

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
ANA PRISCILA OLIVEIRA ROCHA
LUIZA SILVA RIBEIRO
RODRIGO VILLATORO GLORIA
THAINNÁ CHRISTINI DE OLIVEIRA GONÇALVES

SISTEMA SUPERVISÓRIO MULTIFUNCIONAL: monitoramento dos parâmetros de
postes solares utilizando IoT, em parceria com o Litro de Luz Brasil

São Bernardo do Campo

2022

ANA PRISCILA OLIVEIRA ROCHA
LUIZA SILVA RIBEIRO
RODRIGO VILLATORO GLORIA
THAINNÁ CHRISTINI DE OLIVEIRA GONÇALVES

SISTEMA SUPERVISÓRIO MULTIFUNCIONAL: monitoramento dos parâmetros de postes solares utilizando IoT, em parceria com o Litro de Luz Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica. Orientado pela Prof. Michele Hempel.

São Bernardo do Campo

2022

ANA PRISCILA OLIVEIRA ROCHA
LUIZA SILVA RIBEIRO
RODRIGO VILLATORO GLORIA
THAINNÁ CHRISTINI DE OLIVEIRA GONÇALVES

SISTEMA SUPERVISÓRIO MULTIFUNCIONAL: monitoramento dos parâmetros de
postes solares utilizando IoT, em parceria com o Litro de Luz Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
ao Centro Universitário FEI, como parte dos
requisitos necessários para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Comissão julgadora

MICHELE RODRIGUES HEMPEL LIMA

Orientador e presidente

MICHELLY DE SOUZA

Examinador (1)

MARCO ANTONIO ASSIS DE MELO

Examinador (2)

São Bernardo

2022

Dedicamos todos nossos esforços deste trabalho a nossos familiares, pois sem este apoio nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos mantido com saúde e forças para chegar até o final.

A toda a nossa família que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que chegássemos até esta etapa de nossas vidas.

Um agradecimento especial a nossa orientadora Michele Hempel pela dedicação e incentivo ao nosso projeto.

Por fim, agradecemos também ao Litro de Luz Brasil que acreditou na nossa ideia e aceitou contribuir com nosso projeto.

“A prova do nosso progresso não é se aumentamos a abundância dos que têm muito, mas se providenciamos o suficiente para os que têm muito pouco.”

(Franklin D. Roosevelt)

RESUMO

Nos dias de hoje o contato com a energia elétrica é inevitável, porém, infelizmente, o acesso a ela não. Afinal, em um mundo de desigualdades o acesso a energia elétrica não seria diferente. Muitos são aqueles que, ainda hoje, não possuem a estrutura necessária para geração e distribuição da eletricidade em suas residências e ruas, e pensando nisso surgiu a Litro de Luz, parceiro deste trabalho de conclusão de curso. A ONG Litro de Luz atua trazendo uma melhor qualidade de vida para essas pessoas, disponibilizando não apenas a iluminação necessária, mas também a possibilidade de aprendizado e desenvolvimento. Tendo em mente o bem estar do próximo, esse trabalho foi idealizado com o objetivo de aprimorar a tecnologia já utilizada pela Litro de Luz Brasil, aperfeiçoando e facilitando todo o processo para moradores e voluntários. Dessa forma, uma minuciosa análise dos recursos cabíveis foi realizada, afim de encontrar as soluções de maior custo benefício. Concluindo assim, que um *upgrade* na tecnologia dos postes já produzidos pela ONG e o desenvolvimento de um aplicativo para monitoramento de diversos parâmetros, seriam excelentes para o propósito deste trabalho. Logo, foi realizado um estudo de diversos sensores, para monitoramento de corrente elétrica, tensão, irradiação solar, temperatura e umidade. Assim viabilizando a implementação de toda nova tecnologia e desenvolvimento do aplicativo através de comunicação IoT.

Palavras-chave: Energia Elétrica. Energia Solar. Internet das coisas. Litro de Luz. Monitoramento.

ABSTRACT

Nowadays, the contact with electricity is inevitable, however, unfortunately, access to it is not. After all, in a world of inequalities, access to electricity would not be different. Many are those who, even today, do not have the necessary structure for the generation and distribution of electric energy in their homes and streets, and thinking at this, Litro de Luz was created, a partner in this final paper. The NGO Litro de Luz works by bringing a better quality of life to these people, providing not only the necessary lighting, but also the possibility of learning and development. Having in mind the well-being of others, this project was idealized with the objective of enriching the technology already used by Litro de Luz Brasil, improving and facilitating the entire process for residents and volunteers. In that way, a thorough analysis of the appropriate resources was accomplished, in order to find the most cost-effective solutions. Thus concluding, that an upgrade in the technology of the poles already produced by the NGO and the development of an application to monitor various parameters, it would be excellent for the purpose of this project. Then, a study of several sensors was carried out to monitor electrical current, voltage, solar irradiation, temperature and humidity. Thus enabling the implementation of all the new technology and application development via IoT communication.

Keywords: Electricity. Solar Energy. Internet of Things. Litro de Luz. Monitoring.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema da evolução do setor solar no Brasil	19
Figura 2 – Comparação de material monocristalino e policristalino	20
Figura 3 – Diagrama esquemático de um sistema <i>off-grid</i>	21
Figura 4 – Poste solar instalado no Amazonas	22
Figura 5 – Poste solar desenvolvido pelo Litro de Luz	24
Figura 6 – Circuito elétrico do sistema do poste solar	25
Figura 7 – Diagrama esquemático de comunicação device-to-device	29
Figura 8 – Diagrama esquemático de comunicação device-to-cloud	29
Figura 9 – Diagrama esquemático de comunicação device-to-gateway	30
Figura 10 – Tela inicial do WiFi Manager	351
Figura 11 – Diagrama de contexto	355
Figura 12 – Diagrama de casos de uso	366
Quadro 1 – Descrição do caso de uso Visualizar Atributos	377
Quadro 2 – Descrição do caso de uso Visualizar Possíveis Reparos e Falhas	37
Quadro 3 – Descrição do caso de uso Verificar Falhas	38
Quadro 4 – Descrição do caso de uso Acessar Banco de Dados	38
Quadro 5 – Descrição do caso de uso Enviar Dados	39
Quadro 6 – Descrição do caso de uso monitorar LEDs	39
Quadro 7 – Descrição do caso de uso Enviar Dados BT	39
Quadro 8 – Descrição do caso de uso Monitorar Bateria	390
Quadro 9 – Descrição do caso de uso Monitorar Umidade	390
Figura 13 – Sensor de Tensão	Erro! Indicador não definido. 2
Quadro 10 – Especificações do sensor de Tensão	42
Figura 14 – Variação de temperatura do DHT11	42
Figura 15 – Pinos do sensor de umidade e temperatura DHT11	43
Quadro 11 – Especificações do sensor de umidade	43
Figura 16 – Placa ESP-WROOM-32	44
Figura 17 – Pinagem da placa ESP-WROOM-32	Erro! Indicador não definido. 4
Quadro 12 – Especificações da bateria LiFe	45
Figura 15 – Pinos do sensor de umidade e temperatura DHT11	47
Figura 15 – Pinos do sensor de umidade e temperatura DHT11	47
Figura 15 – Pinos do sensor de umidade e temperatura DHT11	48

Figura 15 – Pinos do sensor de umidade e temperatura DHT11	48
Figura 22 –Medição da Bateria do Poste Solar Durante o Carregamento	49
Figura 23 – Esquema elétrico do sistema de monitoramento	51
Figura 24 – Bibliotecas Utilizadas no Código	52
Figura 25 – Fluxograma Poste Central	Erro! Indicador não definido. 3
Figura 26 – Exemplo De Dados Recebidos Dos Sensores no Firebase.....	54
Figura 27 – Tela inicial do aplicativo	55
Figura 28 – Menu principal do aplicativo	Erro! Indicador não definido. 6
Figura 29 – Aviso sem conexão de internet	57
Figura 30 – Tela de status da placa atualizada	57
Figura 31 – Aviso de anormalidade de temperatura.....	58
Figura 32 – Aviso da medida que deve ser tomada	58
Figura 33 – Montagem Finalizada do Poste Solar.....	60

LISTA DE ABREVIACÕES

A – Ampère

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

API – *Application Programming Interface*

EEPROM – *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*

FV – Fotovoltaico

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IDE – *Integrated Development Enviroment*

IME – Instituto de Matemática e Estatísticas

IoT – Internet das Coisas

Kb – Kilobyte

LDR – Resistor Variável Conforme Incidência De Luz

LED – Diodo emissor de luz

LiFe – Lítio-ferro

LiPo – Polímero de lítio

LoRa – *Long Range*

mAh – Miliampere-hora

NTC – Coeficiente negativo de temperatura

ONG – Organização não governamental

PET - Poli tereftalato de etila

PTC – Coeficiente positivo de temperatura

PVC – Policloreto de vinila

SRAM – *Static Random Acess Memory*

UML – *Unified Modeling Language*

V – Volts

W – Watts

Wi-Fi – *Wireless Fidelity*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 ENERGIA ELÉTRICA	15
2.1.1 Os primórdios da eletricidade	15
2.1.2 A eletricidade na atualidade	16
2.2 MEIO AMBIENTE	16
2.2.1 Geração de energia	17
2.3 ENERGIA SOLAR.....	17
2.3.1 Cenário do setor solar no Brasil.....	18
2.3.2 Geração de energia solar.....	19
2.3.2.1 Células Fotovoltaicas	19
2.3.2.2 Sistemas isolados de energia solar	20
2.4 LITRO DE LUZ BRASIL	222
2.4.1 Desenvolvimento social e Metodologia	23
2.4.2 Poste Solar	244
2.5 SISTEMA SUPERVISÓRIO	25
2.5.1 ESP32.....	25
2.5.1.1 Shields	25
2.5.1.2 IDE Arduino Software.....	26
2.5.2 Sensores	26
2.5.2.1 Sensor de Tensão	Erro! Indicador não definido.
2.5.2.2 Sensor de Temperatura.....	26
2.5.2.3 Sensor de Umidade	2727
2.6 INTERNET OF THINGS - IOT.....	28
2.6.1 Métodos de Comunicação	28
2.6.1.1 Device-to-device	29
2.6.1.2 Device-to-cloud	29
2.6.1.3 Device-to-gateway	300

2.6.1.4 Back-end Data Sharing	300
2.6.2 Modulações de comunicações	300
2.6.2.1 WiFiManager	300
2.6.2.2 ESP NOW	311
2.6.2.3 Firebase da Google	311
3 METODOLOGIA	333
3.1 MODELAGEM	33
3.1.1 Requisitos Funcionais	33
3.1.2 Requisitos Não Funcionais	344
3.1.3 Diagrama de Contexto	344
3.1.4 Diagrama de Casos de Uso	355
3.1.4.1 Casos de Uso	366
3.2 DIMENSIONAMENTO	400
3.2.1 Placa Solar	411
3.2.2 LED	41
3.2.3 Bateria	Erro! Indicador não definido.1
3.2.4 Sensores	41
3.2.4.1 Sensor de Tensão	41
3.2.4.2 Sensor de Temperatura e Umidade	422
3.2.5 ESP32	43
3.2.6 Bateria do sistema de monitoramento	44
4 IMPLEMENTAÇÃO	4633
4.1 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DOS POSTES SOLARES	46
4.2 APLICAÇÃO DOS SENDORES E MÓDULOS	49
4.2.1 Prototipagem	Erro! Indicador não definido.0
4.2.2 Problemas encontrados	51
4.2.3 Desenvolvimento do Código	52
4.2.4 Aquisição e Controle de Dados	Erro! Indicador não definido.3

4.3 APLICATIVO	54	Erro! Indicador não definido.
5 TESTES E RESULTADOS OBTIDOS	60	
6 CONCLUSÕES.....	61	
REFERÊNCIAS.....	62	2

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica no Brasil se apresenta majoritariamente através de hidroelétricas, e por conta disto o país sofre de uma grande dependência climática. É necessário que haja chuvas nas regiões onde ficam localizadas as hidroelétricas, pois precisa-se de um certo volume de água para que seja possível abastecer o país inteiro. Nos últimos anos muitos foram os momentos em que a crise hídrica, e consequentemente, elétrica atingiram o país, mostrando a importância desta para população.

As consequências proporcionadas pela falta de chuvas são graves, desde consideráveis elevações nas cobranças mensais realizadas pelas distribuidoras de energia até a possibilidade de apagões em grandes cidades. Contudo, apesar de parecer ser impossível viver sem energia elétrica na atualidade, essa ainda é a realidade de muitos brasileiros. A vida de pessoas sem acesso à eletricidade é de muitas dificuldades, a falta de iluminação pública nas ruas gera insegurança e riscos, podendo limitar o direito de ir e vir dos cidadãos.

Existem muitas formas de geração de energia renováveis possíveis de serem implantadas para solucionar, ou ao menos mitigar, os problemas causados pelas secas e a as dificuldades desses cidadãos. Como a energia solar, que apesar de exigir um certo investimento para sua aplicação, possui um retorno certo e muito benéfico, já que sua procedência é o sol e a claridade.

Tendo em mente a realidade dessas pessoas exposta acima, o presente projeto tem como objetivo ajudar o maior número possível de pessoas, projetando e implantando um sistema de iluminação pública em conjunto com uma tecnologia de monitoramento em tempo real, trazendo assim mais conforto e facilidade a todos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será detalhado cada conceito importante para o desenvolvimento do sistema, desde a parte de energia elétrica, conceitos sobre o monitoramento e comunicação IOT.

2.1 ENERGIA ELÉTRICA

Sendo a forma de energia mais utilizada na contemporaneidade, a energia elétrica se mostra a cada dia mais necessária para a humanidade. Ela está presente em tudo ao nosso redor, seja no celular em seu bolso, no relógio em seu pulso ou até nas luzes que iluminam sua casa. Apresenta-se também de forma indireta, como na fabricação de roupas, alimentos, móveis e utensílios. Imaginar um mundo sem o desfrute da energia elétrica nos tempos de hoje, é quase que impossível, mas nem sempre foi assim.

