia e redução no uso de eletricidade.

Palavras-chave: Internet das Coisas. Medidores Inteligentes. Smart Homes.

ABSTRACT

Technological advances greatly impact human relations with the environment, which implies an urgent readjustment of the way in which the current energy matrix is operated, whether in the burning of fossil fuels or the consumption of nuclear compounds, both highly harmful to the environment , or by means of hydroelectric plants associated to the important environmental impacts already widely discussed. A segment of special interest on the part of researchers that integrates this universe of the intelligence of things, such as smart meters and smart cities, is the concept of the Smart Home, where the use of information and communication is explored for the purpose of environmental control by means of residential automation control devices. In the architecture of smart houses we have sought the energy scaling that allows residents to optimize their consumption of electricity in order to reduce energy consumption. Within these perspectives, our project is in agreement with the tendencies of expansion and implementation of the Internet of Things (IoT) in the scenario of smart houses, since we propose to create and implement a network of sensing with electronic devices of varying degrees of capable of communicating over a wireless network, so as to aggregate in a cloud database, typical environmental variables of a dwelling so that through real-time computational processing it is possible to suggest to residents the best use of energy resources aiming at efficiency, power save and reduction in the use of electricity.

Keywords: Internet of Things. Smart Meters. Smart Homes.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS.....	19
1.2 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO.....	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS	20
2.2 A INTERNET DAS COISAS (INTERNET OF THE THINGS – IoT).....	23
2.3 IoT APLICADA A REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	24
2.4 SISTEMA DE MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA.....	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 PROPOSTA DO TRABALHO	28
3.1.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA	29
3.2 ELEMENTOS DE HARDWARE	29
3.2.1 Sensor de Corrente	30
3.2.2 Sensor de temperatura e umidade do ar	33
3.2.3 Condicionamento de sinais	34
3.2.4 Controle do meio externo	36
3.2.5 NodeMCU ESP8266	37
3.2.6 Módulo de fonte de energia.....	38
3.2.7 O endpoint Unespy_HP	39
3.2.8 Sensor de corrente indutivo.....	40
3.2.9 Sensor de Temperatura NTC.....	40
3.2.10 Raspberry	41
3.3 ELEMENTOS DE SOFTWARE	43
3.3.1 Banco de dados para internet das coisas - DOT (Database of Things)	43
3.3.2 O banco de dados InfluxDB	44

3.3.3	Justificativa.....	45
3.3.4	Grafana	46
3.3.5	Telegram.....	48
4	DESENVOLVIMENTO	50
4.1	O ENDPOINT UNESPY	52
4.1.1	Descrição	52
4.1.2	Software de gerenciamento UNESPY.....	53
4.2	O ENDPOINT UNESPY_HP	55
4.2.1	Software de Gerenciamento do UNESPY_HP.....	56
4.3	IMPLEMENTAÇÃO DO SERVIDOR DE ARQUIVOS.....	58
4.3.1	Verificação das funcionalidades.....	60
4.3.2	Implementação de serviços	61
4.4	INSTALANDO OS COLETORES DE DADOS	64
4.5	VISUALIZAÇÃO DE DADOS EM TEMPO REAL	70
5	RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES	74
5.1	MONITORAMENTO DO CONSUMO	78
5.2	SISTEMA DE TARIFA CONVENCIONAL VERSUS TARIFA BRANCA	81
6	CONCLUSÕES.....	85
	REFERÊNCIAS	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de blocos do modelo de aplicação IOT residencial.....	28
Figura 2 – Diagrama de Blocos do hardware coletor de dados Unespy.....	30
Figura 3 – Representação do Efeito Hall.....	31
Figura 4 – Circuito Integrado ACS712ELCTR-05B-T	31
Figura 5 – Representação construtiva e funcional do sensor ACS712.....	32
Figura 6 – Circuito Integrado ASC712 numa configuração típica.....	32
Figura 7 – Sensor de Temperatura e Umidade DHT11	33
Figura 8 – Aplicação típica do Sensor de Temperatura e Umidade DHT11.....	34
Figura 9 – Composição típica de um divisor resistivo	35
Figura 10 – Diagrama esquemático do circuito condicionador de sinal.....	36
Figura 11 – Relé eletromecânico	36
Figura 12 – Circuito elétrico de acionamento do relé	37
Figura 13 – NodeMCU ESP8266	38
Figura 14 – Módulo Conversor AC-DC HLK-PM01.....	39
Figura 15 – Diagrama de blocos do <i>Endpoint</i> Unespy_HP	39
Figura 16 – Sensor SCT-013-000.....	40
Figura 17 – Termistor NTC Type - R at 25C 10K	40
Figura 18 – Raspberry Pi + 3B	41
Figura 19 – <i>Case</i> plástica para Raspberry Pi + 3B.....	42
Figura 20 – Dissipadores de Calor para Raspberry Pi + 3B.....	43
Figura 21 – Comparativo de desempenho entre base de dados de série temporal e base de dados relacional ao longo do tempo	46
Figura 22 – Grid com variáveis de temperatura e consumo energético	47
Figura 23 – Tela do aplicativo Telegram e o grupo de Alertas do Unespy	48
Figura 24 – A esquerda, notificação do Grafana recebida pelo Telegram. A direita detalhes da mensagem.	49
Figura 25 – <i>PCB</i> gerada pelo Proteus (à esquerda) e <i>PCB</i> redesenhada no Autocad (à direita)	51

Figura 26 – PCB Unespy após a montagem dos componentes vista pela face da solda	51
Figura 27 – <i>Endpoint</i> Unespy	52
Figura 28 – <i>Endpoint</i> Unespy acondicionado em gabinete plástico, com plugue e tomada de energia	53
Figura 29 – Fluxograma que representa o funcionamento do Unespy	54
Figura 30 – Plataforma de hardware Arduino UNO.....	55
Figura 31 – Hardware Dedicado UNESPY_HP	55
Figura 32 – Composição do Unespy_HP interligado serialmente ao Unespy.....	56
Figura 33 – Fluxograma que representa o funcionamento do Unespy acoplado à plataforma Unespy_HP.....	58
Figura 34 – Aparência do Sistema Operacional RaspEX Kodi.....	59
Figura 35 – Tela do aplicativo Conky que exibe parâmetros do sistema	60
Figura 36 – Resultado da ampliação da área de swap de 100MB (a) para 2GB (b).....	61
Figura 37 – Indicação de operação do Influx_DB no endereço http://localhost:8086	62
Figura 38 – Tela de autenticação do Grafana	63
Figura 39 – Servidor de arquivos Raspberry Pi.....	64
Figura 40 – Aplicativo nativo de Conexão de área de trabalho remota do Windows 10	64
Figura 41– Diagrama de distribuição dos endpoints na residência	65
Figura 42– Instalação do <i>Endpoint</i> 005 no quadro de distribuição externo	66
Figura 43– Instalação do <i>Endpoint</i> 003.....	67
Figura 44 – Instalação do <i>Endpoint</i> 004.....	67
Figura 45 – Instalação do <i>Endpoint</i> 001	68
Figura 46– Instalação do <i>Endpoint</i> 006 no quadro de distribuição de entrada da residência....	69
Figura 47 – Dashboard “Comparativo” que exibe dados de corrente elétrica coletados pelos endpoints.....	71
Figura 48 – Dashboard “Externo” com painel composto por elementos gráficos tipo “ <i>gauge</i> ”	71
Figura 49 – Dashboard “Externo” com painel composto por elementos gráficos tipo linha ...	72
Figura 50 – Dashboard “Externo” com painel que exibe os valores de corrente do sistema auxiliar de aquecimento e de temperatura do Boiler assim como a temperatura ambiente externa	72
Figura 51– Dashboard “Comparativo do Consumo” exibe consumo de energia elétrica em Kwh	73

Figura 52– A esquerda notificação de alerta gerada pelo Grafana e transmitida ao Telegram e a direita imagem ampliada da notificação de boiler ligado	74
Figura 53 – Indicação de ativação do sistema auxiliar de aquecimento do boiler	75
Figura 54 – Informe de consumo de energia do mês de maio de 2019	75
Figura 55 – Informe de consumo de energia referente ao mês de junho de 2019	76
Figura 56 – Acesso ao dashboard “Externo” via browser do smartphone	76
Figura 57 – <i>Dashboard</i> “Comparativo do Consumo” que mostra o consumo de energia elétrica em KWh de diversos equipamentos domésticos.	77
Figura 58 – <i>Dashboard</i> Consumo Mensal.....	80
Figura 59 – Postos tarifários da Tarifa Branca	82
Figura 60 – Distribuição do consumo de energia na residência	83

1 INTRODUÇÃO

Incontestavelmente a energia elétrica desempenha um papel de fundamental importância na vida moderna. Embora recente no cenário do desenvolvimento humano, pois surgiu como comodidade energética a pouco mais de dois séculos, com a finalidade de iluminação pública em substituição à geração de luz proveniente da queima de gás ou óleo dos antigos lampiões, a sua infraestrutura de transmissão e distribuição pouco mudou daqueles tempos para cá, ainda que o intento de expandir sua aplicabilidade no transporte público com o emprego de trens elétricos implicasse na criação de uma rede de distribuição mais sofisticada.

Os avanços tecnológicos impactam sobremaneira as relações humanas com o meio ambiente, o que implica numa readequação urgente da maneira em que se opera a matriz energética atual, seja na queima de combustíveis fósseis, seja pelo consumo de compostos nucleares, ambos altamente nocivos ao meio ambiente, ou ainda por meio de hidroelétricas associadas à impactos ambientais importantes (ABBUD; TANCREDI, 2010), convergindo por fim às modernas instalações eólicas e solares de baixíssimos impactos ambientais.

Independente dos sistemas de geração no tocante à fonte primária de energia a ser convertida em energia elétrica, os sistemas empregados na sua transmissão aos centros de consumo e o modo como é distribuído aos consumidores, não apresentam incorporados em si, recursos tecnológicos significativos sob o ponto de vista de melhorias na eficiência e uso racional desse recurso energético por parte da demanda.

O equacionamento dos agentes geração – transmissão – distribuição – consumo, resulta num sistema de alto impacto ambiental por parte da geração, um ineficiente sistema de transmissão e distribuição dadas suas obsolescências e complexidades intrínsecas à infraestrutura corrente e por fim um alto custo financeiro que acomete o lado da demanda (ENERGIA, 2012).

Na busca de um melhor equacionamento daqueles agentes, surge o conceito de Smart Grid (TOLEDO, 2012) que se traduz num ambiente de malha de transmissão e distribuição de energia elétrica, munida de certa inteligência, de modo a aumentar a eficiência desse sistema e ainda permitir que consumidores (o lado da demanda) sejam beneficiados com recursos tecnológicos capazes de configurar perfis de consumo, que visam a redução de custos financeiros e economia de energia elétrica.

A inteligência da malha de transmissão e distribuição de energia consiste na implantação de tecnologias capazes de permitir a comunicação de dados do sistema tanto pelo lado das empresas concessionárias de energia elétrica (fornecedores) quanto pelo lado da demanda

(consumidores) e assim controlar em tempo real suas necessidades energéticas e interagir com o sistema de modo a aumentar sua eficiência, sua confiabilidade e principalmente sua ininterruptibilidade (ENERGIA, 2012).

Um dos pilares de sustentação do conceito de Smart Grid consiste nos medidores de consumo de energia inteligentes (smart meter), uma espécie de interface entre fornecedores e consumidores, pelo qual poder-se-á estabelecer regimes de consumo realísticos baseados exclusivamente nas necessidades do consumidor. Pelo lado das concessionárias estabelece medições de consumo em tempo real, o que implica num gerenciamento mais eficaz e seguro no que tange à própria transmissão e distribuição de energia, ao mapear a dinâmica de consumo do sistema elétrico e ainda ofertar à demanda, tarifas diferenciadas para períodos específicos do dia onde se caracterizam momentos de maior consumo, como nos horários de pico, momentos de consumo mediano tidos como horário de médio pico e por fim os períodos fora do horário de pico. Tais segmentações tarifárias permitirão aos consumidores, por meio dos medidores inteligentes, programarem sua rotina doméstica de modo a reorganizar seus períodos de maior consumo dentro dos períodos de menor tarifa resultando em economia de energia, uma vez que a concessionária não sobrecarregará os sistemas de transmissão-distribuição para suprir a demanda, e também em economia financeira, à medida em que será possível programar necessidades de maior consumo de energia em horários de menor custo tarifário.

Segundo estudos realizados pelo Electric Power Research Institute (EPRI), estima-se que a implantação de redes elétricas inteligentes nos EUA reduza o consumo de energia em 4% até o ano de 2030, resultando em economias para os consumidores da ordem de 20,4 bilhões de dólares (TOLEDO, 2012).

A implementação de Smart Grid não só permitirá ao consumidor estabelecer suas próprias regras para o consumo de energia como também permitirá sua autonomia energética total ou parcial quando este dispor de tecnologia para tal na geração de energia elétrica, seja a partir de painéis solares, seja a partir de aerogeradores ou ainda num sistema híbrido de forma que o sistema permitirá um fluxo bidirecional a medida em que o lado da demanda, em gerando sua própria energia, poderá inserir na malha (grid) o seu excedente energético (TOLEDO, 2012).

Por ser a Smart Grid uma complexa combinação de diferentes tecnologias, é difícil prever qual delas tem maior importância no conjunto, mas seguramente os medidores inteligentes, os smart meters, exercem um papel significativo da mais alta ordem no índice de sucesso da implantação da tecnologia, qualquer que seja o mercado alvo. Isto porque, através dele é que se dá a interação entre a companhia concessionária de energia e o cliente consumidor.

Com o emprego do medidor inteligente, operações de diagnósticos, leituras de consumo, interrupções de fornecimento e constatações de perdas e furto de energia passam a ser realizadas remotamente, sem o deslocamento de qualquer equipe ao local.

A operacionalização dos Smart Grids requer uma intrincada rede de comunicação com características bidirecionais, de modo a permitir que haja uma interação plena entre os diversos agentes geradores de energia elétrica, como é o caso das tradicionais usinas hidrelétricas, termoeletricas e term nucleares, as recentes usinas eólicas e solares, os micro e mini geradores regionais compostos por produtores independentes, com seus mini aerogeradores e painéis solares, e os consumidores de forma geral.

A maneira como é gerida a comunicação entre esses agentes permitirá ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)¹ estabelecer o regime de carga do sistema elétrico em tempo real baseado nas leituras de demanda dos consumidores proporcionando uma operação mais equilibrada, eficiente e segura da infraestrutura de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Neste cenário de surgimento de novas tecnologias, os medidores de inteligentes prometem diversos benefícios tanto para o lado das concessionárias de energia elétrica, no tocante a uma maior confiabilidade nos serviços de cobrança, conexão e desconexão remota de usuários do sistema elétrico, identificação de avarias, perdas e furto de energia, quanto para o lado do consumidor na leitura remota e automática de seu consumo e a possibilidade de optar-se por um sistema de tarifação diferenciado, baseado na hora do dia e no dia da semana, a denominada tarifa branca, ou ainda modalidades de pré e pós pagamento do consumo (ANEEL, Resolução Normativa Nº 414/2010).

Segundo Souza (2016), estudos apontam que em locais onde foram instalados medidores inteligentes, os consumidores reduzem o consumo médio de energia elétrica de 3% a 5% e são mais propensos a mudar o comportamento de consumo de energia elétrica na existência da tarifa branca. Uma vez que o consumidor tenha conhecimento das regras de tarifação ao longo do dia, podendo identificar suas variantes classificadas como ponta, intermediário e fora de ponta, onde nas duas primeiras a energia é mais cara e na última a energia é mais barata, considerando ainda que nos feriados nacionais e nos fins de semana, o valor é sempre fora de ponta, ele poderá ajustar sua curva de demanda a ponto de concentrar

¹ O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é uma entidade brasileira de direito privado sem fins lucrativos que é responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) do Brasil.

sua maior utilização em dias e horários de menor tarifação e com isso obter uma redução na conta de energia elétrica. Se considerarmos uma escala de consumo, há de se esperar que haja uma melhor distribuição da demanda para fora dos horários de pico o que reduziria a solicitação ao sistema elétrico aumentando sua margem de segurança operacional.

Um segmento de especial interesse por parte dos pesquisadores que integra o universo da inteligência das coisas, como medidores inteligentes e cidades inteligentes é o conceito da casa inteligente (*Smart Home*). No *Smart Home* é explorado o uso da informação e comunicação para fins de controle ambiental por meio de dispositivos de controle de automação residencial. Um elemento significativo na arquitetura de casas inteligentes é o escalonamento energético que possibilitará aos residentes otimizar seu consumo de eletricidade visando redução do consumo de energia.

A combinação de tecnologias da informação e sistemas avançados de comunicação e sensoriamento criará uma variedade de novas aplicações a exemplo da computação pervasiva e oracular (GREENFIELD, 2006), em que recursos computacionais estão inseridos e disponíveis em qualquer lugar com enorme aplicação em redes inteligentes (PARIKH; KANABAR; SIDHU, 2010).

Atualmente os dispositivos inteligentes, caracterizados pela sua capacidade de comunicação e computação, se apresentam em variados formatos, desde dispositivos de sensoriamento a eletrodomésticos e smartphones sofisticados, e estão presentes em todos os lugares, ao nosso redor. A infraestrutura de rede a que esses dispositivos se conectam caracterizam um ambiente da Internet das Coisas (IoT) que representa uma rede mundial de objetos interconectados. Segundo (GUBBI et al., 2013), a IoT é uma “interconexão de dispositivos de detecção e atuação que fornece a capacidade de compartilhar informações entre plataformas por meio de um framework unificado, desenvolvendo um quadro operacional comum para habilitar aplicativos inovadores. Isto é conseguido através de reutilização, análise de dados e representação de informação com a computação em nuvem como estrutura unificadora.”

A estrutura da IoT, em geral, consiste em muitos dispositivos classificados como *Wireless Sensors Networks* (WNS), rede de sensores sem fio, e Radio Frequency Identification (RFID), identificação por radio frequência. Segundo (OPPERMANN; BOANO; RÖMER, 2014) uma WSN consiste num arranjo de dispositivos de sensoriamento munidos de algum poder de processamento que se comunicam de forma direta por meio de sinais de rádio frequência.

A integração da IoT, com sistemas de medição de energia inteligentes, podem transformar as edificações em ambientes capazes de otimizar a eficiência energética e ainda reduzir custos com eletricidade (RISTESKA STOJKOSKA; TRIVODALIEV, 2017).

Dentro dessas perspectivas, nosso projeto se apresenta em concordância com as tendências de ampliação e implementação da IoT no cenário das casas inteligentes, uma vez que se propõe a criar e implementar uma rede de sensoriamento (WSN) com dispositivos eletrônicos de variados graus de inteligência e com capacidade de comunicação via rede sem fios, agregando numa base de dados em nuvem variáveis ambientais típicas de uma residência de modo que se possa por meio de processamento computacional em tempo real, sugerir aos residentes o melhor uso de recursos energéticos visando eficiência, economia e redução no uso de eletricidade.

1.1 OBJETIVOS

A proposta deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema focado na análise de dados temporais e gestão do consumo e eficiência energética, utilizando séries temporais que permita auxiliar consumidores na tomada de decisão, ao estabelecer um melhor planejamento na utilização de eletrodomésticos e dispositivos de alto consumo energético associados aos dias e horários de menor tarifação, buscando uma redução no consumo de energia elétrica.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO

Este trabalho está organizado em seis capítulos de modo que o capítulo 1 apresenta a introdução ao tema assim como os objetivos desse trabalho.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica que buscou os resultados das pesquisas mais recentes em torno do tema assim como as tendências das aplicações em Smart Home e tecnologias associadas a esse contexto.

O capítulo 3 apresenta a proposta de implementar um modelo de aplicação da IOT em âmbito residencial que resulte em economia de energia, e ainda descreve materiais e métodos empregados para a prova de conceito.

Concentra-se no capítulo 4 a descrição do processo de desenvolvimento de toda infraestrutura desde concepção dos coletores até a exibição dos dados coletados e armazenados, cujos resultados são comentados no capítulo 5.

No capítulo 6 estão registradas as conclusões, e por fim seguem-se as referências bibliográficas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Geração de energia elétrica e seus impactos ambientais

Fundamental para a sobrevivência dos seres vivos, a água possui um valor inestimável, principalmente para os seres humanos, os quais dependem dela tanto para a produção de alimentos, quanto para geração de energia. Com 13,8% da quantidade de água doce disponível no planeta, o Brasil é o país que possui a maior disponibilidade hídrica mundial (FREITAS; RANGEL; DUTRA, 2001). Segundo Abbud e Tancredi (2010), o Brasil apresenta o maior potencial hidrelétrico do mundo, e deste montante, 50% ainda a ser explorado, de modo a compor uma das suas maiores riquezas, devido a conformação de sua bacia hídrica, que viabiliza a geração de energia renovável

No setor energético a geração hidrelétrica é responsável por produzir aproximadamente 91% da eletricidade consumida no Brasil.

Considerando o potencial de crescimento ainda por vir, há de se levar em conta os impactos ambientais decorrentes dessa expansão. Segundo a Resolução 01/1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2010), impacto ambiental é toda mudança das características físicas, biológicas ou químicas do meio ambiente, gerada por qualquer ação

humana, que cause danos a sociedade e ao meio ambiente, direta ou indiretamente. O estudo dos impactos ambientais permite avaliar as consequências de algumas ações, sobre a qualidade de determinado ambiente que poderá sofrer dada a execução de certos projetos ou ações, ou logo após a implantação dos mesmos.

O fato das energias não renováveis serem caras, altamente poluentes, e estarem se acabando, tem feito com que a energia hidráulica, seja vista como uma importante fonte de energia renovável, sendo pouco poluente. (ABBUD; TANCREDI, 2010). No entanto, segundo Mees (2016), os reservatórios construídos para a geração de energia elétrica, se constituem de mega estruturas, construídas pelo homem, as quais apresentam uma imensa acumulação de água. Estes reservatórios, a exemplo de obras de grande porte, apresentam impactos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, os quais modificam comunidades inteiras, nas localidades onde se instalam. Alguns impactos são irreversíveis, outros, conseguem ser amenizados ao longo do tempo, por meio de ações entrópicas positivas, que consigam corrigir os danos causados (DE QUEIROZ; MOTTA-VEIGA, 2012).

Mundialmente tem se discutido os impactos causados por usinas hidrelétricas ao meio ambiente, com o objetivo de conscientizar a população da gravidade dos danos causados (AYA et al., 2012). Os principais impactos químicos, físicos, biológicos, sociais e culturais, provocados pelas usinas hidrelétricas são:

- (i) Segundo Bortoleto (2001), os primeiros impactos das hidrelétricas ocorrem logo na construção do canteiro de obras, que modificam a economia local, pois com o aumento no uso de materiais e energia, estes sofrem inflação, o que prejudica financeiramente os moradores locais.
- (ii) Impactos sociais decorrentes do aumento súbito da população, ocasionado pela vinda de trabalhadores forasteiros, que implica num aumento de resíduos, tanto lixo, quanto resíduos sanitários (KOIFMAN, 2001).
- (iii) A circulação intensa de veículos pesados danificam as vias públicas e modificam o trânsito (AYA et al., 2012).
- (iv) Impactos hidrológicos, como a alteração da vazão, do fluxo da corrente, o aumento da profundidade, o alargamento do leito, a elevação do nível do lençol freático e a geração de pântanos (MACHADO JUNIOR, 2010)
- (v) A eutrofização das águas do reservatório pela adição em excesso, de matéria orgânica, que aumenta a proliferação de microorganismos e algas, podendo acarretar consequências também para o homem como doenças relacionadas à água.(MACHADO JUNIOR, 2010)

- (vi) Impactos no solo, como o assoreamento que provoca uma diminuição da vida útil do reservatório; a erosão, causando a perda do solo e das árvores (MOREIRA, 2010).
- (vii) Impactos na flora, provocando a perda da biodiversidade, por aumentar a matéria orgânica e consequentemente diminuir os teores de oxigênio (MOREIRA, 2010)
- (viii) Impactos na fauna, como perda da biodiversidade, pois exigem o realocamento de muitas espécies nativas, causando a morte de muitos animais, alguns deles em extinção (AYA et al., 2012).
- (ix) Impactos de cunho históricos, decorrentes da perda de materiais arqueológicos, que estariam localizados nas áreas alagadas (DE QUEIROZ; MOTTA-VEIGA, 2012)
- (x) Impactos sociais, pois causa a realocação de famílias, muitas vezes ocorrendo a inundação de cidades inteiras, perdendo parte da sua cultura, das origens. Estas famílias normalmente são indenizadas e transferidas para outros locais, sofrendo também com a readaptação a uma nova vida (DE QUEIROZ; MOTTA-VEIGA, 2012)
- (xi) O rompimento de barragens é um problema pouco frequente, mas possível, que causaria grandes inundações (PANZERA, GOMES e MOURA, 2010).

