



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

ANDRÉ ALVES GADELHA

PAINEL DIGITAL PARA CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE GASTOS COM
ENERGIA ELÉTRICA EM ÓRGÃOS PÚBLICOS COM MEDIDORES
PADRONIZADOS PELA ABNT NBR 14522 ATRAVÉS DE
TECNOLOGIA LORA E ESP32

FORTALEZA

2018

ANDRÉ ALVES GADELHA

PAINEL DIGITAL PARA CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE GASTOS COM ENERGIA
ELÉTRICA EM ÓRGÃOS PÚBLICOS COM MEDIDORES PADRONIZADOS PELA
ABNT NBR 14522 ATRAVÉS DE TECNOLOGIA LORA E ESP32

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia
de Computação do Centro de Tecnologia
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do grau de
bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Me. Ricardo Jardel
Nunes da Silveira

Co-Orientador: Prof. Me. Raimundo
Valter Costa Filho

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G12p Gadelha, André Alves.
Painel digital para conscientização sobre gastos com energia elétrica em órgãos públicos com medidores padronizados pela ABNT NBR 14522 através de tecnologia LoRa e ESP32 / André Alves Gadelha. – 2018.
40 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Computação, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Me. Ricardo Jardel Nunes da Silveira.
Coorientação: Prof. Me. Raimundo Valter Costa Filho.
1. Aquisição de dados. 2. Energia elétrica - Medição. I. Título.

CDD 621.39

ANDRÉ ALVES GADELHA

PAINEL DIGITAL PARA CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE GASTOS COM ENERGIA
ELÉTRICA EM ÓRGÃOS PÚBLICOS COM MEDIDORES PADRONIZADOS PELA
ABNT NBR 14522 ATRAVÉS DE TECNOLOGIA LORA E ESP32

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia
de Computação do Centro de Tecnologia
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do grau de
bacharel em Engenharia de Computação.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Ricardo Jardel Nunes da Silveira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Raimundo Valter Costa Filho (Co-Orientador)
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Jarbas Aryel Nunes da Silveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Edilson Rocha Porfírio Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará por proporcionar a formação em Engenharia de Computação com ótima infraestrutura e ótimos docentes.

Ao Professor Mestre Raimundo Valter Costa Filho que me acolheu e começou a me orientar logo que me mudei para Aracati.

Ao Professor Mestre Ricardo Jardel Nunes da Silveira que aceitou o desafio de me orientar apesar da distância.

Aos meus pais por todo o investimento em minha educação ao longo dos anos, o que permitiu que eu não precisasse trabalhar até quase o fim da graduação.

À minha companheira Jéssica por tudo.

RESUMO

No uso dos recursos públicos, muitos usuários não se preocupam com aspectos operacionais. Isto incorre em desperdício de recursos, por vezes excessivos, tornando o órgão público menos eficiente. A energia elétrica é um exemplo de recurso suscetível a essa dinâmica. Nesse sentido, o trabalho objetivou desenvolver um sistema com potencial de conscientizar os frequentadores de órgãos públicos sobre os gastos com eletricidade a medida que expõe, em tempo real, o valor da fatura de energia elétrica. Este trabalho foi desenvolvido no *Campus* Aracati do Instituto Federal do Ceará (IFCE). Foi feita a instalação, em local com grande circulação de pessoas do *campus*, de um monitor exibindo o valor atual gasto em reais com energia elétrica. Os dados são obtidos da saída serial de usuário do medidor através do protocolo definido na norma ABNT NBR 14522, que trata do intercâmbio de informações com medidores eletrônicos. Os dados são enviados via rádio do módulo de aquisição para o módulo de apresentação dos dados, o qual gera uma página *web* com as referidas informações. Para isso, foram usadas placas de desenvolvimento ESP32 com transceptor SX1276 (protocolo LoRa®). Verificou-se o funcionamento do sistema através da comparação da informação de gasto gerada para o período de aproximadamente um mês e a informação de gasto calculada a partir de um relatório de consumo obtido por um sistema disponibilizado pela concessionária. Os valores de gasto foram muito aproximados. Não foi observado nenhum erro acumulativo.

Palavras-chave: Dados de consumo. Consumo consciente. Conta de Energia. Tempo real.

ABSTRACT

In the use of the public resources, many users do not care about operational aspects. This leads to a waste of resources, sometimes excessive, making the public organ less efficient. Electric energy is an example of a resource susceptible to this dynamic. Therefore, this work aimed at developing a system with potential to raise awareness among users of the public agency about electricity expenditures as it exhibits, in real time, the amount of electric energy bill. The work was developed at the Aracati Campus of the Federal Institute of Ceará (IFCE). A monitor displaying the current value spent in brazilian currency with electricity was installed in a place with large flow of people. The developed system obtains the consumption data by the serial user interface from the meter through the protocol defined in the ABNT NBR 14522 standard, which deals with the exchange of information with electronic meters. The data is sent by radio from the acquisition module to the data presentation module, which generates a *web* page with the said information. For this purpose, ESP32 development boards with SX1278 transceiver (LoRa®protocol) were used. The objective was to implement the system and encourage conscious consumption by exposing information from the electricity bill in real time. The operation of the system was verified by comparing the expenditure information generated for the period of approximately one month and the expenditure information calculated from a consumption report obtained by a system made available by the concessionaire. Spending figures were very approximate. No cumulative error was observed

Keywords: Aware consumption. Electricity bill. Consumption data. Real time. Public agencies

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	12
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	12
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	12
1.2	Estrutura do Trabalho	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Medição de Energia	14
2.1.1	<i>Energia elétrica</i>	14
2.1.1.1	<i>Definições e conceitos</i>	14
2.1.2	<i>Tarifação de energia elétrica</i>	15
2.2	Placa de desenvolvimento WiFi LoRa 32	16
2.3	Protocolo de comunicação com o medidor	18
3	METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO	20
3.1	Metodologia Utilizada	20
3.2	Contextualização	20
3.3	Ferramentas Utilizadas	21
3.3.1	<i>Hardware</i>	21
3.3.2	<i>Software</i>	21
3.4	Implementação do sistema de aquisição de dados de consumo	21
3.4.1	<i>Conversor óptico elétrico</i>	22
3.4.1.1	<i>Características da transmissão</i>	22
3.4.2	<i>Aplicação do sistema de aquisição</i>	23
3.4.2.1	<i>Pseudocódigo da aplicação do sistema de aquisição</i>	23
3.5	Implementação do sistema de apresentação de dados de consumo	25
3.5.1	<i>Extração de dados</i>	25
3.5.2	<i>Aplicação do sistema de apresentação de dados</i>	25
3.5.2.1	<i>Código da aplicação</i>	26
4	RESULTADOS	30
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
5.1	Trabalhos Futuros	34

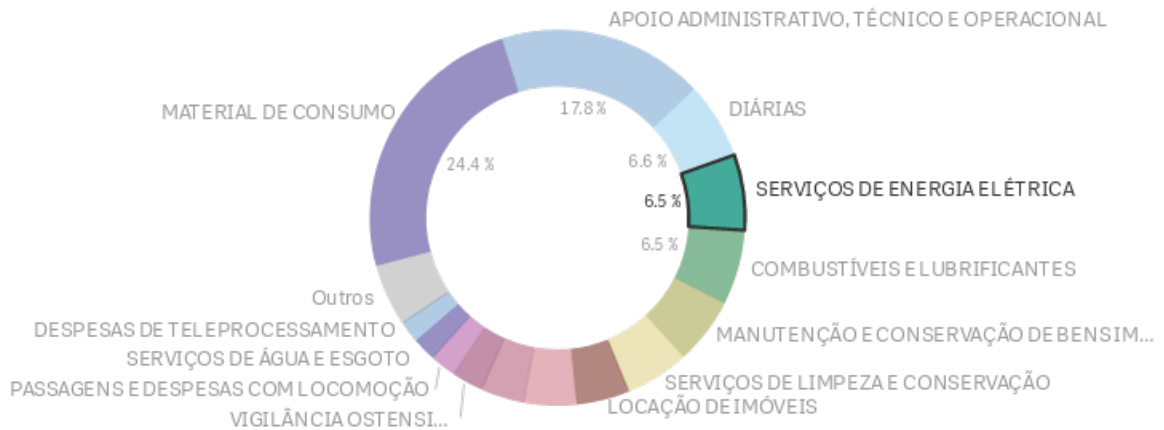
REFERÊNCIAS	35
GLOSSÁRIO	36
APÊNDICES	37
APÊNDICE A – Relatório de demanda ativa semanal	37

