

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ALEXANDRE CORREIA GUIMARÃES

**INTERNET DAS COISAS UMA ABORDAGEM SOBRE APLICAÇÕES
EM SUBESTAÇÕES INTELIGENTES**

**VOLTA REDONDA
2021**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**INTERNET DAS COISAS UMA ABORDAGEM SOBRE APLICAÇÕES
EM SUBESTAÇÕES INTELIGENTES**

**Monografia apresentada para
aprovação no Curso de Engenharia
Elétrica do UniFOA, como requisito para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Elétrica.**

Discente:

Alexandre Correia Guimarães

Orientador:

Prof. M.Sc Cláudio Márcio de Freitas da
Silva

Coorientador:

Prof. Esp. Aloano Régio de Almeida Pereira

VOLTA REDONDA

2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

ALEXANDRE CORREIA GUIMARÃES

**INTERNET DAS COISAS UMA ABORDAGEM SOBRE APLICAÇÕES EM
SUBESTAÇÕES INTELIGENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da UniFOA Volta Redonda-RJ, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Elétrico.

Aprovado em 23 de março de 2021.

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADOR

Prof. M.Sc Cláudio Márcio de Freitas da
Silva

Prof. Esp. Aloano Régio de Almeida
Pereira

Agradeço a Deus e a minha família, razão de minha existência, que me auxiliou nesse longo processo para concluir este ciclo da graduação. Agradeço a meu orientador pela paciência e grandes ensinamentos.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

RESUMO

Observando as Subestações atuais constatamos que existem várias limitações devido à falta de comunicação entre os dispositivos. Podemos relacionar alguns problemas:

- Sistemas de automação proprietários que dificultam a intercomunicação entre dispositivos de diferentes fabricantes;
- Manutenção complicada devido a incompatibilidade de equipamentos de fabricantes diversos;
- Usuários sofrem com a falta de padronização na conversa dos equipamentos.

Este trabalho apresenta a solução desses problemas através de uma nova tecnologia que pretende facilitar o diálogo entre dispositivos, chamada de Internet das Coisas. Com isso deseja-se aumentar a eficiência da proteção de Subestações e minimizar os danos em casos de falhas no sistema elétrico. Neste trabalho serão apresentados conceitos preliminares necessários ao entendimento dos esquemas, sistemas de automação e comunicação. Em seguida detalhamos os principais conceitos das normas e protocolos que tratam da padronização da comunicação entre os dispositivos da Subestação. Apresentamos um protótipo de uma subestação utilizando o microcontrolador ESP8266 exemplificando uma aplicação em escala reduzida de uma Subestação.

Palavras-Chaves: Internet das Coisas; Subestação; ESP8266.

ABSTRACT

Observing the current Substations, we find that there are several limitations due to the lack of communication between the devices. We can list some problems:

- Proprietary automation systems that make communication between devices from different manufacturers difficult.
- Complicated maintenance due to incompatibility of equipment from different manufacturers.
- Users suffer from a lack of standardization in equipment communication.

This work presents the solution to these problems through a new technology that aims to facilitate communication between devices, called the Internet of Things. With this, the aim is to increase the efficiency of the protection of Substations and minimize damage in cases of failures in the electrical system. In this work, preliminary concepts necessary to understand the schemes, automation and communication systems will be presented. Next, we detail the main concepts of the IEC 61850 standard, which deals with the standardization of communication between Substation devices. In conclusion, we present the reduced scheme of a Substation used to represent a real Substation and the scheme assembled with the ESP8266 microcontroller.

Key words: Internet of things, Substation, ESP8266.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Problema Abordado	12
1.2	Justificativa	14
1.3	Estratégias de Pesquisa	15
1.4	Estrutura do Projeto.....	15
1.5	Objetivo Geral.....	15
1.5.1	Objetivos Específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Definição de internet das coisas	17
2.2	Subestações	20
2.2.1	Tipos de subestações	20
2.3	Norma IEC 61850	23
2.4	Norma 60870-5-101.....	26
2.5	Protocolo TCP/IP.....	27
2.6	Protocolo MODBUS.....	28
2.7	Protocolo DNP3.....	31
2.8	Protocolo MQTT.....	35
2.9	Sensores.....	37
3	METODOLOGIA	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
7	ANEXO 1	64
8	APÊNDICE 1	65

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Genius Smart Lock
- Figura 2 – Projeto Mobii
- Figura 3 – Subestação Blindada
- Figura 4 – Subestação Digital
- Figura 5 – Modelo IEC 61850
- Figura 5A - SAMU IEC 61850 para painel da subestação
- Figura 6 – Comparativo entre os protocolos TCP/IP e OSI
- Figura 7 – Funcionamento do Broker MQTT
- Figura 8 – Sensor de temperatura
- Figura 9 – Sensor de corrente
- Figura 10 – Transformador de corrente
- Figura 11 – Sensor de tensão
- Figura 12 – Multimedidor Elétrico
- Figura 13 – Sensor de Vibração
- Figura 14 – Microcontrolador
- Figura 15 – Sensor de luminosidade
- Figura 16 – Relé de Proteção de arco VAMP Schneider
- Figura 17 – Sensor termovisor
- Figura 18 – Imagem capturada pelo termovisor
- Figura 19 – Sensor de nível de água
- Figura 20 – Sensor de inundação
- Figura 21 – Montagem de protoboard
- Figura 22 – Esquema Elétrico do protótipo
- Figura 22A: Fluxograma da programação do protótipo
- Figura 23 – Monitor Serial IDE Arduino
- Figura 24 – Página da Web
- Figura 25 - Monitor Serial atualização

Figura 26 - Pinagem do microcontrolador

1 INTRODUÇÃO

A essência do sistema elétrico de potência empregado atualmente, foi concebido a muitos anos atrás, as linhas de transmissão, usinas de geradoras e sistemas de distribuição. Em relação as subestações e equipamentos que a compõem como transformadores, chaves seccionadoras, estes ainda utilizam tecnologias que não evoluíram nos últimos anos. Algumas exceções em relação aos relés de proteção microprocessados, disjuntores SF6 e painéis solares que surgiram com novas tecnologias. Porém, o sistema elétrico ainda está fundamentado em usinas geradoras distantes dos centros urbanos e longas linhas de transmissão.

O sistema de geração baseado em usinas hidrelétricas produz grandes efeitos ambientais e sociais. Nos últimos anos a construção de usinas que utilizam a água represada para geração de energia tem causado discussões e a mudança na legislação com o intuito de proteger o meio ambiente.

Outrossim, durante períodos de longa seca, a variação da quantidade de água nos reservatórios tem causado grandes problemas em algumas cidades brasileiras, bem como a crescente demanda por energia elétrica nos força a buscar novas soluções para atender o crescimento populacional.