O crescimento da participação da geração térmica na matriz brasileira de geração de energia elétrica tem aumentado significativamente a partir de 2001. Segundo ABBUD; TANCREDI (2010), nessa época implantou-se, no País, um clima desfavorável ao licenciamento de usinas hidrelétricas.

Esse clima é mantido por meio de um eficiente trabalho de comunicação realizado por ONGs ambientalistas, indígenas, celebridades internacionais e por determinados movimentos sociais, que têm sido extremamente competentes em mobilizar a imprensa e a opinião pública contra a construção de usinas hidrelétricas, em geral, e, em especial, contra aquelas dotadas de reservatórios d'água. É neste cenário que procuradores e promotores se posicionam de forma aberta e persistente contra a construção de hidrelétricas, muitas vezes calcada em argumentos de duvidosa pertinência, mas que são frequentemente acolhidos pelo Judiciário, gerando atrasos e protelando o licenciamento das obras. Dada a essa morosidade ocorre a expansão da base termelétrica na matriz de geração de energia elétrica, sem manifestações ou campanhas contra essa modalidade de geração, de característica notadamente poluente.

Segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2018-2029, do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2019), e em decorrência da expansão da base termelétrica, as usinas

hidrelétricas (UHE) corresponderão a apenas 45% da capacidade instalada nacional em 2029, contra 21% das termelétricas. O aumento da participação térmica na matriz brasileira de eletricidade preocupa não só pelo seu potencial poluidor decorrente da emissão de gases do efeito estufa, como também por seus impactos no preço ao consumidor final.

O desenvolvimento sócio–econômico requer continuamente e a cada vez mais, alta disponibilidade de energia elétrica. Em substituição aos combustíveis fósseis empregados nos sistemas de transporte emerge a tecnologia de carros elétricos, ávidos por seu quinhão de eletricidade.

De acordo com Baran (2012), a difusão dos veículos elétricos causará impacto considerável no consumo de energia elétrica. Os resultados de suas pesquisas recentes mostram que a penetração de 25% de veículos elétricos na frota em 2030 traria uma demanda extra de 14,0% no consumo de eletricidade, ou 144 TWh, o que equivale a 28% do consumo no ano de 2010.

Este cenário de aumento de demanda, requer políticas de conscientização à população sobre mudanças de hábitos visando melhor aproveitamento energético das residências e o emprego de recursos tecnológicos que permitam ao usuário transferir o consumo nos horários de pico de demanda, onde o custo da energia é maior, para períodos onde a demanda é menor e por conseguinte, com menor tarifa. Políticas como essas permitem a redução de investimentos para expansão da geração, além da infraestrutura de transmissão e distribuição tendo em vista que o sistema elétrico é dimensionado para períodos de pico de consumo.

2.2 A Internet das Coisas (*Internet of the Things – IoT*)

O rápido avanço tecnológico no segmento de telecomunicações proporcionou nos últimos tempos mudanças consideráveis no modo como os indivíduos se comunicam, expandindo a fronteira da interação homem-máquina a níveis tais que dispositivos eletrônicos de toda ordem passam a interagir entre si configurando um elo máquina-máquina (KELLY; SURYADEVARA; MUKHOPADHYAY, 2013).

A evolução da Internet como complexa e abrangente malha de comunicação global, permite que dispositivos eletrônicos estabeleçam conexões máquina-máquina, surgindo assim o termo Internet das Coisas - IoT (do inglês *Internet of the Things*). Desse modo, sensores inteligentes munidos de recursos de conectividade, podem fazer uso da internet para coleta e envio de dados para sistemas de monitoramento e controle alocados remotamente, assim como

receber comandos de modo a interagir com humanos ou ainda, outros dispositivos locais. Leituras de condições ambientais como temperatura e o acionamento de um sistema de climatização para resfriar ou aquecer esse ambiente é um exemplo dessa interatividade das “coisas”.

Em geral a automação residencial consiste numa central de controle e uma malha de sensores coletando continuamente uma diversidade de dados de modo a estabelecer condições ambientais pré-definidas por seus ocupantes. Um sistema computacional que fosse capaz de analisar a massa de dados coletados e identificar padrões, possibilitaria o reconhecimento de perfis dos habitantes da residência e com isso estabeleceria um condicionamento ambiental personalizado com vistas à economia de energia, com a redução da demanda e melhor adequação financeira às necessidades de consumo energético dos indivíduos, à medida em que se torna possível combinar momentos de demanda com a variação de tarifação ao longo do dia, sem prejuízo da qualidade de vida.

A necessidade de estabelecer um alto padrão de sustentabilidade e proteção ambiental motiva as Smarts Grids a intensificar e aprimorar o uso da tecnologia IoT de modo a reduzir custos operacionais, a medida em que pode prever variações de demanda de energia, intervir remotamente na conexão ou desconexão de cargas do sistema, medir consumo em tempo real além de proporcionar ao consumidor final recursos que lhe permitam estabelecer perfis de consumo mais adequados à sua condição financeira.

Uma plataforma de hardware que pretenda ser identificada como componente IoT, deverá ao menos apresentar um dos itens que seguem: (i) unidade de processamento; (ii) unidade de memória; (iii) unidade de comunicação; (iv) unidade de sensor e ou atuador. Ao apresentar uma, ou mais, dessas características o dispositivo é classificado como objeto inteligente (do inglês, Smart Objects) (SANTOS,2016).

2.3 IoT aplicada a redução de consumo de energia elétrica

Consumir energia de forma eficiente vem se tornando uma grande prioridade nos dias atuais. Por isso, uma das grandes áreas de pesquisa dentro da *IoT* está ligada ao consumo inteligente de energia, sendo que a eficiência energética e a sustentabilidade das construções são vitais para os Smart Grids(PAN et al., 2015). Com a aplicação da tecnologia da informação é possível então aumentar a eficiência das construções, facilitando o alcance das metas de alta eficiência de consumo energético(WEI; LI, 2011). Dados de literatura apresentam que nos

EUA, as construções são responsáveis por 38% de toda emissão de CO₂, 71% do consumo de energia elétrica (USGBC RES. COMMITTEE, 2008)

“Ao mesmo tempo, o custo dos combustíveis fósseis tradicionais está crescendo, e os impactos negativos no clima do planeta, e o balanço ecológico tornam importante para nós a exploração de novas fontes de energia limpa e melhorias na eficiência energética no lado consumidor a partir dos *Smart Grids* em diferentes edificações” (PAN *et al*, 2015)

O que leva ao conceito de construções inteligentes, que segundo Wei e Li (2011), são aquelas que englobam segurança, conforto, eficiência, conveniência e flexibilidade a partir de métodos integradores como tecnologia computacional e de comunicação, aliados a monitoramento automático, gerenciamento de dados e serviços, combinados a arquitetura. Entretanto, as construções são sistemas complexos, e muitos fatores afetam os padrões de consumo em cada uma delas, sem contar ainda com o fato de as construções convencionais não possuírem design inteligente (PAN *et al.*, 2015).

Para isto, (PAN *et al.*, 2015) afirma se faz necessário monitorar os principais fatores do consumo de energia e analisar para os diferentes tipos de construção, para uma posterior implementação apropriada de um sistema baseado em IoT para elaborar métodos para o aumento da eficiência energética. Três etapas são propostas pelo autor:

- i) Monitorar o consumo e geração de energia elétrica em diferentes níveis e setores das construções, como andares, unidades consumidoras, salas;
- ii) Modelar os padrões de consumo e identificar os fatores que os afetam;
- iii) Finalmente aplicar a *IoT* na prática e no ajuste das estratégias de redução de consumo.

Depois das etapas (i e ii), foram traçadas metas de redução de consumo e para a implementação final o autor utilizou diversos componentes capazes de interagir entre si visando cumprir os objetivos traçados, incluindo componentes mobile monitoramento de energia elétrica, cruzamento com a localização de smartphones, aplicação de diversas fontes de energia, cloud-computing entre outras.

Para atuar como controle remoto, o autor propõe a utilização de celulares dada a onipresença dos mesmos, aliadas à sua conectividade diversa, como Wi-Fi, Bluetooth, bem como a grande presença de sensores, incluindo o GPS. Sendo ideais para controlar os sistemas remotamente, interagir com servidores e o sistema físico, utilizando como meio um aplicativo.

Com os dados dos sensores dos celulares, como por exemplo, o GPS, pode-se criar políticas para ligar e desligar dispositivos da construção de acordo com a movimentação do

usuário. O qual pode estar se aproximando ou se afastando, e com o seu perfil, traçar o que o satisfaz, aliando economia de energia com o conforto. Chegando até mesmo a cooperação entre construções “Com o auxílio da localização dos dispositivos móveis, as políticas dinâmicas de ajuste podem até mesmo permitir a cooperação e interação entre diferentes prédios (PAN et al, 2015)”, de modo que o sistema saberia que quando o uma pessoa está no escritório, sua casa deve entrar em modo economia de energia.

Foi desenvolvido um então, um sistema capaz de permitir ao usuário controlar suas aplicações através de dois imóveis, sendo seu apartamento e seu escritório. De modo que através da posição do usuário, aplicações seriam ligadas e desligadas nos dois locais. Para isto, além do smartphone do usuário, foram empregados medidores inteligentes de energia, micro controladores e servidores em cada um dos locais.

Para comparar os resultados obtidos pelo sistema, foi realizada uma estimativa que dividiu em três classes de consumo o usuário, que variavam entre luxuosa, moderada e econômica. Sendo que após o emprego sistema, o usuário que anteriormente consumia energia no modo luxuoso, ou seja, sem se preocupar com o consumo de energia, passou a apresentar um consumo similar ao do modo econômico, sem alterar seus costumes ou estilo de vida.

2.4 Sistema de monitoramento do consumo de energia

Uma dificuldade recorrente diante da proposta de economia de energia elétrica é a falta de ferramentas que informem a dinâmica de consumo energético em tempo real e permitam ao usuário tomar decisões sobre o melhor momento de uso de determinados equipamentos. Segundo MIGUEL; RAMOS (2016) os medidores eletromecânicos de consumo de energia não oferecem quaisquer informações sobre tarifas, padrões e perfis de consumo dificultando uma eventual mudança de hábito visando um uso mais sustentável e eficiente da energia elétrica. Em seu trabalho o autor buscou desenvolver de um sistema de monitoramento do consumo de energia, capaz de armazenar os registros históricos, e disponibilizar aos ocupantes da residência, informação em tempo real do consumo de energia de modo a permitir decisões simplistas tais como desligar eletrodomésticos que estejam ligados por esquecimento, ou então, optar por utilizar equipamentos durante as horas em que o custo da energia é menor.

Sua proposta foi desenvolver um dispositivo acoplado às tomadas elétricas de uma residência que permitem o acionamento ou desligamento remoto de qualquer equipamento conectado a ela, enviando simultaneamente dados de consumo energético para uma base de

dados, por meio de uma rede sem fios, utilizando o protocolo IEEE 802.11, de modo que estes estejam disponíveis remotamente por meio de uma página Web permitindo assim que o consumidor doméstico possa tomar decisões de forma mais racional quanto ao uso de seus eletrodomésticos, refletindo numa economia de energia e custos financeiros.

Os dados devem ficar acessíveis remotamente, através de uma página na internet, onde seja possível consultar a quantidade de energia consumida.

Com a implementação do sistema desenvolvido, o consumidor doméstico poderá ter conhecimento, do custo de funcionamento dos equipamentos que possui, e assim tomar decisões para os utilizar de forma mais racional, o que se pode traduzir numa economia dos recursos energéticos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Proposta do Trabalho

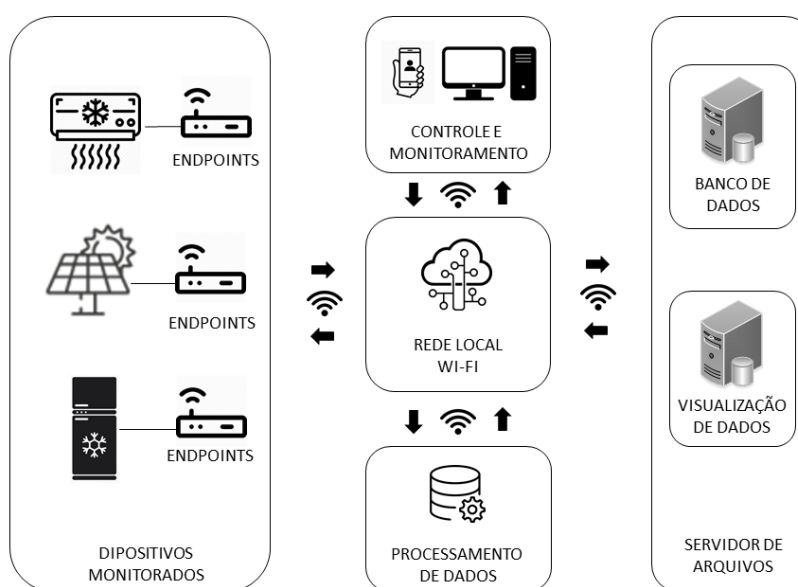
Este trabalho busca criar um modelo de aplicação da IOT em âmbito residencial capaz de auxiliar consumidores a compreender e identificar regimes de alto consumo energético por meio da organização e apresentação de indicadores em tempo real e sugerir medidas que resultem em economia de energia.

Este modelo de aplicação está baseado em dispositivos (*endpoints*) capazes de realizar medições de consumo de energia elétrica, temperatura e umidade relativa do ar, e armazenar suas séries históricas em uma base de dados local, por meio de uma rede de comunicação sem fios.

Adicionalmente este sistema deverá ser capaz de disponibilizar em tempo real seus dados a ambientes multiplataforma, incluindo desde smartphones e tablets a desktops e ainda, como resultado de algum processamento de dados, interagir com os dispositivos monitorados no sentido de proporcionar economia e eficiência energética ao sugerir regimes de operação diferenciado, seja pelo horário de menor tarifação, seja pela frequência de acionamentos.

Na figura 1, o diagrama de blocos ilustra o modelo de aplicação proposto.

Figura 1 – Diagrama de blocos do modelo de aplicação IOT residencial



Fonte: Autoria própria

3.1.1 Descrição do sistema

Os elementos que estruturam fisicamente o modelo de aplicação proposto são (i) os *endpoints*; (ii) uma rede local padrão IEEE802.11 (WiFi) e (iii) um servidor de arquivos baseado em computador de baixo custo (Raspberry). A nível de aplicação fazem parte do modelo, implementados em um servidor de arquivos, um banco de dados não relacional; um visualizador de dados em formato gráfico, e um aplicativo de configuração, controle e monitoramento do sistema, acessado pela rede.

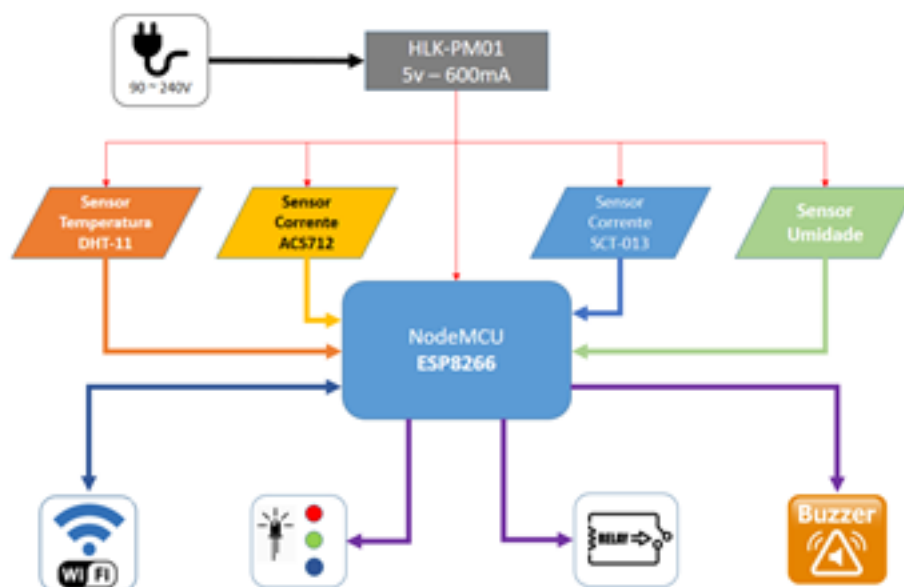
3.2 Elementos de hardware

A estrutura do sistema de aquisição de dados está baseada em *endpoints*, que são dispositivos eletrônicos que tem por função neste projeto medir a corrente elétrica dos equipamentos eletrodomésticos em tempo real, a temperatura, seja ambiente ou a de algum dispositivo e respectiva umidade relativa do ar e enviá-los a uma base de dados por meio de uma conexão de rede sem fio.

A residência na qual está implementado o modelo de aplicação proposto já conta com uma cobertura de serviço de rede no padrão IEEE802.11ac de ampla abrangência.

O *endpoint* desenvolvido neste projeto é um hardware composto por um módulo sensor de corrente, um módulo sensor de temperatura e umidade acoplado a um módulo micro processado programável, todos integrados numa plataforma (*main board*) que provê conectividade entre eles assim como alimentação para sua operação, agregando ainda recurso de acionamento ou desligamento do equipamento monitorado, conforme pode-se observar na figura 2.

Figura 2 – Diagrama de Blocos do hardware coletor de dados Unespy



Fonte: Autoria própria

O *endpoint* passa a ser identificado neste trabalho como UNESPY, designação criada a partir da junção do nome de nossa instituição “UNESP” e o sufixo “py” numa alusão a um dispositivo espião que revela hábitos de consumo energético.

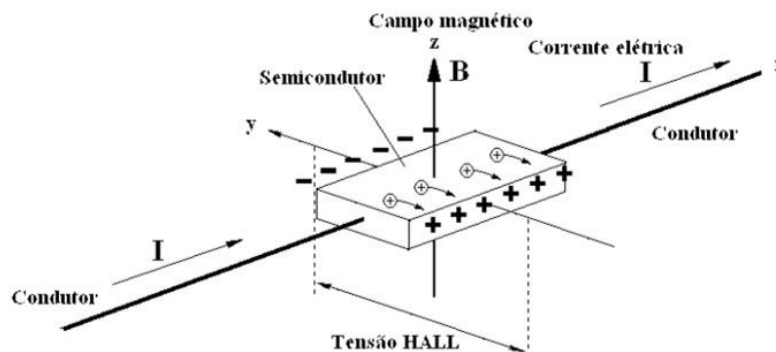
3.2.1 Sensor de Corrente

O sensor de corrente utilizado no Unespy é um circuito integrado ACS712 que se utiliza do efeito Hall para medição precisa do fluxo de corrente que o atravessa.

Um sensor do tipo Hall cujo o nome é baseado no efeito Hall descoberto em 1879 por Edwin Hall. Este efeito é o resultado da força de Lorentz no movimento de elétrons sujeitos a um campo magnético.

Considerando um condutor percorrido por um fluxo de elétrons, conforme ilustra a figura 3, e que esteja sujeito as forças de um campo magnético “ β ”, este provocará o deslocamento transversal de portadores de carga no corpo condutor gerando uma diferença de potencial em seus terminais, conhecida como tensão Hall. Essa tensão é proporcional à corrente “ I ” e ao campo magnético “ β ”.

Figura 3 – Representação do Efeito Hall



Fonte: Autoria própria

O sensor ACS712 se mostra uma solução de baixo custo e excelente precisão para medição de correntes alternadas e contínuas em âmbito industrial, automotivo, comercial e em sistemas de comunicação (figura 4). Suas aplicações típicas incluem controle de motores, gerenciamento e controle de cargas, sistemas de chaveamento em fontes de alimentação e proteção de sobre corrente em dispositivos eletrônicos.(ALLEGRO MICROSYSTEMS, 2019)

Figura 4 – Circuito Integrado ACS712ELCTR-05B-T

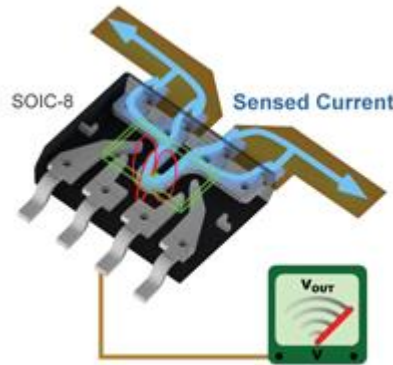


Fonte: https://media.rs-online.com/t_large/F6807131-01.jpg

Esse sensor consiste numa pastilha semicondutora de sensoriamento Hall acondicionada muito próxima de uma trilha condutora de cobre, que ao ser atravessada por uma corrente elétrica fará surgir em torno de si um campo magnético, o qual será detectado pela pastilha semicondutora e convertido em um nível de tensão proporcional, como pode ser observado na figura 5. Estes elementos estão acondicionados em material cerâmico que confere ao conjunto um encapsulamento mecânico padronizado no modelo SOIC8. Os terminais pelos quais fluem a corrente a ser medida são isolados em relação a pastilha semicondutora, o que confere ao

componente características de isolamento elétrico dispensando o uso de foto acoplamento ou outras técnicas mais dispendiosas de isolamento de potenciais elétricos.

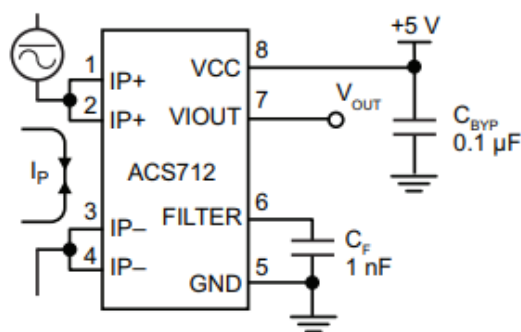
Figura 5 – Representação construtiva e funcional do sensor ACS712



Fonte: <https://www.allegromicro.com/en/Products/Current-Sensor-ICs/Zero-To-Fifty-Amp-Integrated-Conductor-Sensor-ICs.aspx>

Aplicação típica do circuito integrado ASC712 (figura 6), recomendada pelo fabricante, onde temos V_{out} , que varia linearmente com a corrente I_p , seja ela corrente contínua (DC) ou corrente alternada (AC), dentro do range especificado.

Figura 6 – Circuito Integrado ASC712 numa configuração típica



Fonte: (ALLEGRO MICROSYSTEMS, 2019)

O ASC712, trabalha dentro de três ranges de corrente, a saber, 5 amperes, 20 amperes e 30 amperes. Para cada range está estipulada uma sensibilidade de conversão como mostra a tabela 1, que relaciona a proporcionalidade da variação de corrente amostrada (I_p) e a tensão de saída (V_{out}) dada em milivolts por ampere (mV/A).

Exemplificando, a sensibilidade de um ACS712ELCTR-05B é de 185mV/A, o que resulta numa tensão de 185mV no pino 7 (V_{out}) quando circular uma corrente (I_p) de 1 Ampere pelos terminais de leitura nos pinos 1e 2, 3e 4.

Esse fator de sensibilidade será importante na etapa de codificação onde será implementada uma rotina de software para tomada de leituras de corrente dos equipamentos monitorados.

Tabela 1 – Tabela de Sensibilidade

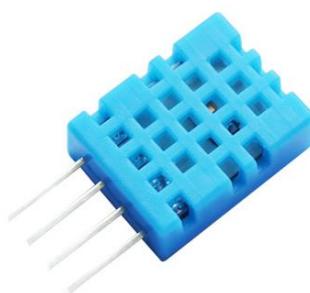
Código	Range de Corrente I_p (A)	Sensibilidade (mV/A)
<i>ACS712ELCTR-05B-T</i>	± 5	185
<i>ACS712ELCTR-20A-T</i>	± 20	100
<i>ACS712ELCTR-30A-T</i>	± 30	66

Fonte : (ALLEGRO MICROSYSTEMS, 2019)

3.2.2 Sensor de temperatura e umidade do ar

Nos pareceu um fator de importância coletar dados referente à temperatura do ambiente onde nosso *endpoint* estivesse instalado. Para tal incrementamos ao circuito um medidor de temperatura e umidade relativa do ar identificado como DHT11 (figura 7).