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é a mais comum das formas de energia utilizadas no mundo. Desde a consolidação de seu uso, o nível de desenvolvimento tecnológico aumentou rapidamente, tornando-a indispensável na sociedade moderna. Sua utilização promoveu o aumento da capacidade de produção de bens e serviços em vários setores da economia, assim o consumo de energia elétrica é um dos principais parâmetros de indicação do crescimento da economia. Embora o consumo indique aquecimento na economia [Finkler *et al.* 2016], ele precisa ser acompanhado pelo aumento da capacidade de geração para evitar crises de fornecimento [Pires *et al.* 2001, p.16]. Desde 2015 são adotadas as bandeiras tarifárias, que oneram o consumo de energia elétrica que objetivam custear as despesas decorrentes do acionamento de termelétricas e reduzir a demanda em um contexto de falta de recursos hídricos [Guerra e Lukic, p.19]. Essa medida prejudica a renda e o poder de compra das famílias, comprometendo sua capacidade de consumo, e também os preços da economia, dado o peso desse item nos custos de produção de diversos setores.

Segundo os economistas, a energia elétrica é um produto inelástico. Isso quer dizer que seu consumo muda pouco com o aumento ou a redução de preços. Quando o preço sobe, não é fácil diminuir o seu consumo, exceto para quem desperdiça. No uso dos recursos públicos, muitos usuários não se preocupam com aspectos operacionais. Isto incorre em desperdício de recursos, por vezes excessivos, tornando o órgão menos eficiente. A energia elétrica é um exemplo de recurso suscetível a essa dinâmica. Os gastos elevados com energia elétrica por parte do governo sugerem uma enorme margem para redução em seu consumo. Segundo dados do Painel de Custeio Administrativo, em 2017 a administração pública federal gastou R\$ 2,4 bilhões com energia, o que corresponde à 6,5% dos gastos por item de despesa do ano, como pode ser visto na Figura 1. A redução dos gastos com consumo elétrico requer investimento em sistemas de minigeração, equipamentos e edificações mais eficientes, e principalmente, o uso racional do recurso. Os sistemas de minigeração são uma opção atraente a médio e longo prazo, entretanto seu custo inicial é proibitivo. A eficiência energética é a maneira mais efetiva de ao mesmo tempo reduzir os custos e os impactos ambientais locais e globais [Goldemberg e Lucon 2007, p.]. Ela pode ser alcançada através da aquisição de equipamentos mais eficientes, como a iluminação LED, ou a construção de edificações que dependam menos de refrigeração artificial. A redução do consumo elétrico passa também por ações voltadas para o consumo consciente, que pode inclusive implicar

Figura 1 – Gastos da administração pública federal por item de despesa em 2017

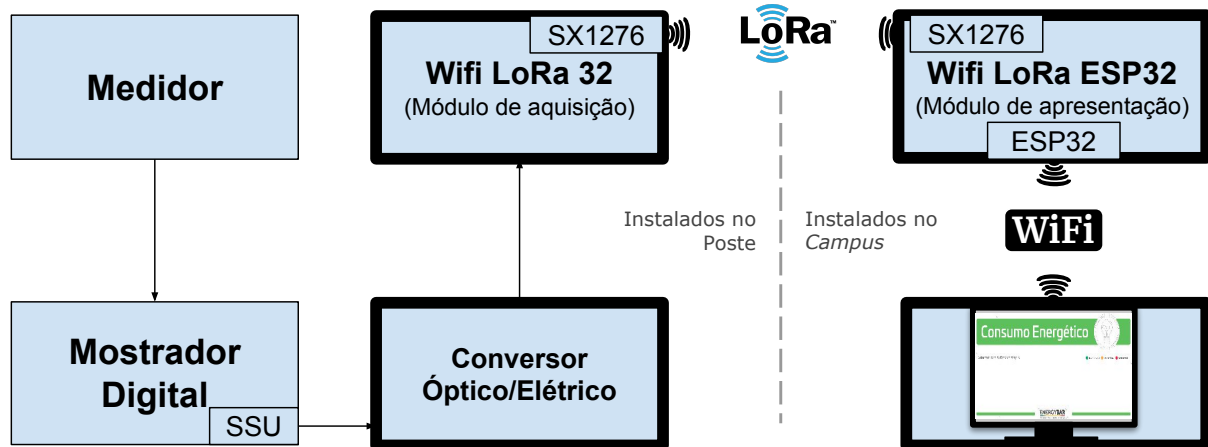


Fonte: Painel de Custeio Administrativo

em dimensionamento mais barato para a implantação de sistema de minigeração, além de gerar economia de recurso que pode ser usado na aquisição de equipamentos mais eficientes.

Este trabalho surgiu da hipótese de que o usuário, ao ser conscientizado sobre os gastos com energia elétrica, poderia contribuir com a economia deste recurso. A proposta deste trabalho é prover uma ferramenta capaz de divulgar informações atualizadas em tempo real sobre os gastos com energia elétrica. Foi desenvolvido um sistema capaz de obter dados de medidores inteligentes, normalmente presentes em instalações de grandes consumidores, e divulgá-los em tempo real em um painel na entrada do *campus* Aracati do IFCE. Dado o tempo de elevado para o desenvolvimento do protótipo, este trabalho não é analisa o reflexo de sua implantação nas faturas subsequentes. O medidor inteligente da concessionária possui dispositivo para comunicação com o usuário, a saída serial de usuário (SSU), cujo intercâmbio de informações é padronizado pela ABNT através da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 14522. Foram desenvolvidos dois sistemas, o de aquisição, que obtém os dados do medidor e os envia para o de apresentação, que trata os dados recebidos e mantém a página *web* responsável pela exposição das informações ao público em um servidor *web*, o qual é acessado pela rede *WiFi* do *campus*. Ambos os sistemas são compostos pela placa de desenvolvimento ESP32, e sua comunicação é feita por radiofrequência através do transceptor SX1276 que utiliza protocolo LoRa®. A Figura 2 mostra o diagrama de fluxo de dados através dos componentes físicos e, em destaque, as partes desenvolvidas para o trabalho. Caso local onde está instalado o medidor da concessionária estivesse dentro do alcance do *WiFi* do *campus*, bastaria desenvolver um

Figura 2 – Diagrama do fluxo de dados



Fonte: "Próprio autor".

sistema, o qual realizaria as funções de aquisição e apresentação de dados. Entretanto, o poste onde está instalado o medidor dista cerca de 90 metros do ponto mais próximo alcançado pela cobertura *WiFi*, como indicado na Figura 3.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Implementar um sistema capaz de ler dados de consumo de energia elétrica a partir de medidores padronizados pela ABNT NBR 14522 e divulgá-los no *campus* com a finalidade de fomentar o consumo consciente em todos os seus níveis, atingindo professores, funcionários e alunos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Implementar dispositivo microcontrolado para aquisição das informações de consumo de energia elétrica;
- Implementar dispositivo microcontrolado para apresentar as informações de consumo de energia atualizadas;
- Implementar comunicação confiável entre os dispositivos de aquisição e apresentação dos dados de consumo;
- Validar as informações geradas pelo sistema;
- Divulgar os dados através de página *web* e de monitor com a página *web* aberta, instalado em local de grande circulação de pessoas do órgão;

Figura 3 – Posicionamento das partes do sistema



Fonte: Google Maps

1.2 Estrutura do Trabalho

A organização deste trabalho se dá em 5 capítulos. No Capítulo 2 é apresentada uma revisão sobre os conceitos necessários para o entendimento do trabalho. Neste capítulo são apresentados os conceitos de medição de energia elétrica, a composição da tarifação e a placa de desenvolvimento Lora ESP32. O Capítulo 3 consiste na descrição da metodologia de desenvolvimento do projeto e dos recursos necessários para viabilizar o desenvolvimento e a implantação do sistema proposto. Além disso, este capítulo descreve em detalhes o funcionamento das aplicações. No Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos neste trabalho. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais e as perspectivas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste Capítulo são apresentados os conceitos necessários para um melhor entendimento do que foi realizado neste trabalho.