2.1.1 Os primórdios da eletricidade

Foi na pré-história onde a primeira forma de eletricidade foi vista pelo homem, a chamada a descarga elétrica atmosférica, também conhecida como raio (MATTEDE, [s.d.]). Porém neste período não recebeu a devida importância. Apenas no século VI a.c., milênios depois, que o cientista Tales de Mileto observou que seu âmbar estava atraindo pequenos grãos e fiapos de lã, e então notou que tal fenômeno sucedia-se de um atrito accidental ocorrido entre âmbar e suas roupas (CASTELHANO, 2017). A partir daí, os estudos sobre eletricidade foram ganhando forma e espaço na história.

No século XVII, o cientista alemão Otto von Guericke iniciou os estudos sobre a eletrificação por atrito, projetando e desenvolvendo a primeira máquina eletrostática. Já meio século após Otto, Stephen Gray, um físico inglês, elaborou a distinção entre condutores e isolantes elétricos. Em seguida, Ewald Georg von Kleist e Petrus van Musschenbroek chegam à grande descoberta do condensador, que foi a primeira forma de armazenamento de energia já inventada.

Um marco importantíssimo na história da eletricidade foram as descobertas de Benjamin Franklin, dentre inúmeras contribuições para a ciência está a mais conhecida, o experimento da pipa (SÓ FÍSICA, 2008). No decorrer de uma tempestade ele empinou uma pipa com fio de metal e uma chave metálica amarrada, e assim observou que, através do fio, foi possível armazenar certa carga em um acumulador de energia, chegando à conclusão de que os raios se

comportam como qualquer outra carga elétrica, o que contribuiu para que, posteriormente, o para-raios fosse desenvolvido por ele.

Já no século XVIII houve a experiência de Luigi Aloisio Galvani, onde uma rã morta sofria contrações musculares causadas por potenciais elétricos. Isto levou Alessandro Volta a realizar a mesma experiência com auxílio de dois diferentes metais em contato com o mesmo músculo, o que foi um avanço em direção a invenção da pilha voltaica. Esta, por sua vez, gerou a primeira fonte de corrente elétrica estável. Anos depois, John Frederic Daniell e Georges Leclanché desenvolveram, separadamente, pilhas mais eficientes que as de Alessandro Volta, assim como Raymond Gaston Planté, que nesta época elaborou as baterias recarregáveis.

Como mostrado anteriormente, foram muitos os acontecimentos, descobertas e experiências que careceram de ocorrer para que a eletricidade fosse evoluindo. A história da eletricidade é extensa e permanece sendo contada até hoje. Ademais de tudo já dito, ainda há muitos nomes nesta cronologia a serem citados, como Faraday, Tesla, Maxwell, Hertz, entre muitos outros (SÓ FÍSICA, 2008).

2.1.2 A eletricidade na atualidade

A energia elétrica tem um papel de grande importância na evolução mundial. Atualmente tudo ao nosso entorno precisa de ao menos um pouco dela, seja durante a utilização ou produção. Desse modo, é certo dizer que a descoberta da energia elétrica foi uma dádiva concedida à humanidade, e é hoje algo indispensável. Entretanto, por mais que viver sem toda essa facilidade aparente ser impossível, ainda existem muitas pessoas nessas condições.

Um estudo realizado em junho ano de 2021 mostrou que ainda há uma grande desigualdade no acesso à energia elétrica, estima-se que o mundo não conseguirá fornecer o contato adequado à eletricidade a cerca de 660 milhões de pessoas até 2030 (RODRIGUES, 2021). Contudo é importante comentar o quanto essa conexão evoluiu nos últimos anos. De 2010 a 2019 mais de 1 bilhão de pessoas alcançaram o acesso a eletricidade e cerca de 6 milhões obtiveram a conexão através de mini redes de energia renovável (RODRIGUES, 2021).

2.2 MEIO AMBIENTE

Uma das grandes preocupações mundiais da atualidade é o nosso planeta. Por anos e anos o ser humano usufruiu dos recursos naturais sem moderação, poluiu a terra, as águas e os

mares. Hoje a Terra nos mostra a cada dia que toda esta exploração possui suas consequências, e que cabe a nós a missão de proteger o mundo em que vivemos.

2.2.1 Geração de energia

A necessidade da energia elétrica na atualidade é evidente. Entretanto é importante ressaltar que sua geração pode causar inúmeros danos ao meio ambiente. Além da óbvia exploração de recursos naturais e poluição, é interessante lembrar o quanto isso pode afetar o ecossistema, modificando habitats naturais e migrações. Contudo, uma vez que não podemos deixar de produzir essa energia, existem opções menos nocivas à natureza que são um meio de mitigar tais sequelas.

A geração de energia elétrica consiste em transformar uma força em eletricidade. Dentre essas formas de se produzir tal energia encontram-se as renováveis e as não-renováveis, ou seja, aquelas que utilizam a própria natureza para sua geração, sendo assim consideradas inesgotáveis, e aquelas esgotáveis, que precisam de uma ação pouco mais danosa ao meio ambiente.

Algumas das fontes de energia renováveis são:

- Energia solar, que como o próprio nome já diz, é a geração de energia através da luz do sol, a qual será vista mais a fundo no decorrer dessa monografia;
- Energia eólica é a geração de eletricidade através da força dos ventos;
- Energia hidrelétrica é a mais utilizada no Brasil, esta trata-se da conversão da força de quedas d'água em energia elétrica;
- Energia de ondomotriz/maremotriz, assim como a anterior se origina das águas, porém essa está diretamente ligada aos mares.

Já nas fontes de energia não-renováveis, podemos citar:

- Energia nuclear, ou energia atômica, é gerada através de reações nucleares;
- Energia de combustíveis fósseis, que se origina da queima de tais combustíveis.

2.3 ENERGIA SOLAR

A energia solar fotovoltaica é uma forma de geração de energia renovável que vem ganhando espaço no mercado energético nacional e internacional de forma exponencial. Como

trata-se de uma geração que tem o sol como fonte primária para obtenção de energia, é considerada uma energia renovável, limpa e inesgotável.

Além da geração distribuída de energia elétrica residencial, comercial e industrial, a energia solar apresenta aplicações em diversas áreas no mundo todo, como para aplicações em equipamentos eletrônicos, transporte, medicina, telecomunicação e astronomia.

A tecnologia utilizada neste projeto é um exemplo claro da ampla variedade de aplicações da energia solar. Trata-se de um sistema isolado, também conhecido como *off-grid*, capaz de gerar energia para iluminação pública, tornando-o um poste autossuficiente energeticamente.

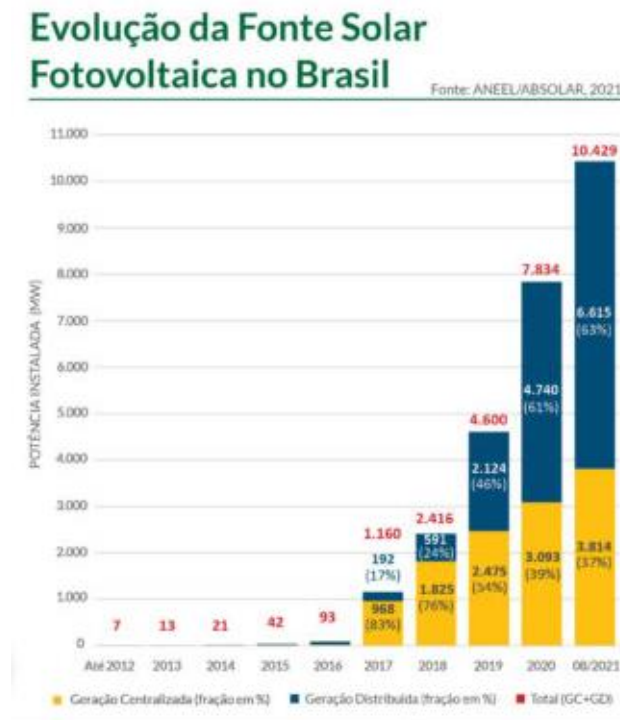
2.3.1 Cenário do setor solar no Brasil

A usina solar localizada no interior do Ceará, inaugurada em 2011, foi a primeira instalada da América Latina e fornecia energia para aproximadamente mil moradias locais. Desde então, principalmente o nordeste brasileiro abriga as maiores usinas fotovoltaicas do país.

Atualmente, o Brasil tem de potência instalada de mais de 7 GW em energia fotovoltaica, com uma matriz energética nacional em torno de 3,5%, além de estar entre os 20 países maiores produtores de energia solar do mundo.

O gráfico apresentado a seguir (Figura 1), desenvolvido em 2021 pela ANEEL e Absolar (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica), apresenta a trajetória do setor no Brasil desde 2012. É nítido que o crescimento foi bastante elevado em pouco tempo, tanto na geração e distribuída quanto na geração centralizada. Em 2019 a evolução foi superior a 200%, alcançando cerca de 2,4GW de potência instalada.

Figura 1 – Esquema da evolução do setor solar no Brasil



Fonte: ANEEL/Absolar

Estima-se também pela ABSOLAR que em 2040 o setor elétrico de energia solar seja a principal fonte de geração de energia, ultrapassando até o setor de geração hídrica, que até o momento lidera a fonte de geração brasileira.

2.3.2 Geração de energia solar

A geração de energia solar é obtida através de uma conversão direta da radiação solar em energia elétrica. Essa conversão é realizada pelas células fotovoltaicas, compostas, em sua maioria, por silício semicondutor.

2.3.2.1 Células Fotovoltaicas

As células solares são os componentes fundamentais para a geração de energia através do sol. Por meio destas células é realizada a conversão da irradiação solar em corrente elétrica por meio do efeito fotovoltaico. A associação das células obtém os módulos, ou placas solares, comercialmente vendidos para a construção de usinas e demais construções para o setor.

As duas células mais comuns de serem encontrados são as de silício monocristalino e silício policristalino; existem também as fabricadas com silício amorfo. As tecnologias utilizando silício monocristalino são as mais eficientes (em média 18%) em comparação com as de silício policristalino (em média 15%), porém o investimento é maior para o mono, por se tratar de um material mais puro.

A principal diferença entre o silício monocristalino e policristalino está na composição do substrato. Assim como seus nomes indicam, o mono apresenta um único cristal em sua composição já o poli apresentam um arranjo de pequenos cristais em sua formação, conforme comparação dos materiais apresentados abaixo (Figura 2).

Figura 2 – Comparação de material monocristalino e policristalino



Fonte: docplayer.com.br/

A geração de energia através das células fotovoltaicas ocorre por um fenômeno físico-químico (geram transformações da matéria e alterações em sua natureza) destes materiais chamado efeito fotovoltaico. O material semicondutor intrínseco utilizado, em sua maioria o silício, apresenta a banda de valência preenchida e a de condução vazia de tal forma que a sua condutividade será elevada e seu elétrons livres são ligados aos buracos vizinhos obtendo um deslocamento dos buracos e uma rede cristalina.

Ao formar uma junção p-n no material, cria-se um campo elétrico permanente nesta região devido ao fluxo de elétrons livre da região n para a região p da junção, carregando negativamente e positivamente ambas as regiões.

Sendo assim, o material ao ser exposto a luz solar torna os elétrons mais energéticos devido a absorção de fótons, com isso os elétrons livres são acelerados e geram uma corrente elétrica entre as junções.

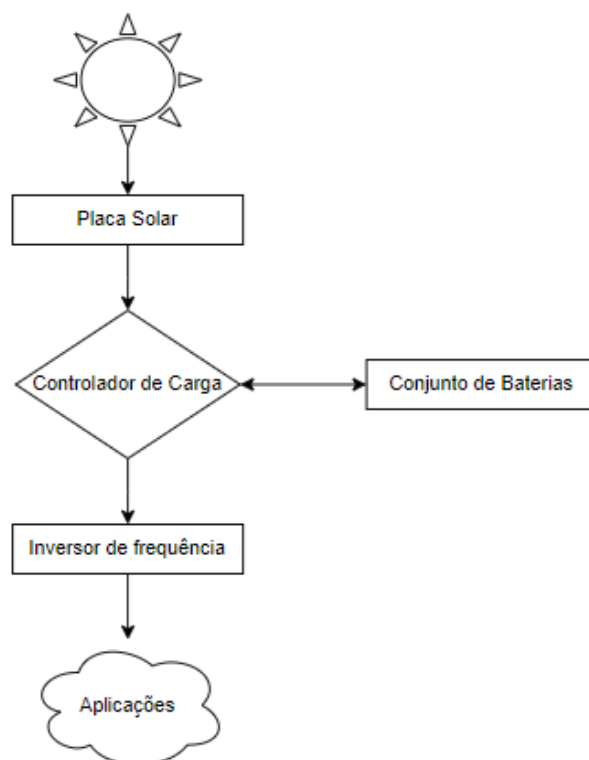
2.3.2.2 Sistemas isolados de energia solar

Além das células fotovoltaicas e as placas solares é necessário entender os demais componentes e o sistema completo para as gerações de energia solar de sistemas isolados.

Os sistemas isolados de energia solar, também conhecidos como sistemas *off-grid*, são gerações energéticas sem qualquer interferência da rede de distribuição de energia. A energia excedente é armazenada em baterias que são utilizadas quando não há produção direta de energia, como em dias nublados, por exemplo.

O conjunto do sistema de forma geral é composto por módulos solares, baterias, inversores de frequência e controladores de carga. Conforme apresentado no diagrama esquemático a seguir (Figura 3), a placa solar recebe a luminosidade vinda do próprio sol que é transformada em energia elétrica e enviada para o controlador de carga. Este, por sua vez, tem a função de enviar tal energia para ser armazenada no conjunto de baterias e/ou enviar a energia ao inversor de frequência que liberará para o sistema.

Figura 3 – Diagrama esquemático de um sistema *off-grid*



Fonte: Autor

Como a tecnologia utilizada neste projeto refere-se de uma aplicação onde precisa-se apenas de uma corrente contínua, o inversor de frequência não necessita ser empregado.

2.4 LITRO DE LUZ BRASIL

Como já discutido, o Brasil sofre com um cenário atual muito grave de falta de eletricidade e iluminação (pública e residencial) para milhões de famílias. Essa falta de iluminação ou a iluminação precária dentro das casas, dificulta o estudo das crianças e adolescentes, o trabalho após anoitecer e a execução de tarefas básicas do dia a dia com mais conforto e segurança. E mesmo com o uso de iluminações consideradas precárias como a utilização de lampiões de querosene, por exemplo, podem gerar risco de incêndios, à saúde e ao meio ambiente, por ser obtido através da queima de materiais poluentes.