Figura 7 – Sensor de Temperatura e Umidade DHT11



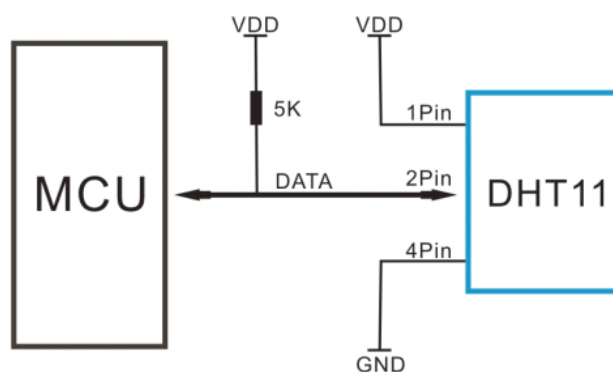
Fonte: <http://www.aosong.com/userfiles/images/product/dht11/DHT11-1.jpg>

Pertencendo a família de sensores DHT11 trata-se de um sensor digital de temperatura e umidade que provê uma saída digital calibrada. É composto internamente por um elemento sensor capacitivo e um dispositivo de medição de temperatura NTC, associados a um

microcontrolador de 8 bits de alto desempenho, o que lhe confere alta confiabilidade e excelente estabilidade a longo prazo (GUANGZHOU AOSONG ELECTRONICS CO, 2008).

O sensor DHT11 transmite dados de temperatura e umidade serialmente conforme ilustra a figura 8 e a comunicação com dispositivos externos é bidirecional segmentada em três fases distintas sendo estas (i) a requisição de dados ao sensor, (ii) a resposta do sensor anunciando o envio e (iii) o envio propriamente dito dos dados, estruturados em cinco segmentos de oito bits, onde os dois primeiros bytes correspondem ao valor da umidade respectivamente em sua porção inteira e decimal, o terceiro e quarto byte o valor de temperatura em graus Celsius, igualmente separados em sua porção inteira e decimal respectivamente e por último um byte referente ao checksum dos dados.

Figura 8 – Aplicação típica do Sensor de Temperatura e Umidade DHT11



Fonte: <http://www.aosong.com/userfiles/images/product/dht11/>

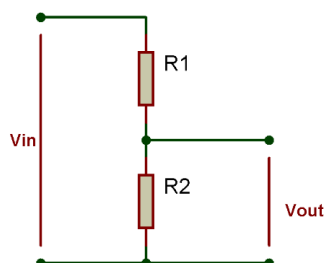
3.2.3 Condicionamento de sinais

Dado ao surgimento de novas tecnologias de dispositivos voltados à Internet das Coisas (IOT), e a crescente preocupação com o consumo de energia, deparamo nos com componentes e dispositivos eletrônicos que passaram a utilizar tensões de trabalho e de sinalização na casa dos 3,3 volts. Desse modo se faz necessário a adequação de sinais digitais provenientes de sensores que ainda trabalham com valores de 5 volts de forma a prover a compatibilidade e a integração dos diversos componentes e plataformas de sensoriamento.

Para tal existem diversas soluções, desde as mais simples que se utilizam de divisores resistivos até as mais elaboradas que fazem uso de amplificadores operacionais para o condicionamento de sinais.

Um divisor resistivo, ilustrado na figura 9, é formado pela associação de pelo menos dois resistores em série, de modo que a relação entre suas resistências proporcione um sinal de saída menor e proporcional ao sinal analógico original.

Figura 9 – Composição típica de um divisor resistivo



Fonte: Autoria própria

Apesar do divisor resistivo se mostrar uma solução simples e de baixo custo, via de regra há situações onde o problema de impedância entre sensores e controladores se mostra presente. Isto posto, é importante que haja um perfeito casamento de impedância entre os sistemas de modo a garantir a integridade dos sinais e por tal opta-se por utilizar um condicionador de sinais baseado num amplificador operacional, o LM358.

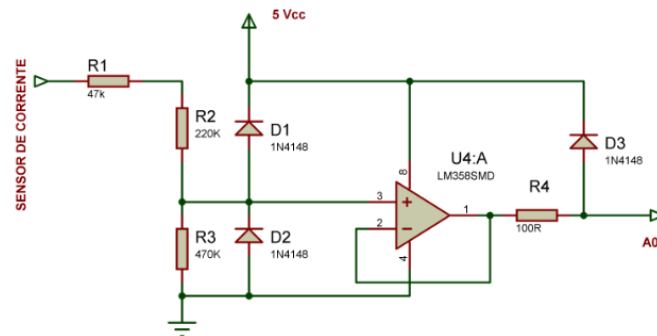
Ao fazer uso do NODEMCU ESP8266 para processamento dos sensores, o qual será descrito mais adiante, depara-se com essa situação em que o processador ESP8266 apresenta apenas uma entrada analógica cujo range de tensão varia entre 0 e 1V. No entanto, o módulo NodeMCU apresenta um divisor resistivo interno que permite a entrada de tensões no range compreendido entre 0 e 3,3V. Daí a necessidade de condicionamento de sinais entre o sensor de corrente ASC712 que trabalha no range de 0 a 5V para o NodeMCU ESP8266.

O circuito integrado LM358 consiste em dois amplificadores operacionais independentes de alto ganho que foram desenvolvidos para operar com uma simples fonte de alimentação não simétrica, numa ampla escala de tensões para uma variedade de aplicações que incluem amplificadores operacionais, transdutores, amplificadores de ganho e condicionadores de sinal (INFORMATION, 2000).

No circuito conformador de sinal proposto, ilustrado na figura 10, o divisor resistivo formado por R2 e R3 recebe as tensões provenientes do sensor de corrente ACS712 cujo range é de 0 a 5V e ajustam-nas de forma proporcional para o range de 0 a 3.3V, de modo que o circuito amplificador formado pelo LM358 entregue à entrada analógica do microcontrolador um sinal adequado a sua escala de trabalho. Os diodos D1, D2 e D3 formam um conjunto de

proteção contra eventuais excessos de tensão decorrentes de distúrbios externos, evitando danos nos componentes.

Figura 10 – Diagrama esquemático do circuito condicionador de sinal



Fonte: Autoria própria

3.2.4 Controle do meio externo

Dada a infraestrutura do sistema de aquisição de dados, deseja-se em algum momento interagir com os dispositivos monitorados a ponto de ligá-los ou desligá-los como resultado de alguma análise dos referidos dados, ou ainda comutar cargas externas.

Para esse fim, foi empregado um relé eletromecânico (figura 11), cuja função é a comutação de contatos elétricos de modo a ligar ou desligar dispositivos eletromecanicamente. Um relé controla um circuito elétrico pela abertura ou fechamento de seus contatos.

Figura 11 – Relé eletromecânico



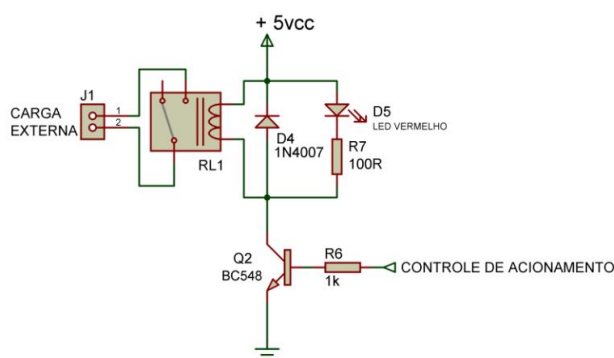
Fonte: <http://rethacomponentes.com/imagens/relés.jpg>

O circuito proposto para acionamento do relé, conforme a figura 12, é composto por um transistor NPN BC548 que é acionado pela porta digital D02 do NodeMCU quando este envia um nível lógico alto (HIGH). O diodo D4 tem por função eliminar o efeito da força contra

eletromotriz gerada no momento do desligamento da bobina do relé, o que provocaria o surgimento de uma corrente reversa sobre a junção coletor-emissor do transistor capaz de ocasionar-lhe danos irreparáveis.

O diodo D5 é um LED (Light Emitting Diode) que indica o estado de operação do relé estando aceso para a condição de relé acionado e apagado para a condição de relé desligado.

Figura 12 – Circuito elétrico de acionamento do relé



Fonte: Autoria própria

3.2.5 NodeMCU ESP8266

No desenvolvimento de um protótipo eletrônico, é de fundamental importância a disponibilidade de um ambiente facilitador para a constatação das funcionalidades dos sistemas que deverão ser criados. Esse ambiente caracteriza-se por plataformas de circuitos eletrônicos que proveem suporte à construção de dispositivos de múltiplos propósitos conhecidos como Open Source Hardware, ou simplesmente Hardware Livre cuja definição segue:

“Open Source Hardware (OSHW) é um termo para artefatos tangíveis — máquinas, dispositivos ou outros objetos físicos — cujo projeto foi disponibilizado ao público de modo que qualquer um pode construir, modificar, distribuir e utilizar estes artefatos. É intenção desta definição auxiliar no desenvolvimento de guias gerais para o desenvolvimento e validação de licenças para Open Source Hardware.

É importante notar que o hardware se diferencia do software no sentido de que recursos físicos devem sempre ser empregados na produção de bens físicos. Desse modo, pessoas ou empresas produzindo itens (“produtos”) sob uma licença OSHW têm uma obrigação de não impor que estes produtos sejam fabricados, vendidos, garantidos, ou sancionados de qualquer modo pelo desenvolvedor original e também de não fazer uso de registros comerciais pertencentes a este desenvolvedor.” (OPEN SOURCE HARDWARE ASSOCIATION, 2017)

Como exemplos de plataformas de desenvolvimento eletrônico de hardware livre podemos citar ARDUINO (ARDUINO, 2019) e RASPBERRY (RASPBERRY PI FOUNDATION, 2018), cada qual com suas particularidades e capacidades que envolvem

diferentes níveis de processamento e armazenamento de dados, conectividade de rede, métodos de transmissão, consumo de energia, entre outros.

Neste universo de plataformas que envolvem hardware e software livres, optamos pelo emprego de uma estrutura denominada NodeMCU (Node Microcontroller Unit), ilustrado na figura 13, que é um ambiente de desenvolvimento baseado em um componente de arquitetura SoC² denominado ESP8266EX (ESPRESSIF SYSTEMS, 2015) e que apresenta recursos computacionais avançados em termos de CPU, memória RAM e conectividade de rede sem fio.

Como qualquer outro componente eletrônico de sua categoria, necessita de uma infraestrutura de conexões, fontes de energia, e portas de comunicação para que se torne operacional e passível portanto ao desenvolvimento de produtos, ensaios e estudos.

Dessa forma o NodeMCU permite simplificar o desenvolvimento de projetos que integrem o componente ESP8266EX e suas potencialidades num hardware que se apresenta nos mesmos moldes das plataformas de desenvolvimento tradicionais a exemplo do Arduino e Raspberry Pi, denominada NodeMCU DEVKIT (NODEMCU PROJECT, 2014)

Figura 13 – NodeMCU ESP8266



Fonte: <https://www.espressif.com>

3.2.6 Módulo de fonte de energia

Dada a necessidade do *endpoint* coletar dados de equipamentos variados, acoplados em diferentes fontes de energia, optou-se pelo uso do conversor AC-DC HLK-PM01(HI-LINK, 2017) que pode ser visto na figura 14, que opera com tensões de entrada AC, na faixa compreendida entre 90 a 264 volts e entrega tensão DC de 5 volts compatível com os

² System-on-a-chip (SoC) é uma arquitetura que integra em um único chip todos os componentes eletrônicos que compõe um computador ou sistema eletrônico que execute funções analógicas, digitais e de comunicação, incluindo o emprego de radiofrequência.

componentes eletrônicos utilizados, a uma potência de 3W. É um conversor compacto, eficiente, com proteção contra curto circuito e sobrecarga.

Figura 14 – Módulo Conversor AC-DC HLK-PM01



Fonte: http://www.hlktech.net/u_file/product/18_09_06/330X232_1971eddeed.jpg

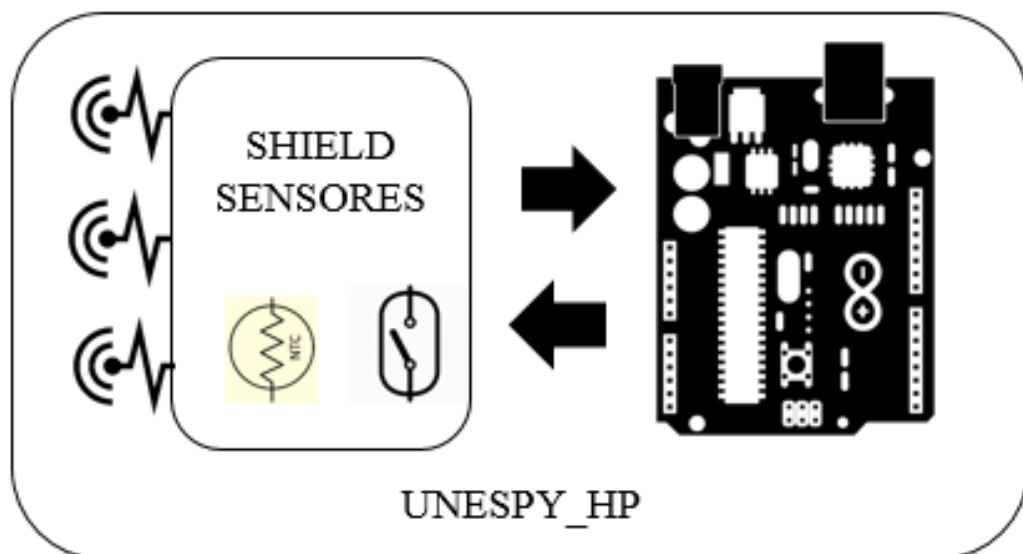
3.2.7 O endpoint Unespy_HP

Dada a necessidade de monitorar dispositivos consumidores de energia de alta potência, foi criada a versão Unespy_HP capaz de trabalhar de forma não invasiva nos circuitos elétricos, ou seja, sem a conexão física com essas cargas, por meio de sensores de corrente indutivos, permitindo assim seu uso nas medições de corrente de alta intensidade que podem chegar até 100 amperes.

Este *endpoint* recebeu a denominação Unespy_HP, numa analogia ao monitoramento de cargas de alta potência (*High-Power*).

O diagrama de blocos da figura 15 representa a composição do shield Unespy_HP.

Figura 15 – Diagrama de blocos do Endpoint Unespy_HP



Fonte: Autoria própria

3.2.8 Sensor de corrente indutivo

Os sensores de corrente indutivos, em número de três, farão a leitura de corrente elétrica quando conectados em pontos de alto consumo de energia. Esses sensores são do tipo Split-Core SCT13 (ECHUN ELECTRONIC CO., 2018) (figura 16) que são transformadores de corrente, capazes de medir o fluxo de corrente elétrica num condutor sem contato elétrico, apenas pelo princípio da indução eletromagnética, o que facilita sua inserção não invasiva aos circuitos monitorados.

Figura 16 – Sensor SCT-013-000



Fonte: <http://en.yhdc.com/product1311.html?productId=401>

3.2.9 Sensor de Temperatura NTC

No monitoramento de temperatura há um sensor do tipo NTC termistor (AMERICAN ZETTLER, 2012) (figura 17), que é um semicondutor cerâmico de óxido metálico, cuja resistência elétrica diminui com o aumento da temperatura.

Figura 17 – Termistor NTC Type - R at 25C 10K



Fonte: <http://www.ntcsensors.com/uploads/171230/1-1G23020053N91.jpg>

Por fim, há um circuito de acionamento de carga por meio de transistor e relé para casos em que sejam necessários controles sobre dispositivos externos.

3.2.10 Raspberry

Raspberry Pi, em detalhe na figura 18, é um computador de baixo custo, com dimensões de um cartão de crédito que pode se conectar a um monitor de vídeo ou TV, e utiliza teclado padrão e mouse. Ele é um dispositivo que permite que pessoas de todas as idades explorem a computação e aprendam como programar em linguagens como Scratch e Python. Ele é capaz de realizar tudo o que se espera de um computador desktop, desde navegar na internet e assistir um vídeo em alta resolução, a elaborar planilhas eletrônicas, editar textos e jogar (RASPBERRY PI FOUNDATION, 2018).

Figura 18 – Raspberry Pi + 3B



Fonte: https://www.raspberrypi.org/homepage-9df4b/static/9ca371f0fdf1bb077ca8293568fde6e1/c6096/048bd68ca2f56975c8ee78ee823a564d066fdf94_raspberry-pi-3-ports-1-1833x1080.webp

A coleta de dados proposta no projeto exige que seja composta uma plataforma de armazenamento que permita de forma eficiente, a um custo baixo e com economia de energia, não só a armazenagem dos dados como também a análise desse conteúdo afim de que se possa tomar decisões quanto ao consumo energético em tempo real.

O resultado de uma pesquisa bibliográfica indicou o Raspberry Pi 3 modelo B que apresenta as seguintes especificações:

- Processador Broadcom BCM2837B0 64bits ARM Cortex-A53 Quad-Core
- Clock 1.2 GHz
- Memória RAM: 1GB
- Adaptador Wifi 802.11 b/g/n/AC 2.4GHz e 5GHz integrado

- Bluetooth 4.2 BLE integrado
- Conector de vídeo HDMI
- 4 portas USB 2.0
- Conector Gigabit Ethernet over USB 2.0 (throughput máximo de 300 Mbps)
- Alimentação: 5V DC
- Interface para câmera (CSI)
- Interface para display (DSI)
- Slot para cartão micro SD
- Conector de áudio e vídeo
- GPIO de 40 pinos
- Dimensões: 85 x 56 x 17mm

Dadas as características convergentes do Raspberry Pi, por apresentar uma performance computacional aceitável, baixo consumo de energia, conectividade de rede, portas de comunicação USB e vasta documentação, decidiu-se por adotá-lo como servidor de arquivos.

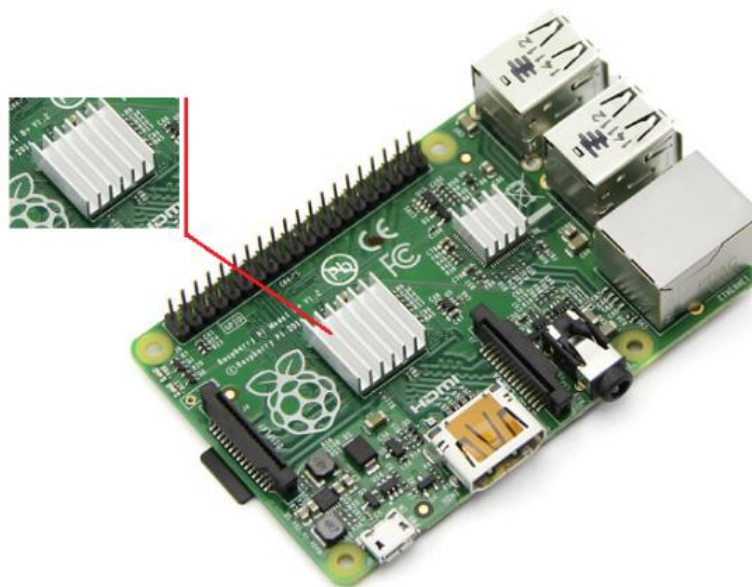
Alguns acessórios foram adicionados de modo a conferir uma melhor dissipação de calor de seus componentes eletrônicos com dissipadores de alumínio, mostrados na figura 19, assim como a acomodação do conjunto numa *case* plástica, como mostra a figura 20, o que conferiu maior proteção mecânica e isolamento elétrico ao hardware.

Figura 19 – Case plástica para Raspberry Pi + 3B



Fonte: Autoria própria

Figura 20 – Dissipadores de Calor para Raspberry Pi + 3B



3.3 Elementos de software

3.3.1 Banco de dados para internet das coisas - DOT (*Database of Things*)

O fluxo de dados resultantes das operações dos smart objects, ocasionará um volume de dados gigantesco, que necessitará de processamento em tempo real e consequentemente de um novo tipo de banco de dados que suporte esse processo. Bancos de dados relacionais (RDBMS – *Relational Database Management Systems*) oferecem pouca ou nenhuma performance quando se trata de operações com massa de dados que estão tabulados de uma forma diferente das relações tabulares tradicionais.

A diversidade de dados provenientes dos *Smart Objects* caracteriza um formato complexo de aninhamentos semiestruturados ou até mesmo não-estruturados, gerados por máquinas ou pela sociedade diariamente e que não se encaixa perfeitamente numa estrutura de linha-coluna bidimensional, de modo que uma abordagem sem esquema de gerenciamento de dados pode ser potencialmente a única maneira de viabilizar a captura, pesquisa, visualização e análise desses dados.

Desse modo a tecnologia de banco de dados não relacional (NoSQL) é a que mais se adequa as características dos dados gerados pela internet das coisas (*IoT*) que (i) apresentam aplicações descentralizadas, (ii) requerem disponibilidade contínua, (iii) apresentam dados

gerados em alta velocidade e de múltiplas fontes, (iv) manipulam dados semiestruturados ou não-estruturados e (v) geram grande volume de informações.

Isto posto, optou-se por utilizar como *data-storage* primário o banco de dados não relacional InfluxDB® por se tratar de plataforma *open-source* e que usa um modelo de dados flexível, de excelente performance e alta disponibilidade, escalando de implementações simples para grandes e complexas arquiteturas. Essas características, dentre outras, classificam uma nova categoria de banco de dados voltados para Internet das Coisas (*IoT*) que vem sendo intitulada DOT (*Database of Things*).

Os dados coletados ao longo do experimento são armazenados numa base de dados não relacional, uma vez que podem ser considerados coleções de atributos e valores, onde um atributo pode ser multivalorado. Em geral, os bancos de dados orientados a documento, que seria a descrição mais apropriada à nossa estrutura (DIANA; GEROSA, 2010), não possuem esquema, ou seja, os documentos armazenados não precisam possuir estrutura em comum.

Como resultado de extensa revisão bibliográfica optamos por trabalhar com o InfluxDB, por atender as exigências de performance, tipos de dados e escalabilidade da nossa estrutura de sensoriamento.

3.3.2 O banco de dados InfluxDB

O InfluxDB (INFLUXDATA, 2019) é um sistema de armazenamento de dados de alto desempenho escrito especificamente para dados de séries temporais. Ele permite inserção de dados a uma alta taxa de transferência, compactação e consulta em tempo real. O InfluxDB fornece recursos de gravação e consulta com uma interface de linha de comando, uma API HTTP integrada, um conjunto de bibliotecas cliente (por exemplo, Go, Java e JavaScript) e plug-ins para formatos comuns de dados como Telegraf, Graphite, Collectd e OpenTSD

O InfluxDB conta com o InfluxQL, que é uma linguagem de consulta semelhante a SQL para interação com dados. Sua grande vantagem é tornar a estrutura bastante familiar para quem está familiarizado com outros ambientes SQL, além de fornecer recursos específicos para armazenar e analisar dados de séries temporais. O InfluxQL suporta expressões regulares, expressões aritméticas e funções específicas de série de tempo para acelerar o processamento de dados.

Com o InfluxDB pode-se manipular milhões de pontos de dados por segundo. Ao se trabalhar com esse volume de dados por um longo período pode-se deparar com problemas de armazenamento e uma de suas características de especial interesse é a capacidade de

compactação automática de dados de forma a minimizar o espaço de armazenamento. Ainda é possível (i) reduzir a taxa de amostragem dos dados; (ii) definir condições de expiração de dados; (iii) configurar políticas de retenção.

3.3.3 Justificativa

Base de dados de séries temporais, como o nome sugere são sistemas de base de dados especialmente desenvolvidas para armazenar dados associados à linha de tempo.

Quando o assunto é armazenamento de dados são inúmeras as citações sobre banco de dados relacionais, a exemplo do MySQL, PostgreSQL e o tradicional SQL Server ou quando nos referimos à bancos de dados não relacional o MongoDB³ ou DynamoDB.

O termo comum que agrega todos esses bancos de dados é o fato de que sua organização de armazenamento requer tabelas estruturadas em colunas e linhas e estas últimas, cada qual, define uma entrada de dados na tabela que via de regra é criada para um propósito específico como por exemplo, armazenar dados de clientes ou ainda credenciais de usuários de um sistema.

Essa estrutura se mostra bastante eficiente, escalável e é adotada por um número expressivo de renomadas companhias ao redor do globo.