2.1 Medição de Energia

A tensão de fornecimento contratada pela unidade consumidora é de 13,8 kilovolts (kV), o que a enquadra no grupo A (consumidores em alta tensão). A medição é feita na rede de alta tensão, onde transformadores de potência (TPs) e de corrente (TCs) condicionam os sinais elétricos que são captados por medidor especializado para este fim. O medidor envia os dados elétricos para um equipamento chamado mostrador remoto, o qual possui uma saída serial de usuário (SSU) para comunicação com outros sistemas.

2.1.1 *Energia elétrica*

A energia é a capacidade de gerar trabalho. "A eletricidade é uma forma de energia que pode ser imediata e eficientemente transformada em qualquer outra, tal como em energia térmica, luminosa, mecânica, química etc..". [HADDAD 2004].

2.1.1.1 *Definições e conceitos*

Conforme consta na [ANEEL 2010, p. 3-10], tem-se as seguintes definições:

- Demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW);
- Demanda medida: maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW);
- Energia elétrica ativa - é o uso da potência ativa durante qualquer intervalo de tempo, sua unidade usual é o quilowatt-hora (*kWh*). Uma outra definição é “a energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia”;

- Estrutura tarifária horo-sazonal: estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme especificação a seguir:
 - Tarifa Azul: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia;
 - Tarifa Verde: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência;
 - Horário de ponta (P): período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais, considerando as características do seu sistema elétrico;
 - Horário fora de ponta (F): período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.
- Potência ativa: quantidade de energia elétrica solicitada por unidade de tempo, expressa em quilowatts (kW);
- Tarifa de ultrapassagem: tarifa aplicável sobre a diferença positiva entre a demanda medida e a contratada, quando exceder os limites estabelecidos.

2.1.2 Tarifação de energia elétrica

O sistema tarifário de energia elétrica é um conjunto de normas e regulamentos que tem por finalidade estabelecer o preço da eletricidade para os diferentes tipos de consumidores. O órgão regulamentador do sistema tarifário vigente é a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério das Minas e Energia - MME. Atualmente, o principal instrumento regulatório que estabelece e consolida as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica é a Resolução ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010 [VIANA *et al.* 2012].

Constatou-se que a unidade consumidora na qual se insere este trabalho é optante pela modalidade tarifária horário verde. A fatura do cliente optante pela modalidade verde possui quatro principais componentes, a saber:

- Consumo ponta - é o consumo total do período de faturamento no horário de ponta, que no Ceará vai de 17:30 às 20:30;
- Consumo fora ponta - é o consumo total do período de faturamento no horário fora de ponta;
- Demanda ativa ou demanda medida - é o valor máximo medido para demanda ativa durante o período de faturamento;
- Demanda ativa sem ICMS - é o valor de demanda que foi contratada, mas não atingida. Trata-se da diferença entre a demanda contratada e a demanda medida;

Em substituição a demanda ativa sem ICMS, ocorre o faturamento da demanda de ultrapassagem quando a demanda medida é maior que a contratada. A demanda medida pode, portanto, ser maior ou menor que a demanda contratada, resultando, respectivamente, nas equações 2.1 e 2.2 para cálculo do valor da fatura feito neste trabalho.

$$F_t = C_p \times T_{C_p} + C_{fp} \times T_{C_{fp}} + D_c \times T_{D_m} + D_u \times T_{D_u} \quad (2.1)$$

$$F_t = C_p \times T_{C_p} + C_{fp} \times T_{C_{fp}} + D_m \times T_{D_m} + (D_c - D_m) \times T_{D_{sICMS}} \quad (2.2)$$

onde,

F_t	é o valor da fatura;
C_p	é o consumo ativo na ponta;
T_{C_p}	é a tarifa sobre o consumo ativo na ponta;
C_{fp}	é o consumo ativo fora da ponta;
$T_{C_{fp}}$	é a tarifa sobre o consumo ativo fora da ponta;
D_m	é a demanda ativa medida;
T_{D_m}	é a tarifa sobre a demanda ativa medida;
D_c	é a demanda ativa contratada;
$T_{D_{sICMS}}$	é a tarifa sobre a demanda ativa sem o ICMS;
D_c	é a demanda contratada;
D_u	é o valor de demanda ativa que ultrapassa a demanda contratada; e
T_{D_u}	é a tarifa sobre a demanda ativa de ultrapassagem.

2.2 Placa de desenvolvimento WiFi LoRa 32

Existem diversas tecnologias de comunicação sem fio disponíveis no mercado, dentre as principais, *WiFi*, *Bluetooth*, *Zigbee*, *GSM*, *GPRS* e *RFID*. Elas se diferem umas das outras em termos de banda de rádio frequência, esquema de modulação, potência de

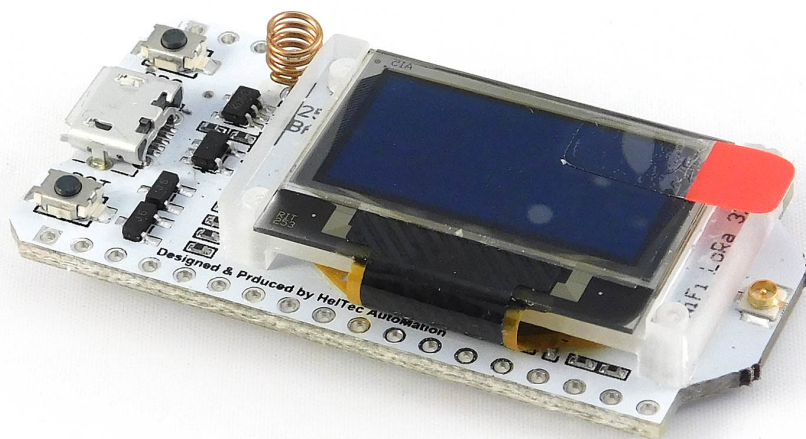
transmissão, taxa de transmissão e consumo energético. O *WiFi* se destaca por prover altas taxas de transmissão e pacotes grandes quando comparado a tecnologias como *Bluetooth* e *Zigbee*, as quais normalmente usam a faixa de frequência livre e não licenciada de 2.4 GHz. O crescente número de dispositivos utilizando essa banda leva ao aumento do tráfego de rede e ao congestionamento de espectro. Diferentemente do *WiFi*, do *Zigbee* e do *Bluetooth*, o protocolo *LoRa* opera na banda *Industrial, Científica e Médica* (ISM), a saber, em 433MHz, 868MHz ou 915MHz [Heltec]. No Brasil, de acordo com o regulamento sobre equipamentos de radiocomunicação de radiação restrita, as faixas de frequência permitidas, são 433MHz e 915MHz [ANATEL 2017]. A tecnologia *LoRa* permite comunicação em longas distâncias com baixos consumo e taxa de transmissão [Augustin *et al.* 2016].

A placa *Wifi LoRa 32*, da empresa Heltec Automation, é uma plataforma de comunicação sem fio multiprotocolo composta essencialmente por:

- chip SX1276, da Semtech, responsável pela comunicação sem fio no protocolo LoRa;
- *System On Chip* (SoC) ESP32, da Espressif Systems, com capacidade de comunicação WiFi e Bluetooth, possui o microcontrolador Tensilica Xtensa LX6 trabalhando em até 240 Mhz com um ou dois núcleos.