Conforme a ANEEL, em 2019, 4.755 MW foram produzidos por usinas hidrelétricas de grande porte, entre as quais se destaca Belo Monte, que completou sua motorização com 3.667 MW injetados na rede. No entanto, as fontes eólicas e solar se destacaram entre os novos empreendimentos, o que demonstra a diversificação da matriz energética.

1.1 PROBLEMA ABORDADO

Atualmente podemos observar como a tecnologia está se desenvolvendo rapidamente, estabelecendo novas diretrizes no universo em que vivemos. Observamos que as subestações ainda não estão atualizadas tecnologicamente falando, e que há um longo caminho a percorrer até conseguir a interligação de grande parte das subestações e garantir a qualidade de fornecimento que necessitamos. A ideia é conseguir uma energia mais limpa ecologicamente falando, ou seja, de fontes renováveis como energia solar, energia eólica, energia hidrogênio. Será que algum dia conseguiremos alcançar esse nível?

A dificuldade de comunicação entre os dispositivos de uma subestação é notória pois existem diversos protocolos e cada fabricante de equipamento utiliza uma tecnologia diferente. A norma IEC 61850 conseguiu ajudar na questão de comunicação ao estabelecer padrões para modelagem dos dispositivos de automação de Subestações proporcionando uma economia na implantação de uma nova Subestação. A automatização dos painéis de controle, possibilitou a substituição dos intertravamentos feitos por cabos no painel convencional, por circuitos lógicos e álgebra de Boole.

A utilização da Internet das Coisas em Subestações será mais uma opção para monitorar o desgaste dos equipamentos ao gerar um relatório com a temperatura nos contatos das chaves seccionadores por exemplo.

Isso vai de encontro com a nova indústria 4.0 que possui seis princípios. O primeiro é o tempo real, que determina a experiência de coletar e tratar dados de forma instantânea, permitindo uma tomada de decisão qualificada quase imediatamente. O segundo é a virtualização que propõe uma cópia virtual das fábricas inteligentes, com sensores espalhados em toda a planta é possível rastrear e monitorar de forma remota todos os processos. A terceira é a descentralização, a própria máquina é encarregada pela tomada de decisão, pois tem capacidade de se autoajustar, avaliar as necessidades da fábrica instantaneamente e fornecer informações sobre os ciclos de trabalho. A quarta é a orientação a serviços, conceito em que softwares são orientados a apresentarem soluções como serviços, conectados com toda a indústria. Em quinto temos a modularidade que permite o

acoplamento e desacoplamento de módulos conforme a demanda da fábrica, oferecendo grande flexibilidade na alteração de tarefas. E em sexto temos a interoperabilidade, em que máquinas e sistemas possam conversar entre si.

Uma das tecnologias que viabilizam a indústria 4.0, é a Internet das coisas, possibilita que máquinas gerem relatórios instantâneos de produção para o software de gestão na nuvem. Big data é o termo utilizado para mencionar uma quantidade imensa de dados que é coletada e armazenada diariamente na rede. São esses dados que possibilitam as máquinas trabalharem com maior eficiência. A inteligência artificial é o que permite a tomada de decisão da máquina sem a interferência humana. Também os cobots que são robôs colaborativos, poderão colaborar com os humanos, porém serão incapazes de feri-los pois possuirão sensores que paralisam qualquer movimento antes de prejudicar uma pessoa.

A pergunta que fazemos é se essas tecnologias serão capazes de melhorar a vida da humanidade?

1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha deste tema é recente e carecida de respostas no mercado de forma mais abrangente e atingível, o que permite uma série de oportunidades de negócio cujo objetivo é seu crescimento e aplicação.

As subestações estão passando por transformações e inovações que trazem oportunidades para que se criem condições básicas de desenvolvimento de automação. Essa dissertação tem por objetivo propor uma oferta de dispositivos com preços competitivos para promover a melhoria do monitoramento e controle de subestações distribuidoras.

Esta dissertação trabalhou com a hipótese de que, usando um protótipo constituído de um módulo ESP8266, servidor simples para troca de informações (Broker MQTT), sensores especiais, pode-se oferecer um sistema de automação com valores acessíveis para utilização em Subestações de distribuição, onde o técnico responsável pela manutenção poderá contar com serviços que proporcionarão um relatório detalhado sobre o funcionamento dos equipamentos em tempo real.

1.3 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

Em nosso trabalho a estratégia de pesquisa adotada será de um experimento utilizando a placa node MCU com o microcontrolador ESP8266 e sensores do Arduino, um computador, uma rede WiFi para acesso à internet que permitirá simular uma Subestação em tamanho reduzido.

1.4 ESTRUTURA DO PROJETO

O trabalho está estruturado da seguinte forma. No capítulo 2 explicamos alguns conceitos básicos para o entendimento do assunto como as normas de comunicação entre subestações e protocolos de comunicação. No capítulo 3 apresentamos metodologia utilizada para realização do experimento que simula uma subestação. No capítulo 4 apresentaremos as discussões e no capítulo 5 as condições finais sobre o trabalho.

1.5 OBJETIVO GERAL

Após as observações apresentadas, este trabalho tem por objetivo construir um protótipo com valores acessíveis para utilização como instrumento de supervisão de Subestações de distribuição, examinando os conhecimentos disponíveis de trocas de informações sem cabos disponíveis e os dispositivos com valores reduzidos para seu funcionamento. Será utilizada uma página de acesso via browser para interface com o usuário e vários dispositivos eletrônicos de custo de aquisição acessíveis.

1.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos, estão relacionados abaixo:

- Comprovar quais são as opções atuais sobre IoT em termos de padronização no Brasil e no mundo;
- Sugerir um modelo de sistema IoT numa aplicação em Subestação que utilize dispositivos com preços acessíveis;

- Relacionar os sensores existentes para soluções IoT explicando seu princípio de funcionamento;
- Executar a montagem de um sistema, a título de protótipo, aproveitando as instalações da ACG Group / FG, para validação do modelo proposto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta parte apresentaremos uma atualização das ideias de conhecimento relacionadas à proposta deste trabalho. Com o propósito de auxiliar a compreensão do assunto, ele está separado em seções que examinam as tecnologias disponíveis no mercado.

2.1. Definição de internet das coisas (IoT)

A Internet das Coisas se refere a uma revolução tecnológica que tem como objetivo conectar os itens utilizados em nosso dia a dia à rede mundial de computadores. Gradualmente aparecem eletrodomésticos, meios de transporte público e até mesmo tênis, roupas e fechaduras de portas conectadas à Internet e a outros dispositivos, como computadores e smartphones. A figura 1 mostra a fechadura inteligente Genius Smart Lock que pode ser acionada através de um smartphone via aplicativo.