Bancos de dados de séries temporais apresentam uma estrutura diferente. Os dados estão armazenados em coleções que estão agregadas de modo relacional à linha do tempo. Em essência isso significa que cada dado armazenado carrega consigo uma referência temporal, ou seja, os dados estão agregados sobre o tempo(SCHKN, 2019).

Ainda que se possa inserir uma coluna referente ao tempo numa tabela de um banco de dados relacional, o resultado ao longo do tempo pode comprometer o desempenho do sistema.

Bancos de dados de séries temporais são construídos baseados na necessidade de inserção de dados de forma rápida e eficiente, o que não difere dos sistemas de bancos de dados relacionais onde a taxa de inserção é da ordem de 20.000 a 100.000 linhas por segundo. No entanto nestes últimos, há um mecanismo que degrada a performance ao longo do tempo a medida em que o número de registros aumenta que é o emprego de índices (figura 21).

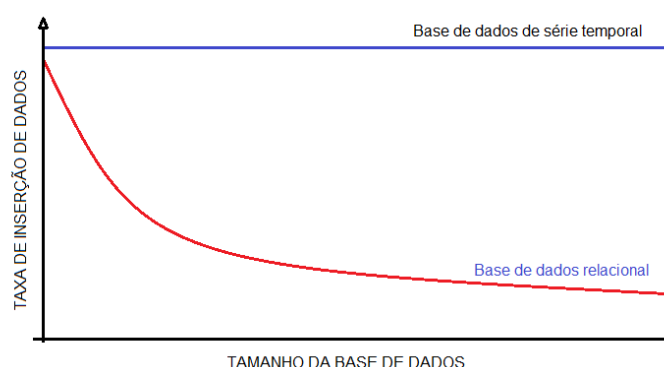
A cada inserção de dados numa tabela que possui um sistema de indexação, ocorre um processo de reindexação da base de dados de modo a manter a velocidade e eficiência no

³ MongoDB é um software de banco de dados orientado a documentos, multiplataforma e de código aberto, classificado como um programa de banco de dados NoSQL. Sua infraestrutura permite que as aplicações modelem seus dados de modo muito mais natural, uma vez que estes podem ser aninhados em hierarquias complexas e continuarem a ser indexáveis facilitando o processo de busca.

processo de escrita e leitura. Como consequência observa-se uma queda de performance ao longo do tempo decorrente de uma carga operacional intensificada pelo gerenciamento dos índices.

Numa base de dados de séries temporais, os dados estão agregados à linha do tempo e desse modo inexiste o processo de reindexação dada a linearidade temporal, o que permite uma taxa de inserção de dados da ordem de 50.000 a 100.000 linhas por segundo.

Figura 21 – Comparativo de desempenho entre base de dados de série temporal e base de dados relacional ao longo do tempo



Fonte: Autoria própria

Ao reunir todas as características que o definem com um banco de dados não relacional de séries temporais, apresentando uma alta taxa de inserção de dados e manter seu desempenho independente do crescimento de sua base de armazenamento o InfluxDB foi escolhido para compor a estrutura de software de nosso projeto.

3.3.4 Grafana

Uma vez que os *endpoints* estejam registrando suas leituras no banco de dados, é desejável uma visualização, em tempo real, do comportamento das variáveis monitoradas e para tal fizemos uso da ferramenta de software Grafana que permite de forma elegante, simples e direta observar graficamente variações dos parâmetros de maior interesse dentro de uma série histórica de dados (KIM; KIM; KIM, 2017).

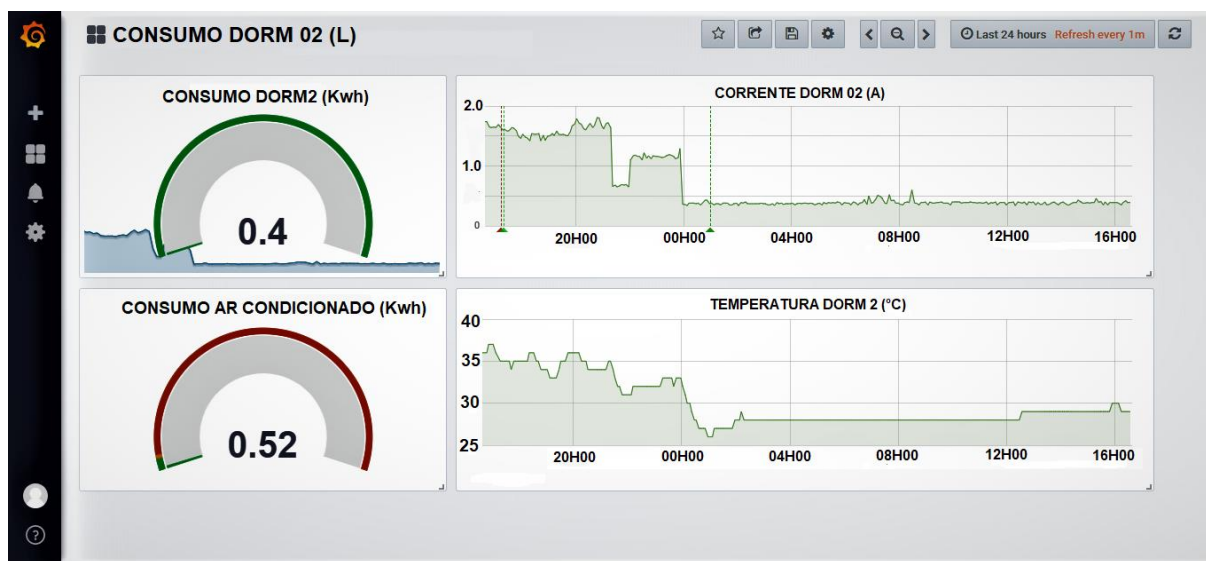
Grafana é uma poderosa ferramenta analítica e de visualização, de código aberto, que consiste em vários painéis individuais dispostos em uma grade, ilustrado na figura 22. Os painéis interagem com as fontes de dados configuradas, incluindo (mas não se limitando a) AWS CloudWatch, servidor Microsoft SQL, Prometheus, MySQL, InfluxDB e muitos outros.

Esta ferramenta é projetada para que cada painel esteja vinculado a uma fonte de dados, o que possibilita a inserção de múltiplos painéis em uma única grade, permitindo a visualização de resultados de várias fontes de dados simultaneamente.

O objetivo dos painéis do Grafana é reunir dados de maneira eficiente e organizada, permitindo que os usuários entendam melhor as métricas de seus dados por meio de consultas, visualizações informativas e alertas. Desse modo, o grid de painéis do composto não apenas fornece um significado esclarecedor aos dados coletados de diversas fontes, como permite também seu compartilhamento de modo que membros de equipes possam acessar simultaneamente a dinâmica dos sistemas monitorados

Outro aspecto importante dos painéis Grafana é o fato de eles serem de código aberto, o que permite ainda mais personalização e ampliação de sua potencialidade, dependendo de como se está familiarizado com a codificação. Entretanto, não é necessário amplo conhecimento de codificação para criar seus próprios painéis.

Figura 22 – Grid com variáveis de temperatura e consumo energético



Fonte: Autoria própria

Aos painéis é possível associar regras baseadas em parâmetros monitorados e quando estes satisfizerem as condições pré-estabelecidas, um evento de alarme é disparado.

Como agentes notificadores de alarme do Grafana pode-se citar alguns:

- Email
- Google Hangouts Chat
- Kafka

- Microsoft Teams
- Pagerduty
- Senu
- Telegram

3.3.5 Telegram

O Telegram (figura 23) é um serviço gratuito de mensagens instantâneas baseado em nuvem (P.N.V.S.N; RAO; RAO, 2017), que foi adotado como agente notificador de eventos do Grafana em função da sua simplicidade de uso, facilidade de configuração, e principalmente à ausência de barreiras de distâncias uma vez que estamos fazendo uso de dispositivos móveis para o recebimento das notificações e monitoramento de dados.

Figura 23 – Tela do aplicativo Telegram e o grupo de Alertas do Unespy



Fonte: Autoria própria

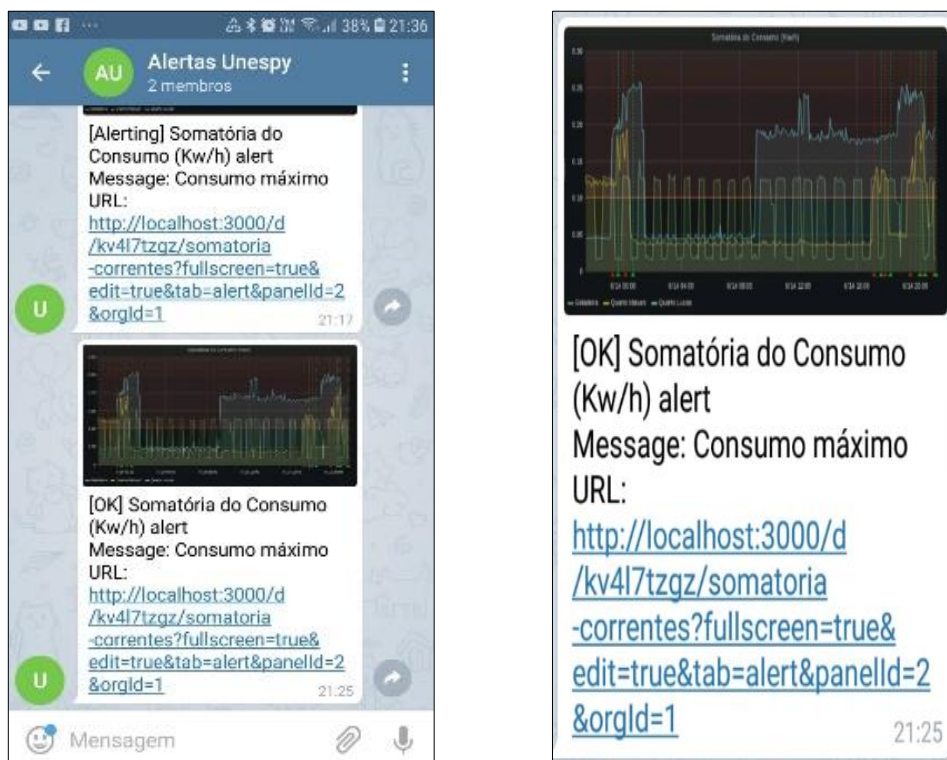
O Telegram está disponível para smartphones ou tablets, computadores e também como aplicação web. Os usuários podem enviar mensagens e trocar fotos, vídeos, áudio e arquivos de qualquer tipo, podendo ainda, opcionalmente, criptografar mensagens ponto-a-ponto, ou seja, entre dois usuários.

As características de maior interesse no uso do aplicativo são:

- Sincronização na nuvem entre dispositivos.
- Maior velocidade no envio de mensagens.
- Múltiplas contas Telegram em um único aplicativo.
- Distribuição de servidores em todo o mundo para maior segurança e velocidade.
- API de código aberto
- Gratuito, sem propagandas ou mensalidades.
- Possui versões móveis, versões para desktop e navegador web.
- Grupos para 200 membros podendo chegar a 200.000 membros.
- Adesão de novos membros via URL.
- Status de leitura da mensagem: 1 traço = enviada, 2 traços = aberta.
- Interação com bots (softwares programados para interagir de acordo com os comandos enviados e que se comportam como usuários).
- É possível adicionar um contato sem precisar do número de telefone

Conforme ilustrado na figura 24, um evento de consumo máximo detectado pelo Grafana, disparou um alerta via Telegram. A mensagem foi recebida no grupo intitulado Alertas Unespy .

Figura 24 – A esquerda, notificação do Grafana recebida pelo Telegram. A direita detalhes da mensagem.



Fonte: Autoria própria

4 DESENVOLVIMENTO

Dada a necessidade da coleta de dados relativos ao consumo de energia elétrica, temperatura ambiente, umidade relativa do ar e eventuais intervenções remotas em dispositivos eletroeletrônicos monitorados, foram concebidos equipamentos para essa finalidade, os *endpoints*.

Algumas ferramentas de software foram utilizadas ao longo deste trabalho para a (i) elaboração do esquema elétrico, (ii) para a criação da placa de circuito impresso e (iii) para criação dos percursos de usinagem da placa de circuito impresso em fresadora CNC⁴.

Inicialmente utilizou-se o Proteus que é uma suíte de desenvolvimento para placas de circuito impresso utilizado amplamente na indústria de desenvolvimento de dispositivos eletrônicos (LABCENTER ELECTRONICS LTD., 2010).

Neste projeto foi utilizada a versão de demonstração que apesar das limitações em relação ao produto comercial, ainda permitiu elaborar o diagrama elétrico dos *endpoints* e suas respectivas placas de circuito impresso.

Optou-se pelo processo de usinagem das placas de circuito impresso, doravante referenciadas por *PCB* (*Printed Circuit Board*), uma vez que possuímos uma fresadora CNC capaz de usinar tais placas com relativa facilidade, agilidade e precisão.

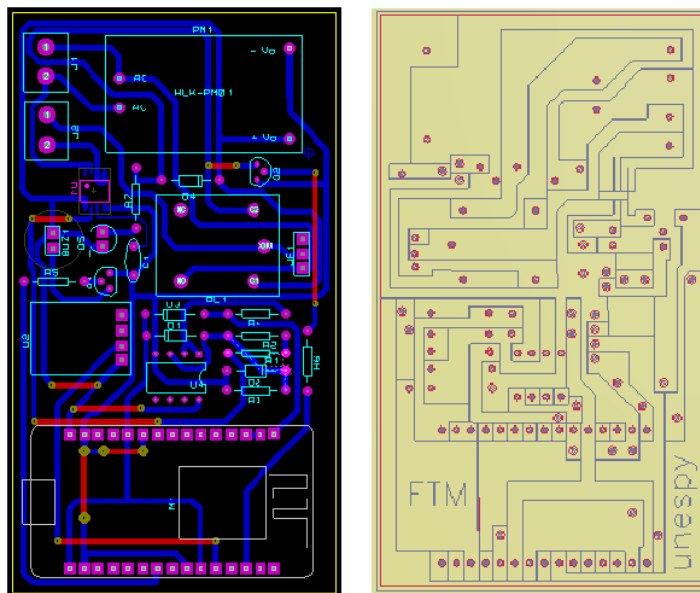
No entanto, o processo de usinagem requer um arquivo do tipo G-CODE, cujo conteúdo tem por função principal instruir a máquina a se mover geometricamente nas três dimensões, x, y e z, por meio de linhas sequenciais de instruções, cada qual responsável por uma tarefa específica, sendo executado linha por linha até o fim do código.

Como recurso auxiliar utilizou-se o Autocad 2018(AUTODESK INC., 2019) nesta etapa de complementação do desenho da *PCB*, visto que o Proteus não gera arquivo do tipo G-CODE necessário à usinagem, obteve-se como resultado, a reformulação do desenho da *PCB*. Esta etapa se fez necessária devido a uma limitação de nossa fresadora CNC em reproduzir formatos circulares de pequenas dimensões que se comparam àqueles encontrados nas ilhas de soldagem dos terminais dos componentes eletrônicos da placa.

⁴ Fresadora CNC é uma máquina que obedece a comandos computadorizados, equipada com fresas - ferramentas de corte parecidas com brocas de furadeiras - que através do movimento rotativo dessas e de seu deslocamento em um determinado plano é utilizada para cortar, desbastar, entalhar ou perfurar diversos tipos de materiais.

Assim a *PCB* apresenta uma conformação de trilhas e ilhas compostas de traços retos, em sua maioria em ângulos de 90° (figura 25), que serviu de base para a elaboração dos percursos de usinagem por meio do software Autodesk Artcam (AUTODESK INC., 2018).

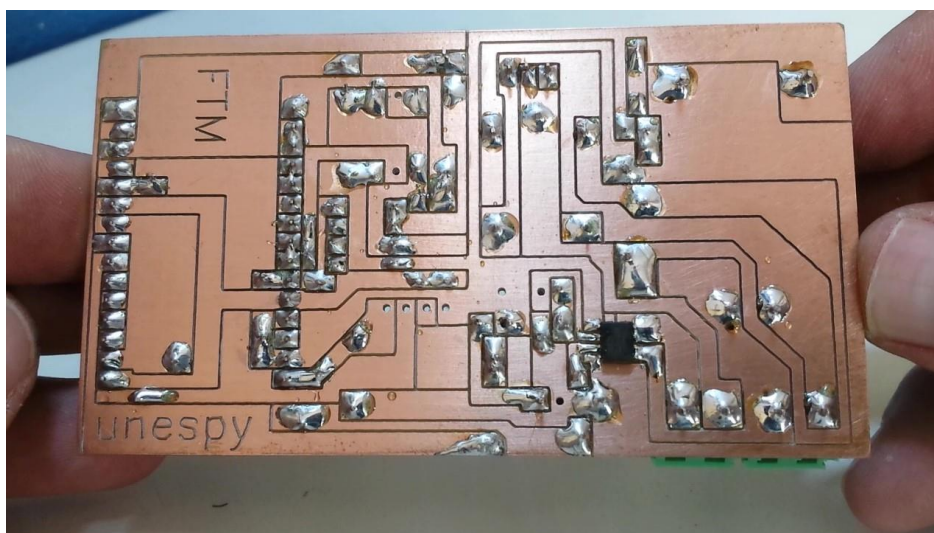
Figura 25 – *PCB* gerada pelo Proteus (à esquerda) e *PCB* redesenhada no Autocad (à direita)



Fonte: Autoria própria

Pela experiência anterior com processos de usinagem de *PCB*, adotou-se o uso de nossa fresadora CNC para a confecção das placas de circuito impresso (figura 26) que integram este trabalho.

Figura 26 – *PCB* Unespy após a montagem dos componentes vista pela face da solda



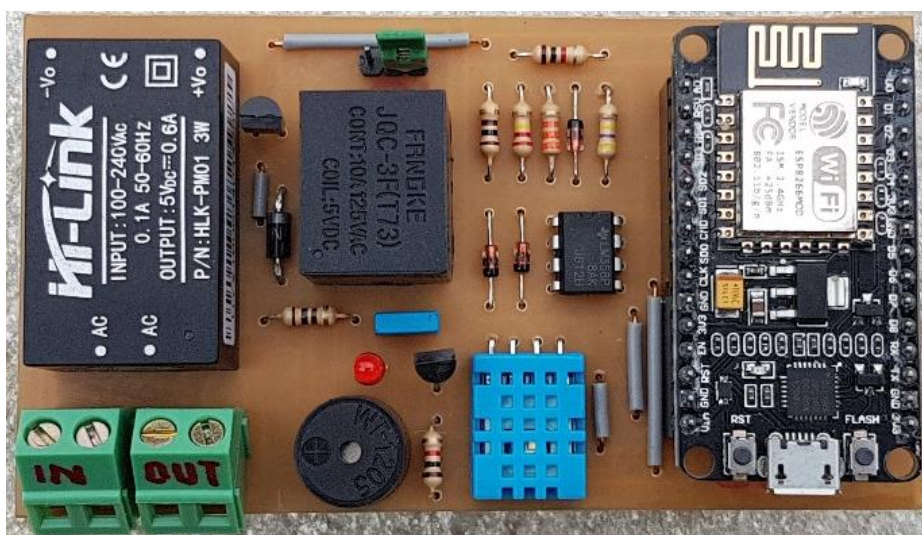
Fonte: Autoria própria

4.1 O Endpoint Unespy

4.1.1 Descrição

O *endpoint* Unespy (figura 27), é essencialmente um dispositivo coletor de dados desenvolvido exclusivamente para este projeto. Sua estrutura de sensoriamento é gerenciada por uma plataforma open-source de desenvolvimento eletrônico denominada NodeMCU-ESP8266 (ESPRESSIF SYSTEMS, 2015) micro processada que oferece (i) onze portas de entradas e saídas (GPIO) com funções de PWM, comunicação I2C, conversores AD/DA, entre outras, (ii) conectividade USB permitindo programação via IDE Arduino, (iii) conectividade wireless padrão 802.11 b/g/n, (iv) processador RISC de 32 bits e (v) permite o uso da linguagem de programação LUA, amplamente utilizada em dispositivos embarcados, na programação de jogos e em aplicações industriais, por possuir robusta documentação, leveza e eficiência na execução (LUA,1993).

Figura 27 – *Endpoint* Unespy



Fonte: Autoria própria

Estruturalmente o Unespy contém além do módulo de processamento baseado no componente NodeMcu ESP8266, um módulo de fonte de energia, um sensor de corrente elétrica, um sensor de temperatura e umidade do ar, um circuito condicionador de sinais e um sistema de acionamento de cargas externas.

Por meio de impressão 3D, foi gerado em plástico ABS um gabinete para acomodação do dispositivo de modo a conferir maior segurança e praticidade na instalação do Unespy junto

ao equipamento monitorado, por meio de plugue e tomada padrão ABNT, conforme ilustra a figura 28.

Figura 28 – *Endpoint Unespy* acondicionado em gabinete plástico, com plugue e tomada de energia



Fonte: Autoria própria

4.1.2 Software de gerenciamento UNESPY

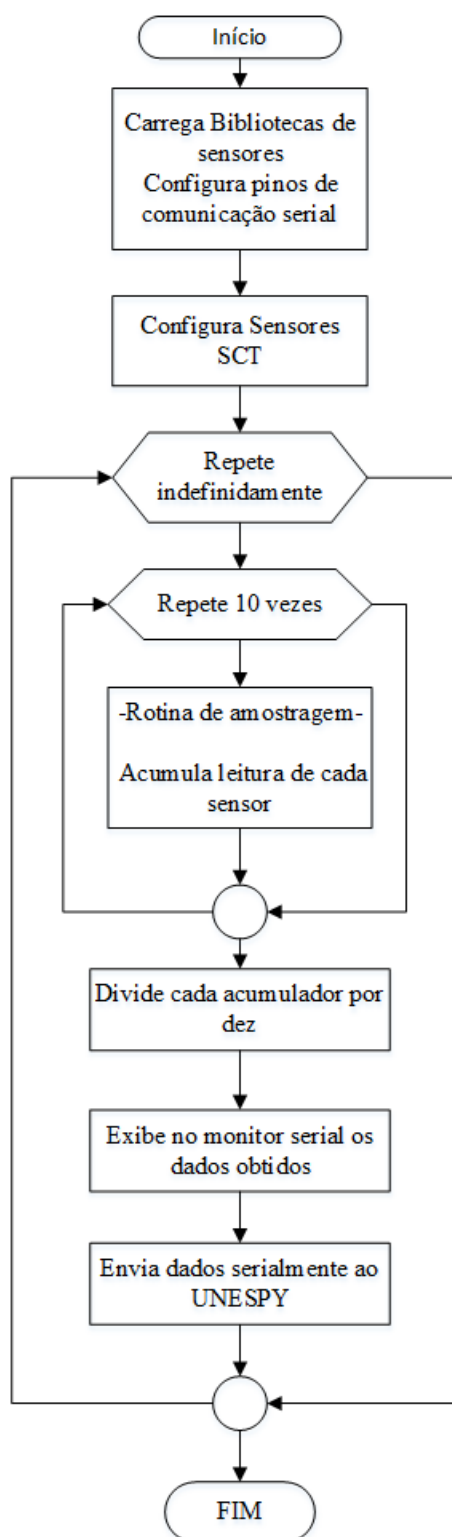
Os *endpoints* denominados UNESPY coletam dados referentes a corrente elétrica, do equipamento monitorado, temperatura e umidade relativa do ar e do ambiente em que se encontram enviando-os diretamente ao banco de dados InfluxDB via conexão wi-fi, em intervalos de tempo que variam conforme as características de consumo de energia do equipamento. A codificação de seu software foi escrita em linguagem “C” voltada para Arduino.

Seu ciclo lógico de execução consiste nas seguintes etapas:

- Definição das bibliotecas de terceiros que agregarão funcionalidades à plataforma de hardware
- Configuração do ambiente de transmissão de dados via wi-fi
- Identificação do banco de dados ativo
- Acesso à rede wi-fi
- Abre sessão de envio de dados
- Coleta dados referentes a corrente elétrica do sensor ACS712, temperatura e umidade relativa do ar do sensor DHT11
- Envia os dados coletados diretamente ao banco de dados
- Aguarda um período de tempo, e retoma o ciclo a partir da coleta de dados

As etapas apresentadas estão representadas graficamente por meio de fluxograma conforme figura 29.