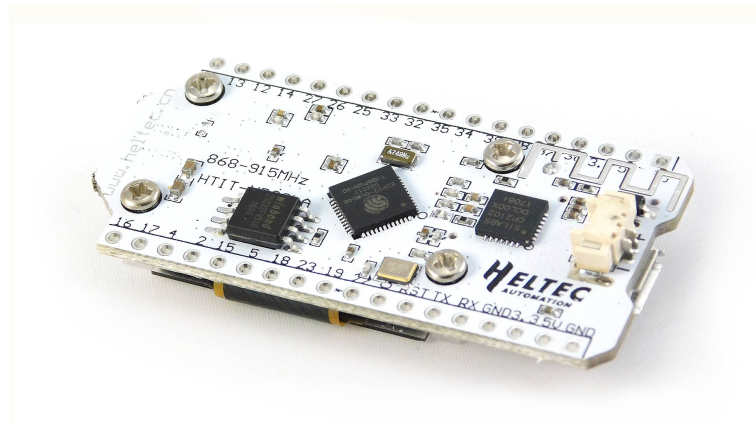
A plataforma inclui *display OLED* de 0,96 polegadas e circuito de carga e descarga de bateria de lítio. A placa pode ser vista em detalhes nas figuras 4 e 5.

Figura 4 – Placa de desenvolvimento WiFi LoRa 32



Fonte: [Heltec]

Figura 5 – Placa de desenvolvimento WiFi LoRa 32 - detalhe da parte inferior



Fonte: <https://nettigo.eu/products/heltec-wifi-lora-32-esp32-lora-oled-0-96>

2.3 Protocolo de comunicação com o medidor

A comunicação entre sistemas externos e o sistema de medição da concessionária, mais especificamente com o mostrador remoto do medidor, é regida pela norma ABNT NBR 14522:2008, a qual define as características de transmissão, o protocolo e o formato do bloco de dados enviado pela saída serial de usuário (SSU) do equipamento.

Tabela 1 – Formatação dos blocos de dados.

Octeto 1	
Bit 0 a Bit 7	Tempo restante em segundos até o fim do intervalo de demanda ativa atual LSB
Octeto 2	
Bit 0 a Bit 3	Tempo restante em segundos até o fim do intervalo de demanda ativa atual MSB
Bit 4	Indicador de reposição de demanda. É completado a cada reposição de demanda
Bit 5	Indicador de intervalo reativo. É completado a cada fim de intervalo de consumo reativo
Bit 6	Se igual a 1, indica que os pulsos de energia reativa capacitiva estão sendo computados para cálculo de UFER e DMCR
Bit 7	Se igual a 1, indica que os pulsos de energia reativa indutiva estão sendo computados para cálculo de UFER e DMCR
Octeto 3	
Bit 0 a Bit 3	Segmento horo-sazonal. (ponta, fora da ponta, reservado)
Bit 4 a Bit 5	Tipo de tarifa (Azul, Verde, Irrigantes, Outras)
Bit 6	Não usado
Bit 7	Se igual a 1, tarifa de reativos ativada.
Octeto 4	
Bit 0 a Bit 7	Número de pulsos de energia ativa desde o início do intervalo de demanda ativa atual LSB
Octeto 5	
Bit 0 a Bit 7	Número de pulsos de energia ativa desde o início do intervalo de demanda ativa atual MSB
Octeto 6	
Bit 0 a Bit 7	Número de pulsos de energia reativa desde o início do intervalo de demanda ativa atual LSB
Octeto 7	
Bit 0 a Bit 7	Número de pulsos de energia reativa desde o início do intervalo de demanda ativa atual MSB
Octeto 8	
Bit 0 a Bit 7	Complemento do “ou exclusivo” dos octetos anteriores

3 METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO

3.1 Metodologia Utilizada

1. **Curso de Gestor de Conta de Energia:** Através da participação no curso "Gestor de Conta de Energia - Grandes Clientes e Governo", ofertado pela ENEL Distribuição Ceará, obteve-se o entendimento sobre os custos de energia elétrica, conceitos tarifários e leitura técnica da fatura de energia elétrica.
2. **Pesquisa sobre sistemas de monitoramento de consumo:** A partir do conhecimento sobre a composição da fatura, e quais aspectos têm maior peso sobre o seu valor final, fez-se o levantamento dos sistemas de monitoramento de consumo existentes, com o intuito de identificar suas características operacionais e construtivas. Verificou-se que a concessionária local de distribuição de energia elétrica, ENEL, dispõe de sistema de telemedição dos dados de consumo, e que esses dados são obtidos através de medidores cujo intercâmbio de informações é padronizado por norma da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
3. **Estudo da norma ABNT NBR 14522:2008:** Deu-se início, então, ao estudo da norma que trata do intercâmbio de informações com medidores de energia elétrica. Ela detalha as características de transmissão e o protocolo da comunicação feita através da saída serial de usuário do sistema de telemedição.
4. **Estudo da placa de desenvolvimento WiFi LoRa 32:** A escolha desta placa de desenvolvimento teve como fator decisivo a sua capacidade de comunicação em longo alcance com alta imunidade à interferência, a fim de enviar os dados sistema de aquisição ao sistema de apresentação das informações de consumo [Augustin *et al.* 2016].

3.2 Contextualização

O objetivo final deste trabalho é a disponibilização dos dados de consumo em tempo real para o público frequentador do órgão. A apresentação destes dados é feita em uma página *web* gerada pelo servidor *web* criado no sistema de apresentação de dados, a qual é exibida em um monitor instalado em local de grande circulação de pessoas. Os dados são obtidos do sistema de medição da ENEL, que é fixado em um poste distante cerca de 90 metros do ponto mais próximo alcançado pela cobertura *WiFi* do campus.

Por este motivo foi necessária a implementação de dois sistemas: o primeiro, nomeado sistema de aquisição, fixado ao lado do mostrador remoto no poste e responsável por obter os dados de medição e enviá-los para o segundo sistema através de comunicação sem fio; e o segundo, nomeado sistema de apresentação de dados, instalado em local com cobertura *WiFi* é responsável por receber os dados de consumo e disponibilizá-los em uma página *web*.

3.3 Ferramentas Utilizadas

Esta seção descreve as ferramentas que são necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

3.3.1 *Hardware*

Utilizou-se uma placa baseada no CI LM393 para realizar a conversão óptico elétrica, duas placas de desenvolvimento da empresa Heltec Automation, modelo WiFi LoRa 32, apresentadas anteriormente na seção 2.2, um monitor e um computador pessoal.

3.3.2 *Software*

Foi utilizado o ambiente de desenvolvimento *Arduino IDE* para programar as placas WiFi LoRa 32. O sistema de controle de versões GIT foi usado no desenvolvimento das aplicações para as placas.

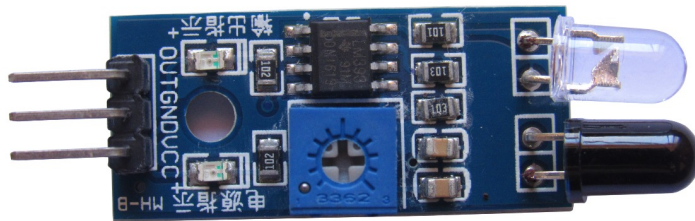
3.4 Implementação do sistema de aquisição de dados de consumo

Este sistema é responsável por receber os dados de medição e enviá-los por rádio para o sistema de apresentação de dados. Todas as suas partes ficam instaladas no poste da ENEL, ao lado do mostrador digital do medidor, como mostra a Figura 13. Ele é composto por uma placa de desenvolvimento WiFi LoRa 32 e um circuito conversor óptico elétrico (Figura 13). Os dados de medição passam por alguns equipamentos até chegar à placa de desenvolvimento, conforme mostrado na Figura 2.

3.4.1 Conversor óptico elétrico

A placa utilizada pode ser vista na Figura 6. Trata-se de um sensor de luz infravermelha para sistemas seguidores de linha. Substituiu-se o sensor infravermelho por um sensor de luz no espectro visível. A adaptação se ocorreu porque o mostrador digital envia os dados na SSU por meio de luz no espectro visível. O sensor foi acoplado diretamente ao conector da SSU do mostrador digital. O sinal do sensor é recebido pela placa, onde é condicionado e enviado para a porta de entrada e saída de uso geral *GPIO* 23 da placa WiFi LoRa 32. Destaca-se na Figura 7 o conector por onde é acessada a SSU do mostrador remoto.