Figura 1: A Genius Smart Lock é uma fechadura integrada com smartphones

Fonte: Techtudo, 2014

O entendimento é que gradualmente o mundo físico e o digital se convertam em um só, por dispositivos que conversam uns com os outros, servidores e suas nuvens. Equipamentos vestíveis, como o Google Glass e o Smartwatch 2, da Sony, transformam o deslocamento e a presença da Internet em diversos objetos em uma nova realidade.

A ideia de conectar objetos é discutida desde 1991, quando conexão TCP/IP e a Internet que conhecemos hoje começou a se popularizar. Bill Joy, cofundador da Sun Microsystems, pensou sobre a conexão de Device para Device (D2D), tipo de ligação que faz parte de um conceito mais amplo, o de várias webs.

A limitação de tempo e da rotina fará com que as pessoas se conectem à rede de outras maneiras. Segundo (Ashton, 1999) será possível acumular dados do movimento de nossos corpos com uma precisão muito maior do que as informações de hoje. Com esses registros, se conseguirá reduzir, otimizar e economizar recursos naturais e energéticos, por exemplo. Para o especialista, essa revolução será maior do que o próprio desenvolvimento do mundo online que conhecemos hoje.

O protótipo Mobii, que está sendo desenvolvido pela Ford e pela Intel, pretende reinventar o interior dos automóveis. Ao entrar em um carro com essa tecnologia, uma câmera vai fazer o reconhecimento do rosto do motorista, a fim de oferecer informações sobre seu cotidiano, recomendar músicas e receber orientações para acionar o mapa com GPS.

Se o sistema não reconhecer a pessoa, ele tira uma foto e manda as informações para o celular do dono, evitando furtos. Esse é um exemplo de um carro dentro de um ambiente da Internet das Coisas, com acessórios online e agindo de maneira inteligente. Na figura 2 é apresentada uma câmera que auxilia a monitorar o estado do motorista.



Figura 2: Project Mobii prevê instalação de diversas de câmeras e sensores dentro dos carros

Techtudo, 2014

O intuito do programa é prestar assistência no menor tempo possível e evitar acidentes com manutenções preventivas nos elevadores da marca. Essa iniciativa resulta em uma redução de custo e é um exemplo de aplicabilidade da Internet das Coisas em infraestrutura.

2.2 Subestações

Segundo o Dicionário da Energia Elétrica (Portal da Eletrobras, 2021) Subestação é definida como “instalação elétrica de alta-tensão ou baixa-tensão, que contém equipamentos para transmissão, distribuição, proteção e manuseio de energia elétrica. Funciona como ponto de controle de tensão e corrente e de transferência de potência em um sistema de transmissão ou de distribuição.”

2.2.1 Tipos de Subestações

Subestação Abaixadora é uma Subestação transformadora na qual a tensão de saída é menor do que a tensão de entrada. Normalmente instalada próxima a grandes cidades.

Subestação Aberta é uma Subestação na qual a isolação entre fases é feita pelo ar sob pressão atmosférica, e na qual nem todas as partes vivas são encerradas em invólucros. Este modelo é econômico, porém expõe os equipamentos a maior desgaste por intempéries.

Subestação Abrigada é uma Subestação construída em alvenaria ou em cabine metálica, não sujeita a intempéries. Este modelo assegura uma maior vida útil dos equipamentos, porém encontra-se suscetível a falha devido ao contato de animais pequenos com o barramento energizado.

Subestação Blindada é uma Subestação fabricada em cabine metálica em que os barramentos, relé de proteção, chaves seccionadoras, e demais equipamentos são instalados em cubículos metálicos individuais, cuja isolamento interno é assegurado por um gás diferente do ar. Este tipo de subestação oferece mais segurança pois existem barreiras internas nas cabines que dificultam a entrada de animais e impedem o acesso ao barramento. Na figura 3 apresentamos um exemplo de subestação blindada.



Figura 3: Subestação blindada

Fonte: Própria, 2020

Subestação Digital Inteligente trata-se de um novo modelo de subestação que possui capacidades preditivas, prescritivas e prognósticas da solução APM da Hitachi.

Esta Subestação substitui os fios de cobre por cabos de fibra óptica e propicia às empresas reduzir sua emissão de carbono com menos espaço e programar o investimento em tecnologia digital e análise em suas plantas. A disponibilidade de informações sobre mais componentes auxilia os operadores na tomada de decisão.

Ideias para tomada de decisões e suporte técnico disponível todos os dias da semana, ao aproveitar dados gerados pelos dispositivos e sensores.

O cliente tem acesso a uma rede global que conectados digitalmente disponibilizam um atendimento de classe mundial onde e quando necessário. Esta gama de serviços digitais oferece ainda o gerenciamento do ciclo de vida de ativos de toda planta fabril.

O mercado de subestações digitais deverá crescer com uma taxa de crescimento anual composta de 7,1 % nos próximos anos, podendo atingir US\$ 9,1 bilhões em 2025.

As subestações digitais extinguem as conexões elétricas entre os componentes de alta tensão e os painéis de proteção, possibilitando um espaço protegido, com custos de construção, engenharia, comissionamento, operação e manutenção reduzidos. A figura 4 apresenta uma Subestação Digital.