O Litro de Luz utiliza em suas tecnologias materiais simples como cano PVC e garrafa PET para tornar a iluminação solar acessível para a população de baixa renda, levando luz para a vida daqueles que ainda não têm acesso adequado à energia elétrica. Os moradores das comunidades são capacitados pelos voluntários para que eles próprios possam realizar as instalações, manutenções e até replicarem as tecnologias.

Figura 4 – Poste solar instalado no Amazonas



Fonte: Litro de Luz Brasil

A ONG está presente em mais de 15 países do mundo e até o momento têm instaladas mais de três mil soluções distribuídas ao longo das cinco regiões do Brasil, impactando diretamente na rotina de mais dezessete mil pessoas.

Atualmente encontram-se em atuação três soluções solares desenvolvidas pelo Litro de Luz Brasil, sendo uma delas o lampião, uma tecnologia portátil com objetivo de iluminar

caminhos e o interior das residências, e indicado principalmente para comunidades ribeirinhas e quilombolas isoladas sem nenhum acesso à rede elétrica pública.

A segunda tecnologia é a iluminação interna, e como o nome já diz são projetos utilizando fitas de LED para iluminar ambientes internos das moradias. E por fim, a solução mais comum a ser instalada pela ONG, o poste solar, que trata-se de uma iluminação pública para as comunidades sem acesso adequado à energia elétrica, com o intuito de iluminar praças, ruas, vielas etc.

2.4.1 Desenvolvimento social e Metodologia

A procura de uma melhor compreensão do que este projeto de conclusão de curso pode agregar à tecnologia do poste solar já existente no Litro de Luz, será necessário apresentar o desenvolvimento social e a metodologia de atuação da organização social e a suas atuais dificuldades.

O Litro de Luz Brasil tem como principal metodologia de desenvolvimento social o envolvimento direto dos moradores em todos os processos de uma ação na comunidade, a fim de promover o engajamento comunitário. A principal fonte para alcançar este engajamento comunitário, são formação e escolha de moradores com potencial perfil de liderança, que são capacitados para representar o Litro de Luz na comunidade e no Brasil. Essas lideranças nas comunidades são chamadas de embaixadores.

O embaixador representa o Litro de Luz nas comunidades, sendo responsável pela ponte entre o Litro de Luz e a comunidade antes e depois da ação. Além disso, esses embaixadores recebem um treinamento de eletricidade básica e geração de energia solar para realizar toda a manutenção das tecnologias instaladas em sua comunidade.

Mesmo com essa capacitação dos embaixadores existem, dificuldades para realizar manutenção mais técnicas dos postes instalados. O que ocorre em alguns dos casos é o suporte a distância dos voluntários para detectar possíveis falhas, porém algumas destas falhas só são possíveis de serem detectadas com uma análise mais detalhada que o embaixador não tem conhecimento nem formação para realizar. A falta de disponibilidade do voluntário para retornar à comunidade para consertar a solução, faz com que muitos postes acabem deixando de funcionar antes do fim de sua vida útil.

2.4.2 Poste Solar

Os postes solares do Litro de Luz são uma tecnologia simples e com matérias de fácil acesso para auxiliar na manutenção de componentes e na replicação pós ação. Tais postes foram desenvolvidos para iluminação pública como praças, ruas, ponto de ônibus, escadarias e vielas, por exemplo.

Os componentes principais são a placa solar, garrafa PET, circuito controlador, bateria de chumbo ácido, tubos PVC e os módulos de LEDs.

Figura 5 – Poste solar desenvolvido pelo Litro de Luz

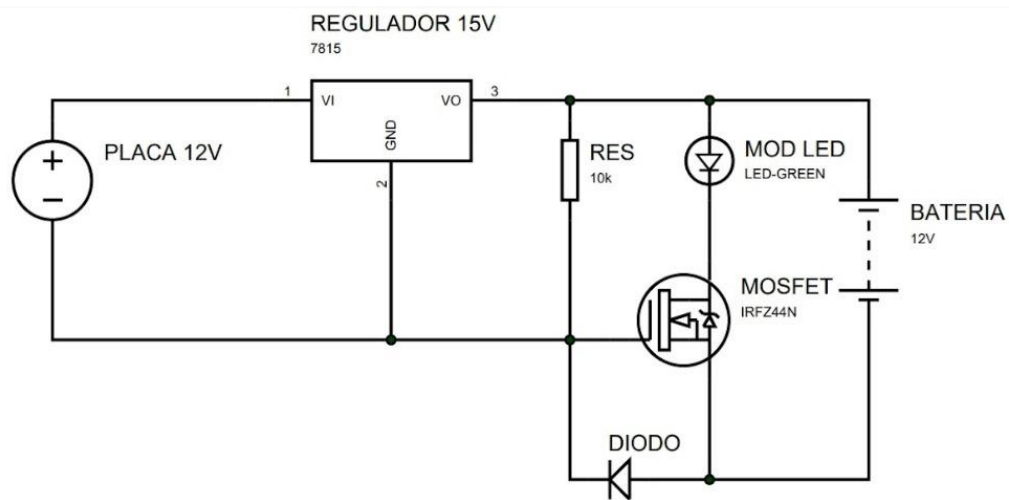


Fonte: Litro de Luz

O funcionamento ocorre de forma que a irradiação solar seja captada pela placa solar e convertida em campo eletromagnético, e assim, em corrente elétrica. Durante o dia esta corrente fornece o carregamento da bateria do sistema e ao anoitecer a carga armazenada pela bateria fornece energia para acionar os módulos dos LEDs.

O circuito controlador é responsável por identificar e limitar a tensão gerada pela placa solar através do Regulador de Tensão LM7815 para efetuar o carregamento da bateria durante o dia. Com a diminuição da tensão gerada pela placa solar devido à ausência de luz do sol, o regulador de tensão LM7815 envia um sinal ao transistor IRFZ44N o qual chaveia o sentido de corrente (originalmente em um sentido durante o dia) para então acender o LED, durante o período em que durar a escuridão. Ao amanhecer todo o processo é reiniciado.

Figura 6 – Circuito elétrico do sistema do poste solar



Fonte: Litro de Luz

No item de dimensionamento (Tópico 3.2) estão descritos com mais detalhes os principais componentes do poste solar.

2.5 SISTEMA SUPERVISÓRIO

O sistema planejado é composto por uma placa de desenvolvimento Arduino, integrada aos sensores que farão as medições dos parâmetros de tensão, temperatura e umidade. Nesse tópico será descrito o funcionamento de cada componente que compõe o sistema supervisor.

2.5.1 ESP32

O ESP32 é um microcontrolador capaz de proporcionar a comunicação entre dispositivos através de WiFi ou Bluetooth. Graças a sua grande eficiência, tamanho reduzido e baixo consumo essa tecnologia destaca-se entre outras existentes, o que a levou a ser escolhida para aplicação nesse projeto.

2.5.1.1 Shields

Os *shields* do ESP32 são placas de circuitos eletrônicos construídos para rápida utilização com a plataforma de prototipagem. Esses variam desde sensores de temperatura a

displays de LCD, assim facilitando a elaboração de diversos projetos e diminuindo o seu tempo de montagem.

2.5.1.2 IDE Arduino Software

O ambiente de desenvolvimento integrado (do inglês *Integrated Development Environment*) é um programa multiplataforma utilizado para desenvolver programas funcionais e fazer o carregamento ao ESP32, e outras placas compatíveis, escritos com a linguagem de programação C++ em um arquivo *.ino.

2.5.2 Sensores

Os sensores são dispositivos responsáveis por mensurar grandezas físicas. Neste projeto foram medidas tensão, temperatura e umidade. Os dados mensurados, muitas vezes, precisam de um tratamento para que tenham um sinal elétrico adequado para a utilização no monitoramento do sistema.

2.5.2.1 Sensor de Tensão

Os sensores para mensurar tensão contínua são baseados em um divisor de tensão, no qual mede-se a tensão na saída de um dos resistores que está ligado em série. A tensão de saída é uma parcela da tensão de entrada, que é determinada pelo fator de divisão entre as resistências do circuito. Para uma tensão de entrada fixa, a tensão de saída será alterada no caso da modificação de uma ou mais resistências. Esse circuito é muito utilizado para o controle de tensão quando, por exemplo, tem-se uma alimentação de 12 V na entrada e precisa que a saída, para alimentar um ESP32, seja de 5 V.

Esse sensor foi responsável pelo monitoramento da tensão na saída da bateria e da tensão que está sendo gerada na placa solar, onde as tensões do sistema supervisorio são de, no máximo, 12 V.

2.5.2.2 Sensor de Temperatura

A alteração na temperatura da bateria está diretamente ligada à taxa de autodescarga. O superaquecimento pode acarretar uma descarga mais rápida, já que o aumento da temperatura

interfere na ligação eletroquímica da bateria. O bom funcionamento e vida útil da bateria dependem de suas condições de trabalho, o que inclui a temperatura de operação correta.

Além de ser um risco para vida útil, o superaquecimento indica que há possíveis falhas na bateria, as quais podem colocar todo o sistema em risco. Portanto, as alterações significativas de temperatura devem ser identificadas pelo sensor sinalizando a troca da bateria.

São diversas as formas para mensurar a temperatura do sistema como através de um termopar, termistor, sensores de precisão entre outros. O termopar gera uma tensão de saída conforme a variação de temperatura na entrada, utilizando a união de dois metais distintos.

O termistor é um transdutor composto por semicondutores termicamente sensíveis. A temperatura é mensurada através da variação da resistência interna; essa variação ocorre conforme a variação da temperatura medida. Os modelos existentes são: NTC e PTC. Para o primeiro modelo citado temos uma variação da temperatura inversamente proporcional à variação da resistência interna, ou seja, quando ocorre o aumento da temperatura, a resistência interna do NTC diminui. O PTC tem uma variação de temperatura proporcional à resistência interna, ou seja, se a temperatura medida diminuir, a resistência interna do termistor também irá diminuir.

Os sensores de precisão funcionam através da variação linear de tensão, conforme a temperatura de entrada variar.

No tópico 3.2.4.3 será feito a análise dos sensores mais indicados para o desenvolvimento do projeto.

2.5.2.3 Sensor de Umidade

O monitoramento da climatização pode ser feito através de um sensor capacitivo ou resistivo. Os sensores capacitivos são feitos de material metálico e a medição é feita quando o material elétrico entra em contato com o material dielétrico. Quando ocorre o contato entre estes dois materiais, há um aumento na capacitância, que é convertida em umidade relativa. O sensor capacitivo é muito utilizado em projetos para medição da umidade no solo.

Os sensores resistivos funcionam através da diferença de umidade, ou seja, a resistência interna do sensor altera conforme a variação de umidade, assim, a partir deste valor, é calculada a umidade relativa do ambiente observado.

Muitos são os benefícios do monitoramento da umidade neste projeto. Com esse dado é possível verificar se a umidade relativa do ar está adequada para o *hardware*, já que o excesso de umidade pode prejudicar os equipamentos elétricos. Outro fator importante é a qualidade do

ar para os moradores; umidades muito baixas podem acarretar doenças respiratórias e, em regiões muito secas, a baixa umidade do ar pode ser a origem de um foco de incêndio.

2.6 INTERNET OF THINGS - IOT

Internet das coisas, ou IoT é um conceito recente usado pela primeira vez em 1999 pelo pesquisador Kevin Ashton, porém ganhou mais popularidade em 2010 juntamente com as crescentes inovações da internet. Desde então vem se tornando cada vez mais popular aos desenvolvedores de tecnologias digitais, sendo realidade nas mais diversas aplicações do mundo.

Trata-se de uma definição projetada com o objetivo de criar uma interconexão entre objetos físicos, como eletrodomésticos, veículos, prédios e máquinas agrícolas, e a internet, a fim de fornecer informações instantâneas e relevantes sobre seu funcionamento. A conexão dos objetos à rede digital viabiliza o controle e o monitoramento remoto, mesmo no caso de encontrar-se em regiões distantes.

Tecnologias utilizando IoT são também desenvolvidas para aplicações em locais isolados e sem acesso à internet convencional da rede, como por exemplo para monitoramento de rodovias na serra litorâneas. Para estes casos existem tecnologias de comunicação capazes de enviar informações para banco de dados ou dispositivos localizados a quilômetros de distância do objeto.

Este projeto foi desenvolvido com base nestas tecnologias com alcances maiores de comunicação. Isto é um fator importante por se tratar de uma aplicação para um projeto social que visa levar iluminação para comunidades carentes, como é o caso de muitas comunidades indígenas e quilombolas, onde são instalados os postes solares.

2.6.1 Métodos de Comunicação

Existem alguns modelos de comunicações para internet das coisas que são utilizadas para conectar o objeto ao dispositivo digital. Esta interconexão pode ocorrer de forma direta, do objeto físico ao banco de dados por WiFi, ou pode ocorrer de forma a combinar a comunicação por WiFi e *Bluetooth* até alcançar o alvo final.

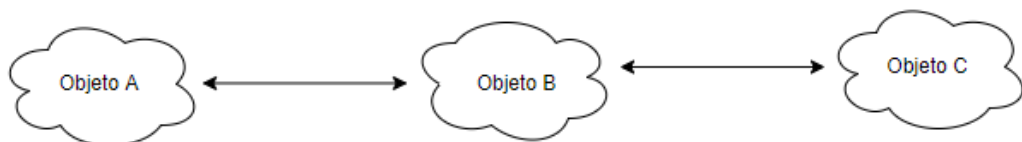
O projeto desenvolvido tem como premissa a instalação de um único poste com módulo *Wi-Fi*, nomeado como poste central, que é responsável por enviar os parâmetros dele e dos

demais postes daquela região. Para isso, tem a combinação de três métodos de comunicação que serão apresentados abaixo.

2.6.1.1 Device-to-device

Tal comunicação ocorre de forma simplificada, sendo o objeto conectado de um dispositivo ao outro de forma direta. A comunicação *device-to-device* também pode conectar o objeto direto ao dispositivo digital; um aplicativo por exemplo.