Figura 6 – Placa conversora óptico elétrico



Fonte: Próprio Autor.

3.4.1.1 Características da transmissão

Conforme o protocolo ABNT NBR 14522:2008 a transmissão na SSU é feita na velocidade de 110 *bits* por segundo ($\pm 3\%$), em modo unidirecional, tipo assíncrona. Cada caractere tem 1 *start bit*, 8 bits de dado e 1 *stop bit*. Cada bloco tem o tamanho de 8 caracteres e o tempo entre blocos é de 1 segundo cheio. O oitavo octeto de cada bloco é usado para verificar a corretude dos 7 octetos recebidos previamente. Ele consiste no complemento da operação lógica ou-exclusivo sobre octetos anteriores [ABNT 2008].

Figura 7 – Mostrador remoto



Fonte: Próprio Autor.

3.4.2 Aplicação do sistema de aquisição

A aplicação é executada na placa WiFi LoRa 32. O código foi escrito na linguagem Arduino, que é muito similar à linguagem C++, porém com pequenas modificações. A compilação é feita no ambiente de desenvolvimento Arduino IDE.

As principais bibliotecas necessárias foram: a **LoRa**, uma biblioteca Arduino para enviar e receber dados no protocolo LoRa compatível com transceptores Semtech SX1276; a **SSD1306**, para uso das funções do *display* OLED; a **HardwareSerial**, instalada no núcleo da biblioteca **arduino-esp32**, é utilizada para comunicação serial com a placa de conversão óptico elétrica; e por fim, a biblioteca **SPI**, para comunicação com o chip SX1276 usando o Barramento *Serial Peripheral Interface* (SPI), que é um protocolo de dados serial síncrono usado por microcontroladores para se comunicar com um ou mais dispositivos periféricos rapidamente em distâncias curtas.

O funcionamento da aplicação é apresentado em 3.4.2.1 através de um pseudocódigo (Algoritmo 1).

3.4.2.1 Pseudocódigo da aplicação do sistema de aquisição

O algoritmo recebe como entrada, a cada segundo, oito **bytes** (ou octetos), os quais são recebidos pela interface serial. Inicialmente é iniciada a comunicação serial na

velocidade 110 *bits* por segundo, em modo 8N1 (1 *start bit* 8 bits de dado e 1 *stop bits*) com receptor (RX) configurado na porta 23, correspondente ao pino 23 da placa, o qual é conectado ao transmissor (TX) do conversor óptico elétrico.

Algoritmo 1: APLICAÇÃO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO

Entrada: vetor de *bytes* de tamanho 8

```

1  início
2      configura comunicação serial - RX na porta 23
3      configura comunicação LoRa
4      enquanto (1) faça
5          se  $octetos[7] == \neg ouxByte$  então          // verifica corretude do bloco
6              envia para interface LoRa o bloco de dados recebido na interface serial
7          fim
8           $indiceOcteto \leftarrow 0$ 
9           $ouxByte \leftarrow 0$ 
10         zera vetor octetos
11         // inicia a leitura de um
12         se há byte disponível na interface serial então
13              $c \leftarrow$  byte na interface serial
14             se  $indiceOcteto \leq 7$  então
15                  $octetos[indiceOcteto] \leftarrow c$ 
16                 se  $indiceOcteto < 7$  então
17                      $ouxByte \leftarrow ouxByte \oplus c$ 
18                 fim
19                  $indiceOcteto++$ 
20             fim
21         fim
22 fim
```

A partir da linha 4 a aplicação passa a repetir as ações de receber e enviar blocos de dados. Na linha 5 verifica-se a igualdade entre o oitavo octeto recebido e o complemento da variável *ouxByte*. Se a operação retornar verdadeiro, faz-se o envio do bloco de dados pela interface LoRa. Em seguida recebe-se outro bloco de dados - cada *byte* lido na interface serial é armazenado temporariamente em *c*, o qual é copiado para a

posição correspondente do vetor *octetos* (linha 14) e, excetuando-se o oitavo *byte*, é usado na operação lógica ou-exclusivo (linha 16) com a variável *ouxByte*.

3.5 Implementação do sistema de apresentação de dados de consumo

Este sistema é responsável por manter acessível na rede do *campus* um servidor *web*, o qual hospeda uma página *web* para a apresentação da conta. Para tal, ele recebe e trata a cada segundo um bloco de dados enviado pelo sistema de aquisição de dados no protocolo LoRa. O bloco é formada por oito *bytes* (ou octetos) e seu conteúdo consta na seção 3.4.1.2 da norma ABNT NBR 14522:2008 que descreve a formatação do bloco de dados enviados pela saída serial de usuário do medidor [ABNT 2008].

3.5.1 Extração de dados

O bloco de dados recebido é armazenado em um vetor de *bytes* de tamanho oito. A Tabela 1 apresenta a formatação dos blocos de disponibilizados pelo medidor. As energias ativa e reativa são registradas no medidor em unidades de pulsos, que são integralizados em períodos de 15 (quinze) minutos chamados intervalos de demanda ativa. Os medidores não fornecem pela saída do usuário informações de demanda máxima registrada (demanda medida, conforme 2.1.1.1), ou de consumo acumulado no período de faturamento. Estas informações são calculadas pelo sistema em função da quantidade de pulsos a cada intervalo de demanda ativa. O medidor recomeça a contagem dos pulsos a cada início de intervalo de demanda ativa. O fim de um intervalo pode ser observado através do número de segundos restantes para o fim do intervalo ou através do *bit* 4 do octeto 2 (indicador de reposição de demanda), que é completado a cada fim de intervalo.

3.5.2 Aplicação do sistema de apresentação de dados

Assim como no sistema de aquisição de dados (3.4.2), esta aplicação é executada na placa WiFi LoRa 32 e foi escrita na linguagem Arduino. A compilação é feita no ambiente de desenvolvimento Arduino IDE.

Algoritmo 2: APLICAÇÃO DO SISTEMA DE APRESENTAÇÃO DE DADOS

Entrada: um vetor de *bytes* de tamanho 8 recebido pelo transceptor SX1276 no protocolo LoRa

```

1 início
2   configura comunicação LoRa
3   configura comunicação WiFi
4   inicia servidor web
5   enquanto (1) faça
6     se há byte disponível na interface LoRa então
7       enquanto  $indiceOcteto \leq 7$  faça
8          $octetos[indiceOcteto] \leftarrow LoRa.read()$ 
9         se  $indiceOcteto < 7$  então
10           $ouxByte \leftarrow ouxByte \oplus octetos[indiceOcteto]$ 
11        fim
12      fim
13      // Verifica corretude dos bytes recebidos
14      se  $octetos[7] == \neg ouxByte$  então
15        Decodifica()
16        AtualizaValor()
17      fim
18       $indiceOcteto \leftarrow 0$ 
19       $ouxByte \leftarrow 0$ 
20      zera vetor octetos
21    fim
22 fim
  
```

3.5.2.1 Código da aplicação

O Algoritmo 2 realiza as configurações iniciais (linhas 2 a 4) e, sem seguida, executa repetidamente as ações descritas a seguir:

- na linha 6 verifica-se a disponibilidade de dado na interface LoRa;
- na linha 8 é feita a leitura e cópia de um *byte*;
- os 7 primeiros *bytes* são utilizados para gerar o valor de *outByte*, como pode ser visto na linha 10, onde é realizada a operação lógica ou-exclusivo entre um *byte* e a variável *ouxByte*;
- após receber os oito *bytes*, faz-se a validação dos dados recebidos (linha 13, onde verifica-se a igualdade entre o oitavo *byte* recebido na interface LoRa e o complemento da variável *ouxByte*;
- se o bloco de dados recebido estiver correto, executa-se então as funções Decodifica() e AtualizaValor();

- prepara-se as variáveis para a recepção do próximo bloco de dados.