Figura 29 – Fluxograma que representa o funcionamento do Unespy



Fonte: Autoria própria

4.2 O Endpoint Unespy_HP

O Unespy_HP é um hardware dedicado (*shield*) composto por sensores indutivos de corrente elétrica, sensor de temperatura e um circuito de acionamento de cargas externas que foi acoplado a uma placa Arduino UNO (ARDUINO, 2018) que é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware (figura 30) e software fáceis de usar, equipada com um microcontrolador capaz de gerenciar entradas e saídas analógicas e digitais, interconectando uma gama variada de sensores e dispositivos eletrônicos (*shields*)

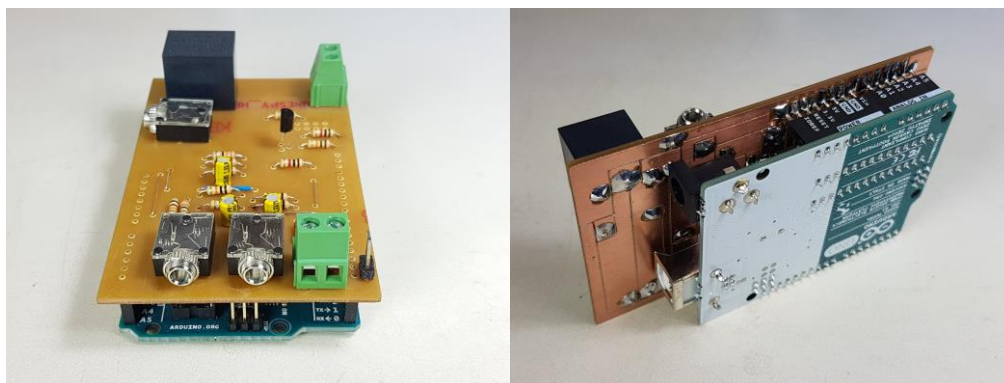
Figura 30 – Plataforma de hardware Arduino UNO



Fonte https://store-cdn.arduino.cc/usa/catalog/product/cache/image/500x375_featured_1__1.jpg

O desenvolvimento do *endpoint* Unespy_HP (figura 31) seguiu exatamente as mesmas etapas descritas para o desenvolvimento do *endpoint* Unespy, e a codificação de seu software foi escrita em linguagem “C” voltada para Arduino.

Figura 31 – Hardware Dedicado UNESPY_HP



Fonte: Acervo pessoal

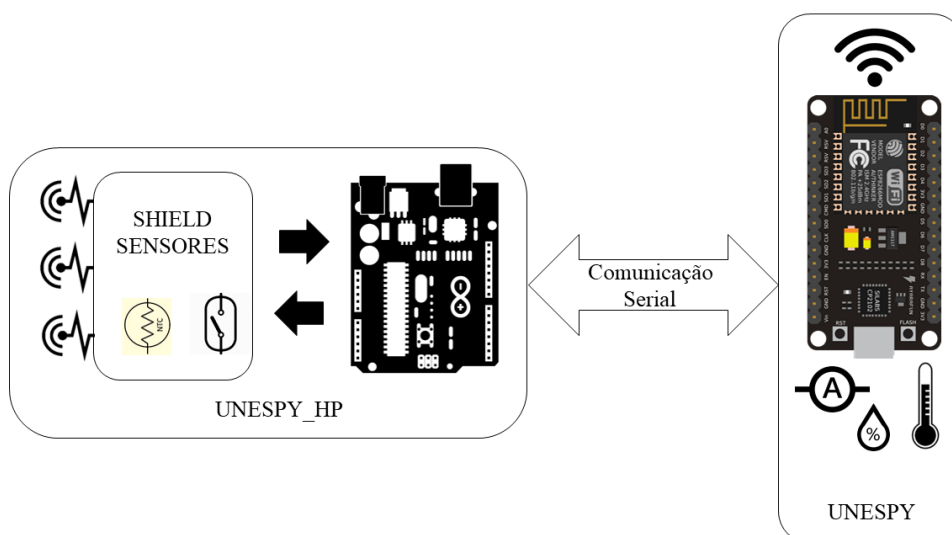
A esquerda, vista superior do módulo Unespy_HP acoplado ao Arduino UNO e a direita vista inferior mostrando a placa Arduino Uno

Sob o ponto de vista da operação, um *endpoint* Unespy_HP precisará estar conectado serialmente a um *endpoint* Unespy (figura 32). O uso combinado do Unespy_HP com o Unespy se deve ao fato de que o primeiro não possui recurso de conectividade de rede, necessário para envio dos dados coletados ao banco de dados. Portanto o Unespy confere ao conjunto conectividade de rede. Ambos permanecem conectados através de suas portas seriais no modo bidirecional.

O Unespy dispõe de uma única porta analógica, o que se mostrou insuficiente ante a necessidade de se adicionar um número maior de sensores ao módulo. Daí a escolha em utilizar a plataforma Arduino para a criação do Unespy_HP por apresentar um número de portas analógicas superior ao da plataforma NodeMCU utilizada no Unespy, porém essa vantagem aparente revelou uma desvantagem em relação à conectividade de rede do sistema pois a plataforma Arduino não conta com esse recurso nativo.

A solução foi interconectá-los ampliando assim sua capacidade de monitoramento e conferindo recursos de comunicação wi-fi, não só para envio de dados como também para o recebimento de comandos.

Figura 32 – Composição do Unespy_HP interligado serialmente ao Unespy



Fonte: Autoria própria

4.2.1 Software de Gerenciamento do UNESPY_HP

Os *endpoints* denominados UNESPY_HP estão dimensionados para coleta de corrente elétrica de até três equipamentos diferentes por meio de sensores de corrente indutivos identificados como SCT1, SCT2 e SCT3 que suportam níveis de corrente de até 100 amperes. Incluso nesta plataforma encontra-se um sensor de temperatura NTC e um sistema de acionamento de cargas por meio de relé eletromecânico. Todo esse conjunto é acoplado a uma plataforma Arduino UNO responsável pelo gerenciamento dos sensores e acionamento de carga.

A plataforma Arduino UNO não possui recurso de conectividade a redes sem fio e portanto a plataforma UNESPY_HP requer um acoplamento serial à plataforma UNESPY uma vez que esta conecta-se à rede permitindo o envio de dados diretamente ao banco de dados InfluxDB.

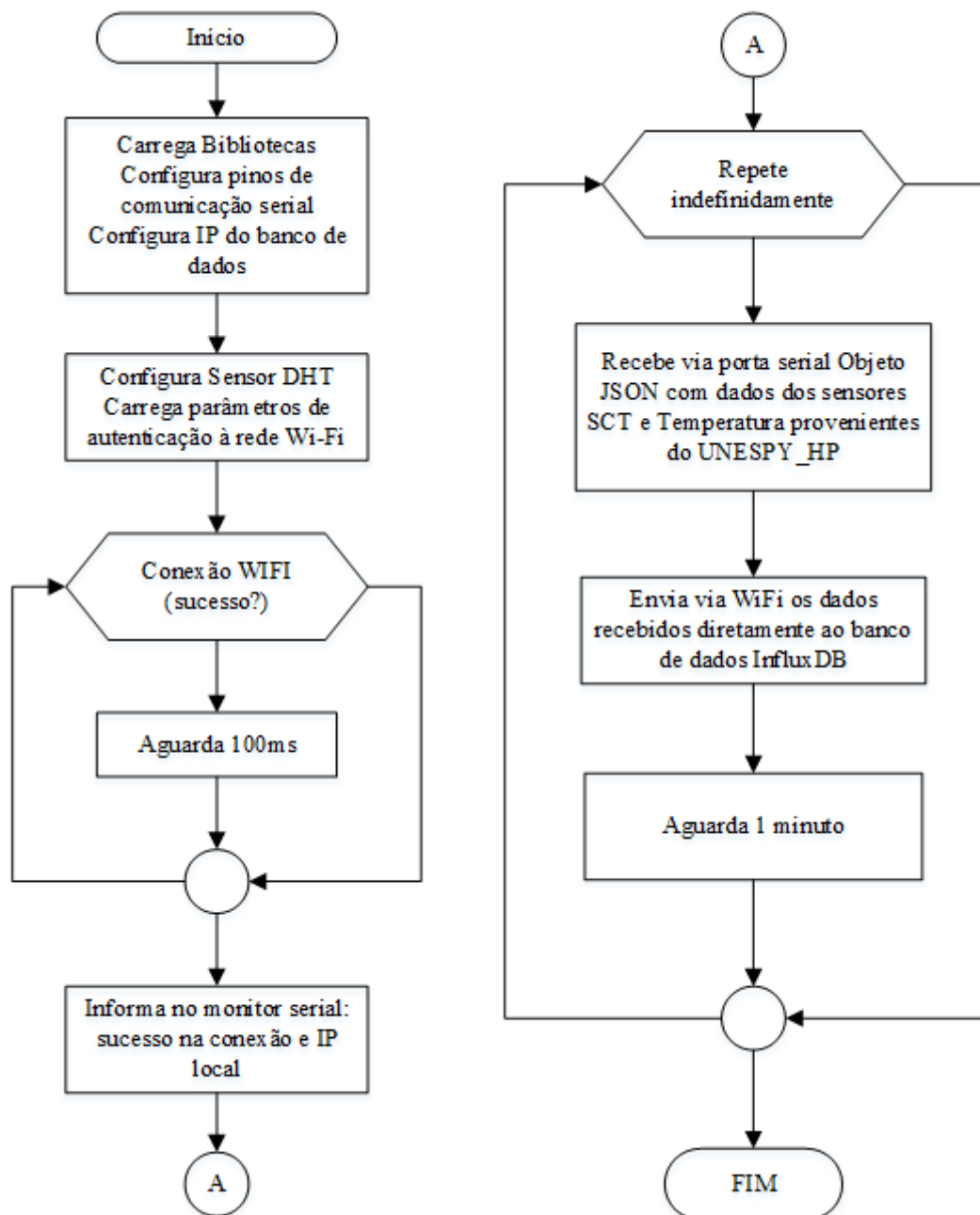
Seu ciclo lógico de execução consiste nas seguintes etapas:

- Definição das bibliotecas de terceiros que agregarão funcionalidades à plataforma de hardware
- Configuração dos sensores de corrente indutivos
- Amostragem dos valores de corrente e temperatura dos sensores
- Envio dados amostrados (JSON Object⁵) via comunicação serial à plataforma UNESPY
- Aguarda um período de tempo, e retoma o ciclo a partir da amostragem dos valores de corrente e temperatura dos sensores

As etapas apresentadas estão representadas graficamente por meio de fluxograma conforme figura 33.

⁵ JSON (*Javascript Object Notation*) é um formato simplificado para troca de dados estruturados.

Figura 33 – Fluxograma que representa o funcionamento do Unespy acoplado à plataforma Unespy_HP



Fonte: Autoria própria

4.3 Implementação do servidor de arquivos

Estando definido o Raspberry Pi como servidor de arquivos, foi preciso identificar um sistema operacional apropriado para as características desse hardware. Uma vez que não dispúnhamos de conhecimento anterior sobre plataformas Linux, optou-se por instalar o sistema

operacional Windows 10 IOT pela familiaridade com a plataforma Windows. Porém após a instalação, constatou-se que a versão disponível para arquitetura ARM, Windows 10 IOT Core, segundo a Microsoft (MICROSOFT, 2018) é voltado para dispositivos pequenos que podem ou não ter telas tratando-se de uma versão simplificada sem Cortana, nem menu Iniciar, nem mesmo uma área de trabalho, de modo que só é possível interagir por meio do aplicativo universal que o desenvolvedor criar para o dispositivo.

Dado a esse fato iniciou-se pesquisa bibliográfica em busca de maiores informações de sistemas operacionais Linux que demonstrassem melhor desempenho para arquitetura ARM e optamos pela distribuição RaspEX KODI que se mostrou de fácil instalação, possuindo farta documentação e promessa de alto desempenho.

A versão RaspEX instalada foi a 18.1 (figura. 34), que segundo seu distribuidor Exton Linux (EXTON LINUX, 2019) foi desenvolvida especialmente para ser usada em um Raspberry Pi 3 Model B. Baseado no Debian, Raspbian e Kodi Media Center.

Após termos transferido ao cartão micro_SD o referido sistema operacional e este inserido ao Raspberry, foram conectados um teclado e um mouse, ambos Bluetooth, utilizando duas de suas quatro portas USB, além de um monitor de vídeo em sua conexão HDMI necessários para a configuração inicial do sistema, e energizado o equipamento, este entrou em operação, exibindo sua tela de *login*.

Desta forma autenticou-se como *super admin*, que é o perfil de administrador do sistema utilizando por *default* nome de usuário *root* e senha *root*.

O ambiente de rede foi configurado para operar no padrão de rede sem fio 802.11n nativo do Raspberry, com o IP fixo 192.168.0.200 pela natureza de seus serviços como servidor de arquivos.

Figura 34 – Aparência do Sistema Operacional RaspEX Kodi



Fonte: Acervo pessoal

4.3.1 Verificação das funcionalidades

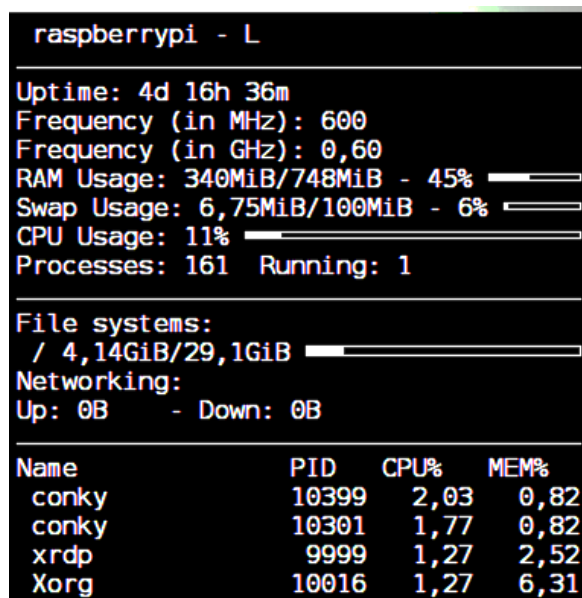
Durante o período de testes das funcionalidades do sistema operacional, constatou-se que o sistema de arquivos implementado no cartão microSD estava limitado a 4GB em decorrência da imagem do sistema ter sido gerada originariamente em um cartão com essa especificação e que difere do cartão microSD utilizado pelo projeto, cuja capacidade é de 32GB.

Para expandir o sistema de arquivos de modo que este passe a ocupar a totalidade do cartão ampliando assim a disponibilidade de espaço para armazenamento de dados e aplicações foi utilizado o comando:

```
sudo sh /root/resize_rootfs.sh (3)
```

O sucesso da operação pode ser verificado em File Systems, conforme ilustra a figura 35, onde o espaço utilizado pelo sistema ocupa 4.14 GB dos 29.1GB disponíveis.

Figura 35 – Tela do aplicativo Conky que exibe parâmetros do sistema



Fonte: Autoria própria

Identificou-se também que a área de swap definida por default no RaspEX está limitada a 100MB. Nos sistemas Linux, área ou arquivo de *swap* é uma porção virtualizada de memória que funciona como uma extensão da memória RAM e fica localizada em disco. O *Swap* se

assemelha à uma reserva emergencial a medida em que a alocação de memória RAM atinge limites máximos dadas as solicitações dos aplicativos em execução.

Para a expansão da área de *swap* foram executados os seguintes comandos:

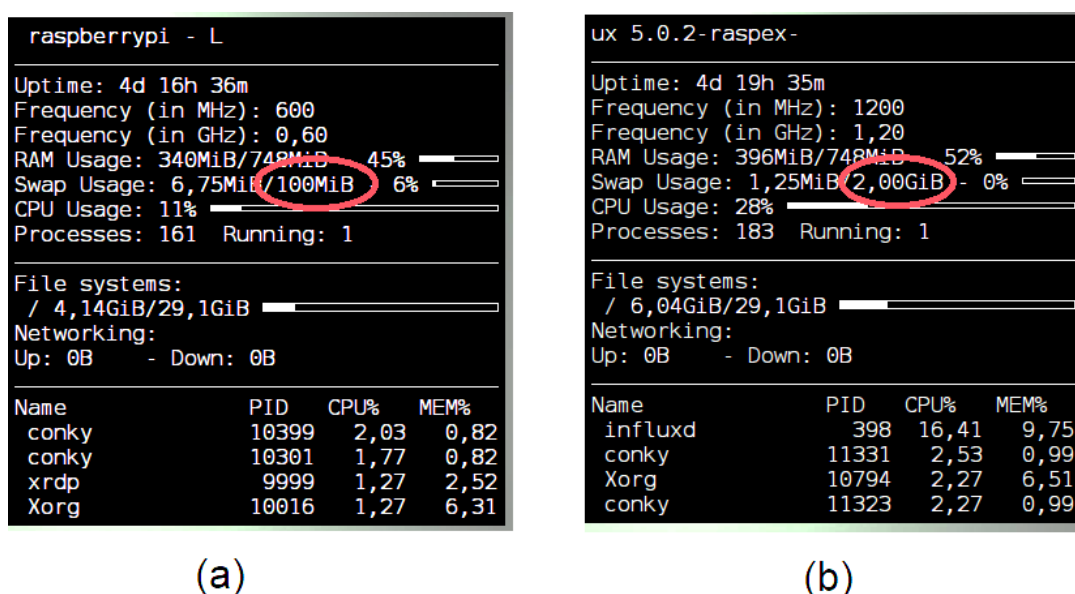
```
sudo su -c 'echo "CONF_SWAPSIZE=2048" > /etc/dphys-swapfile' (4)
```

```
sudo dphys-swapfile setup (5)
```

```
sudo dphys-swapfile swapon (6)
```

Como resultado desta operação, obtivemos uma ampliação na capacidade da área de swap dos 100MB originais para 2.0GB, conforme pode ser constatado nas figuras 36(a) e 36(b).

Figura 36 – Resultado da ampliação da área de swap de 100MB (a) para 2GB (b)



Fonte: Autoria própria

4.3.2 Implementação de serviços

Estando o servidor de arquivos devidamente configurado e plenamente operacional, passou-se à instalação dos aplicativos necessários ao armazenamento de dados, o InfluxDB e o aplicativo de monitoramento de métricas, o Grafana que passarão a operar como serviços.

Ao término do processo de instalação do Influx_DB verificamos a integridade da aplicação executando o comando *influx -precision rfc3339* (7) no LXTerminal, e obtendo em

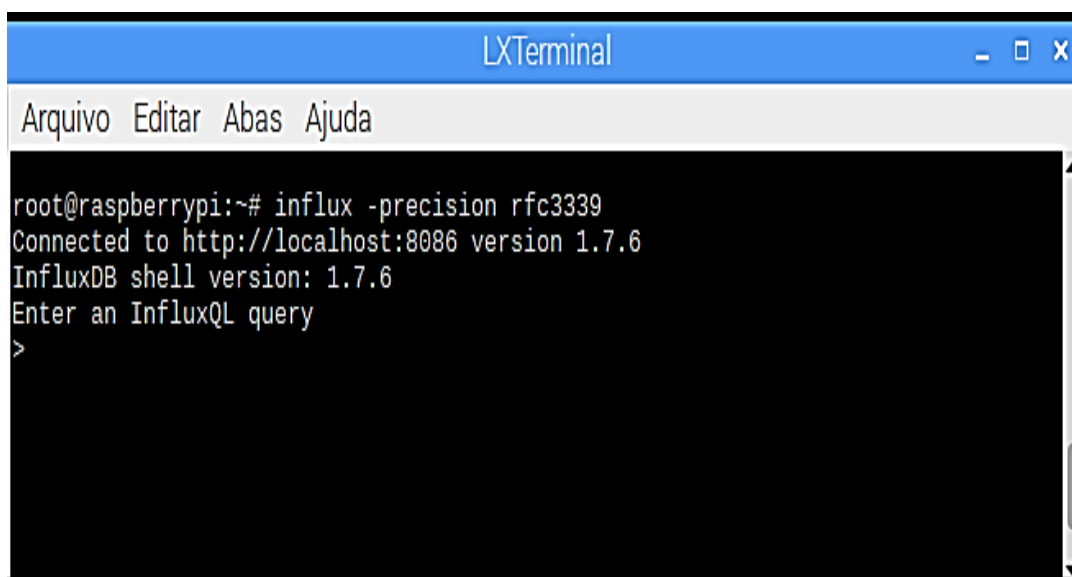
resposta a confirmação de funcionalidade como servidor de banco de dados no endereço local, à porta 8086, conforme figura 37. O parâmetro *-precision rfc3339*⁶ converte todos os registros de data e hora em no formato UTC⁷ para exibição.

Na sequência, executou-se o comando (8) para criar a base de dados denominada “**unespysrv**” que receberá os conteúdos coletados pelos *endpoints*.

```
influx -precision rfc3339 (7)
```

```
CREATE DATABASE unespysrv (8)
```

Figura 37 – Indicação de operação do Influx_DB no endereço <http://localhost:8086>



Fonte: Autoria própria

A etapa seguinte é a instalação do Grafana que por tratar-se de uma plataforma de visualização e análise de métricas por meio de representações gráficas dinâmicas, capaz de se conectar a diversas bases de dados e gerar alertas em tempo real a partir de regras customizáveis, é desejável e igualmente necessário que este opere como um serviço e como tal manter sua disponibilidade de forma ininterrupta tal qual nosso servidor de arquivos.

⁶ rfc 3339 é uma referência à padronização que define formato de data e horário do calendário Gregoriano para uso na Internet, também conhecido como *Timestamp*.

⁷ *Coordinated Universal Time*, abreviado como UTC, é o fuso horário de referência a partir do qual se calculam os demais horários ao redor do mundo.

Sua instalação seguiu uma sequência de comandos manuais, conforme documentação do fabricante, e uma vez concluída, configurou-se o Grafana para inicializar como um serviço e para tal executado o comando:

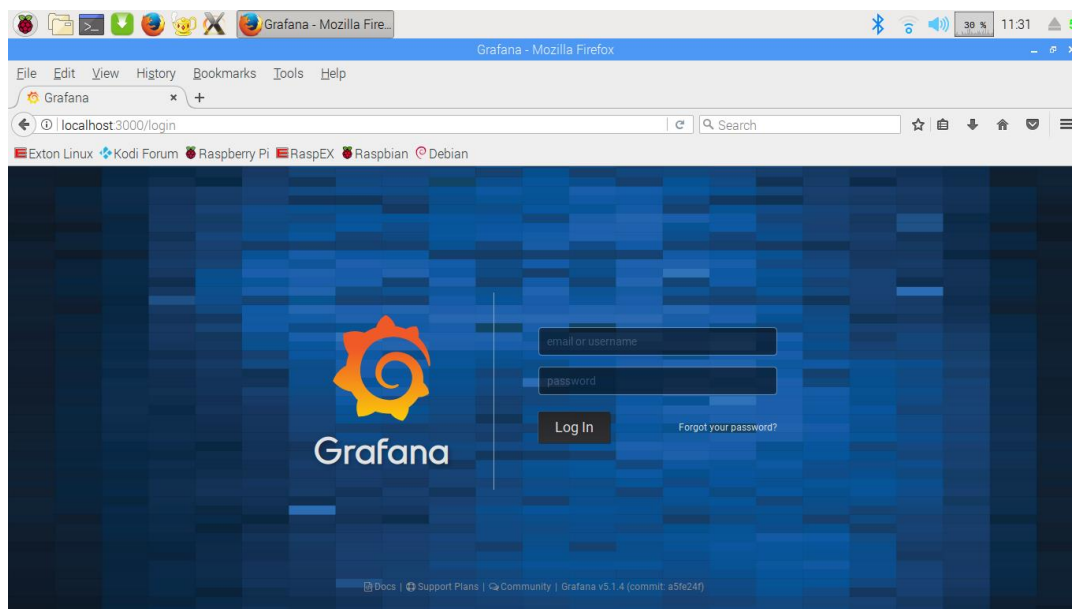
```
sudo service grafana-server start
```

É imperativo configurar o Grafana para entrar em operação sempre que o sistema operacional reinicializar, e para tal foi necessário executar o comando:

```
sudo update-rc.d grafana-server defaults
```

Concluído o processo de instalação e configuração, passou-se à verificação da funcionalidade do Grafana, executando o browser Mozilla Firefox e digitando o endereço `http://localhost:3000`, no que retornou a tela de autenticação do Grafana, como mostra a figura 38.