Figura 7 – Diagrama esquemático de comunicação device-to-device



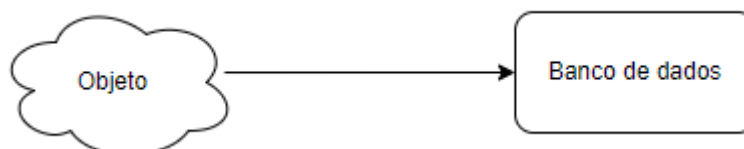
Fonte: Autor

No caso deste projeto, o método *device-to-device* teve o objetivo de interconectar informações entre os postes.

2.6.1.2 Device-to-cloud

A comunicação, como o nome já diz, é usada para conectar o dispositivo diretamente ao banco de dados via internet, evitando a necessidade de uma comunicação intermediária.

Figura 8 – Diagrama esquemático de comunicação device-to-cloud



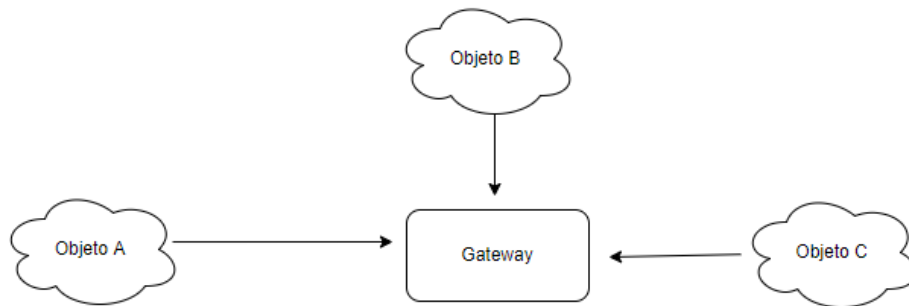
Fonte: Autor

Esta comunicação foi utilizada para enviar os dados coletados pelos postes ao banco de dados.

2.6.1.3 Device-to-gateway

O dispositivo será interligado a uma porta de entrada, chamada de *gateway*, que pode ser um modem ou um equipamento intermediário antes de ser conectada à internet.

Figura 9 – Diagrama esquemático de comunicação device-to-gateway



Fonte: Autor

Para este projeto, foi idealizado que o *gateway* fosse aplicado apenas no poste central, que recebe as informações de todos os demais postes instalados na mesma região.

2.6.1.4 Back-end Data Sharing

Trata-se da combinação de dados exportados da rede entre o banco de dados ou demais servidores.

2.6.2 Modulações de comunicações

Para que a comunicação IoT ocorra, é necessário que os dispositivos, ou pelo menos, um dos dispositivos, tenham conexão com a internet, para que sejam enviadas as informações à rede de dados e ocorra o monitoramento dos parâmetros analisados. Para isso, existem os módulos de comunicação, no qual são os receptores e/ou transmissores de dados do sistema.

2.6.2.1 WiFi Manager

Como o próprio nome já indica, a biblioteca WiFi Manager do ESP32 tem a função de encontrar redes de WiFi, gerenciá-las e configurar suas conexões. Esta também permite analisar

a eficiência das redes encontradas, possibilitando uma melhor escolha de conectividade. Utilizar a WiFi Manager também facilita a configuração de novas conexões, pois não é preciso alterar o código para fazê-la.

Figura 10 – Tela inicial do WiFi Manager



Fonte: Autor

2.6.2.2 ESP-NOW

Com o intuito de facilitar a comunicação entre dispositivos, sem a necessidade da utilização de uma rede WiFi, a Espressif, fabricante das placas ESP32, desenvolveu o ESP-NOW. Esse protocolo é responsável pela comunicação entre ESPs, o que chamamos de comunicação M2M (Machine To Machine).

Inserido no ESP-NOW existe um sistema de encapsulamento de dados, utilizado para armazenar as informações que serão transmitidas posteriormente de um dispositivo conectado ao WiFi para outros sem conexão. Também está presente um protocolo de segurança que atua criptografando dados para assim os proteger.

2.6.2.3 Firebase da Google

Criado pela Google, o serviço Firebase é uma plataforma digital responsável por facilitar o desenvolvimento de aplicativos web e móveis. Seu objetivo é gerar um melhor rendimento do aplicativo desenvolvido, implementando várias funcionalidades e deixando seu uso mais simplificado.

Para este projeto utilizamos sua função Realtime Database que nos fornece um banco de dados que é atualizado em tempo real e apresenta uma interface gráfica que facilita a visualização dos dados guardados nele.

3 METODOLOGIA

A seguir serão descritas as metodologias que foram utilizadas para elaborar o funcionamento do projeto, as possibilidades de dimensionamento partindo dos objetivos do projeto, como o baixo custo e possível funcionamento e aparência do aplicativo.

3.1 MODELAGEM

A elaboração do projeto teve base em uma modelagem feita a partir de modelos UML (Linguagem de Modelagem Unificada). Assim foram definidos requisitos funcionais e não funcionais, casos de uso e diagramas para facilitar o desenvolvimento dos sistemas físicos e computacionais.

3.1.1 Requisitos Funcionais

Descrevem as funções do sistema, o que devem fornecer e realizar, como interação com entradas e saídas e como se comportam em diversas situações. São identificados a partir da sigla RF acompanhados de um número. Os requisitos funcionais deste projeto são:

- RF01: O sistema deve monitorar o status dos LEDs;
- RF02: O sistema deve monitorar os atributos da placa solar;
- RF03: O sistema deve monitorar a bateria;
- RF04: O sistema deve monitorar a umidade do ambiente (caixa hermética);
- RF05: O sistema deve enviar todos seus dados através da internet à um banco de dados;
- RF06: O sistema deve informar quando a bateria não está sendo carregada corretamente;
- RF07: O sistema deve informar quando o equipamento está com a temperatura elevada;
- RF08: O sistema deve informar quando os LEDs não estão funcionando corretamente;
- RF09: O aplicativo deve informar atributos necessários aos usuários;
- RF10: O aplicativo deve informar possíveis falhas ao Embaixador (responsável da comunidade pelo sistema);
- RF11: O aplicativo deve sugerir possíveis reparos rápidos aos usuários;

3.1.2 Requisitos Não Funcionais

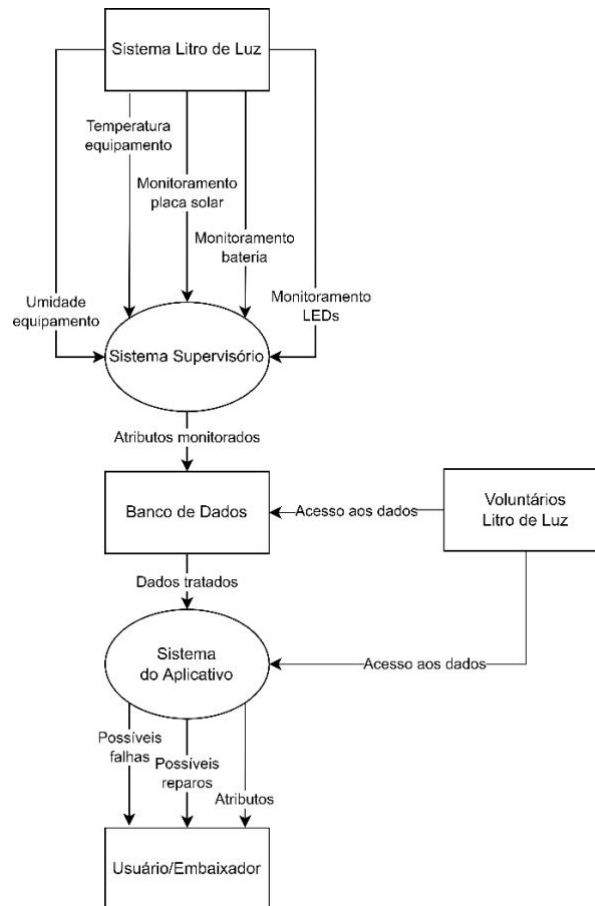
São qualidades específicas que o programa deve ter e restrições que deve atender. São identificados a partir da sigla RNF acompanhados de um número. Os requisitos não funcionais deste projeto são:

- RNF01: O sistema deve estar conectado à internet;
- RNF02: O banco de dados do sistema deve ser de fácil entendimento para facilitar o trabalho dos voluntários;
- RNF03: A programação do sistema deve caber na memória programável do ESP32;
- RNF04: O sistema deve realizar uma medição a cada 15 segundos;
- RNF05: O aplicativo deve utilizar todas as informações disponibilizadas no banco de dados;
- RNF06: O sistema deve ser autossuficiente ao detectar falhas;

3.1.3 Diagrama de Contexto

Responsável por apresentar as relações estabelecidas entre o sistema e o ambiente de implementação, assim como interações com outros sistemas usados ou dependentes. Os objetos em elipse do diagrama representam partes do sistema enquanto os retangulares são os ambientes que interagem com ele.

Figura 11 – Diagrama de contexto

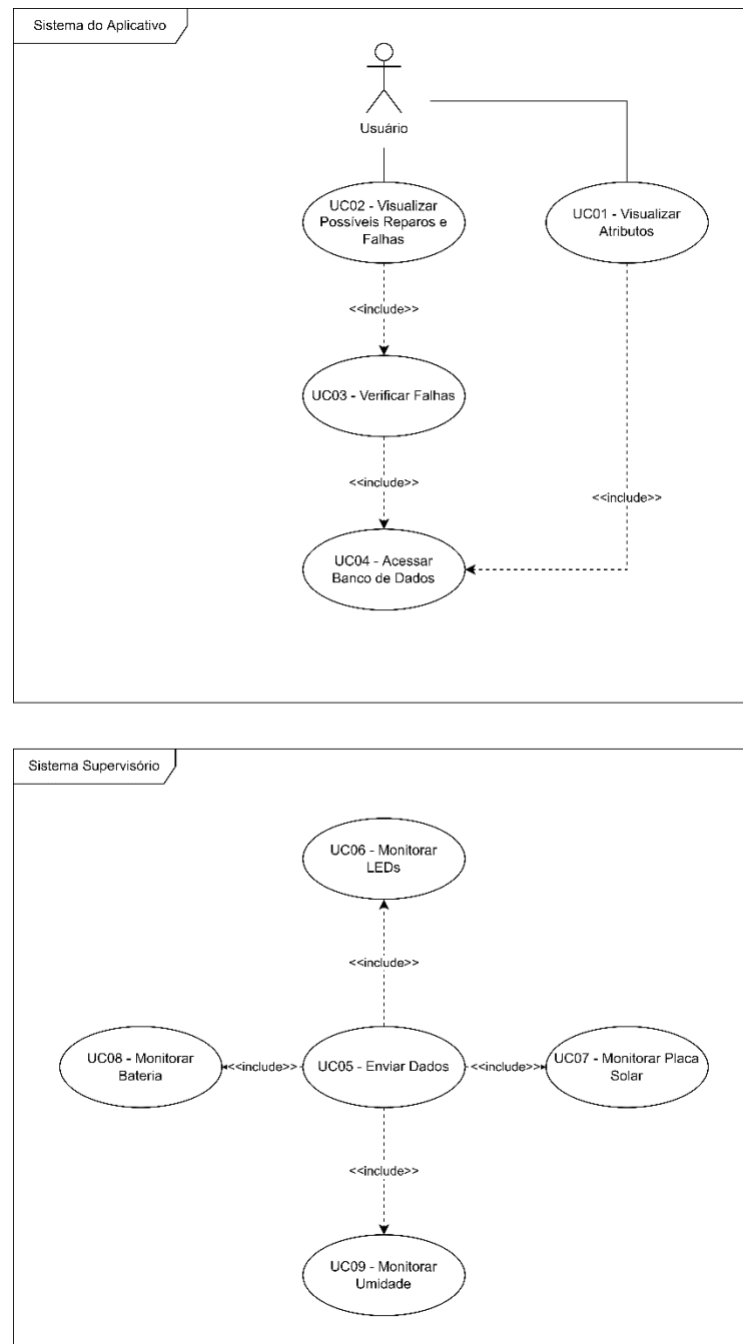


Fonte: Autor

3.1.4 Diagrama de Casos de Uso

Apresenta uma visão externa com linguagem simples e acessível das funções do sistema, definindo o que o sistema faz, porém não como faz. O boneco é chamado de ator e representa alguém que interage com o sistema. Cada caso de uso é identificado pela sigla UC seguida de um número e nomeado a partir do seu funcionamento. As linhas conectadas entre ator com casos de uso e casos de uso com outros casos de uso, chamadas de relacionamentos, representam interações entre eles, podendo ser associações, representadas pelas linhas normais que são ligações simples que requisitam a execução de uma função, inclusões, linhas pontilhadas escritas “<<include>>” que representam execuções obrigatórias para que um caso de uso seja utilizado, e extensões, linhas pontilhadas escritas “<<extend>>” que mostram ativações que só ocorrem em condições específicas do caso de uso que se relaciona.

Figura 12 – Diagrama de casos de uso



Fonte: Autor

3.1.4.1 Casos de Uso

Têm o objetivo de fazer compreender o comportamento do sistema. Cada caso define uma funcionalidade do sistema. Os quadros a seguir apresentam a especificação para cada caso de uso, na qual a linha de função detalha o que deve ser feito. Atores apresentam quais atores, se houverem, interagem com o caso de uso. A pré-condição, se houver, define algo que deve

ocorrer antes da execução. A pós-condição, se houver, indica algo que obrigatoriamente ocorre ao fim do caso. O fluxo principal detalha as etapas que ocorrem entre o ator e o caso de uso. Por fim, o fluxo alternativo apresenta etapas que somente são utilizadas dada uma condição específica durante o fluxo principal.

Quadro 1 – Descrição do caso de uso Visualizar Atributos

Identificação	UC01 – Visualizar Atributos
Função	Este caso de uso é utilizado para emitir à interface do aplicativo os atributos monitorados pelo sistema supervisorio com o intuito de informar seus usuários.
Atores	Usuário
Pré-condição	Acessado os dados previamente salvos no banco de dados
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário acessa o aplicativo. 2. O usuário visualiza os atributos acessados através do caso de uso UC04 – Acessar Banco de Dados.
Fluxo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caso o aplicativo esteja sem acesso à internet, o usuário recebe um aviso que está sem conexão.