A função Decodifica é apresentada no Algoritmo 3 e é responsável pela extração dos dados de interesse no bloco de dados recebido e armazenado no vetor de dados *octetos*. A variável

Algoritmo 3: FUNÇÃO DECODIFICA

```

1 Função Decodifica():
2    $nPunsosEnergiaAtiva \leftarrow octetos[4]$ 
   // Desloca parte MSB para a esquerda
3    $nPunsosEnergiaAtiva \leftarrow nPunsosEnergiaAtiva \ll 8$ 
4    $nPunsosEnergiaAtiva \leftarrow nPunsosEnergiaAtiva \mid octetos[3]$ 
   // guarda o incremento na demanda
5    $deltaPulsos \leftarrow nPunsosEnergiaAtiva - nPulsosAnterior$ 
6    $nPulsosAnterior \leftarrow nPunsosEnergiaAtiva$ 
   // tarifa ponta(1) ou fora ponta(2)
7    $tarrafa \leftarrow octetos[2] \& 0x0F$ 
8    $reposicaoAnterior \leftarrow reposicao$ 
   // guarda valor do bit que indica reposição de demanda
9   se  $octetos[1] \& 0x10 == true$  então
10    |  $reposicao \leftarrow true$ 
11  fim
12  senão
13    |  $reposicao \leftarrow false$ 
14  fim
   // levanta flag que indica fim de intervalo de demanda ativa
15  se  $reposicao \neq reposicaoAnterior$  então
16    |  $fimIntervalo \leftarrow true$ 
17  fim
18 return

```

$nPunsosEnergiaAtiva$ representa a quantidade de pulsos de energia ativa em um intervalo de demanda ativa. Os *bits* mais significativos (MSB) desta variável são obtidos do quinto octeto, e os menos significativos (LSB) são obtidos do quarto octeto. Na linha 5 a variável $deltaPulsos$ guarda a o incremento na quantidade de pulsos observado entre dois blocos de dados. Na linha 7 é feita a aplicação de uma máscara de *bits* para obter os quatro *bits* menos significativos do terceiro octeto, que contêm a informação do segmento horo-sazonal. O valor decimal 1 indica horário de ponta e o valor 2 indica horário fora de ponta. A variável $reposicao$ é obtida no *bit* 4 do segundo octeto. A mudança no valor desse *bit* (de 0 para 1 ou de 1 para 0), indica o fim do período de 15 minutos. A *flag* $fimIntervalo$ registra a ocorrência deste evento.

No Algoritmo 4 é apresentada a função AtualizaValor que é responsável por

Algoritmo 4: FUNÇÃO ATUALIZAVALOR

```

1 se fimIntervalo então
2   |  $demandaIntervalo \leftarrow nPulsosAnterior * kWhPulso * 4$ 
3   | se  $demandaIntervalo > demandaMax$  então
4   |   |  $demandaMax \leftarrow demandaIntervalo$ 
5   |   |  $deltaPulsos \leftarrow 0$ 
6   | fim
7 fim
8 selecione tarifa faça
9   | caso 1 faça                                     /* segmento horo-sazonal ponta */
10  |   |  $consumoP \leftarrow consumoP + deltaPulsos * kWhPulso$ 
11  | fim
12  | caso 2 faça
13  |   |  $consumoFP \leftarrow consumoFP + deltaPulsos * kWhPulso$ 
14  | fim
15 fim
16 se  $demandaMax > demandaContratada$  então
17  |  $gastoDemanda \leftarrow demandaContratada * tarifaDemCont +$ 
18  |    $(demandaMax - demandaContratada) * tarifaDemUlt$ 
19 fim
20 senão
21  |  $gastoDemanda \leftarrow demandaMax * tarifaDemComICMS +$ 
22  |    $(demandaContratada - demandaMax) * tarifaDemSemICMS$ 
23 fim
24  $gastoConsumo \leftarrow consumoP * tarifaConsumoP + consumoFP *$ 
25    $tarifaConsumoFP$ 
26  $valorConta \leftarrow gastoDemanda + gastoConsumo$ 

```

registrar o valor máximo de demanda, atualizar o valor das componentes de gasto com consumo ativo dentro e fora do horário de ponta, o valor da componente de gasto com demanda e o valor total da conta. São consideradas as equações 2.1 e 2.1 para cálculo do valor da fatura.

Inicialmente o algoritmo trata da ocorrência de um fim de intervalo, momento em que a variável *nPulsosAnterior* guarda a quantidade de energia consumida no intervalo que terminou. Multiplica-se o número de pulsos pela constante *kWhPulso* para se obter a energia consumida em quilowatt-hora (kWh). Cada medidor possui uma constante de multiplicação, cujo valor é encontrado no manual do medidor como constante Kh. Para efeito de aplicação da tarifa, utiliza-se intervalo de 15 minutos (1/4 de hora), portanto, multiplica-se por 4 o valor de energia consumida nesse intervalo de tempo a fim de obter o valor da demanda (kW) do intervalo, o qual é armazenada na variável *demandIntervalo* (linha 2). Por exemplo, se em 15 minutos o consumo foi 1 kWh, a demanda desse período foi

4 kW. A variável *demandaMax* guarda o maior valor de demanda observado nos intervalos passados e é utilizada posteriormente para calculo da componente de gasto relativo a demanda.

As variáveis *consumoP* e *consumoFP* armazenam respectivamente o consumo acumulado para os segmentos horo-sazonais dentro e fora de ponta. Na linha 17 é calculado o gasto relativo a demanda quando ocorre ultrapassagem de demanda e na linha 20 quando não ocorre. O valor da conta é calculado (linha 23) a partir nas componentes gasto com demanda e consumo.

4 RESULTADOS

Os dois sistemas desenvolvidos foram implantados e funcionam adequadamente. As Figuras 12 e 13 apresentam, respectivamente, a placa WiFi LoRa 32 do sistema de apresentação de dados e o sistema de aquisição de dados instalado no poste da concessionária. O sistema de apresentação de dados foi instalado na entrada principal do órgão. O sistema proposto é capaz de estimar o valor da conta a partir das componentes de energia ativa: consumo ativo e demanda ativa. As quatro tarifas utilizadas foram inseridas como constantes no código da aplicação do sistema de apresentação de dados. Isso ocorre porque elas não são obtidas na SSU do mostrador do medidor. As constantes inseridas foram obtidas da última fatura recebida e podem ser vistas na Figura 8. Componentes de fatura eventualmente cobrados, como adicional de bandeira vermelha, não são tratados.

Figura 8 – Valores de faturamento

VALORES DE FATURAMENTO

DESCRIÇÃO	TOTAL MEDIDO	TARIFA R\$	VALORES R\$
Consumo Fora Ponta	20.546,000	0,39148	8.043,37
Consumo Ponta	3.596,000	1,74263	6.266,50
Demanda Ativa	103,320	19,23006	1.986,85
Demanda Ativa sem ICMS	180,680	13,91421	2.514,02
Retenção De Tributos Federais	0,000	0,00000	892,89-
Consumo Reativo Excedente Fp	177,000	0,35808	63,38
Adicional Band. Vermelha			1.708,07
DMIC			3.518,09-

Fonte: Fatura ENEL do mês 09

A fim de avaliar a assertividade do sistema desenvolvido quanto ao gasto com energia elétrica, foi feita a comparação entre o valor gasto apresentado pelo sistema para o período de 29 dias e o valor gasto no mesmo período, calculado a partir dos dados apresentados no relatório de demanda ativa mensal gerado pela aplicação “Sistema de Gerenciamento Energético” da concessionária ENEL. O relatório encontra-se no apêndice A. Consta no seu quadro de estatísticas deste relatório que entre os dias 1 e 29 de novembro que a demanda máxima medida foi 119,28 kW, o consumo total no posto tarifário ponta foi 3.508,68 kWh e o consumo total no posto tarifário fora de ponta foi 20.490,81 kWh, como pode ser visto na Figura 9. Dado que a demanda medida, ou demanda máxima, foi inferior à demanda contratada, 284 kWh, utilizou-se a equação 2.2 com as tarifas constantes na

Figura 9 – Quadro estatístico do relatório

Horário	Demanda Máxima [KW]	Hora	Consumo [KWh]	Fator de Carga
Fora de Ponta	119,28	28/11/2018 14:30:00	20.490,81	0,28
Ponta	103,74	13/11/2018 19:45:00	3.508,68	0,63
Reservado				
		Total	23.999,49	0,90