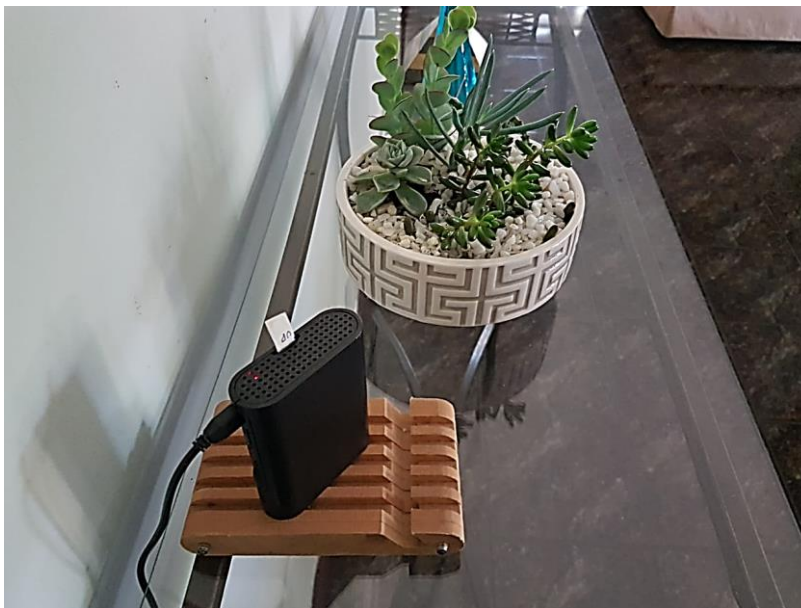
Figura 38 – Tela de autenticação do Grafana



Fonte: Autoria própria

Nesta condição, o Raspberry Pi opera como servidor de arquivos (figura 39) e como tal deverá permanecer em funcionamento ininterrupto, 24 horas por dia, 7 dias por semana, 365 dias por ano e deixará de utilizar periféricos como mouse, teclado e monitor de vídeo.

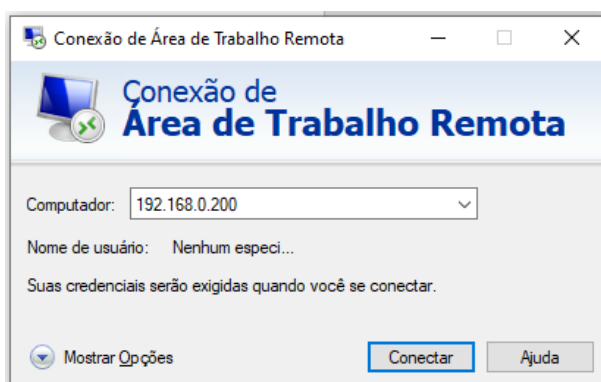
Figura 39 – Servidor de arquivos Raspberry Pi



Fonte: Acervo pessoal

Nas situações em que foram necessárias interações de configuração e outros ajustes com o sistema operacional RaspEX, considerando esta condição de ausência de periféricos, realizou-se por intermédio de um notebook com o sistema operacional Windows 10 e da ferramenta nativa de conexão de área de trabalho remota (figura 40) o acesso remoto ao servidor.

Figura 40 – Aplicativo nativo de Conexão de área de trabalho remota do Windows 10



Fonte: Autoria própria

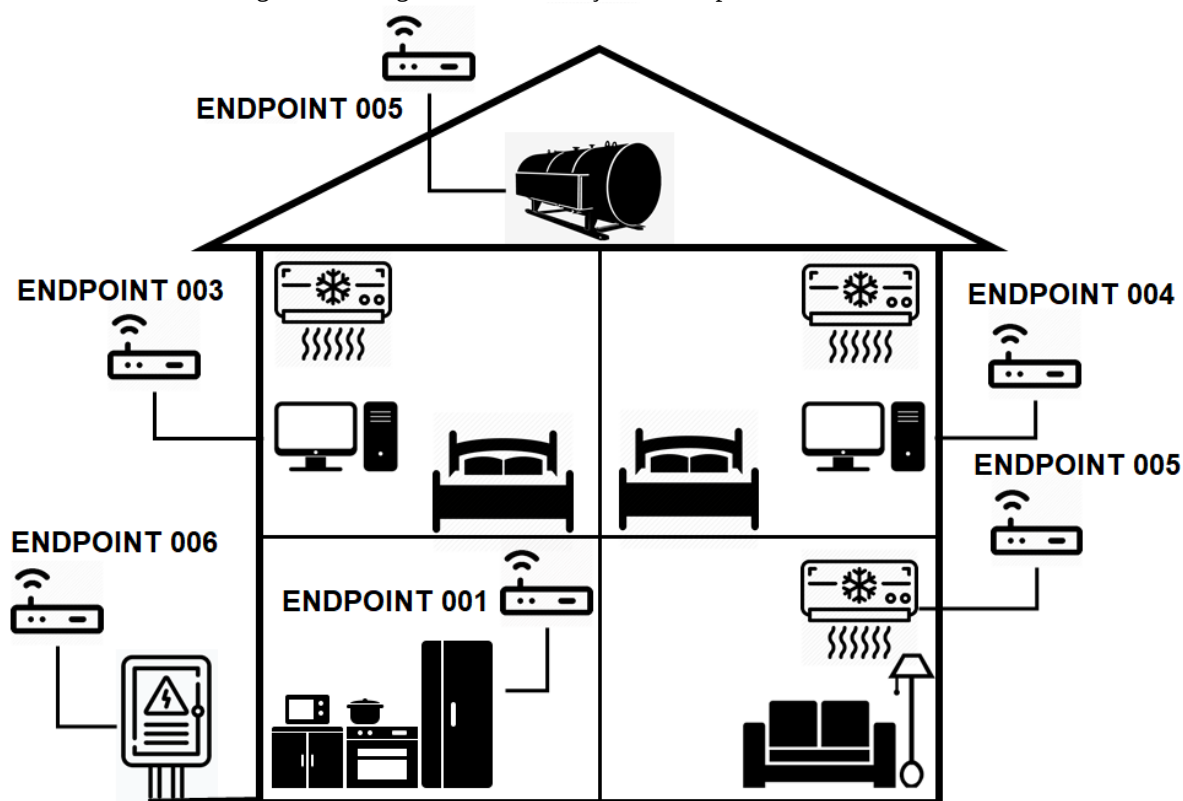
4.4 Instalando os coletores de dados

Para demonstrar o funcionamento do sistema, os endpoints foram instalados em uma residência ocupada por quatro habitantes adultos, cujas principais características sob ponto de vista do consumo energético são:

- Sistema de aquecimento solar, que provê água quente exclusivamente para banho (Reservatório de água quente –Boiler – com capacidade de 500litros.);
- Ausência de chuveiros elétricos;
- Sistema auxiliar de aquecimento de água resistivo de 2800W
- Aparelhos condicionadores de ar de 9000BTUs totalizando 04 unidades.
- Forno Elétrico
- Forno de Microondas
- Geladeira

Uma vez identificados os equipamentos de maior consumo energético da residência (figura 41), passou-se à instalação dos *endpoints* que ficaram distribuídos conforme o quadro 1.

Figura 41– Diagrama de distribuição dos endpoints na residência



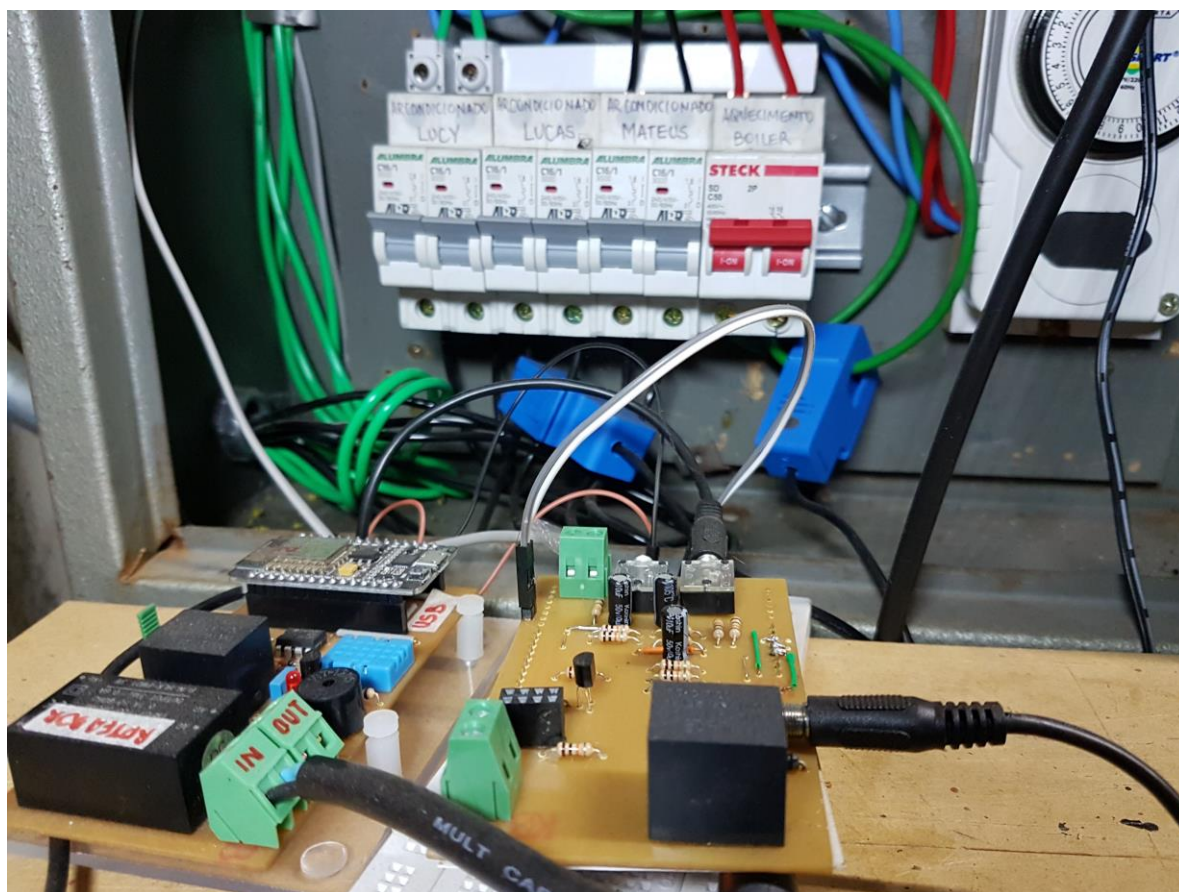
Fonte: Autoria própria

Um painel de distribuição elétrica externo, pré existente, foi escolhido para monitoramento dada a facilidade de instalação dos sensores uma vez que nele concentram-se as conexões da maioria dos equipamentos de maior consumo da residência.

Assim se passou a monitorar o conjunto de condicionadores de ar e um reservatório de água (boiler) do sistema de aquecimento solar, em especial seu circuito auxiliar de aquecimento composto uma resistência elétrica de 2800 watts de potência, circuito este que entra em operação de forma automática quando a temperatura da água armazenada fica abaixo dos 40°C.

Um *endpoint* Unespy_HP, identificado como *Endpoint005*, foi instalado num quadro de distribuição externo, conforme mostra a figura 42, de modo a coletar dados referentes a corrente elétrica de quatro aparelhos condicionadores de ar e do sistema de aquecimento auxiliar do *boiler*, assim como dados de temperatura da água armazenada e da temperatura ambiente externa e umidade relativa do ar, identificados conforme mostra o quadro 1.

Figura 42– Instalação do *Endpoint005* no quadro de distribuição externo



Fonte: Acervo pessoal

Ampliando o quadro de monitoramento, foram acrescentados dois dormitórios, cada qual com um conjunto significativo de equipamentos eletrônicos de uso diário e intenso por parte dos ocupantes, sendo aqui identificados como Dorm01 e Dorm02.

Os equipamentos eletrônicos do Dorm01 consistem em dois monitores de vídeo de 29 polegadas *ultrawide*, um *desktop* Intel I5 com placa gráfica GTX1070 e um video *game* Nintendo Switch , todos monitorados pelo *endpoint003*, conforme pode ser visto na figura 43

Figura 43– Instalação do Endpoint003



Fonte: Acervo pessoal

Os equipamentos eletrônicos do Dorm02 consistem em dois monitores de vídeo de 23 polegadas, um *desktop* AMD RYZEN 1800X com placa gráfica GTX1070 TI e um televisor LCD 42 polegadas , todos monitorados pelo *endpoint004*, como ilustra a figura 44

Figura 44 – Instalação do Endpoint004



Fonte: Acervo pessoal

Outro equipamento monitorado é o aparelho refrigerador, presente na maioria das residências. Ainda que haja a promessa dos fabricantes em oferecer um eletrodoméstico de alta eficiência energética, dadas suas características de uso contínuo e de médio porte, optou-se por monitorar seu consumo por meio do *endpoint001* (figura 45).

Figura 45 – Instalação do Endpoint001



Fonte: Acervo pessoal

A esquerda aparelho refrigerador monitorado pelo *endpoint001*. A direita detalhe do *endpoint* instalado na parte traseira do refrigerador

Visando obter dados referentes ao consumo total de energia da residência optou-se por monitorar a corrente elétrica que circula no quadro de distribuição elétrica de entrada onde implantou-se o *endpoint006*, como mostra a figura 46, cujos sensores de corrente indutivos monitoram o sistema bifásico de energia. Adicionalmente também é registrada a temperatura ambiente no interior da residência.

Figura 46– Instalação do Endpoint006 no quadro de distribuição de entrada da residência



Fonte: Acervo pessoal

Quadro 1 – Identificação dos pontos de coleta de dados e respectivos sensores

ENDPOINT	LOCAL	DISPOSITIVO MONITORADO	GRANDEZA MEDIDA	SENSOR
Endpoint005	Quadro Externo	Condicionador #1	Corrente Elétrica (A)	SCT2
Endpoint005	Quadro Externo	Condicionador #2	Corrente Elétrica (A)	SCT3
Endpoint005	Quadro Externo	Condicionador #4	Corrente Elétrica (A)	SCT3
Endpoint005	Quadro Externo	Condicionador #3	Corrente Elétrica (A)	SCT2
Endpoint005	Quadro Externo	Circuito Auxiliar Boiler	Corrente Elétrica (A)	SCT1
Endpoint005	Quadro Externo	Boiler	Temperatura (°C)	NTC_Temp
Endpoint005	Quadro Externo	Meio Ambiente	Temperatura (°C)	DHT_Temp
Endpoint005	Quadro Externo	Meio Ambiente	Umidade Relativa do Ar (%)	DHT_URA
Endpoint004	Dorm02	Equipamentos diversos	Corrente Elétrica (A)	ACS712
Endpoint004	Dorm02	Meio Ambiente	Temperatura (°C)	DHT_Temp
Endpoint004	Dorm02	Meio Ambiente	Umidade Relativa do Ar (%)	DHT_URA

Fonte: Autoria própria

Quadro 2 – Identificação dos pontos de coleta de dados e respectivos sensores

ENDPOINT	LOCAL	DISPOSITIVO MONITORADO	GRANDEZA MEDIDA	SENSOR
<i>Endpoint004</i>	Dorm02	Meio Ambiente	Umidade Relativa do Ar (%)	DHT_URA
<i>Endpoint003</i>	Dorm01	Equipamentos diversos	Corrente Elétrica (A)	ACS712
<i>Endpoint003</i>	Dorm01	Meio Ambiente	Temperatura (°C)	DHT_Temp
<i>Endpoint003</i>	Dorm01	Meio Ambiente	Umidade Relativa do Ar (%)	DHT_URA
<i>Endpoint001</i>	Cozinha	Refrigerador	Corrente Elétrica (A)	ACS712
<i>Endpoint001</i>	Cozinha	Meio Ambiente	Temperatura (°C)	DHT_Temp
<i>Endpoint001</i>	Cozinha	Meio Ambiente	Umidade Relativa do Ar (%)	DHT_URA
<i>Endpoint006</i>	Quadro Entrada	Fase F1	Corrente Elétrica (A)	SCT4
<i>Endpoint006</i>	Quadro Entrada	Fase F2	Corrente Elétrica (A)	SCT5
<i>Endpoint006</i>	Quadro Entrada	Meio Ambiente	Temperatura (°C)	NTC_Temp

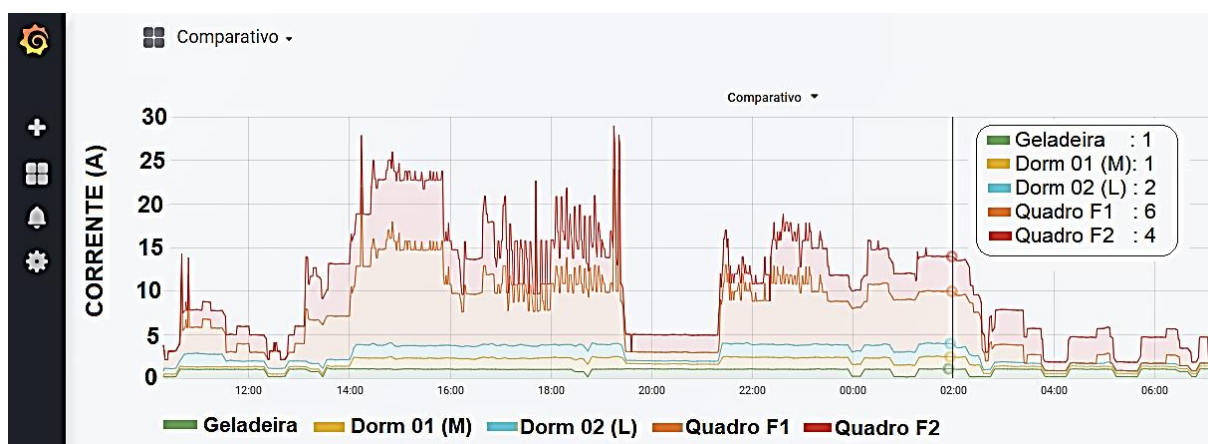
Fonte: Autoria própria

4.5 Visualização de dados em tempo real

Foram criados painéis gráficos (*dashboards*) por meio do aplicativo Grafana que opera em nossa estrutura como um serviço de visualização de dados.

Para visualização do consumo energético de forma mais generalizada foi criado o dashboard intitulado “Comparativo” (figura 47) que registra dados acumulados de corrente elétrica do aparelho refrigerador, dos dormitórios 01 e 02, excetuando-se os condicionadores de ar e por fim as correntes nas fases F1 e F2 no quadro de entrada da residência. O cursor que figura a direita do gráfico exibe, ao ser deslocado no eixo do tempo, os valores instantâneos individuais das grandezas medidas.

Figura 47 – Dashboard “Comparativo” que exhibe dados de corrente elétrica coletados pelos endpoints

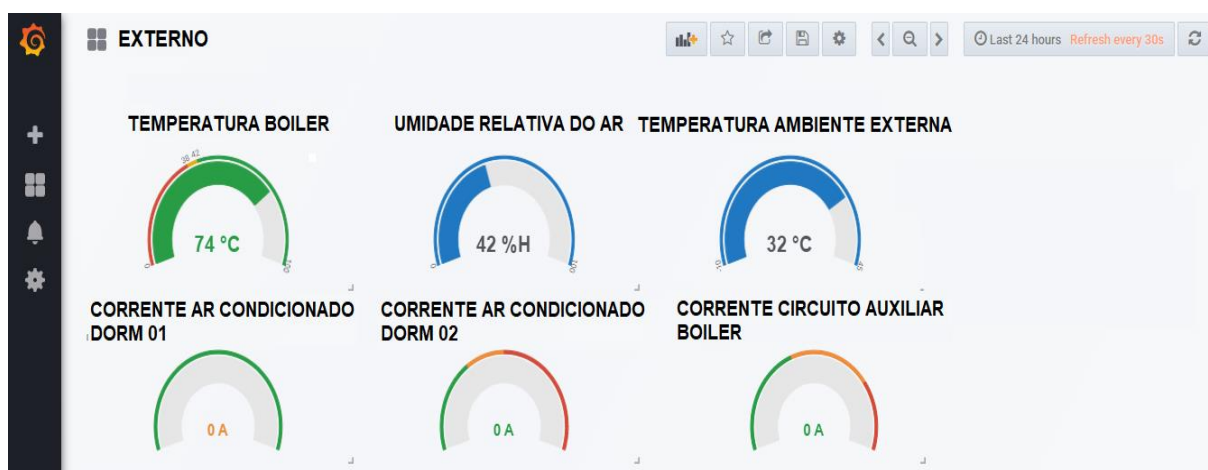


Fonte: Autoria própria

Para monitoramento dos dados coletados pelo *endpoint005* foi criado o dashboard intitulado “Externo”, que acomoda três painéis, sendo o primeiro deles composto por elementos gráficos tipo “*gauge*”, conforme ilustra a figura 48, que exibem valores de temperatura do boiler, temperatura e umidade relativa do ar no ambiente externo da residência, valores de corrente elétrica do circuito auxiliar de aquecimento do reservatório de água quente e corrente elétrica consumida pelos condicionadores de ar dos dormitórios 01 e 02. No segundo painel, temos um gráfico de linhas, como mostra a figura 49 que registra as mesmas grandezas anteriormente citadas diferindo apenas na maneira como estão agrupadas, e por fim no terceiro painel, um gráfico de linhas (figura 50) que exhibe os valores de corrente do sistema auxiliar de aquecimento e de temperatura do Boiler assim como a temperatura ambiente externa.

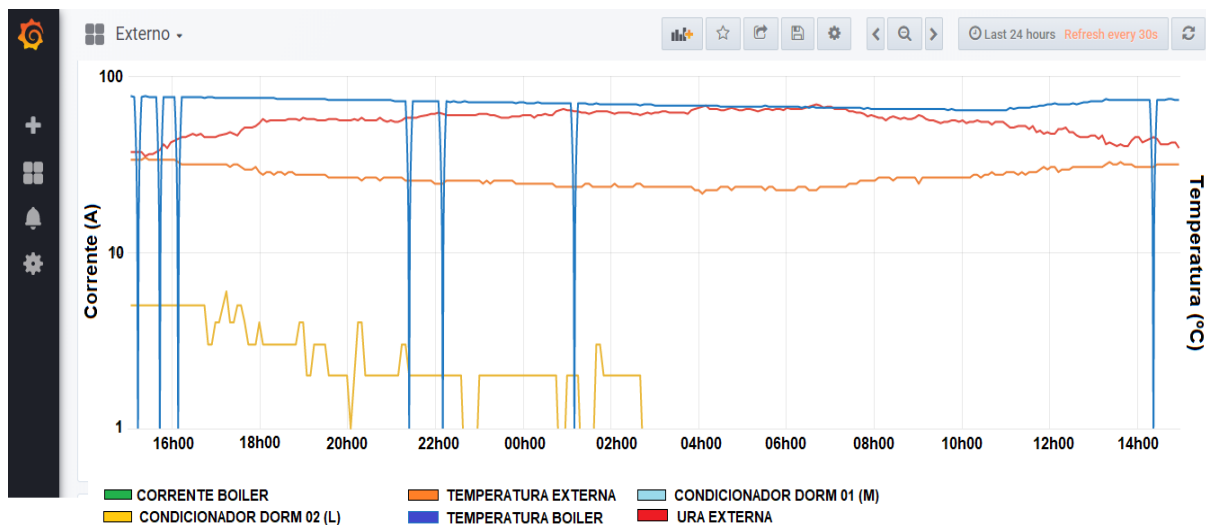
Essa composição demonstra as inúmeras possibilidades de utilização dos componentes gráficos disponíveis no Grafana.