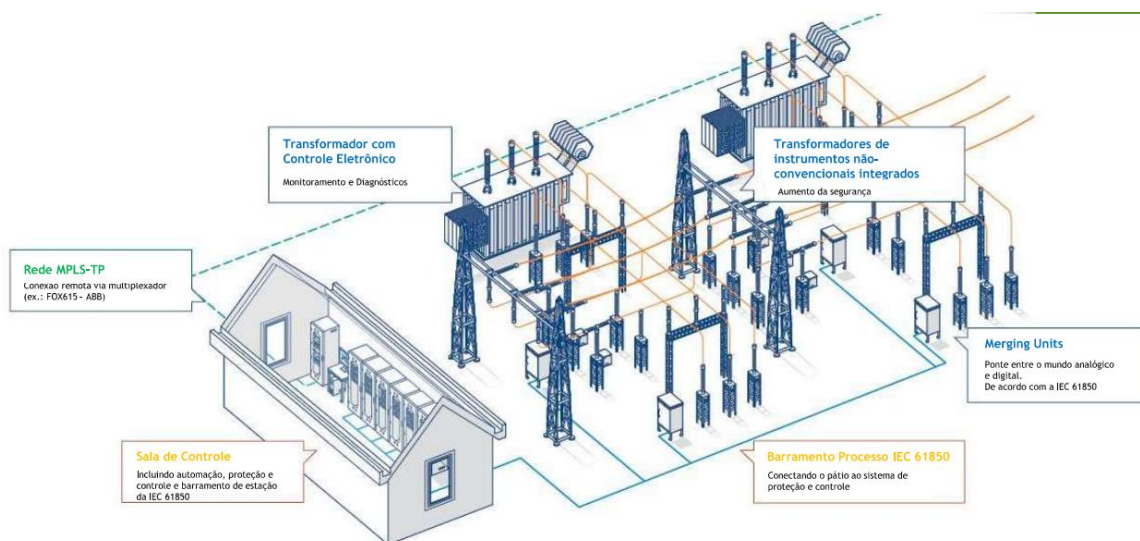


Figura 4: Subestação Digital

Fonte: ABB Cinase, 2008

2.3 Norma IEC 61850

A existência de vários protocolos proprietários dificulta a comunicação entre os relés de proteção e demais dispositivos dentro de uma subestação. A norma IEC 61850 veio com o intuito de padronizar essa comunicação e garantir a interoperabilidade e a intercambialidade dos equipamentos de um mesmo fabricante ou de fabricantes diferentes. A interoperabilidade tem o objetivo de garantir a troca de informações entre dois ou mais dispositivos e que as mensagens possam ser utilizadas para funcionalidade. Isto deve acontecer mesmo que os equipamentos tenham tecnologias de épocas diferentes. Por outro lado, a intercambiabilidade possibilita a substituição de um equipamento sem a perda da funcionalidade ou impactos no sistema elétrico.

A norma IEC 61850 adotou a tecnologia TCP/IP e focou na modelagem dos dispositivos de automação de subestação. A tecnologia de orientação a objetos da engenharia de software foi aplicada nesta tarefa e se baseia na camada de aplicação do modelo de rede de computador referência da ISO. A inteligência é distribuída nos dispositivos, disjuntor, seccionadora, TPs (transformadores de potencial) e TCs (transformadores de corrente). Os relés de proteção, por serem microprocessados, foram facilmente modelados. A infraestrutura para desenvolvimento de novos projetos substitui os cabos de controle em cobre por cabos de fibra ótica. Isso proporciona uma redução de custos na implantação, na logística e de esforço técnico. Os intertravamentos entre comandos passam a utilizar circuitos lógicos e álgebra de Boole.

A norma IEC 61850 criou a modelagem dos dispositivos de automação da subestação. Esta modelagem pode ser resumida em dispositivo lógico / nó lógico / objeto de dados.

Objeto de dados são as informações do tipo: posição aberta ou fechada de disjuntor, valor de medição de tensão, corrente, megawatt, megaVAr. Todas as grandezas elétricas da eletricidade trifásica foram modeladas. Eles são aproximadamente 350 objetos de dados.

Nó lógico (LN) é definido como uma sigla composta por quatro letras que identifica o equipamento.

Foram definidos 167 nós lógicos (LN). Divididos em 16 grupos lógicos (LG). Exemplo: Chave Seccionadora – Nó Lógico XSWI. Disjuntor – Nó Lógico XCBR. Transformador de corrente – Nó lógico TCTR. Transformador de Potencial – nó lógico TVTR. Cada dispositivo da subestação -e modelado como um nó lógico dentro do IED.

Especialistas alertam que o uso de GGIO não é a melhor escolha para a publicação de uma mensagem GOOSE. Essa prática se tornou normal com o intuito de garantir a interoperabilidade entre equipamentos de fabricantes distintos ou versões diferentes de um mesmo fabricante.

Na figura 5 podemos identificar o dispositivo TP (transformador de Potencial), que é ilustrado com a estrutura do nó lógico TVTR, que envia informação para o nó lógico PDIS (função de proteção distância 21) e posteriormente os envia para os nós lógicos RFLO (localizador de falhas) e RDRE (Gravador de distúrbios).

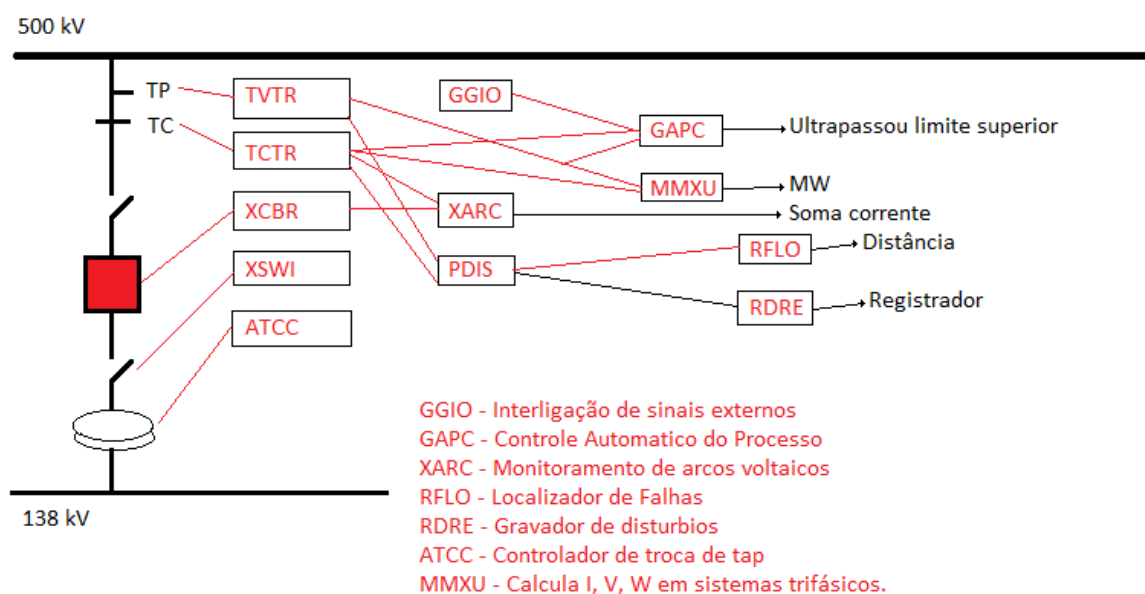


Figura 5: Modelo IEC61850 dispositivo lógico/nó lógico/objeto de dados

Fonte: Própria, 2021

As chamadas Merging Units têm a função de converter os sinais analógicos oriundos de transformadores de corrente e transformadores de potencial instalados no pátio da subestação e enviar aos IEDs localizados na sala de controle.

Um circuito elétrico que recebe valores analógicos de tensão e corrente, um conversor analógico-digital que realiza a amostragem de sinais e um processador que padroniza

o sinal digital em conformidade com a norma IEC 61850, formam os componentes de um Merging unit. Merging unit também podem trabalhar com informações sobre o estado dos disjuntores, chaves e medição sincronizada de fasores. Para que isso se torne possível é necessário adicionar módulos de entradas e saídas digitais, e então enviar as informações por mensagens GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event).

A Stand Alone Merging Unit (SAMU) é um dispositivo que permite a implementação de um barramento de processo da IEC 61850 ao converter os sinais analógicos dos TCs e TPs em valores em concordância com a norma IEC61850.