Fonte: Fatura ENEL do mês 09

Figura 8 para calcular o gasto no período, como mostrado na equação 4.

$$F_t = C_p \times T_{C_p} + C_{fp} \times T_{C_{fp}} + D_m \times T_{D_m} + (D_c - D_m) \times T_{D_{sICMS}}$$

$$F_t = 3.508,68 \times 1,74263 + 20.490,81 \times 0,39148 + 119,28 \times 19,23006$$

$$+ (284,00 - 119,28) \times 13,91421$$

$$F_t = 6.114,33 + 8.021,74 + 2.293,76 + 2291,94$$

$$F_t = 18.721,77 \quad (4.1)$$

Portanto o valor gasto para o período, de acordo com os dados do relatório do sistema da concessionária, foi de R\$ 18.721,77. A Figura 10 apresenta uma tabela explicativa do calculo feito. Para possibilitar a comparação, o sistema desenvolvido foi reiniciado no dia

Figura 10 – Tabela explicativa

Consumo Fora Ponta (kWh)	Consumo Ponta (kWh)	Demanda máxima (Demanda)	119,28
20.490,81	3.508,68	Demanda Contratada	284
		Demanda sem ICMS	164,72
Tarifa FP	0,39	Tarifa demanda	19,23
Tarifa P	1,74	Tarifa demanda sem ICMS	13,91
Gasto Consumo Fora Ponta	R\$ 8.021,74	Gasto Demanda	R\$ 2.293,75
Gasto Consumo Ponta	R\$ 6.114,33	Gasto Demanda sem ICMS	R\$ 2.291,26
Gasto Consumo Total	R\$ 14.136,07	Gasto Demanda Total	R\$ 4.585,01
VALOR DA CONTA			R\$ 18.721,08

Fonte: Próprio autor

01 de novembro de 2018. No dia 29 de novembro foi feito um registro, e o valor da conta estava em R\$ 18.977,37, como pode ser visto na Figura 11. Em termos de comparação, o valor obtido é razoavelmente preciso. A diferença entre os valores justifica-se pelo fato de que a última atualização nos valores contidos no relatório (Apêndice AA) ter sido feita

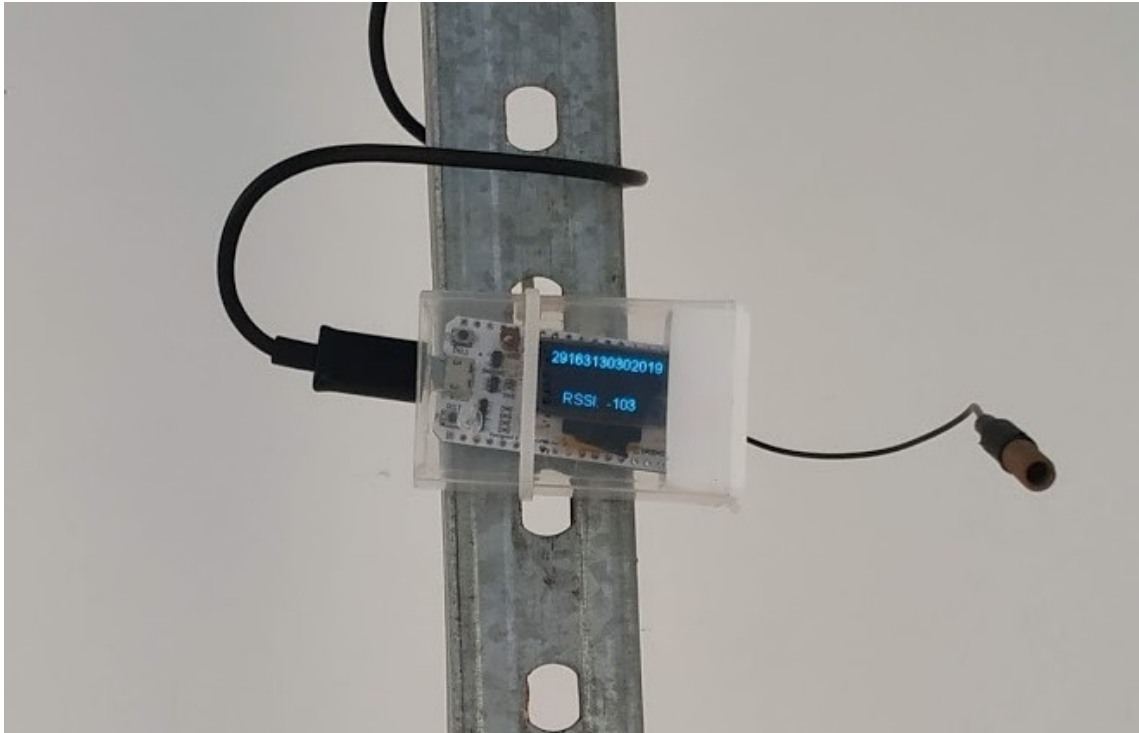
às 00:30h do dia 29, e o registro fotográfico ter sido feito às 17:00h do mesmo dia, assim, o valor apresentado no relatório está menor que o valor do sistema, pois o primeiro não considerou o gasto durante o dia.

Figura 11 – Sistema de apresentação instalado



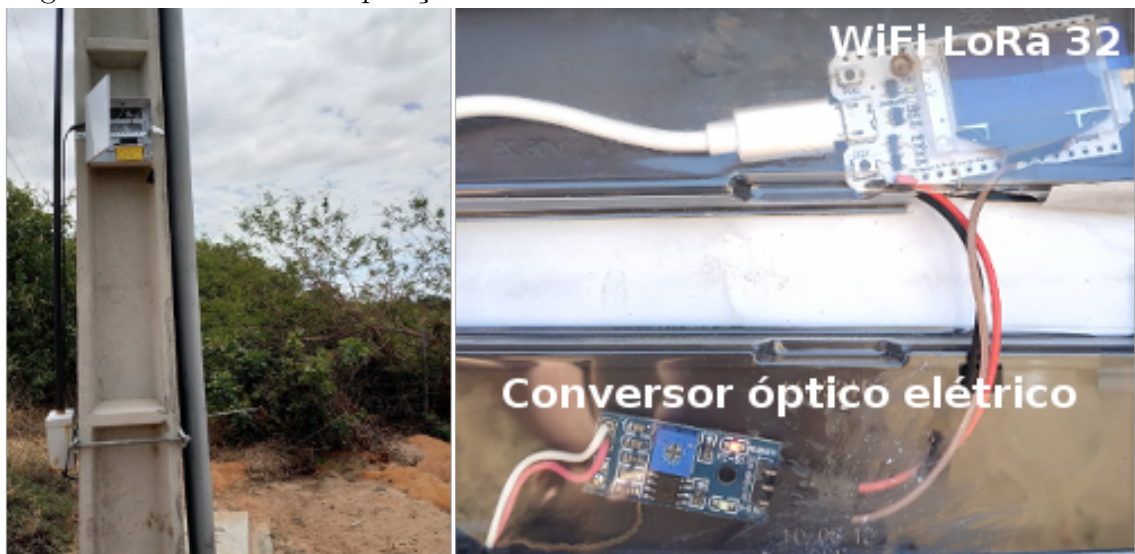
Fonte: Próprio autor

Figura 12 – Placa do sistema de apresentação



Fonte: Próprio autor

Figura 13 – Sistema de aquisição instalado



Fonte: Próprio autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho resultou na implantação de um sistema com potencial de conscientização quanto aos gastos com energia elétrica à medida que expõe ao público valores de conta de energia muito maiores que os valores comumente observados em suas residências. O sistema de aquisição de dados é capaz de coletar e enviar os dados em tempo hábil para a próxima recepção. Observou-se valores baixos para o indicador de força do sinal recebido pelo sistema de apresentação de dados, entretanto não há perda de mensagens. Caso houvesse cobertura de rede WiFi no local em que está o poste, apenas uma placa WiFi LoRa 32 poderia compôr o sistema, realizando então a coleta e o processamento das mensagens, bem como criação do servidor *web*, porém, dada a distância, optou-se por não fazer alterações na infraestrutura de rede.