Fonte: Autor

Quadro 2 – Descrição do caso de uso Visualizar Possíveis Reparos e Falhas

Identificação	UC02 – Visualizar Possíveis Reparos e Falhas
Função	Este caso de uso é utilizado para emitir à interface do aplicativo possíveis falhas encontradas pelo algoritmo do aplicativo e seus respectivos reparos com o intuito de informar seus usuários para que possam realizar a manutenção do poste
Atores	Usuário
Pré-condição	Acessado os dados previamente salvos no banco de dados e ter as falhas verificadas

Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário acessa o aplicativo. 2. O usuário visualiza as possíveis falhas verificadas pelo caso de uso UC03 – Verificar Falhas e seus reparos recomendados.
Fluxo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caso o aplicativo esteja sem acesso à internet, o usuário recebe um aviso que está sem conexão.

Fonte: Autor

Quadro 3 – Descrição do caso de uso Verificar Falhas

Identificação	UC03 – Verificar Falhas
Função	Este caso de uso é utilizado para verificar possíveis falhas que estejam ocorrendo no sistema a partir dos atributos monitorados
Pré-condição	Acessado os dados previamente salvos no banco de dados
Pós-condição	Sinaliza possíveis falhas
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema utiliza dos atributos acessados pelo caso de uso UC04 – Acessar Banco de Dados. 2. O algoritmo verifica quais falhas podem estar acontecendo a partir de diversas condições prévias.

Fonte: Autor

Quadro 4 – Descrição do caso de uso Acessar Banco de Dados

Identificação	UC04 – Acessar Banco de Dados
Função	Este caso de uso é utilizado para acessar o banco de dados
Pré-condição	Conexão à internet
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema conecta ao banco de dados e baixa as últimas atualizações do monitoramento.

Fonte: Autor

Quadro 5 – Descrição do caso de uso Enviar Dados

Identificação	UC05 – Enviar Dados
Função	Este caso de uso é utilizado para enviar os atributos monitorados ao banco de dados
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema prepara e trata todos os dados monitorados nos casos de uso 06 ao 09. 2. O sistema testa por conexão à internet. 3. Caso haja conexão o sistema envia os dados preparados e tratados ao banco de dados.

Fonte: Autor

Quadro 6 – Descrição do caso de uso monitorar LEDs

Identificação	UC06 – Monitorar LEDs
Função	Este caso de uso é ativado para se conhecer o estado atual dos LEDs, ligados ou desligados.
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema recebe informações dos sensores responsáveis por observar os atributos dos LEDs. 2. O sistema utiliza destes atributos para saber o <i>status</i> dos LEDs, ligados ou desligados.

Fonte: Autor

Quadro 7 – Descrição do caso de uso Monitorar Placa Solar

Identificação	UC07 – Monitorar Placa Solar
Função	Este caso de uso é ativado para receber dos sensores os atributos da placa solar.
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema recebe informações dos sensores responsáveis por observar os atributos da placa solar.

Fonte: Autor

Quadro 8 – Descrição do caso de uso Monitorar Bateria

Identificação	UC08 – Monitorar Bateria
Função	Este caso de uso é ativado para receber dos sensores os atributos da bateria, assim verificando se está funcionando corretamente.
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema recebe informações dos sensores responsáveis por observar os atributos da bateria. 2. O sistema utiliza destes atributos para verificar o funcionamento correto da bateria.

Fonte: Autor

Quadro 9 – Descrição do caso de uso Monitorar Umidade

Identificação	UC09 – Monitorar Umidade
Função	Este caso de uso é ativado para receber do sensor a umidade do ambiente.
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema recebe informações do sensor que monitora a umidade do ambiente que está localizado.

Fonte: Autor

3.2 DIMENSIONAMENTO

Com a quantidade de comunidades no Brasil que não tem acesso à energia elétrica, o projeto Litro de Luz tem o objetivo de levar os postes de iluminação para várias destas comunidades. Um dos fatores decisivos para o dimensionamento desse projeto é o custo. O sistema precisa ser financeiramente viável para ser implementado na prática. Inicialmente será instalado um poste com o sistema supervisório completo por região, e com isso será feito o estudo da viabilidade financeira e energética de implementação do sistema em mais postes. Todo o equipamento deve ser selecionado através do seu custo e benefício. O componente escolhido precisa ter um bom preço e uma boa eficiência trazendo confiabilidade nos seus resultados.

A primeira parte do dimensionamento já foi realizado com base no sistema de poste atualmente utilizado pelo Litro de Luz, juntamente com a análise das opções de sensores e placa de prototipagem.

3.2.1 Placa Solar

A placa solar utilizada no poste atualmente é de silício policristalino com potência máxima de 20 W. O valor de tensão é de aproximadamente 17,56 V e corrente máxima de 1,14 A.

3.2.2 LED

O sistema de iluminação utiliza dois módulos que contém três LEDs cada, de cor branco frio. O consumo de tensão dos LEDs é relativamente alto, 12 V e 1 W, o que torna necessário uma bateria com, no mínimo, 12 V.

3.2.3 Bateria

O sistema atual utiliza uma bateria de chumbo ácido para armazenar a energia gerada pela placa solar durante o dia e alimentar os LEDs durante a noite. Tem tensão máxima de 12 V e corrente de 9 Ah.

3.2.4 Sensores

Os sensores são dispositivos fundamentais para a medição dos parâmetros de tensão, temperatura e umidade. Todos os sensores citados nesse capítulo passaram por análises a fim de serem selecionados com eficiência.

Os modelos apresentados foram selecionados pela facilidade de integração com placas de prototipagem como Arduino, Raspberry Pi e Esp32, tornando, assim, o projeto viável para ser implementado em diversas tecnologias.

3.2.4.1 Sensor de Tensão

Os modelos de sensores de tensão DC tem características muito parecidas, uma vez que seu funcionamento é baseado em um divisor resistivo. Para esse tipo de sensor, o que varia são os valores das resistências. Portanto, selecionamos esse modelo que suporta a tensão utilizada no sistema de monitoramento.

Figura 11 – Sensor de Tensão



Fonte: RoboCore

Quadro 10 – Especificações do sensor de Tensão

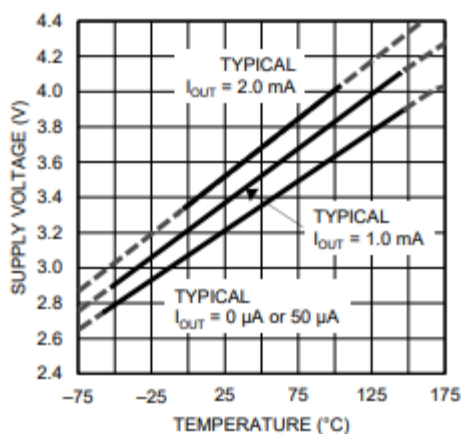
Modelo	Tensão de entrada (V)	Valor das resistências (K Ω)	Proporção de divisão	Preço de mercado
Sensor de Tensão – 0 a 25V	0 a 25	30 – 7,5	5:1	R\$ 7,90

Fonte: Fonte: Autor “adaptado de” RoboCore.

3.2.4.2 Sensor de Temperatura e Umidade

O sensor de temperatura e umidade optado por esse projeto foi o módulo de sensores de umidade e temperatura DHT11. A seguir (Figura 14) podemos ver o gráfico da variação de temperatura em função da tensão.

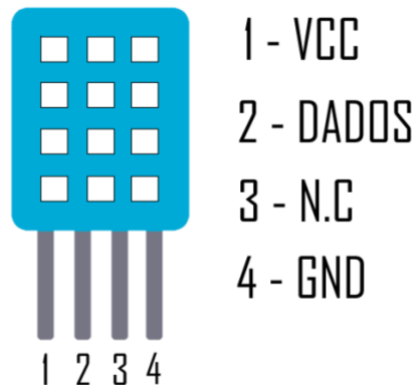
Figura 14 – Variação de temperatura do DHT11



Fonte: Datasheet Texas Instruments

O DHT11 é um sensor de temperatura e umidade dentro do mesmo encapsulamento, muito utilizado na inspeção de equipamento. O benefício do uso desse sensor é que diminui a quantidade de sensores utilizados, já que ele possui duas funções no mesmo componente. Também é interessante destacar que seu medidor de temperatura é do tipo NTC.

Figura 15 – Pinos do sensor de umidade e temperatura DHT11



Fonte: Datasheet disponível do FilipeFlop

Quadro 11 – Especificação do sensor de umidade

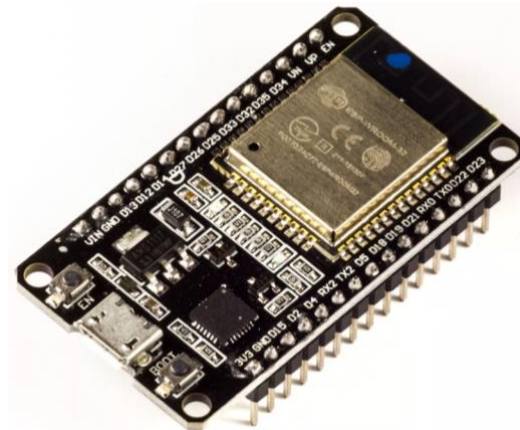
Modelo	Faixa de temperatura (°C)	Precisão a 25 °C (°C)	Tempo de resposta (s)	Consumo de Corrente (µA)	Preço de mercado
DHT11	0 a 50	2	2	200 a 500	R\$ 13,78

Fonte: Autor “adaptado de” FilipeFlop

3.2.5 ESP32

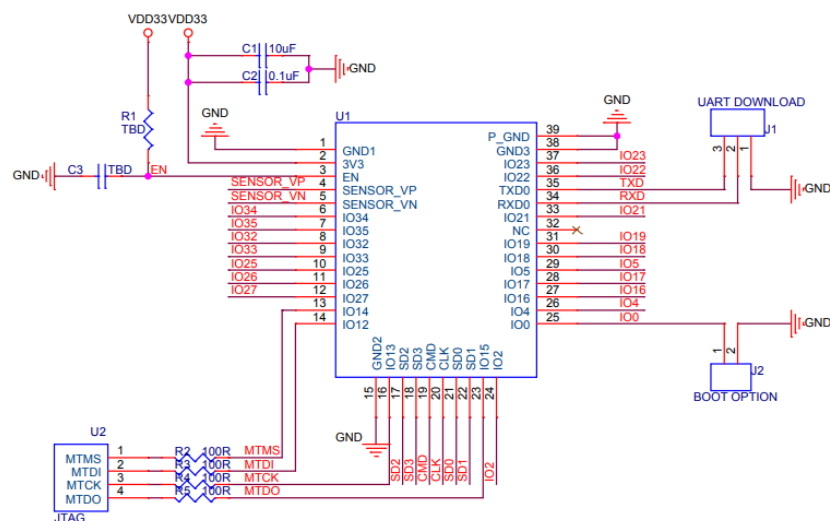
O ESP32 conta com 34 portas GPIO (*General Purpose Input/Output*), 2 I2S (*Inter-IC Sound*), 18 canais ADC (*Analog to Digital Converter*), 3 UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) e 10 pinos de leitura capacitiva e PWM (*Pulse Width Modulation*), como mostra abaixo (Figura 17).

Figura 16 – Placa ESP-WROOM-32



Fonte: Espressif

Figura 17 – Pinagem da placa ESP-WROOM-32



Fonte: Datasheet Espressif

3.2.6 Bateria do sistema de monitoramento

Por uma questão de segurança é ideal que o sistema de monitoramento tenha uma alimentação separada. Assim, caso haja uma falha nas demais partes do poste, o sistema de monitoramento não será afetado. Isto permite a visualização dos parâmetros afim de descobrir as possíveis causas da falha. O dimensionamento dessa bateria é feito com base no consumo de todo o sistema de monitoramento, que é composto pelos sensores e placa de prototipagem.

A bateria do tipo LiFe é a mais aconselhável para o sistema de monitoramento, por razões de eficiência, vida útil e segurança. Cada célula tem uma tensão de 3,3 V, e considerando teoricamente que o sistema de monitoramento necessite de 9 V, tem-se uma bateria de LiFe

com 9,9 V. Apesar dos benefícios de aplicação, uma grande desvantagem das baterias de LiFe é o seu alto preço.

Quadro 12 – Especificações da bateria LiFe

Modelo	Capacidade	Tensão	Descarga	Peso	Preço de mercado
ECU Turbina TM Hobbies	2100 mAh	9,9 V	20C	160 g	R\$ 395,00

Fonte: Autor “adaptado de” TMHobbies

4 IMPLEMENTAÇÃO

Após toda a pesquisa e estudo preliminar detalhado do funcionamento dos sensores, módulos e todos os componentes do poste solar, foi iniciada a etapa de desenvolvimento do protótipo do projeto. A parte prática foi dividida em basicamente três partes principais, a montagem e instalação dos postes solares do Litro de Luz, o desenvolvimento e implementação do *hardware e software* dos módulos e, por fim, sensores no ESP32 e a criação do aplicativo de monitoramento.