A SAMU de 19 polegadas, montada em suporte, pode ser instalada no painel de Proteção e Comando da subestação. É compatível com os protocolos de redundância PRP (Parallel Redundancy Protocol) e HSR (High availability Seamless Redundancy) que permitem redundância no canal de comunicação, sem perda de pacotes de comunicação. Esses protocolos possuem tempo zero de convergência em caso de falha de um link ou nó. O PRP é ideal para topologia estrela/barramento dupla e o HSR ideal para topologia em anel. Abaixo o modelo da ARTECHE para subestações.

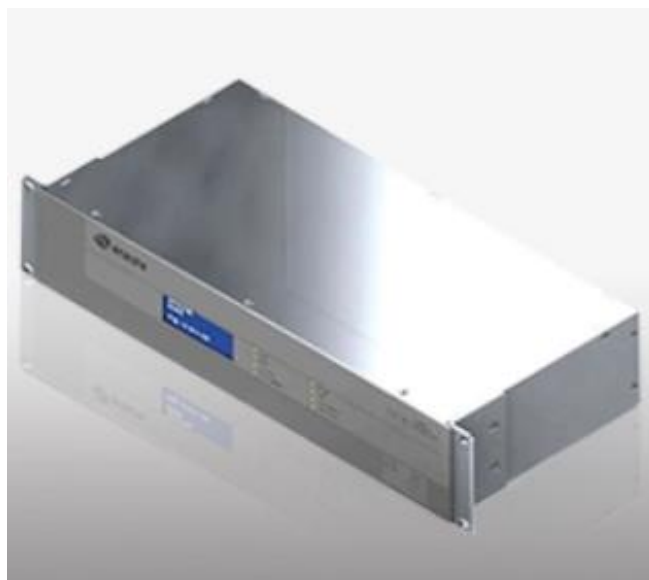


Figura 5A: SAMU IEC 61850 para painel da subestação

Fonte: ARTECHE, 2021

2.4 Norma IEC 60870-5-101

Especificado na década de 1980, muito utilizado na Europa. Concepção mestre/escravo, objetos de dados atendem o setor elétrico. Suporta modos de transferência de dados desequilibrados (mensagem iniciada pelo mestre) e equilibrados (iniciadas pelo mestre/escravo). Endereços de ligação e endereços ASDU são fornecidos para classificar a estação final e diferentes segmentos. Os dados são classificados em diferentes objetos de informação, e cada objeto de informação é fornecido com um endereço específico. Utiliza mecanismos separados para transferir os dados de alta prioridade e de baixa prioridade. Facilidade para sincronização de tempo.

Essa norma é dedicada ao monitoramento de sistemas de energia elétrica, controle e comunicações associadas para controle, proteção e telecomunicações.

O formato da moldura é 1 bit inicial, 1 bit de parada, 1 bit de paridade e 8 bits de dados. Frame com comprimento variável ASDU, Frame com comprimento fixo e caractere único são os três tipos de formatos de frame existentes.

As ASDUs (Application Services Data Units) carregam as formatações de medidas analógicas de 8, 16 ou 32 bits, pontos simples, pontos duplos, e tipos, definem se é uma leitura analógica, digital, controle etc.

Agilidade na comunicação. Tempo decorrido entre a detecção de um evento e a atuação de uma saída baseada em uma decisão lógica.

Taxa de transmissão:

- 1,2 a 19,2 kbps – IEC60870 101, DNP3, MODBUS.
- 100 Mbps – IEC 61850 – TCP/IP

2.5 Protocolo TCP/IP

O TCP/IP é um conjunto de protocolos de comunicação. Ele possibilita o envio e recebimento de dados na internet. Antes existiam diversos protocolos, porém o TCP/IP se tornou o mais utilizado por ser mais confiável. É utilizado em aplicações que não admitem tolerância à perda de pacotes.

Ele está dividido em quatro camadas: aplicação, transporte, rede e interface.

Na camada de aplicação encontramos o HTTP responsável pela navegação na web. O DNS realiza a conversão da URL do navegador em um número único, chamado endereço IP. O SMTP é empregado no envio de e-mails, o SSH proporciona uma conexão remota segura etc.

Transporte é a camada responsável pela comunicação entre dois pontos envolvidos. Responsável pela confiabilidade e integridade da comunicação. Verifica se o pacote chegou no destino e se os dados estão íntegros.

O protocolo UDP (User Datagram Protocol) possui uma conexão não tão confiável, porém permite a transmissão mais rápida da informação.

Sendo assim, temos UDP para tráfego de mídias (vídeos e áudios), pois a velocidade é mais importante do que a integridade e o TCP para conexão entre aplicações.

A figura 6 faz um comparativo entre o modelo TCP/IP e o modelo OSI.

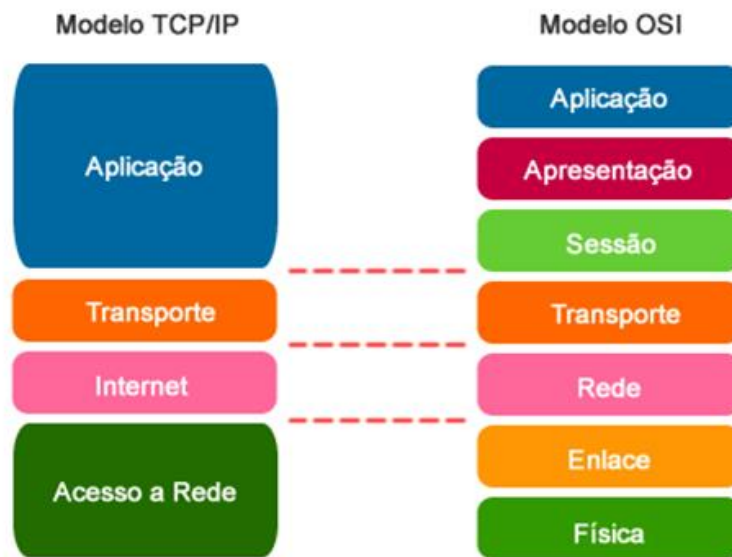


Figura 6: Comparativo entre os protocolos TCP/IP e OSI

Fonte: Datarain, 2021

Com o crescimento da rede sua capacidade de endereçamento está se tornando insuficiente.

2.6 Protocolo MODBUS

Este protocolo é utilizado para troca de mensagens entre dispositivos do tipo mestre escravo / cliente servidor. Desenvolvido nos anos 1970 pela Modicon que posteriormente foi adquirida pela Schneider Electric,

Este protocolo é utilizado no meio industrial e atende a diversos meios físicos: RS-232, RS-485 e Ethernet TCP/IP (MODBUS TCP). Cada um desses com velocidade de transmissão distintas.

O padrão RS-232 é apenas para comunicações do tipo ponto a ponto. A maior velocidade é de 115 kbps e a distância máxima de até 30 metros.

O padrão RS-485 já admite uma velocidade de 12 até 50 Mbps, porém deve ser levado em conta a distância entre os equipamentos, maior distância, menor a velocidade. É possível interligar no máximo de 32 dispositivos no barramento com a distância máxima de 1200 metros entre os dispositivos.