O trabalho pode ser replicado em outro órgão público através de sistema similar que se comunique com o medidor da concessionária, caso este seja padronizado pela NBR 14522. Para isso, é necessário solicitar à concessionária o procedimento de “liberação dos pulsos do medidor” e a remoção temporária do lacre do mostrador digital, para que seja feita a conexão com a sua saída serial de usuário. O impacto desse trabalho ainda não pôde ser observado nas faturas subsequentes à sua implantação pois esta ocorreu no mês de finalização. O valor de gasto informado pelo sistema para o período de análise foi muito próximo do valor calculado a partir do relatório de consumo obtido pelo sistema disponibilizado pela concessionária. A diferença se deu pelo desencontro no horário de início do teste. Não foi observado erro acumulativo.

5.1 Trabalhos Futuros

Como trabalho futuro, pode-se propôr a implementação de funcionalidade que permita a atualização das tarifas de consumo e demanda, visto que atualmente esses valores são inseridos no código durante sua compilação. Além disso, poderia ser gerado um indicador de meta de consumo, o qual indica se o consumo em dado momento está dentro da faixa de valores esperados, de acordo com a média dos valores apresentados nas últimas ocorrências para o mesmo horário, levando em consideração o dia da semana.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 14522: Intercâmbio de informações para sistemas de medição de energia elétrica**, Rio de Janeiro, 2008.
- ANATEL. Agência nacional de telecomunicações. **Resolução nº 680**, 2017.
- ANEEL. Agência nacional de energia elétrica. **Resolução Normativa ANEEL nº 414**, 2010.
- AUGUSTIN, A.; YI, J.; CLAUSEN, T.; TOWNSLEY, W. M. A study of lora: Long range & low power networks for the internet of things. **Sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 16, n. 9, p. 1466, 2016.
- FINKLER, A.; FINKLER, D. R.; CASTRO, J. L. D. S.; FRANCO, T. Relação do crescimento econômico e consumo de energia elétrica. **Salão do Conhecimento – UNIJUÍ**, 2016.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no brasil. **Estudos avançados**, SciELO Brasil, v. 21, n. 59, p. 7–20, 2007.
- GUERRA, S.; LUKIC, M. R. Regulação e natureza jurídica das bandeiras tarifárias. **Nomos**, v. 38, n. 1.
- HADDAD, J. Energia elétrica: Conceitos, qualidade e tarifação. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica–PROCEL, Rio de Janeiro**, 2004.
- HELTEC. **WiFi LoRa 32 Overview**. Disponível em: <<http://www.heltec.cn/project/wifi-lora-32/>>. Acessado em: 12 de maio de 2018.
- PIRES, J. C. L.; GOSTKORZEWICZ, J.; GIAMBIAGI, F. O cenário macroeconômico e as condições de oferta de energia elétrica no brasil. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2001.
- VIANA, A. N. C.; BORTONI, E.; NOGUEIRA, F.; HADDAD, J.; NOGUEIRA, L.; VENTURINI, O.; YAMACHITA, R. Eficiência energética: fundamentos e aplicações. **Elektro, Universidade Federal de Itajubá, Excen, Fupai**, v. 1, 2012.

GLOSSÁRIO

ISM *Industrial, Científica e Médica*

SoC *System On Chip*

APÊNDICE A – RELATÓRIO DE DEMANDA ATIVA SEMANAL

A aplicação "Sistema de Gerenciamento Energético" da ENEL é capaz de emitir relatórios com informações de consumo que são atualizadas diariamente. O relatório a foi gerado para os dias 1 a 29 de novembro. Consta no quadro de estatísticas a demanda máxima para o período e o consumo nos horários de Ponta e Fora de ponta, bem como o consumo total nos postos tarifários ponta e fora de ponta.

Gráfico de Demanda Ativa Mensal

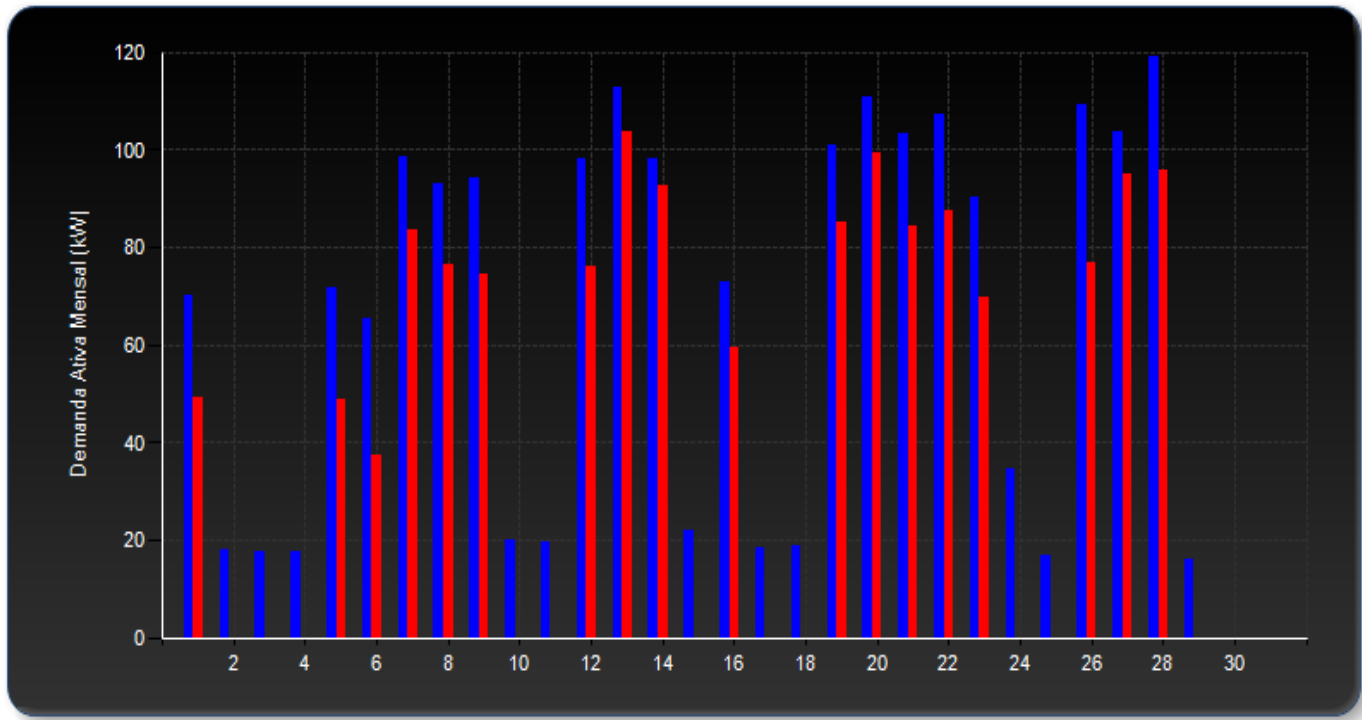
Detalhes do Ponto de Medição

Você está dentro de um ponto de medição do grupo subgrupo de medição:

Gateway	IFCE CAMPUS ARACATI
Ponto de Medição	9010187 (UC)
Número de Série	6017321
Características	Fabricante: LANDIS - Modelo: LANDIS E750 21C - Versão Firmware: - Ultima Leitura: 01/01/2000 00:00
Canais	123

Período

novembro, 2018



Selecionar

<input checked="" type="checkbox"/>	Demanda Ativa Fora de Ponta (kW)
<input checked="" type="checkbox"/>	Demanda Ativa em Ponta (kW)
<input type="checkbox"/>	Demanda Reservado (kW)

Quadro de Estatísticas

Horário	Demanda Máxima [KW]	Hora	Consumo [KWh]	Fator de Carga
Fora de Ponta	119,28	28/11/2018 14:30:00	20.490,81	0,28
Ponta	103,74	13/11/2018 19:45:00	3.508,68	0,63
Reservado				
		Total	23.999,49	0,90