4.1 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DOS POSTES SOLARES

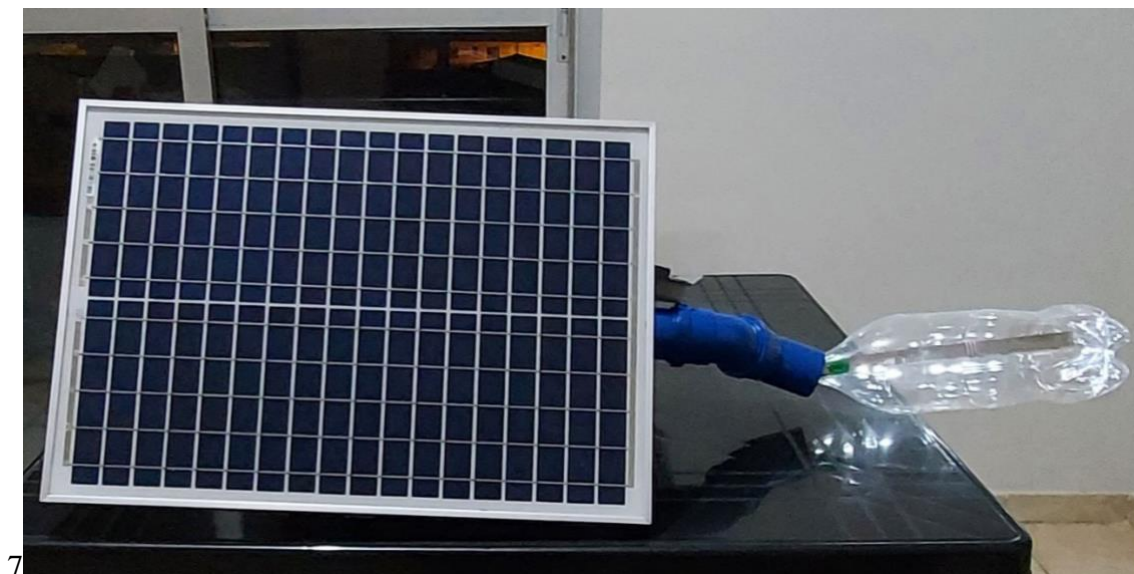
Como descrito acima, o projeto aplicou como modelo de protótipo o poste solar desenvolvido pelo Litro de Luz Brasil. Para isso, utilizou-se o manual do passo a passo da montagem disponibilizado pelo parceiro Litro de Luz.

A replicação do poste solar original foi importante para obter os dados e parâmetros mais próximos possíveis aos reais, que são instaladas nas comunidades do Brasil durante as ações sociais efetuadas pela ONG. E assim, alcançar os objetivos de monitoramento remoto deste projeto, encontrando possíveis causas de falhas ou mal funcionamento e auxiliar em futuros estudos de melhorias, como análise da vida útil dos componentes e geração de energia dos postes solares.

Com isso, a utilização dos mesmos materiais e modelos de componentes foi levado em consideração no momento da escolha dos materiais utilizados, e não apenas os parâmetros elétricos dos componentes.

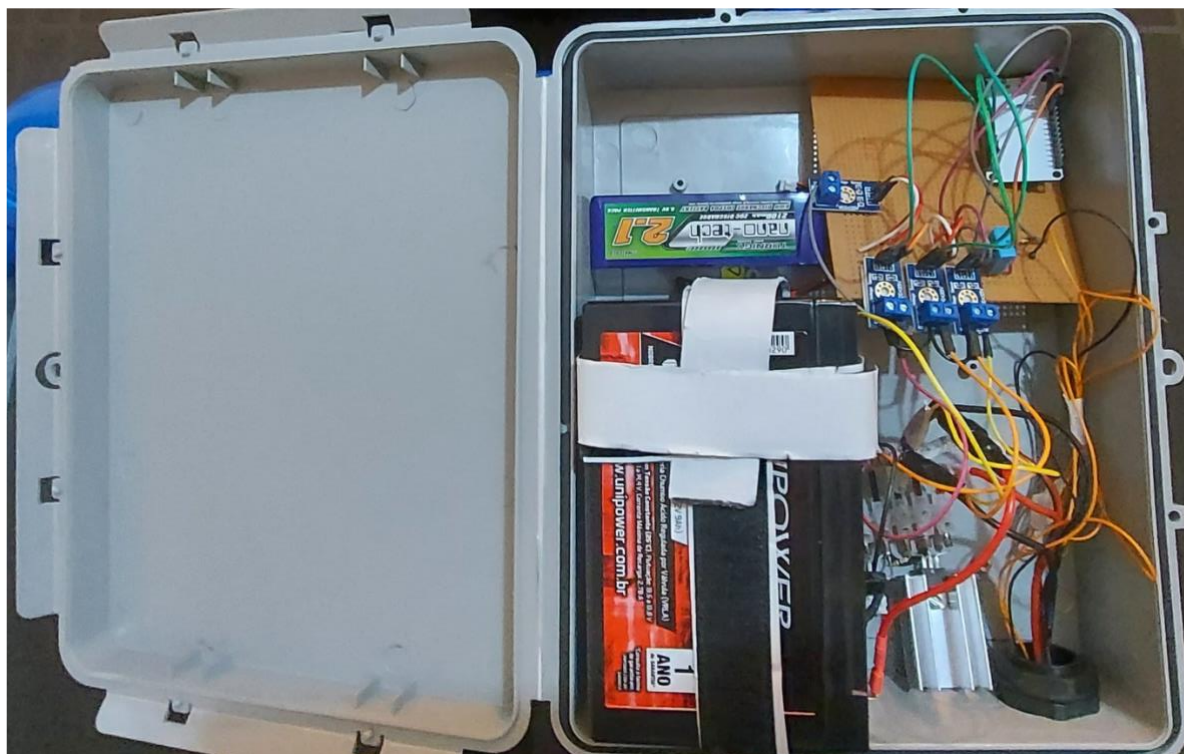
Para a montagem, os processos foram relativamente simples de replicar, o manual de montagem do poste, desenvolvido e disponibilizado pelo Litro de Luz, apresenta bastante detalhes e imagens autoexplicativas. Além disso, alguns voluntários de tecnologia da ONG auxiliaram em alguns questionamentos apontados ao decorrer do desenvolvimento.

Figura 18 – Placa Solar e LEDs instalados



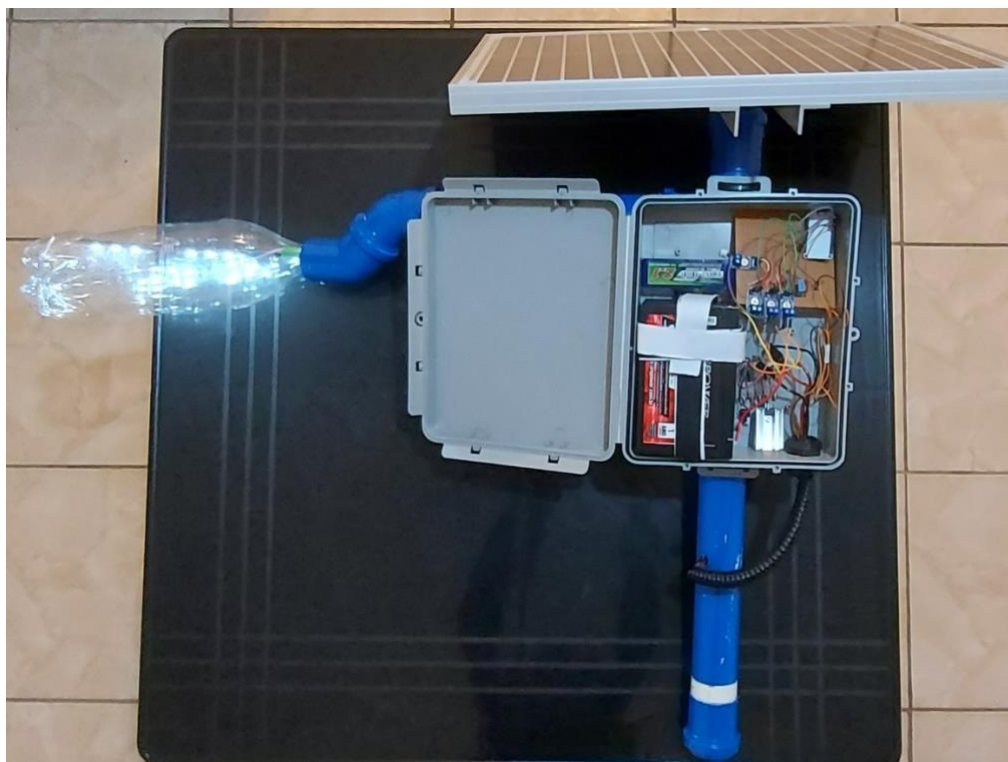
Fonte: Autor

Figura 19 – Montagem Interna da Caixa



Fonte: Autor

Figura 20 – Montagem Finalizada do Poste Solar



Fonte: Autor

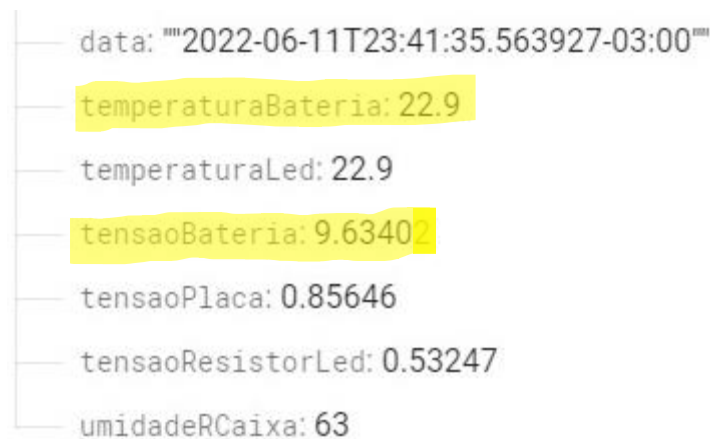
Figura 21 – Poste Solar Instalado



Fonte: Autor

Finalizada a montagem dos dois postes solares, foram realizados alguns testes de verificação de funcionamento adequado dos principais componentes em funcionamento (tensão do LED, da bateria e da placa solar).

Figura 22 – Medição da Bateria do Poste Solar Durante o Carregamento



```
data: ""2022-06-11T23:41:35.563927-03:00""
temperaturaBateria: 22.9
temperaturaLed: 22.9
tensaoBateria: 9.63402
tensaoPlaca: 0.85646
tensaoResistorLed: 0.53247
umidadeRCaixa: 63
```

Fonte: Autor

A instalação dos dois postes construídos foi realizada dentro do campus do Centro Universitário FEI em São Bernardo do Campo na horta ao lado do prédio P. Para definir os locais de instalação foram observados quatro pontos de atenção, uma conexão adequada de ponto de WiFi no poste principal, o mínimo de sombreamento na orientação Norte, a distância entre os dois postes de no máximo 50 metros de distância para não interferir na comunicação entre estes, caso ocorresse a implementação desta, e manter próximo ao padrão de instalação do Litro de Luz.

4.2 APLICAÇÃO DOS SENSORES E MÓDULOS

Nesta etapa de implementação foi iniciada o desenvolvimento mais a fundo do sistema supervisor do projeto, que até então foi replicar o projeto já existente da ONG parceira.

A aplicação dos sensores e módulos utilizando o microcontrolador ESP32 no sistema foi fundamental para as medições dos parâmetros elétricos, armazenamento e comunicação dos dados obtidos com o banco de dados e entre os dois postes.

4.2.1 Prototipagem

O sistema de monitoramento que foi idealizado originalmente sofreu algumas adaptações que estão detalhadas na seção 4.2.2.

Para o projeto final foi desenvolvido um sistema de monitoramento, barato e eficiente utilizando apenas sensores de tensão e umidade, com eles conseguimos monitorar os dados essenciais do poste que é a tensão da placa, tensão da bateria e verificar se está passando corrente no led, ou seja, se ele está aceso ou não. Além de monitorar a umidade da caixa hermética, a temperatura da bateria e a temperatura do LED.

Para monitorar as tensões utilizamos o sensor que foi mostrado na seção 3.2.4.1, esse sensor tem um bom custo-benefício conseguindo captar com êxito as tensões do sistema. É um sensor que se comunica bem com o ESP32 e tem uma fácil calibração dos valores brutos, já que o valor medido pelo sensor é em bits.

Para monitorar se há corrente no LED utilizou-se um sensor de tensão, igual ao anterior, em que neste arranjo foi posto em série com os LEDs um resistor de potência de 47 ohms. Assim quando o LED estiver queimado ou não estiver chegando corrente no sistema a tensão em cima do resistor será zero. Foi utilizado um sensor de 47 ohms ao invés de um resistor de precisão por conta da sensibilidade do sensor de tensão, já que um resistor de precisão de 0.15 ohm consome uma corrente tão baixa que não pode ser medida pelo sensor escolhido. Para valores de resistência maior que 47 ohms, ocorria de o resistor consumir muita energia, o que diminuía a tensão que chegava para o LED e por consequência diminuía a sua intensidade. Por conta disso este valor foi o escolhido, já que ele consome uma tensão suficiente para ser lido pelo sensor, porém não o suficiente para atrapalhar o funcionamento do LED.

Outra escolha que ocorreu durante o desenvolvimento do esquema elétrico foi para a medição da temperatura, no qual, para facilitar a implementação do *software*, foi decidido utilizar apenas um modelo de sensor de temperatura, o DHT11, para as duas medições (LED e Bateria).

WiFi com o banco de dados provido pelo serviço Firebase e ESP-NOW entre os dois postes. A comunicação com o banco de dados demanda muito espaço na memória do ESP32, pois utilizamos uma biblioteca externa, o que gera uma incompatibilidade de processamento do microcontrolador. Isso influencia diretamente na eficiência de outras funções, como, por exemplo, na comunicação via ESP-NOW. A qual acabou por ser retirada do projeto já que ocorreu a incompatibilidade citada anteriormente.

O módulo Micro SD, por sua vez, foi idealizado como uma forma de armazenamento dos dados em caso de falha de comunicação WiFi, porém quando a comunicação voltasse ao normal, os dados enviados através do ESP-NOW e armazenados no cartão de memória teriam que subir para o banco sem perdas, essa transferência para o banco e a implementação do módulo Micro SD não são de simples desenvolvimento, tornando-se inviável para o atual projeto.

4.2.3 Desenvolvimento do Código

Para o desenvolvimento do código, utilizou-se a IDE Arduino Software mencionada anteriormente. Foram incluídas algumas bibliotecas específicas, sendo as do sensor de temperatura e umidade DHT11 (DHT.h, DHT_U.h e Adafruit_Sensor.h), uma para o gerenciamento de WiFi (WiFiManager.h), outra para requisições *web* (HTTPClient.h) e finalmente para a comunicação com o serviço Firebase (Firebase_ESP_Client.h, addons/RTDBHelper.h e addons/TokenHelper.h), além da biblioteca genérica para tratamento de dados em formato JSON (Arduino_JSON.h).