O padrão Ethernet possibilita velocidades que variam de 100 Mbps a 10 Gbps com um distanciamento de 100 a 200 metros. Algumas redes utilizam fibra ótica o que admite maiores velocidades.

Neste protocolo existem dois modos de transmissão: ASCII e RTU. Cada modo determina a maneira que será empacotada e descompactada a mensagem. Alguns equipamentos permitem a seleção do modo de transmissão, porém outros aceitam apenas um modo de comunicação fixo.

No modo ASCII a mensagem é enviada como dois caracteres ASCII, o que consome mais recursos da rede. O caractere dois pontos é utilizado para marcar o início de uma mensagem. Todos os dispositivos verificam a rede em busca da mensagem do mestre e decodificam o endereço para encaminhar ao escravo destinatário.

A mensagem é formada da seguinte forma: 1 bit de início, 7 bits de dados e 16 bits para checagem de erro, chamado LRC, checagem de redundância Longitudinal.

No modo RTU (Unidade de Terminal Remoto), a mensagem possui dois caracteres hexadecimais de 4 bits. Este modo permite um melhor processamento de dados. Neste modo a mensagem possui 8 bits para o endereço, 8bits para função, N vezes 8 bits para os dados e 16 bits para checagem de erro.

Neste modo o que indica o início e fim de uma mensagem é um tempo mínimo de 3,5 vezes o tempo de transmissão de um byte de dados. Para taxas de comunicação acima de 19200 bits/s o tempo de transmissão de uma palavra é de 573 microssegundos, e de 9 mini segundos para taxa de 1200 bits/s.

O modo Modbus TCP foi especificado no padrão IEC61158 que utiliza como campo de checagem o CRC-32 o que torna desnecessário outro campo de checagem de erros.

Os servidores Modbus empregam a porta 502 como padrão de conexão.

O cabeçalho possui um campo chamado Identificador de transação com 2 bytes, o campo identificador de protocolo, onde zero indica Modbus com 2 bytes, o campo

comprimento responsável pela contagem dos bytes com 2 bytes e o campo identificador unitário, empregado para identificar o escravo remoto com 1 byte.

O Modbus só possui envio de informações por integridade, o que significa que, ao ser questionado pelo mestre, as informações do mapa de memória são enviadas. Devido a este problema, é aplicado para quantidades pequenas de informações. Os protocolos IEC 60870-101 e DNP3 possuem características de envio espontâneo e por exceção, tornando-os mais poderoso que o MODBUS.

2.7 Protocolo DNP3

O regulamento de rede distribuída foi criado na década de 1990 e em 1996 foi para domínio público, desenvolvido inicialmente para indústria elétrica nos Estados Unidos, mas posteriormente também foi aplicado nas indústrias de água, óleo e gás em diversas partes do mundo. Modelado com quatro camadas. Física, enlace, transporte e aplicação. Já possui o conteúdo de rede, com endereços de origem, destino e mecanismo de fragmentação de mensagem.

Vantagens:

- Fornecer dados baseados em tempo e eventos;
- Possuir diferentes classes de alarme e classes de eventos;
- Configurar servidor SCADA;
- Segurança.

A estrutura da mensagem é a mesma especificação do IEC 60870-101, com octeto de controle. Também foi incluído a ideia de fragmentação de mensagens com o objetivo de autorizar a movimentação de grandes arquivos.

O DNP3 se consolidou no mesmo campo do IEC 60870-101, como protocolo de tempo real, em linhas seriais, com mensagens curtas, de 250 bytes, mestre/escravo com varreduras a períodos típicos de um segundo, envio por exceção etc.

Um telegrama IEC60870-101 possuem caracteres de início e fim de mensagem, comprimento e octeto de controle. O processo de aquisição de dados é feito por meio de varreduras efetuadas pelo mestre nos escravos, em períodos típicos de um segundo.

No início é feita uma varredura de integridade e após, só são enviadas as informações que mudaram (disjuntor que abriu/fechou).

O octeto de controle define as mensagens que vão do mestre (perguntas) para o escravo (respostas). Definem os bits de gerência de escoamento e demanda de acesso.

O DFC (data flow control) evita uma sobrecarga e perda de informações. Em situações da falha no sistema elétrico, ele evita que ocorra avalanches de informações.

Demanda de acesso ADC (access demand) são definidas duas classes de informações em concordância com a importância e frequência de ocorrência. Classe 1 para as informações digitais de disjuntores com religamento automático. Classe 2 para as medidas analógicas, enviadas quando é excedida a banda morta.

O Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) são sistemas que monitoram, operam e supervisionam as variáveis e dispositivos de processos industriais e equipamentos conectados através de servidores/ drivers de comunicação específicos através de um software.

Alguns protocolos de interface podem ser utilizados para realizar a relação cliente-servidor, dentre eles o OPC (OLE for Process Control), DDE (Dynamic Data Exchange), etc.

O software SCADA pode operar em diferentes sistemas operacionais com protocolos como MQTT, OPC UA, Modbus RTU, Modbus TCP etc.

É usado para implementar as interfaces de sistemas de Internet das Coisas. A empresa que aplica esse software em sua unidade fabril busca qualidade, redução dos custos operacionais, aumentar o desempenho de produção e ter vantagem competitiva.

Painéis Sinóticos foram utilizados no passado para monitorar os processos industriais. Neles eram representados diagramas com sinaleiros, alarmes, chaves, ponteiros que ajudavam a monitorar todo processo existente na fábrica. Hoje, esses painéis passaram a ser sistemas de software que simulam toda indústria de forma mais precisa e instantaneamente.

Os SSC (Software SCADA) são configurados para gerar alarmes aos operadores quando uma variável ultrapassa um limite pré-estabelecido. Esses alarmes geram estresse nos operadores de sistemas pois em casos de geração de sequências de alarmes não é possível determinar qual deles aconteceu primeiro, isso faz com que eles desprezem as mensagens de alarme. É necessário criar uma classe que esclareça quais são as mensagens mais importantes que exigem uma resposta imediata e outras que podem aguardar pois são consequência das falhas que aconteceram anteriormente.

Normalmente, geram relatórios de alarmes, relatórios de acesso, relatório de variáveis. Os relatórios de alarmes podem ser selecionados pelo operador do sistema em determinados períodos. Os relatórios de acesso apresentam quais foram os

funcionários que acessaram ou modificaram o sistema. O relatório de variáveis informa as variáveis que alteraram seus valores em um determinado período.

O SSC reduz os esforços de engenharia, aumenta a eficácia da operação, possibilita mais sessões de clientes por nó e retorno do investimento.