Figura 48 – Dashboard “Externo” com painel composto por elementos gráficos tipo “*gauge*”



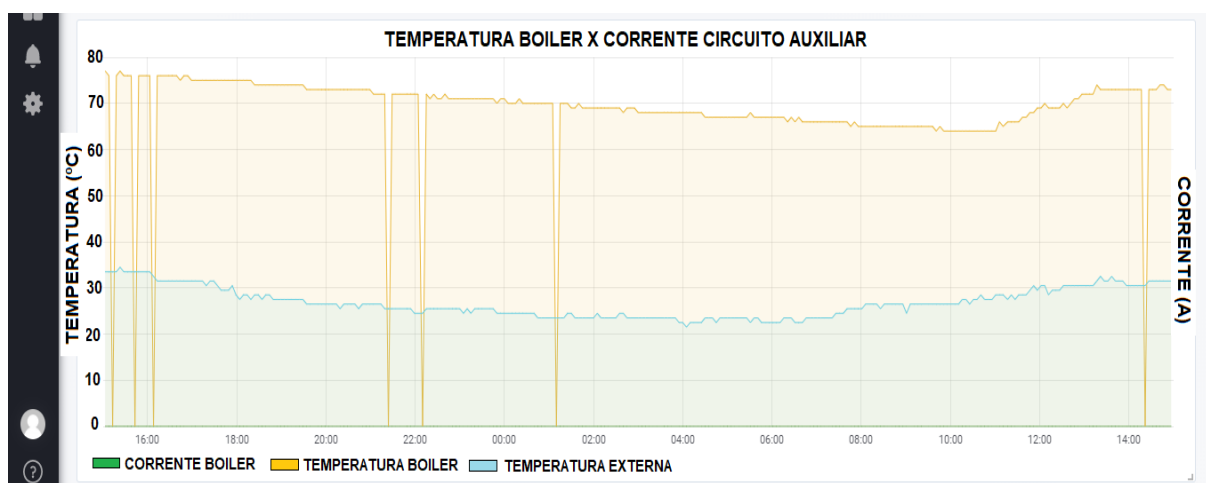
Fonte: Autoria própria

Figura 49 – Dashboard “Externo” com painel composto por elementos gráficos tipo linha



Fonte: Autoria própria

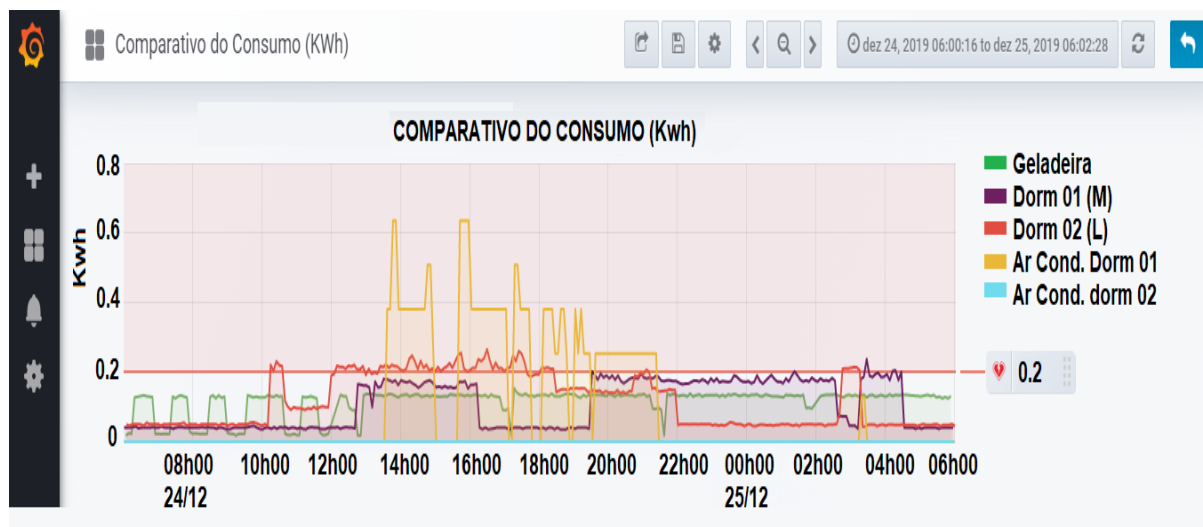
Figura 50 – Dashboard “Externo” com painel que exhibe os valores de corrente do sistema auxiliar de aquecimento e de temperatura do Boiler assim como a temperatura ambiente externa



Fonte: Autoria própria

No intuito de monitorar o consumo de energia nas dependências dos dormitórios e paralelamente um eletrodoméstico de uso contínuo, como é o caso do refrigerador, foi elaborado o dashboard intitulado “Somatoria Consumo” (figura 51) que exhibe o consumo de energia em quilowatts hora (Kwh)

Figura 51– Dashboard “Comparativo do Consumo” exibe consumo de energia elétrica em Kwh



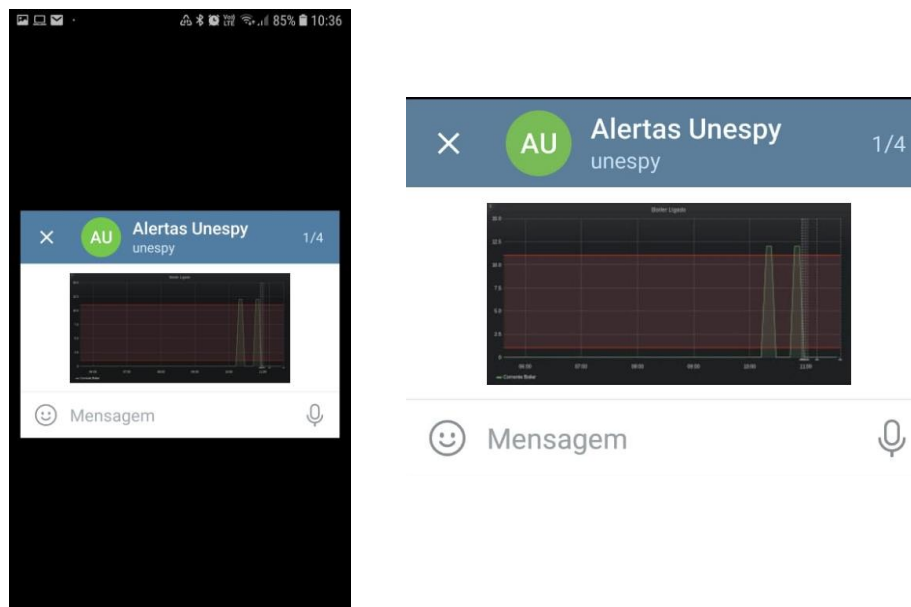
Fonte: Autoria própria

Um recurso de especial interesse é a criação de rotinas de alarmes dentro do Grafana. Assim que parâmetros previamente configurados satisfaçam as condições pré estabelecidas, um evento de alarme (notificação) é disparado. No entanto essa ação autônoma só faz sentido se puder ser propagada à diferentes usuários, com diferentes finalidades, podendo estas serem (i) informativa, (ii) preventiva ou (iii) corretiva.

Como recurso de notificação o Grafana oferece entre outros, conectividade com o Telegram, que é um serviço gratuito de mensagens instantâneas baseado em nuvem (P.N.V.S.N; RAO; RAO, 2017).

Para agregar essa funcionalidade ao nosso ambiente de monitoramento definiu-se uma rotina de alarme que emite uma notificação de alerta ao grupo de usuários do Telegram (figura 52) quando o sistema de aquecimento auxiliar do reservatório de água quente (*boiler*) estiver acionado. Também foram criados outras rotinas de alarmes relativas ao consumo de energia nos dormitórios Dorm 01, Dorm 02 e aparelho refrigerador de modo a monitorar picos de consumo energético.

Figura 52– A esquerda notificação de alerta gerada pelo Grafana e transmitida ao Telegram e a direita imagem ampliada da notificação de boiler ligado



Fonte: Acervo pessoal

5 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Estando implementado o sistema proposto, desde a concepção, construção e instalação dos *endpoints*, passando pela montagem do servidor de arquivos e a instalação do banco de dados, a instalação do sistema de visualização gráfica como prova de conceito para validação de uma arquitetura de IoT para aplicação residencial, detectamos por meio de uma análise inicial dos dados coletados nas primeiras semanas de operação do sistema algumas particularidades.

No período inicial de operação compreendido entre os dias 28/05/2019 e 04/06/2019, observamos um comportamento cíclico do acionamento do circuito auxiliar de aquecimento do boiler, sempre à 1h50min, com duração de aproximadamente 40 minutos, conforme indicado pelas setas em vermelho na figura 53.

Embora esse sistema estivesse munido de um temporizador eletromecânico programável, este encontrava-se desprovido de qualquer programação uma vez que essa funcionalidade era ativada apenas no período de inverno, ocasião em que a automação mantinha a água do boiler aquecida pelo acionamento do circuito elétrico auxiliar durante um período de três horas diariamente.

Numa inspeção mais apurada no referido temporizador, constatou-se que o acionamento não programado do sistema auxiliar se dava devido a uma avaria mecânica no dispositivo de

configuração de tempo composto por pequenas alavancas, onde uma delas se apresentava danificada. A partir de então o sistema temporizador foi desativado e o acionamento do sistema auxiliar de aquecimento elétrico do boiler passou a ser acionado de forma automática, implementado no *endpoint005*.

Figura 53 – Indicação de ativação do sistema auxiliar de aquecimento do boiler



Fonte: Autoria própria

Ainda que diversos fatores tais como queda de temperatura ambiente, aumento do consumo de água quente, entre outros, impactem no consumo de energia elétrica, verificou-se que a remoção do temporizador defeituoso do sistema de controle de aquecimento do boiler coincidiu com uma redução de consumo da ordem de 27 Kwh conforme constatado no informe de consumo mensal da concessionária de energia elétrica local entre os meses de maio (figura 54) e junho de 2019, ilustrado na figura 55.

Figura 54 – Informe de consumo de energia do mês de maio de 2019

ATENDIMENTO		PN	SEU CÓDIGO	
0800 010 2570		0700376606	2080:	
www.cpfl.com.br				
DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO				
Cod.	Descrição da Operação	Mês	Quant.	Unid.
115	Nº 900752514537	Ref.	Faturada	Med.
0605	Consumo Uso Sistema [KWh]-TUSD	MAI/19	456,000	kWh
0601	Consumo - TE	MAI/19	456,000	kWh
0601	Adicional de Bandeira Amarela	MAI/19		
	Total Distribuidora			
DÉBITOS DE OUTROS SERVIÇOS				
0807	Contrib. Custeio IP-CIP Municipal	MAI/19		

Fonte: Autoria própria

Figura 55 – Informe de consumo de energia referente ao mês de junho de 2019

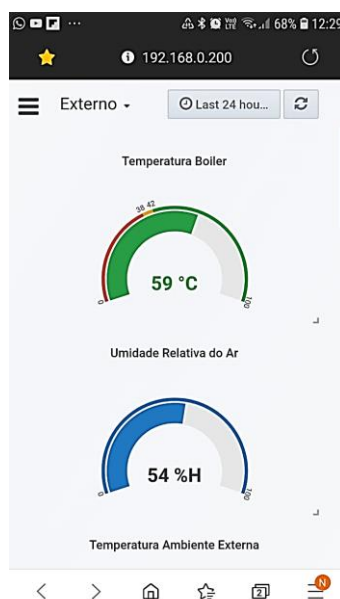
ATENDIMENTO		PN	SEU CÓDIGO	
0800 010 2570		0700376606	2080: 	
www.cpfl.com.br				
DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO				
Cod.	Descrição da Operação	Mês	Quant.	Unid.
115	Nº 909051737222	Ref.	Faturada	Med.
0605	Consumo Uso Sistema [KWh]-TUSD	JUN/19	429,000	kWh
0601	Consumo - TE	JUN/19	429,000	kWh
0601	Adicional de Bandeira Amarela	JUN/19		
	Total Distribuidora			
DÉBITOS DE OUTROS SERVIÇOS				
0807	Contrib. Custeio IP-CIP Municipal	JUN/19		

Fonte: Autoria própria

Pode-se assim dizer que a visualização de dados por meio de *dashboards* contribuiu para a detecção de uma não conformidade no sistema de controle de aquecimento auxiliar do reservatório de água quente, permitindo o seu reparo e consequente economia de energia e redução da conta mensal de energia elétrica.

Outra particularidade igualmente interessante foi a imediata aceitação de um recurso tecnologico para supervisão do sistema de água quente por parte dos residentes. O monitoramento da temperatura do boiler também pode ser realizado de forma não automatizada por meio do acesso ao *dashboard* intitulado “Externo”, visto na figura 56, cujo link pode ser acessado via smartphone pelos moradores da residência, diretamente pelo browser no endereço IP do servidor, de modo a definir o melhor momento para o acionamento do circuito auxiliar de aquecimento do boiler e seu respectivo desligamento.

Figura 56 – Acesso ao dashboard “Externo” via browser do smartphone

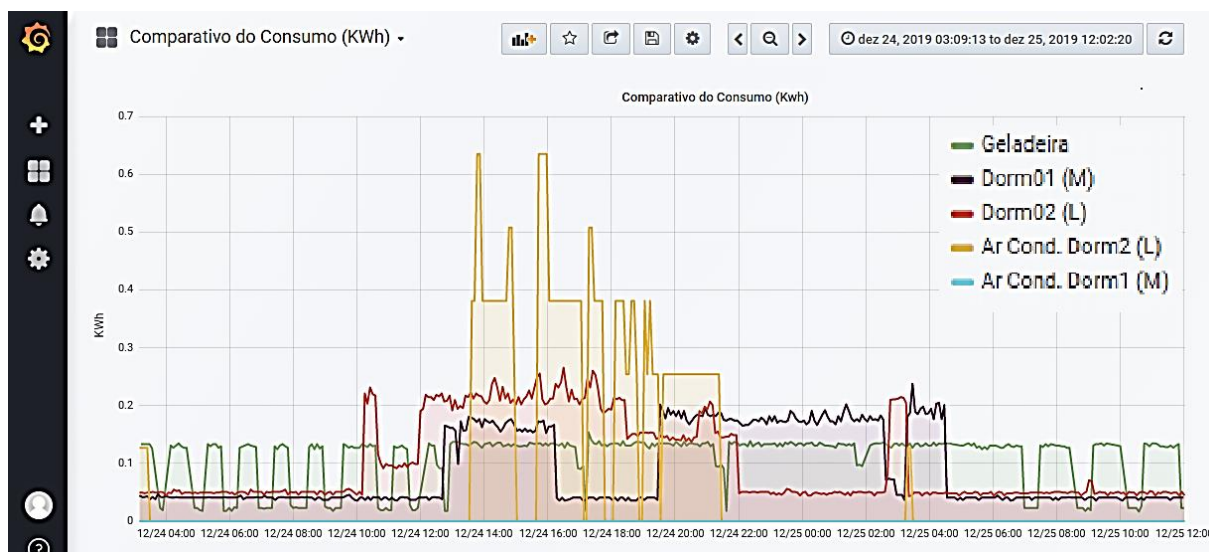


Fonte: Autoria própria

Ainda que de forma embrionária a utilização dos dashboards se mostrou elemento valioso nas questões que envolvem tomadas de decisões relativas ao controle de consumo energético, quando permite aos residentes definirem melhor horário e respectivos períodos de acionamento de determinados equipamentos.

No dashboard “Comparativo do Consumo” conforme mostrado na figura 57, está registrado o consumo de energia em quilowatts-hora (KWh) do aparelho refrigerador, e dos dormitórios Dorm01 e Dorm02, e seus respectivos condicionadores de ar. No período em que o sistema permaneceu em testes, os residentes foram orientados a preencher uma tabela relacionando atividade, data e tempo de duração. A análise resultante do cruzamento desses dados e o gráfico “Comparativo do Consumo” demonstrou que o maior consumo de energia ocorreu nos períodos que coincidiram com a execução de jogos nos computadores, se mostrando muito superior em comparação com o aparelho refrigerador, equipamento de uso contínuo presente na maioria das residências.

Figura 57 – Dashboard “Comparativo do Consumo” que mostra o consumo de energia elétrica em KWh de diversos equipamentos domésticos.



Fonte: Autoria própria

Fato relevante a salientar sobre o servidor de arquivos implementado no Raspberry Pi, conforme descrito anteriormente, resultante da ampliação da capacidade de armazenamento do cartão SD utilizado para alocar os dados coletados, dos originais 4GB para a capacidade máxima do cartão, 32GB, e da ampliação do arquivo de SWAP do sistema operacional dos originais 100MB para 2GB, foi possível notar claramente, um tempo de resposta às requisições muito menor em comparação à configuração original, o que denota um aumento significativo de performance quanto a execução de seus serviços.

5.1 Características do modelo proposto

A estrutura do modelo implementado mostrou-se consistente, não apresentando qualquer interrupção do funcionamento, sejam dos *endpoints*, seja do servidor de arquivos, nos últimos dez meses, período este que compreende o início das medições e o término deste trabalho, permanecendo ativo nas vinte e quatro horas do dia. Nas ocasiões em que ocorreu interrupção temporária no fornecimento de energia elétrica por parte da concessionária, o sistema reiniciou suas funcionalidades de forma automática assim que a energia foi reestabelecida.

Os endpoints apresentam elementos *open-source* tanto na sua construção quanto em sua programação escrita em linguagem “C” para Arduino. O mesmo é observado na composição do sistema servidor de arquivos baseado em um Raspberry Pi, assim como no sistema de banco de dados InfluxDB e no servidor de serviços gráficos Grafana, o que caracteriza o modelo como uma plataforma *open-source* e de baixo custo.

A facilidade de instalação do *endpoint* contribui para a escalabilidade do sistema, uma vez que basta inseri-lo numa tomada e nele conectar o equipamento ou eletrodoméstico a monitorar.

O modelo é capaz de interagir com o meio externo, numa operação típica de atuadores, devido a implementação no *endpoint005* da função de ativação do sistema auxiliar de aquecimento de água do *boiler* sempre que a temperatura no reservatório atingir a marca mínima de 40° C, mantendo-na nesse patamar durante os períodos de baixa insolação, controlando o sistema de aquecimento elétrico através de seu relé eletromecânico conectado à central de comando do boiler.

5.2 Monitoramento do consumo

A partir do ano de 2015 foi implementado no Brasil o Sistema de Bandeiras Tarifárias apresentando as modalidades verde, amarela e vermelha, que são indicadores de acréscimos no valor da energia elétrica a ser repassado ao consumidor final, em decorrência das condições de geração de eletricidade conforme Resolução Normativa N° 547/2013 (ANEEL, 2013).

Cada modalidade apresenta as seguintes características:

- (i) Bandeira verde: Indica condições favoráveis de geração de energia e portanto a tarifa fica isenta de qualquer acréscimo;

(ii) Bandeira amarela: Indica condições de geração menos favoráveis e portanto a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,01343 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.

(iii) Bandeira vermelha - Patamar 1: Indica condições mais custosas de geração e portanto a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,04169 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

(iv) Bandeira vermelha - Patamar 2: Indica condições ainda mais custosas de geração e portanto a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,06243 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

A implantação desse sistema de sobretaxa ocorreu devido à crise hídrica que acometeu o país, onde os níveis dos reservatórios baixaram significativamente e, portanto, diminuiu a capacidade de geração das usinas hidroelétricas. Em decorrência dessa diminuição de capacidade, as usinas termelétricas foram ativadas, aumentando assim o custo de geração uma vez que esse tipo de fonte utiliza combustíveis como carvão, óleo diesel e gás natural, que implicam num custo de operação muito superior do que a da água.

O informe da bandeira tarifária do mês é divulgado diretamente no site da ANEEL e acontece em data definida em calendário anual de modo que o período de aplicação da bandeira tarifária será o mês subsequente à data de sua divulgação.

Dada a grande dificuldade de obter-se de forma automatizada alguns dados importantes e frequentemente utilizados pelos agentes do setor elétrico, como por exemplo as Bandeiras Tarifárias, utilizamos os serviços de API do Setor Elétrico da empresa Way2 Tecnologia (WAY2 TECNOLOGIA, 2019).

A empresa Way2 Tecnologia fornece soluções de software para vários agentes do setor elétrico como geradoras, distribuidoras, comercializadoras, grandes consumidores e a própria Câmara de Comercialização de Energia Elétrica e disponibiliza de forma gratuita a API do Setor Elétrico de modo que pode-se obter informações relevantes do setor de forma organizada e automatizada.

Segundo RED HAT (2019) API é um conjunto de definições e protocolos usados no desenvolvimento e na integração de software de aplicações. É um acrônimo em inglês que significa interface de programação de aplicações.

Com as APIs, a solução ou serviço pode se comunicar com outros produtos e serviços sem precisar saber como eles foram implementados. Estas costumam ser consideradas contratos, com documentações que representam um acordo entre as partes interessadas. Se uma dessas partes enviar uma solicitação remota estruturada de uma forma específica, isso determinará como o software da outra parte responderá.

No *endpoint005* foi implementado uma função adicional que busca diariamente as 00h00, via API, a bandeira tarifária vigente e o respectivo custo do quilowatt-hora (kWh) da empresa concessionária de energia elétrica da região, a CPFL-Piratininga, armazenando-os no banco de dados. A sintaxe da API é:

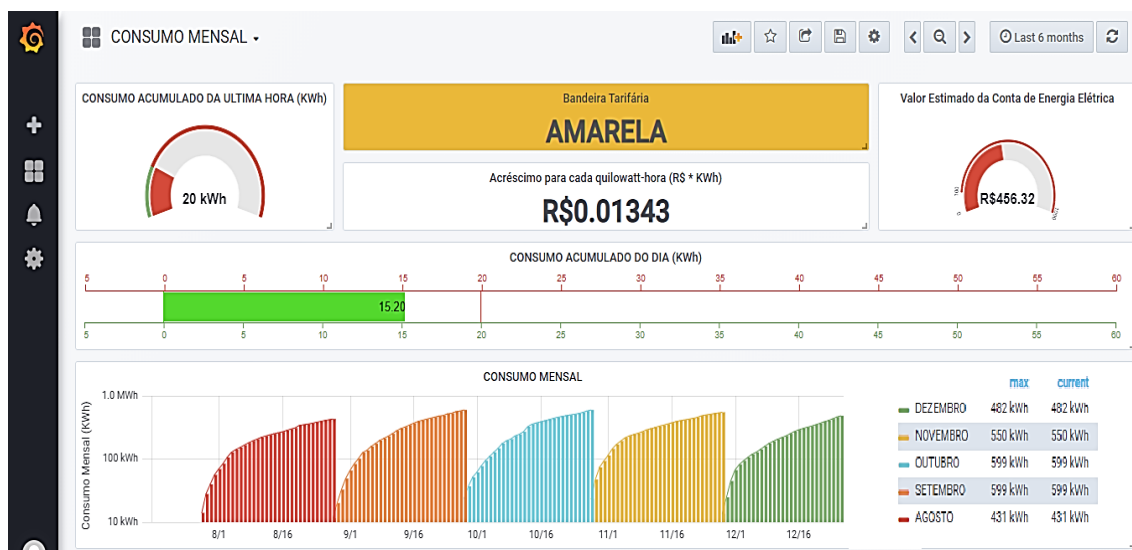
```
/api/energy-providers/tariff-flags?monthStart="+ano+"-"+mes+"-01&monthEnd="+ano+"-"+mes+"-28
```

A função implementada sincroniza a partir do protocolo SNTP, dados de relógio com servidores confiáveis de modo que as variáveis de hora, dia, mês e ano estejam sempre atualizadas.

De acordo com o **COMITE GESTOR DA INTERNET NO BRASIL-CGI.BR** (2019), o SNTP é a versão simplificada do protocolo de rede que permite a sincronização dos relógios dos dispositivos a partir de referências de tempo confiáveis, consultando o tempo em um servidor e ajustando o relógio local de tempos em tempos.

A implementação desse recurso de atualização automática da bandeira tarifária vigente permitiu a criação de um *dashboard* intitulado “Consumo Mensal” (figura 58) cuja função é prover informações de consumo de energia elétrica aos residentes de modo que possam identificar hábitos de consumo energético e monitorar os gastos com energia elétrica.

Figura 58 – *Dashboard* Consumo Mensal



Fonte: Autoria própria

O dashboard “Consumo Mensal” é composto por diversos indicadores, sendo eles:

(i) Consumo Acumulado da Última Hora – Indica o consumo em quilowatt hora acumulado na última hora;

(ii) Bandeira Tarifária – Indica a bandeira tarifária vigente, de forma textual e cor de fundo do quadro relativo às bandeiras nas cores verde, amarela e vermelha com respectivo valor de acréscimo em Reais por quilowatt hora;

(iii) Valor Estimado da Conta de Energia Elétrica – Indica o valor estimado da conta de energia elétrica, desconsiderando impostos e tributações da região;

(iv) Consumo Acumulado do Dia – Indica o consumo de energia em quilowatt hora acumulado durante o dia. Nele pode-se definir um limite desejado para o dia e a medida em que o consumo se aproximar dessa marca a barra muda de cor para amarela e ao atingí-la para vermelho piscante;

(v) Consumo Mensal – Indica o consumo mensal dos últimos seis meses.