Figura 24 – Bibliotecas Utilizadas no Código

```
#include <WiFiManager.h>
#include <Arduino_JSON.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include <addons/RTDBHelper.h>
#include <addons/TokenHelper.h>
```

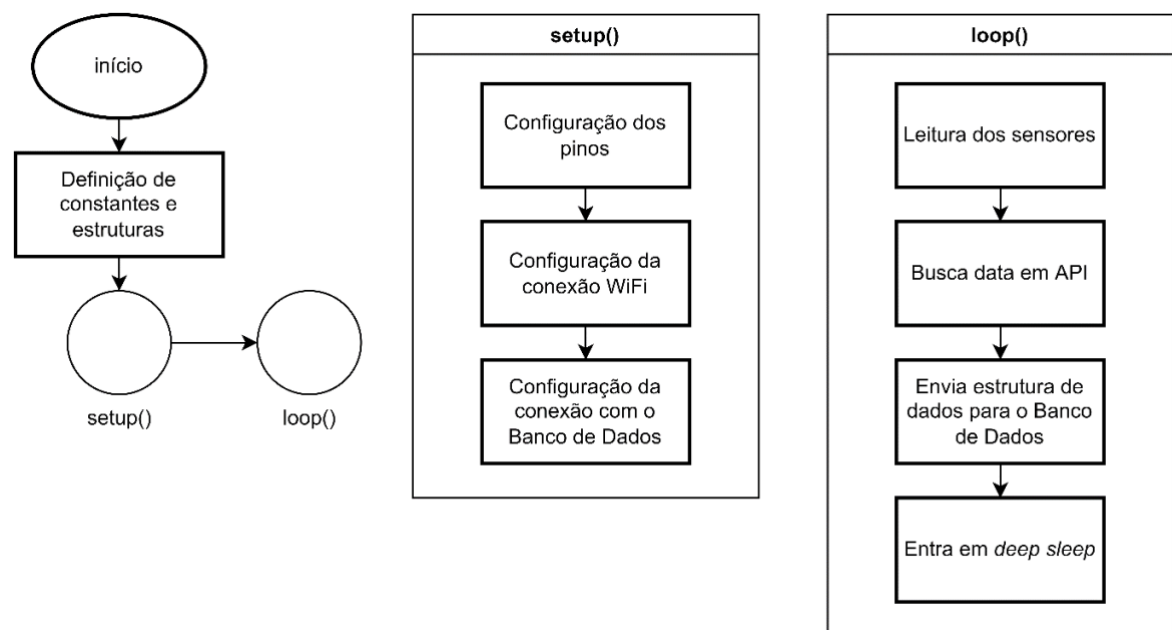
Fonte: Autor

A fim de reduzir o consumo da bateria de alimentação do sistema supervisorio foi implementada a função *deep sleep*, esta é responsável por suspender por um tempo limitado o consumo de energia da bateria do ESP32.

Inicialmente pensou-se na utilização da integração de Bluetooth do próprio ESP32, porém por questões de praticidade e otimização de código optou-se à implementação do protocolo ESP-NOW para a comunicação e envio de dados entre postes e ainda assim, após muitos testes e análises, observou-se que havia incompatibilidade com outras bibliotecas e métodos implementados. Por conta disto, houve a retirada do sistema de comunicação entre os postes do projeto. Desta forma seguimos os testes com a comunicação diretamente com banco de dados e não mais utilizando o envio de informações de um poste secundário para o central.

Assim, para o desenvolvimento do código, foi pensado em um fluxograma (Figura 25) para facilitar a programação.

Figura 25 – Fluxograma do Código



Fonte: Autor

4.2.4 Aquisição e Controle de Dados

Para se ter um controle sobre os dados, permitindo que os voluntários do Litro de Luz Brasil e outros futuros desenvolvedores que desejem aprimorar este projeto possam utilizar dos dados já captados, foi aplicado o já mencionado serviço Firebase, assim possibilitando guardar

os dados medidos e visualizá-los em tempo real. Utilizar esse banco de dados também facilita sua leitura por outras aplicações, como o aplicativo desenvolvido nesse projeto.

Uma decisão não intuitiva foi a de enviar duas vezes os mesmos dados para o Firebase, sendo a primeira função um *push*, aonde temos a criação de uma nova área com eles, assim os guardando em um novo filho dentro de seu poste pai, porém, por medidas de segurança do próprio serviço quando se é realizada esta função, a identificação de tal é determinada aleatoriamente, portanto dificultando a leitura do aplicativo, então ocorre o segundo envio a partir de uma função *set*, em que temos a atualização de um filho específico do poste pai nomeado Atual, facilitando a leitura pelo aplicativo.

Os dados ficam guardados e organizados como representados abaixo (Figura 26), sendo o nome de cada variável autoexplicativo.

Figura 26 – Exemplo De Dados Recebidos Dos Sensores no Firebase

```
data: ""2022-06-11T13:08:53.710734-03:00""
temperaturaBateria: 23
temperaturaLed: 23
tensaoBateria: 11.54657
tensaoPlaca: 12.86523
tensaoResistorLed: 0
umidadeRCaixa: 72
```

Fonte: Autor

4.3 APLICATIVO

Uma das principais vantagens da implementação do sistema supervisor é que os dados medidos estarão disponíveis para os moradores da comunidade, embaixadores e voluntários. Através do aplicativo todos terão o acesso aos dados da bateria, placa solar, LED e da umidade relativa do ar em tempo real de forma simples.

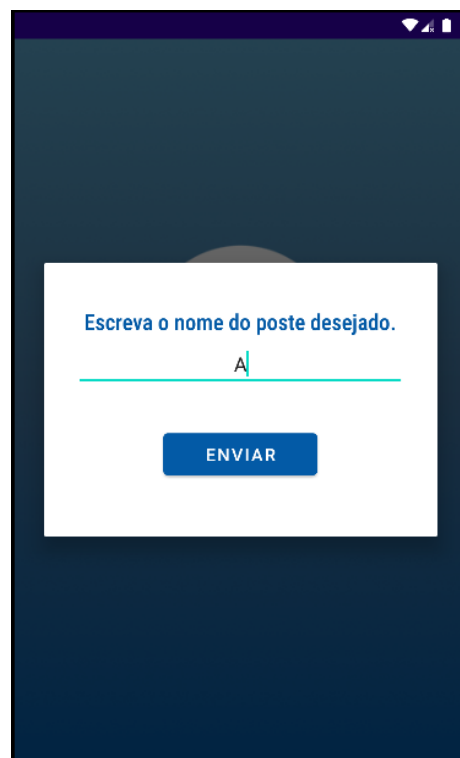
O primeiro aplicativo móvel do Litro de Luz Brasil contém os procedimentos de manutenção do poste, mostrando tutoriais passos a passo que auxiliam o voluntário ou embaixador a fazer manutenção nos sistemas disponíveis. Como ligar o sistema, fazer medições de tensão e outros passos básicos. O aplicativo desenvolvido nesse projeto, mostra as medições

do sistema feita em tempo real, não sendo mais necessário que o embaixador ou voluntário vá até o poste medir.

A ideia inicial do aplicativo estava dependendo de muitos fatores e as soluções pensadas foram: acrescentar no aplicativo existente o sistema de monitoramento, criar um aplicativo somente para o sistema de monitoramento ou criar um portal hospedado na internet no lugar de um aplicativo para celular. Levando em consideração a burocracia de alterar o aplicativo existente, optou-se por criar um aplicativo *mobile*, com o *frontend* desenvolvido na linguagem Java através do Android Studio. O banco de dados do projeto foi hospedado na plataforma Firebase, que oferece serviços gratuitos para projetos de pequeno porte. Uma das problemáticas de um novo aplicativo era a quantidade de memória que ocuparia no celular dos usuários, esse parâmetro foi importante na hora do desenvolvimento, para isso o aplicativo foi desenvolvido com um layout simples e eficiente, possuindo assim um tamanho de menos de 20MB.

O aplicativo começa com uma tela inicial, onde o usuário entra com o nome referente ao poste que deseja monitorar, como podemos observar na (Figura 27).

Figura 27 – Tela inicial do aplicativo



Fonte: Autor

Ao entrar com a escolha o valor selecionado é enviado para as próximas telas passando um valor extra na chamada da próxima tela. Os dados do monitoramento estão divididos em quatro seções: Status do Led, placa solar, status da caixa e bateria, de acordo com a (Figura 28).

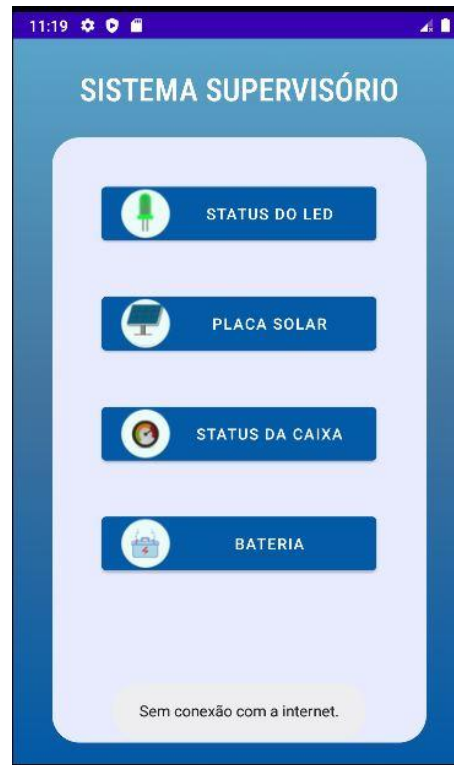
Figura 28 – Menu principal do aplicativo



Fonte: Autor

A comunicação com o banco de dados só ocorre quando o aparelho de celular possuir uma conexão com a internet estabelecida, quando isso não ocorre o aplicativo informa que está sem conexão e não devolve os dados do banco, conforme a (Figura 29).

Figura 29 – Aviso sem conexão de internet



Fonte: Autor

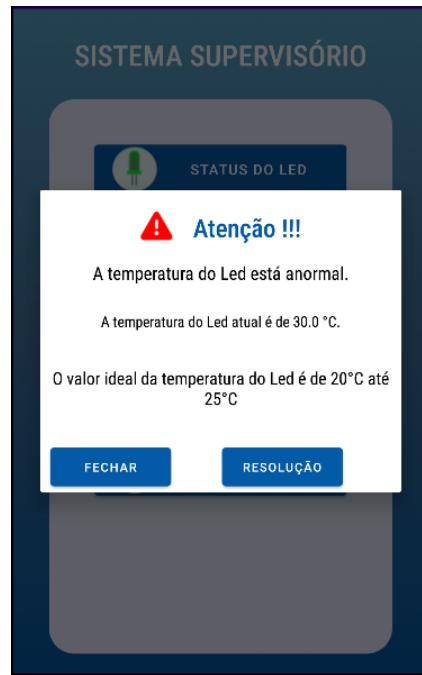
Figura 30 – Tela de status da placa atualizada



Fonte: Autor

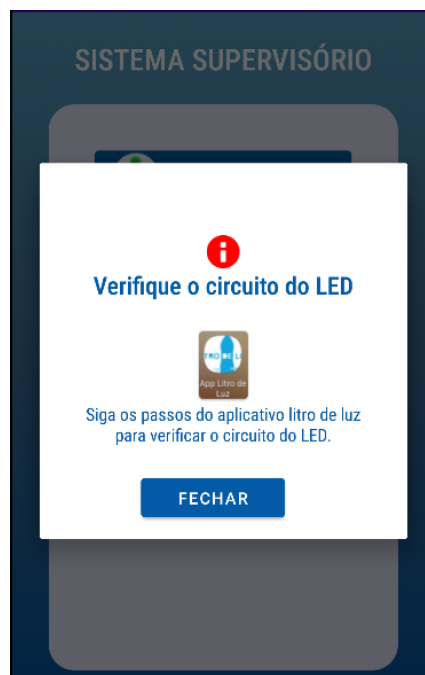
Quando os dados monitorados estiverem distintos dos valores de referência, diz-se que este dado está anormal e gera uma tela de aviso informando a anormalidade do sistema (Figura 31) e a medida a qual o usuário deve seguir (Figura 32).

Figura 31 – Aviso de anormalidade de temperatura



Fonte: Autor

Figura 32 – Aviso da medida que deve ser tomada



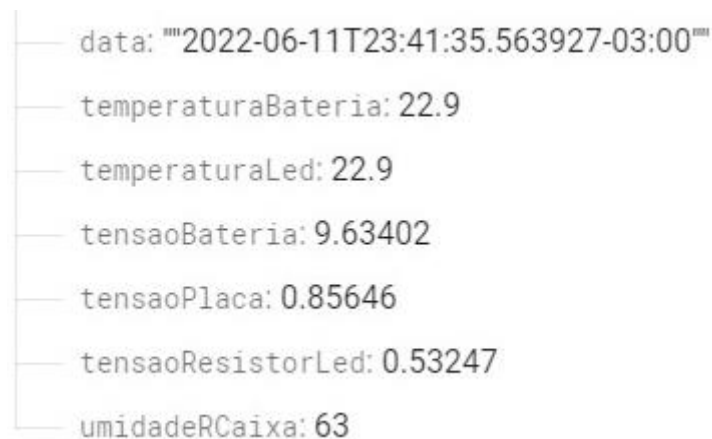
Fonte: Autor

O aplicativo desenvolvido será de grande importância na identificação de problemas no circuito do poste. Conforme necessidade do Litro de Luz é possível desenvolver mais alertas para diferentes anormalidades.

5 TESTES E RESULTADOS OBTIDOS

Todos os materiais utilizados nos postes solares são novos, assim como todos os componentes, dessa forma espera-se que os valores medidos na tensão da bateria sejam próximos a das especificações técnicas, 12 V. Este comportamento é observado no simulador do IDE, para as medições lidas no sensor de tensão conectado em paralelo com a bateria.

Figura 33 – Simulação da tensão na bateria



```
data: "2022-06-11T23:41:35.563927-03:00"
temperaturaBateria: 22.9
temperaturaLed: 22.9
tensaoBateria: 9.63402
tensaoPlaca: 0.85646
tensaoResistorLed: 0.53247
umidadeRCaixa: 63
```

Fonte: Autor

Por fim, verifica-se o funcionamento pleno dos outros parâmetros, como tensão, temperatura e umidade dos dois outros componentes (LED e placa solar), realizando medições através do software e analisando a leitura e o comportamento dos sensores instalados no sistema.