2.8 Protocolo MQTT

O protocolo MQTT (Message Queue Telemetry Transport) foi inventado em 1999 por Andy Stanford-Clark da IBM e Arlen Nipper da Arcom, um projeto de protocolo SCADA criado inicialmente para dispositivos alimentados por bateria para supervisionar oleodutos. Em 2010, a IBM lançou-o como um protocolo livre de royalty. Em 2014, a OASIS e muitos clientes MQTT foram criados para quaisquer linguagens de programação.

Características do MQTT

Agnóstico em termos de dados: ele pode transportar todos os tipos de dados, desde dados de sensor até imagens ou atualizações via rede sem fio.

Leve e eficiente em termos de largura de banda: o menor quadro tem apenas 2 bytes.

Oferece QoS: três níveis de Qualidade de Serviço (QoS).

Funciona sobre a pilha TCP/IP.

Desenvolvimento simples: existem clientes para todos os sistemas operacionais e linguagens de programação.

Broker central: pode conectar diferentes dispositivos sem se preocupar com compatibilidade.

Percepção de sessão: oferece uma abordagem baseada em identidade para assinaturas.

Tópicos de assinaturas flexíveis.

O protocolo MQTT funciona sobre o TCP/IP, então é possível usá-lo para criptografar os dados com TLS/SSL e obter uma conexão segura entre clientes.

Terminologia Básica

Broker: é um aplicativo de software que recebe mensagens de clientes e roteia as informações em conformidade com as solicitações do assinante.

Cliente: é um dispositivo que pode publicar uma mensagem ou pode receber uma mensagem ou ambos.

Tópico: é uma string (sequência de caracteres) usada pelo broker para filtrar mensagens para cada cliente conectado. Ele é enviado pelos clientes para o broker em uma solicitação de assinatura para expressar o desejo de receber mensagens publicadas por outros clientes. Ele é enviado pelos clientes ao publicarem mensagens para qualquer outro cliente que assinou o mesmo tópico.

Publicar: ação de enviar uma mensagem para outro cliente sobre um tópico específico.

Assinar: ação de informar o broker sobre o interesse em receber futuras mensagens publicadas por outros clientes sobre esse tópico. Um cliente pode assinar vários tópicos.

Cancelar a assinatura: ação de um cliente que diz ao broker para não mais enviar mensagens para o tópico especificado.

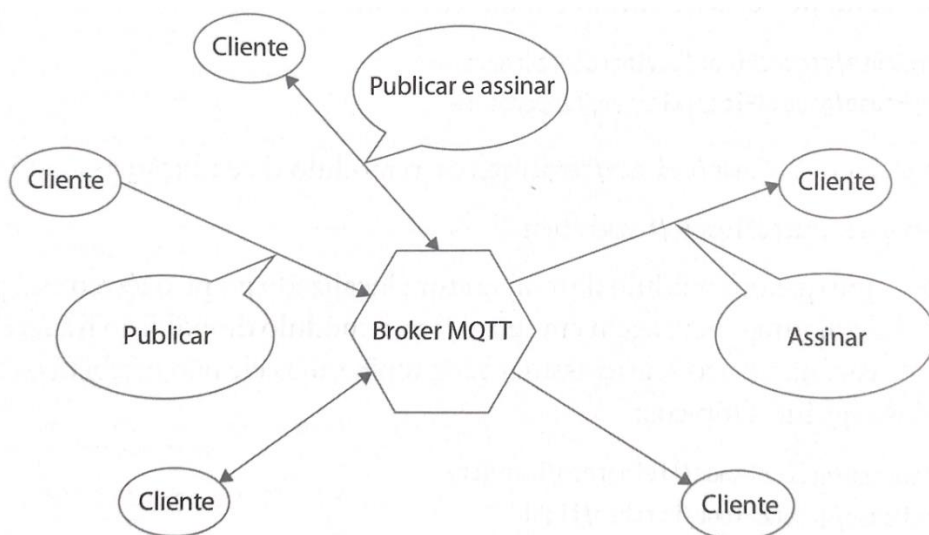


Figura 7: Funcionamento do Broker MQTT

Fonte: Próprio, 2020

2.9 Sensores

2.9.1 Sensor de Temperatura

O sensor de temperatura sem fio ATE100 pode ser utilizado em painéis de alta e baixa tensão, em painéis abrigados de 3 a 35 kV. Também pode ser aplicado em painéis de baixa tensão. Geralmente é instalado no cabo, no contato do disjuntor, na chave faca, transformador a seco, na gaveta do painel de baixa tensão ou alta corrente e demais equipamentos.

Está apto a transmitir dados sem fio para o ATC450-C ou ATC600 na frequência de 470 MHz ou 434 MHz. Faixa de temperatura : -50 °C a +125 °C. Alimentação pode ser via transformador de corrente 5 A ou bateria (com cinco anos de duração).

Possui um alcance de 150 metros em área aberta.

A figura 8 apresenta o modelo ATE100 que possibilita a fixação por parafuso no barramento que se deseja monitorar a temperatura.



Figura 8: Sensor de temperatura sem fio ATE100

Fonte: Acrel, 2021

2.9.2 Sensor de corrente

Este módulo ACS712 funciona baseado no efeito hall que é capaz de detectar o campo magnético gerado pela passagem de corrente, gerando na saída uma tensão proporcional de 66 mV/A. Ele está preparado para medir correntes de -30 a +30 A. É necessário interromper o circuito para fazer a medição, pois é um sensor do tipo invasivo. É possível medir corrente alternada e corrente contínua. Tensão de alimentação :5 Vcc. Erro total de saída de $\pm 1,5\%$ a 25 °C. Aplicação em Arduino.

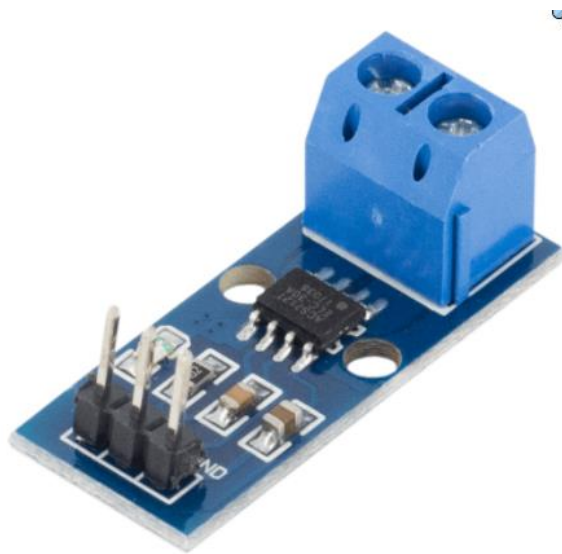


Figura 9: Sensor de corrente, módulo ACS712

Fonte: Allegro Microsystems, 2021

Nas subestações reais são utilizados transformadores de corrente em epóxi para medição e proteção em baixa tensão, até 600 V, com correntes primárias de 50 A até 5.000 Amperes. Classe de exatidão de 0,3%, 0,6% ou 1,2% para medição. Carga máxima de 2,5, 5, 12,5 ou 25 VA. Corrente secundária de 5 A ou 1 A. A figura 10 apresenta o transformador de corrente KR971 M+P.