Por meio deste *dashboard* é possível que os residentes identifiquem quais hábitos ou equipamentos em uso em determinado período consomem mais energia ao consultarem o indicador (i) de consumo acumulado da última hora que indica o uso de eletricidade nessa janela de tempo.

Com o indicador (iv) de consumo acumulado do dia, é possível fixar limites de consumo máximo de modo a definir e monitorar metas que levem à redução do consumo de energia e consequente diminuição do valor da fatura mensal, cujo valor estimado pode ser acompanhado pelo gráfico (iii) intitulado “Valor Estimado da Conta de Energia Elétrica”.

No indicador (v) é registrado o consumo mensal relativo aos últimos seis meses, o que permite avaliar o comportamento do consumo de energia elétrica dos residentes ao longo do tempo.

5.3 Sistema de Tarifa Convencional versus Tarifa Branca

Segundo a Resolução Normativa ANEEL nº414 (2010), classifica como grupo B, aquele composto por unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômnia e subdividido nos seguintes subgrupos:

- a) subgrupo B1 – residencial
- b) subgrupo B2 – rural;
- c) subgrupo B3 – demais classes;
- d) subgrupo B4 – Iluminação Pública.

Pela característica de tarifação monômnia aplicada a esta classe, os consumidores, ainda que tenham hábitos de consumo energético muito diferentes ao longo do dia, ficam sujeitos ao mesmo preço de tarifa.

A ANNEL, através da audiência pública nº 43/2013 obteve subsídios para regulamentar a aplicação de uma nova modalidade tarifária denominada Tarifa Branca, cujo objetivo é estabelecer preços que se aproximem estatisticamente dos custos para prestação do serviço de acordo com o período de utilização.

Desse modo, sua aplicação não visa redução de consumo, e sim, estabelecer preços que estejam de acordo com os custos de atendimento, na expectativa de reduzir o custo médio ao consumidor e aumentando a eficiência das redes de distribuição de energia elétrica e consequentemente reduzindo investimentos na geração (LEITE, 2013)

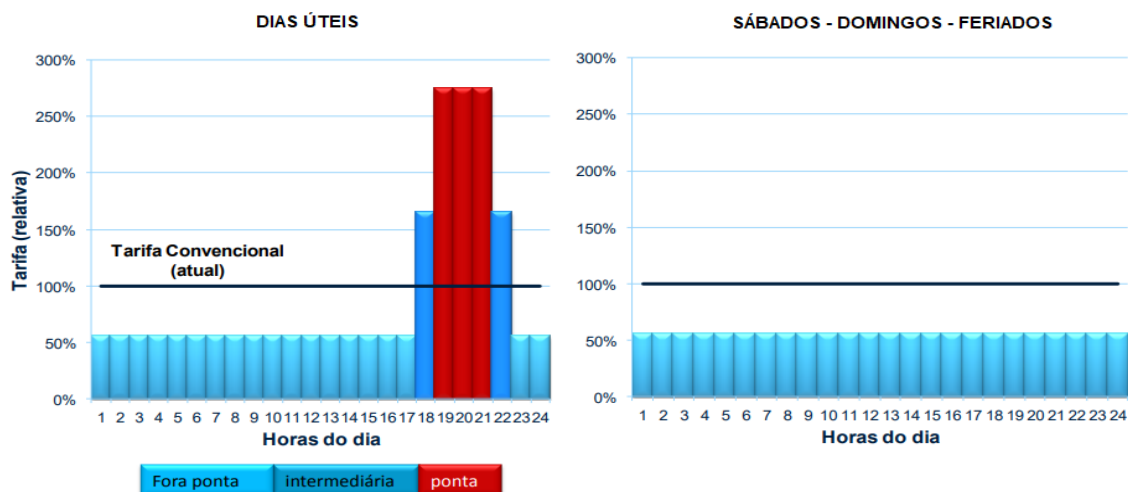
A modalidade Tarifa Branca pode ser aplicada aos consumidores do grupo B, consistindo em diferentes tarifas de consumo de energia elétrica que dependem diretamente do horário de utilização ao longo do dia subdividido em três postos tarifários conforme ilustra a figura 59, identificados como:

(i) Posto Tarifário de ponta – compreende o período de três horas consecutivas de maior carregamento da rede, iniciando-se as 19h;

(ii) Posto Tarifário Intermediário – compreende os períodos de uma hora, imediatamente anterior e outra imediatamente posterior ao horário de ponta, iniciando-se a primeira as 18h e a segunda as 22h;

(iii) Posto Tarifário fora de ponta – compreende as demais horas do dia, todo o dia de sábado, domingo e feriado;

Figura 59 – Postos tarifários da Tarifa Branca



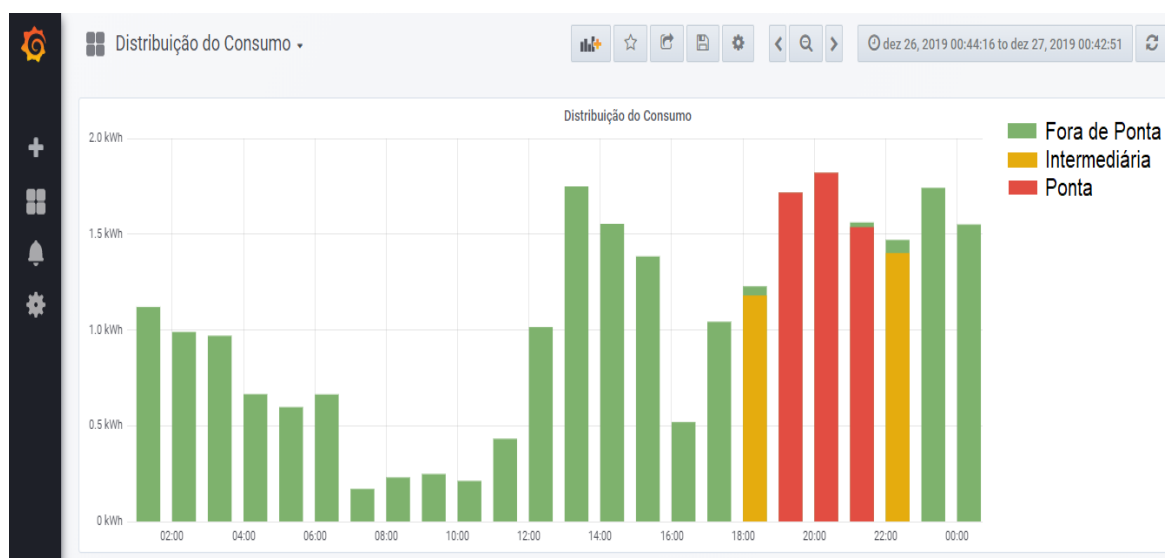
Fonte: Adaptado de ANEEL, 2013

Segundo a ANEEL (2013), uma forma de otimizar o carregamento das redes é dar a opção ao consumidor de escolha da modalidade tarifária que melhor se aplica ao seu perfil de consumo, ou ainda, que ele possa alterar seu perfil de consumo ao longo do dia para usufruir de reduções na sua fatura de energia. Uma maior eficiência no uso das redes de distribuição implicará em redução ou adiamento dos investimentos, com o consequente reflexo na tarifa de energia.

Entretanto o consumidor cuja modalidade tarifária é a convencional, não possui o recurso tecnológico necessário para efetuar suas medições de consumo e avaliar de forma consistente quais períodos do dia a utilização de energia é maior.

Com o intuito de traçar o perfil de consumo do usuário ao longo do dia, foi elaborado o *dashboard* intitulado “Distribuição do Consumo”, conforme ilustra a figura 60

Figura 60 – Distribuição do consumo de energia na residência



Fonte: Autoria própria

Para análise da distribuição do consumo energético da residência, foi escolhido aleatoriamente um período de 24 horas, compreendido entre 00h44 do dia 26 de dezembro de 2019 e 00h42 do dia 27 de dezembro de 2019.

No gráfico estão evidenciados, conforme a legenda, os postos tarifários da bandeira branca. Pode-se constatar que o maior consumo energético da residência ocorreu no período de maior tarifação, compreendido entre as 18h e 23h.

Outros ensaios foram realizados, considerando-se diferentes períodos e datas e constatou-se que o perfil de consumo dos residentes não está adequado à modalidade tarifária

Bandeira Branca, e ainda, que os recursos de construção de gráficos deste projeto se mostraram eficientes instrumentos de análise da distribuição de consumo energético.

Muito se disse a respeito de mudança de hábitos e redução no consumo de eletricidade, no entanto é preciso que o consumidor entenda as razões e a magnitude dessas mudanças. Desse modo, conclui-se também que é de fundamental importância conscientizar a sociedade que a implantação da tarifa branca possibilita a redução dos custos e a melhoria nos serviços de eletricidade ao distribuir a demanda em outros horários do dia em que há menor exigência do sistema elétrico. O consumidor comum desconhece que a concentração de consumo no período de ponta é prejudicial e deve ser evitada. Assim campanhas de conscientização devem demonstrar como evitar esse comportamento sem prejuízos ao bem estar do consumidor, evidenciando os benefícios à sociedade.

6 CONCLUSÕES

Com este trabalho foi possível apresentar e descrever o desenvolvimento de um modelo para aplicação da Internet das Coisas no âmbito residencial. O modelo proposto foi composto por *endpoints* desenvolvidos especificamente para coleta de dados relativos a consumo de energia e outras variáveis ambientais, armazenamento de dados históricos e consequente visualização gráfica desse arranjo em séries temporais.

Um ponto de destaque desse modelo, foi sua funcionalidade, se mostrando eficiente e robusto, não apresentando interrupções na coleta e armazenamento de dados, ou qualquer outra não conformidade.

Tanto a plataforma de hardware quanto a de software são *open-source*, resultando num dispositivo de baixo custo com características modulares, de fácil instalação e alta escalabilidade.

Com a adoção do modelo foi detectada não conformidade do sistema elétrico da residência a exemplo do acionamento errático do sistema de aquecimento de água decorrente de uma falha mecânica do temporizador eletromecânico programável.

Considerando que uma arquitetura IoT deverá interagir com o sistema em que está integrada, os hardwares desenvolvidos neste projeto, equipados com dispositivos atuadores, permitiram o acionamento de forma automatizada do sistema auxiliar de aquecimento do reservatório de água quente da residência, de modo que sua temperatura esteja no mínimo a 40°C, em condições climáticas desfavoráveis de insolação.

Os resultados apresentados por meio dos gráficos validaram a estrutura do modelo conforme proposto ao proporcionar aos residentes informações que integram a composição de resultados de eventuais mudanças de hábitos que visam a redução do uso de eletricidade a partir de medidas de economia como sugerem as concessionárias de energia elétrica, quanto à preferência de lâmpadas LED, uso racional do chuveiro ao reduzir o tempo do banho e ajustando a temperatura adequadamente à estação do ano, manter ambientes fechados quando do uso do ar condicionado entre outras.

A utilização do modelo auxilia aos usuários a planejar e monitorar seu perfil de consumo, associado à mudanças de hábitos ao distribuir sua demanda por energia ao longo do dia, nos horários em que a tarifa é menor e consequentemente reduzindo o uso de eletricidade nos horário de ponta onde há um aumento significativo da tarifa, uma vez que se tenha em vista a adoção de uma nova modalidade de tarifação como é o caso da bandeira branca.

REFERÊNCIAS

- ABBUD, O. A.; TANCREDI, M. **Transformações Recentes da Matriz Brasileira de Geração de Energia Elétrica – Causas e Impactos Principais**. Centro de Estudos da Consultoria do Senado. Brasil., 2010. Disponível em <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-69-transformacoes-recentes-da-matriz-brasileira-de-geracao-de-energia-eletrica-causas-e-impactos-principais>> Acesso em setembro /2019
- ALLEGRO MICROSYSTEMS. Datasheet: **ACS723**. Disponível em:<<https://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS723-Datasheet.ashx?la=en&hash=1800BF05ABE975CB295D729784D3AEABF820A0DC>> Acesso em: 2018 Maio,03
- ALLEGRO MICROSYSTEMS. **ACS712 - Fully Integrated, Hall-Effect-Based Linear Current Sensor IC** Manchester, NH 03103-3353 U.S.A. Allegro MicroSystems, , 2019. Disponível em: <<https://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx?la=en&hash=36988234DAD64352493E4A4686E6C3A927F4D7AC>> Acesso em: maio/2019
- AMERICAN ZETTLER. **NTC Thermistor Datasheet**, 2012. Disponível em: <https://www.azettler.com/pdfs/Thermistor_AZ.pdf>. Acesso em: maio/2019
- ANEEL, **Resolução Normativa Nº 479**, 2012. " Altera a Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.", (Art.2º,L,b), 2014.
- ANEEL, **Resolução Normativa Nº 414/2010**, 2010. “Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada”, 09 Set 2010.
- ANEEL, **Resolução Normativa Nº 547/2013**, 2013.“Estabelece os procedimentos comerciais para aplicação do sistema de bandeiras tarifárias”, 16 Abr 2013.
- ARDUINO. **ARDUINO UNO**, 2019 .Disponível em <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: maio/2019
- AUTODESK INC. **Autodesk Artcam**, 2018. Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/artcam/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/ARTC-GettingStarted/files/GUID-30605A4E-FC36-4D48-BE85-B41D9CD6D225-htm.html>> Acesso em: abril/2019
- AUTODESK INC. **Autocad**, 2019. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/autocad/overview>> Acesso em: maio/2019
- AYA, T. et al. **Análise dos Impactos Ambientais na produção de Energia dentro do Planejamento Integrado De Recursos**. Departamento de Engenharia de Construção Civil- Escola Politécnica- Universidade de São Paulo, v. 1, n. 1, p. 14, 2012.

BARAN, R. **A introdução de veículos elétricos no Brasil: Avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade**. 139p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C.. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. V. 5, Campinas: Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, 2006, p. 117-118.

BORTOLETO, E. **A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discursos impactos**. Geografares.02.10.7147/GEO2.1140, 2001. Disponível em :
<https://www.researchgate.net/publication/272963410_A_implantacao_de_grandes_hidreletricas_desenvolvimento_discursos_impactos> Acesso em setembro de 2019.

BRASIL. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029 -Ministério de Minas e Energia**. Brasília: (2019). Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-422/PDE 2029.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-422/PDE%2029.pdf)>.

CASTRO, Nivalde J. de; DANTAS, Guilherme de A.. **Políticas Públicas para Redes Inteligentes**. Rio de Janeiro: Publit, 2016. 368 p.

COMITE GESTOR DA INTERNET NO BRASIL-CGL.BR. **O Funcionamento do NTP, 2019**. Disponível em <https://ntp.br/ntp.php#O_Funcionamento_do_NTP> . Acesso em outubro/2019

CONAMA. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção I. **Licenciamento Ambiental - Normas e Procedimentos**, 2010. Disponível em
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf>
Acesso em setembro /2019

DE QUEIROZ, A. R. S.; MOTTA-VEIGA, M. **Análise dos impactos sociais e à saúde de grandes empreendimentos hidrelétricos: Lições para uma gestão energética sustentável** *Ciencia e Saude Coletiva*, 2012. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600002>
Acesso em outubro de 2019

DIANA, M. DE; GEROSA, M. A. Nosql na Web 2.0: **Um estudo comparativo de bancos Não-Relacionais para Armazenamento de Dados na Web 2.0**. IX Workshop de Teses e Dissertações em Banco de Dados - WTDBD, p. 8, 2010.

ECHUN ELECTRONIC CO., L. **Split Core Current Transformer ECS1030-L72**. Echun Electronic Co., Ltd., p. 3, 2018.

ENERGIA, M. DE M. E. **Relatório Smart Grid do Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes**. Mme, p. 229, 2012.

ESPRESSIF SYSTEMS. **Datasheet: ESP8266EX**, 2015 Disponível em
:<https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf> Acesso em: 2018 Maio, 01

EXTON LINUX. **Exton Linux Distributions**, 2019. Disponível em: <<http://www.exton.se/>> Acesso em: março/2019

FLICK, Tony ; MOREHOUSE, Justin. **Securing The Smart Grid:next generation power grid security** . 1ª. ed. Veltsos: Syngress, 2011. 279 p.

FOX-PENNER, Peter. **Smart Power: Climate Change, the Smart Grid, and the Future of Electric Utilities**. Whashington Dc: Islan Press, 2010. 317 p.

FREITAS, M. DE; RANGEL, D.; DUTRA, L. **Gestão de recursos hídricos no Brasil: a experiência da Agência Nacional de Águas**. Agua, Vida y Desarrollo, 2001. Disponível em < <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/encuen/freitas.pdf>> Acesso em setembro/2019

GANNOUM, ELBIA. **Ampliação sustentável das fontes de baixo impacto ambiental, como energia eólica e solar, é de grande relevância para o futuro das renováveis**, 2017. Disponível em: <<http://enersolarbrasil.com.br/16/ampliacao-sustentavel-das-fontes-de-baixo-impacto-ambiental-como-energia-eolica-e-solar-e-de-grande-relevancia-para-o-futuro-das-renovaveis/>> Acesso em: 2017 abril,2017

GELLINGS, Clark W.. **The Smart Grid:Enabling Energy Efficiency and Demand Response**. Lilburn -ga: Fairmont Press, 2009. 289 p.

GOMIDE, Fernando; GUDWIN, Ricardo R.; TANSCHKEIT, Ricardo. **Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações**. In: **Proc. 6 th IFSA Congress-Tutorials**. 1995. p. 1-38. Disponível em:< <ftp://vm1-dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/ifsa95.pdf>> Acesso em: 2018 Maio, 07

GREENFIELD, A. **Everyware: The Dawning Age of Ubiquitous Computing**. 2006.272p .

GUANGZHOU AOSONG ELECTRONICS CO., L. **CHT11**, 2008. Disponível em: <<http://www.aosong.com/en/products-21.html>>Acesso em abril/2019

GUBBI, J. et al. **Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions**. Future Generation Computer Systems, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013.

HI-LINK. **HI-LINK**, 2017. Disponível em: <http://www.hlktech.net/product_detail.php?ProId=54> Acesso em abril/2019

INFLUXDATA. **InfluxDB**San Francisco, CA 94103, USA, 2019. Disponível em: <<https://www.influxdata.com/products/>> Acesso em maio/2019

INFORMATION, D. **LM158-N, LM258-N, LM2904-N, LM358-N LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers**. 2000.

KELLY, S. D. T.; SURYADEVARA, N. K.; MUKHOPADHYAY, S. C. **Towards the implementation of IoT for environmental condition monitoring in homes**. IEEE Sensors Journal, v. 13, n. 10, p. 3846–3853, 2013. Acesso em abril/2019

KIM, S.; KIM, C.; KIM, J. **Operation with Container Orchestration**. p. 378–381, 2017.

KOIFMAN, S. **Geração e transmissão da energia elétrica: impacto sobre os povos indígenas no Brasil** TT - **Electric power generation and transmission: the impact on indigenous peoples in Brazil**. Cadernos de Saúde Pública, 2001. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2001000200016> Acesso em outubro/2019

LABCENTER ELECTRONICS LTD. **Proteus**, 2010. Disponível em: <<https://www.labcenter.com/pcb/>> Acesso em maio/2019

LEITE, D. R. V. Medidores Eletrônicos: Análise de Viabilidade Econômica no Contexto das Redes Inteligentes. 2013. Dissertação de mestrado – Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em < <https://repositorio.unb.br/handle/10482/13503>> Acesso em: set/2019

LUA. **A Linguagem de Programação**, 1993 Disponível em: <<https://www.lua.org/portugues.html>> Acesso em: 2018 abril, 30

MACHADO JUNIOR, M. C. **OS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DAS GRANDES USINAS HIDRELÉTRICAS**, 2010. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/os-impactos-ambientais-e-sociais-das-grandes-usinas-hidreletricas/32832/>> Acesso em outubro/2019

MEES, A. **Qualidade de água em reservatórios** Brasília, 2016. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/74/2/Unidade_1.pdf> Acesso em setembro/2019

MICROSOFT, **Visão geral do Windows 10 IoT**. 2018. Disponível em < <https://docs.microsoft.com/pt-br/windows/iot-core/windows-iot>> Acesso em julho/2018

MIGUEL, F.; RAMOS, O. **Sistema de monitorização do consumo de energia**. 2016.

MOREIRA, E. DO S. S. **Análise dos Impactos Socioambientais decorrentes da instalação da UHE de Marabá no Projeto de Assentamento Castanhal Araras e Propostas de Mitigação**, 2010. Disponível em: <<https://epg.unifesspa.edu.br/images/Artigos/RaimundaMariaSantosdaSilva.pdf>> Acesso em setembro/2019

NODEMCU PROJECT. **NodeMCU-devkit-v1.0**, 2014. Disponível em: <https://github.com/nodemcu/nodemcu-devkit-v1.0/blob/master/NODEMCU_DEVKIT_V1.0.PDF> Acesso em junho/2019

OPEN SOURCE HARDWARE ASSOCIATION. **Open Source Hardware (OSHW) Definition.**, 2017. Disponível em < <https://www.oshwa.org/>> Acesso em maio/2019.

OPPERMANN, F. J.; BOANO, C. A.; RÖMER, K. **A Decade of Wireless Sensing Applications: Survey and Taxonomy**. 2014. p.11-50

P.N.V.S.N, M.; RAO, S. T.; RAO, G. M. **Home Automation using Telegram**. Ijarccce, v. 6, n. 6, p. 64–69, 2017.

PAN, J. et al. **An Internet of Things Framework for Smart Energy in Buildings: Designs, Prototype, and Experiments**. IEEE Internet of Things Journal, 2015.

PANZERA, A.C., GOMES, A.E.Q., MOURA, D. G. **Impactos ambientais da produção de energia elétrica**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET e-issn v. 13 n. 13 Ago. 2013.

PARIKH, P. P.; KANABAR, M. G.; SIDHU, T. S. **Opportunities and challenges of wireless communication technologies for smart grid applications**. IEEE PES General Meeting, PES 2010, n. Cc, p. 1–7, 2010.

RASPBERRY PI FOUNDATION. **Raspberry Pi**, 2018. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>> Acesso em maio/2019

RED HAT. **O que é uma API?**, 2019. Disponível em : < <https://www.redhat.com/pt-br/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>> Acesso em outubro/2019

RISTESKA STOJKOSKA, B. L.; TRIVODALIEV, K. V. **A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions**. Journal of Cleaner Production, v. 140, p. 1454–1464, 2017.

SANTOS, Bruno P. et al. **Internet das coisas: da teoria a prática**. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 2016. Disponível em: < <http://homepages.dcc.ufmg.br/~bruno.ps/wp-content/uploads/2016/05/minicurso-sbrc-2016.pdf>> Acesso em: 2018 Maio, 05

SCHKN. **The Definitive Guide To InfluxDB In 2019**<http://devconnected.com/>, , 2019. Disponível em: <<http://devconnected.com/the-definitive-guide-to-influxdb-in-2019/>>

SOUZA, W.A. **Estudo de Técnicas de Análise e Tecnologias para o Desenvolvimento de Medidores Inteligentes de Energia Residenciais**. 2016. 204p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo

STEVE TEIXEIRA. **Windows 10 IOT-Core**, 2015. Disponível em: <<https://blogs.windows.com/buildingapps/2015/08/10/hello-windows-10-iot-core/>>

TOLEDO, Fabio. **Desvendando as redes elétricas inteligentes**. Rio de Janeiro: Brasport, p3,14-15 2012. 285 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - GRUPO DE ESTUDOS DO SETOR ELÉTRICO. **Políticas Públicas para Redes Inteligentes**. p. 106-108, 2016.

USGBC Res. Committee. **"A national green building research agenda"**. 2008. US Green Building Council (USGBC), Washington, DC, USA, 2008 Disponível em: <<https://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs3402.pdf>> acesso em 10/09/2018.

WAY2 TECNOLOGIA. “**Guia API do Setor Elétrico**”, 2019. Disponível em <https://apidosetoreletrico.com.br/?utm_source=landing-page&utm_medium=energy-week&utm_term=api> Acesso em 15/10/2019

WEI, C. LI, Y. "**Design Of Energy Consumption Monitoring And EnergySaving Management System Of Intelligent Building Based On The Internet Of Things**". IEEE. 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC), Ningbo, 2011, pp. 3650-3652.

YUAN, M. Conhecendo o MQTT. **Por que o MQTT é um dos melhores protocolos de rede para a Internet das Coisas?** , 2017 Disponível em:<<https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>>Acesso em : 2018 Maio, 06