Para realizarmos o monitoramento dos componentes, todas as análises, medições e comunicações entre os sensores e o banco de dados, foram obtidos através da observação dos parâmetros de tensão, umidade e temperatura diretamente do aplicativo.

6 CONCLUSÕES

Esse projeto foi desenvolvido em conjunto com a ONG Litro de Luz Brasil com o intuito de ajudar e providenciar iluminação para aqueles que sofrem com a desigualdade. Foi elaborado e implementado um sistema supervisor, utilizando o conceito de internet das coisas, para assim facilitar o acesso à informação e dar suporte aos moradores das comunidades incluídas pela ONG. Também foi criado um aplicativo, onde é possível visualizar todos os parâmetros que são monitorados pelo sistema desenvolvido nesse projeto.

Com o objetivo de conseguir uma relação ideal de custo-benefício, para que se mantivesse baixos gastos e ainda assim um sistema efetivo, foi utilizado deste projeto o ESP32 e diversos sensores especificados anteriormente. Desse modo, será possível implementar o sistema supervisor desenvolvido ao sistema já existente e utilizado pelo Litro de Luz Brasil.

Após toda modelagem, dimensionamento e testes iniciais, foi instalado o poste do Litro de Luz Brasil, juntamente com o sistema supervisor desenvolvido, dentro do Campus da FEI de São Bernardo do Campo. Dessa forma foi possível observar na prática o funcionamento do projeto, fazer testes e analisar sua eficiência.

Os resultados obtidos na leitura e envio dos dados de ambos os postes medidos foram satisfatórios, e apesar das modificações realizadas no decorrer dos testes, os resultados foram correspondentes aos esperados, concluindo o projeto com sucesso. Também foram identificadas algumas sugestões de melhorias do projeto, que podem ser futuramente desenvolvidas pelos voluntários da própria ONG. Como, otimização e simplificação do código criado para facilitar o entendimento dos voluntários e até embaixadores, substituição de bateria mais simplificada e bem mais barata para alimentação do sistema supervisor e a implementação de uma segurança de dados medidos.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Panorama da Solar Fotovoltaica no Brasil e no Mundo**. 2021. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 16 nov. 2021.

ALFACOMP. **Iot – internet of things**. 2020. Disponível em: https://alfacomp.net/portfolio-item/iot-internet-of-things/?gclid=EAIaIQobChMIImOu4-4qn9AIVOh-tBh1oHAXsEAAYAAEgIT1_D_BwE. Acesso em: 19 nov. 2021.

ALMEIDA, Rildo; SILVA, Gesiel; FELIX, João; GUIMARÃES, Emerson. **Sistema de monitoramento do consumo de energia elétrica utilizando a tecnologia Arduino**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, jul. 2021. DOI:10.34117/bjdv7n7-461. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/33251/pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

ANEEL. **Aneel Divulga Prazos Para Universalização Da Energia Elétrica**. 2016. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-divulga-prazos-para-universalizacao-da-energia-eletrica/656877?inheritRedirect=false. Acesso em: 15 nov. 2021.

ARDUINO. **Arduino Mega 2560 Rev3**. 2021. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560>. Acesso em: 18 nov. 2021.

ARDUINO. **Getting started with Arduino tools**. 2021. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/getting-started-with-arduino-tools>. Acesso em: 16 nov. 2021

ARDUINO. **What is Arduino?**. 2021. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/whats-arduino>. Acesso em: 16 nov. 2021.

ARDUINO E CIA. **Como usar módulo cartão micro SD Arduino**. 2020. Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/como-usar-modulo-cartao-micro-sd-arduino/>. Acesso em: 21 nov. 2021.

BAU DA ELETRONICA. **Sensor de umidade e temperatura**. Disponível em: https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11.html?gclid=Cj0KCQIAkNiMBhCxAARIsAIDDKNWswEWPZa1_CjK6hMgLsB3hUhS1KatoBTpdQJndN53KZP-3E_j2lQsaAo1eEALw_wcB. Acesso em: 18 nov. 2021.

CAMPOS, Mateus. **Crise Energética no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/crise-energetica-no-brasil.htm>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CARVALHO, Alexandre; MILLÉO, Lucas; **Desenvolvimento de um sensor de corrente elétrica a partir de um sensor de efeito hall**. TCC (Tecnologia em automação industrial) – Universidade tecnológica federal do Paraná, Ponta Grossa. 2017. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16890/1/PG_COAUT_2017_2_06.pdf. Acesso em: 16 nov. 2021.

CASTELHANO, Maria. **História da Eletricidade**. 2017. Disponível em: <https://docplayer.com.br/58743212-Historia-da-eletricidade.html>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CONTENT, Rock. **Conheça Firebase: a ferramenta de desenvolvimento e análise de aplicativos mobile**. 2019. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/firebase/>. Acesso em: 21 abr. 2022.

CUNHA, Kianne; ROCHA, Rodrigo. **Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino**. Revista eletrônica Competências digitais para agricultara familiar. Disponível em: <https://owl.tupa.unesp.br/recodaf/index.php/recodaf/article/view/13/24>. Acesso em: 20 nov. 2021.

MOBIZT. **Firestore Arduino Client Library for ESP8266 and ESP32**. Disponível em: <https://github.com/mobizt/Firebase-ESP-Client>. Acesso em: 11 abr. 2022.

MOUSER. **Datasheet ESP32**. Disponível em: https://br.mouser.com/datasheet/2/891/esp32_wroom_32d_esp32_wroom_32u_datasheet_en-1365844.pdf. Acesso em: 21 abr. 2022.

FILIFELOP. **Datasheet DHT11**. Disponível em:

https://www.filieflop.com/img/files/download/Datasheet_DHT11.pdf. Acesso em: 18 nov. 2021.

FILIFELOP. **Módulo Cartão Micro SD**. Disponível em:

<https://www.filieflop.com/produto/modulo-cartao-micro-sd/>. Acesso em 21 nov. 2021.

FILIFELOP. **Sensor de Temperatura LM35**. Disponível em:

<https://www.filieflop.com/produto/sensor-de-temperatura-lm35dz/> . Acesso em: 18 nov. 2021.

FILIFELOP. **Sensor de umidade e temperatura**. Disponível em:

<https://www.filieflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/>. Acesso em: 18 nov. 2021.

GOUVEIA, Rosimar. **Energia Elétrica**. [s.d.]. Disponível em:

<https://www.todamateria.com.br/energia-eletrica/>. Acesso em: 01 nov. 2021.

GOVERNO DO BRASIL. **Governo Apresenta Medidas Para Garantir Fornecimento de Energia Elétrica**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/governo-apresenta-medidas-para-garantir-fornecimento-de-energia-eletrica>. Acesso em: 02 nov. 2021.

HOLZMANN, Henrique; DALLAMUTA, João. **Coleção desafios das engenharias:**

Engenharia mecânica. Edição 1. Atena editora, 2021. Disponível em:

<https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/53793>. Acesso em: 19 de nov. 2021

LITRO DE LUZ BRASIL. **Sobre nós**. 2021. Disponível em:

<https://www.litrodeluz.com/sobre-nos>. Acesso em: 14 nov. 2021.

LOURENÇO, Fabricio. **Estudo de confiabilidade de baterias de chumbo-ácido e o impacto do tempo de pátio na sua confiabilidade**. Tese (Engenharia automotiva) – universidade de São Paulo. 2010. Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3149/tde-26122014-180708/publico/Tese_LourencoFabricio.pdf. Acesso em: 18 nov. 2021.

MARQUES, Jemerson. **O que é ESP-NOW – E como funciona? Código exemplo explicado!!!**. 2020. Disponível em: <https://www.fvml.com.br/2020/01/o-que-e-esp-now-e-como-funciona-codigo.html?showComment=1602025572334&m=1#:~:text=Como%20funciona%20o%20protocolo%20ESP,FI%20para%20outro%20sem%20conex%C3%A3o>. Acesso em: 21 abr. 2022.

MATTEDE, Henrique. **Quem descobriu a eletricidade**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/quem-descobriu-a-eletricidade/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

MATTOS, Alessandro. **Telemetria e conceitos relacionados**: Uma visão geral dos sistemas de telemetria com ênfase em aplicações aeroespaciais. 2004. São José dos Campos. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=6sLBOUMaFrMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=telemetria+&ots=tDXQl8JJNm&sig=9-ZoJC_WaLT6mEGAXBy3GiI_HF4#v=onepage&q&f=true. Acesso em: 14 nov. 2021.

MEDEIROS, Macello. **O lugar na comunicação**: um estudo sobre a comunicação locativa em zonas bluetooth. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/4755>. Acesso em: 21 nov. 2021.

NASCIMENTO, Felipe. **Aprenda a configurar a rede WiFi do ESP32 pelo smatphone**. 2020. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/aprenda-a-configurar-a-rede-wifi-do-esp32-pelo-smartphone/>. Acesso em: 21 abr. 2022.

NICAGAWA. **Medidores de sensor capacitivo e resistivo**: entenda a diferença. Disponível em: <https://www.nicawe.com.br/medidores-de-sensor-capacitivo-e-resistivo-entenda-a-diferenca/>. Acesso em: 20 nov. 2021.

PATRIOTA, Raniere. **Energia Solar no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.libertyenergia.eco.br/saiba-como-esta-o-cenario-atual-da-energia-solar-no-brasil/>. Acesso em: 14 nov. 2021.

PORTAL SOLAR. **Dados do mercado de energia solar no brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 01 nov. 2021.

PORTAL SOLAR. **Energia Elétrica: Como funciona**. [s.d.]. Disponível em: portalsolar.com.br/energia-eletrica-como-funciona#. Acesso em: 01 nov. 2021.

RADAR INDUSTRIAL. **Painel Solar Fotovoltaico Policristalino de 20W Komaes Solar**. Disponível em: <http://www.radarindustrial.com.br/produto/155826/painel-solar-fotovoltaico-policristalino-de-20w-komaes-solar-kmp20.aspx>. Acesso em: 17 nov. 2021.

REIS, Lineu; SANTOS, Eldis. **Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos Tecnológicos, Socioambientais e Legais**. 2014. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=HqZOCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=energia+el%C3%A9trica&ots=vDdhUH6E3U&sig=-QcQeKQ4aQKZwsGc6eAS-P5JMCo#v=onepage&q=energia%20el%C3%A9trica&f=false>. Acesso em: 10 out. 2021.

RESUMO ESCOLAR. **Eletricidade**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.resumoescolar.com.br/fisica/eletricidade/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

ROBOCORE. **Sensor de Tensão - 0 a 25V**. Disponível em: <https://www.robocore.net/sensor-corrente-tensao/sensor-de-tensao-0-a-25v>. Acesso em: 20 fev. 2022.

RODRIGUES, Robson. **Estudo Aponta que 660 Milhões de Pessoas Não Terão Acesso À Energia Elétrica em 2030**. 2021. Disponível em: <https://canalenergia.com.br/noticias/53175816/estudo-aponta-que-660-milhoes-de-pessoas-nao-terao-acesso-a-energia-eletrica-em-2030>. Acesso em: 15 nov. 2021.

RONTEK. **Vantagens e limitações das baterias de chumbo-acido.** Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-de-chumbo/vantagens-e-limitacoes-das-baterias-seladas-de-chumbo-acido>. Acesso em: 18 nov. 2021.

SÓ FÍSICA. **História da Eletricidade.** 2008. Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/HistoriaDaFisica/historiadaeletricidade.php>. Acesso em: 10 nov. 2021.

SYLVESTRIN, Giovane. **Desenvolvimento de um sistema embarcado adaptável para o gerenciamento de bateria utilizando tecnologias abertas.** Dissertação (Pós-graduação em engenharia elétrica e computação) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu. 2020. Disponível em: [Giovane_Ronei_Sylvestrin_2020.pdf](#). Acesso em: 17 nov. 2021.

TECHTUDO. **Como encontrar o melhor sinal WiFi com o aplicativo WiFi Manager?**. 2015. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2015/09/como-encontrar-o-melhor-sinal-wi-fi-com-o-aplicativo-wifi-manager.ghml>. Acesso em: 21 abr. 2022.

TEXAS INSTRUMENT. **LM35 Temperature Sensors.** Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf> . Acesso em: 18 nov. 2021.

TMHOBBIES. **Bateria LiFe.** Disponível em: <https://www.tmhobbies.com.br/produto/bateria-life-2100mah-99v-3s-ecu-de-turbina-tm-hobbies.html>. Acesso em: 19 nov. 2021.

TMHOBBIES. **Bateria LiFe.** Disponível em: <https://www.tmhobbies.com.br/produto/bateria-lipo-850mah-111v-3s-60c-aeromodelo-drone-shockflyer.html>. Acesso em: 19 nov. 2021.

TZAPU. **WiFiManager.** Disponível em: <https://github.com/tzapu/WiFiManager>. Acesso em 21 abr. 2022.

USINAINFO. **Sensores de Corrente.** Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-corrente-arduino/sensor-de-corrente-ac712-5a-ac-dc-com-efeito-hall-2550.html>. Acesso em: 17 nov. 2021.

USINAINFO. **Sensores de Tensão**. Disponível em:

https://www.usinainfo.com.br/sensores/sensor-de-tensao-dc-0-25v-para-arduino-p25-4364.html?search_query=sensor+de+tensao&results=318. Acesso em: 17 nov. 2021.

VIDAL, Vitor. **10 protocolos de IoT que você deveria conhecer**. 2017. Disponível em:

<https://www.profissionaisti.com.br/10-protocolos-de-iot-que-voce-deveria-conhecer>. Acesso em: 17 nov. 2021.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. 2010. Artigo (Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá) – Universidade Estadual Paulista. Disponível em:

<https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2021.

WWF. **Acesso à Energia com Fontes Renováveis em Regiões Remotas no Brasil**. 2020.

Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?76422/Acesso-a-energia-com-fontes-renovaveis-em-regioes-remotas-no-brasil>. Acesso em: 15 nov. 2021.

ZAGO, Ricardo; **Telemetria para robôs de combate**. TCC (Curso superior de Tecnologia em Redes de Computadores) – Universidade federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

2016. Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/495/2018/12/Ricardo-Zago.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.