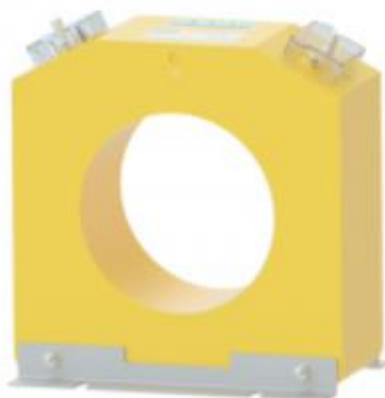


Figura 10: Transformador de corrente, modelo KR 971 M+P

Fonte: Kron Medidores, 2021

Os transformadores para instrumentos (TI) ópticos não possuem um núcleo ferro magnético. Diferente dos TIs convencionais, eles são fundamentados nos efeitos dos campos elétrico e/ou magnético sobre feixes de luz polarizados. São mais precisos, e não existe a perda desta precisão com o passar dos anos. Seu peso reduzido, ausência de óleo isolante e eliminação da saturação são suas vantagens sobre os Tis convencionais. Os Tis convencionais causam grandes prejuízos quando eles falham ou quando deterioram sua classe de exatidão.

Como desvantagem temos a dificuldade de utilização com os sistemas de medição e controle existentes nas subestações. Isto deve melhorar com a modernização das subestações baseadas na norma IEC 61850.

Este modelo do fabricante ARTECHE é capaz de medir correntes CC ou CA até o harmônico 100 e superiores, precisão de medida IEC 60044-8 classe 0.2, saída compatível com protocolo IEC 61850-9-2 LE sem necessidade de utilizar uma

Merging unit (unidade concentradora). Possui dimensões e peso reduzido. Não requer manutenção e oferece uma vida útil mais prolongada. Evita falhas do tipo explosão e situações de secundário aberto. Seu isolamento é sólido e sem necessidade de usar o gás SF6. Respeita o meio ambiente.



Figura 10A: Transformador de corrente óptico

Fonte: Artech, 2021

2.9.3 Sensor de Tensão

O sensor de tensão aplicado foi o módulo ZMPT101B para medição de tensão alternada de 0 a 250 V. A tensão de alimentação do módulo é de 5 a 30 Vcc com corrente de 2 miliamperes. Existe um potenciômetro para calibração da forma de onda na saída. Precisão de leitura de $\pm 1\%$.



Figura 11: Sensor de Tensão, módulo ZMPT101B

Fonte: Walfront - 2021

Em subestações reais são empregados multimedidores microprocessados que permitem a leitura de grandezas elétricas e comunicação em rede Modbus-RTU, RS485.



Figura 12: Multimedidor Elétrico Weg – Referência: MMW02-M

Fonte: Weg, 2021

2.9.4 Sensor de Vibração

Este sensor IoT tem potencial de monitorar temperatura, vibração, horímetro e consumo de energia de máquinas. Utiliza uma rede móvel 2G/2.5G para envio dos dados sem necessidade de Gateways ou Wi Fi industrial. Envia alarmes e insights através da plataforma do fabricante para e-mails ou Whatsapp. Amostragem de até 6.6 kHz. Faixa de temperatura de -10°C a +84°C. Grau de proteção IP65. Fixação por ímã, parafuso ou epoxi. Dentre os equipamentos que podem ser monitorados temos motores, mancais, compressores, bombas, HVAC, ventiladores, prensas, rolamentos e turbinas. Os dados salvos na nuvem podem ser acessados via celular ou computador. Fixação por ímã ou parafusos.



Figura 13: Sensor de vibração IoT Tractian

Fonte: TRACTIAN, 2021

2.9.5 Microcontrolador ESP8266

A placa node MCU com o microcontrolador ESP8266 oferece uma solução completa em conexão WiFi, permitindo que ele hospede uma página web ou consulte outras páginas como cliente. Ele é um System-on-a-chip (SoC), ou seja, uma solução completa para criar um dispositivo que necessite conexão WiFi.

Ele pode ser configurado utilizando a IDE Arduino, basta selecionar a placa ESP8266 nas configurações.

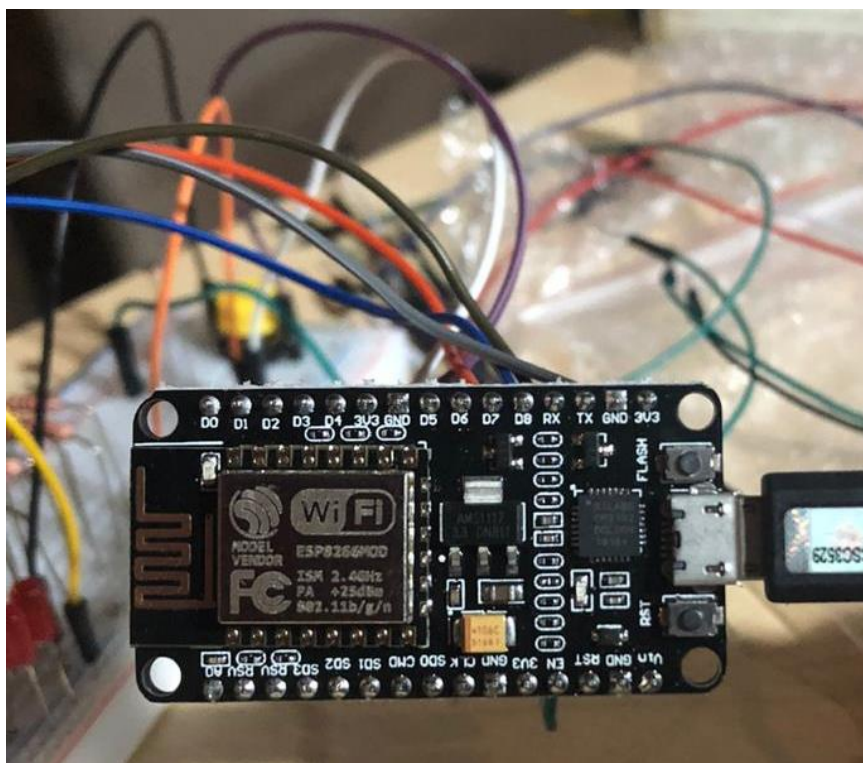


Figura 14: Microcontrolador ESP8266 – ESP12E

Fonte: Própria 2021

Este microcontrolador possui uma memória Flash interna que pode ser utilizada para armazenar arquivos, uma memória interna para o Firmware, uma antena embutida e portas GPIO (General Purpose Input Output). Esta capacidade de processamento e armazenamento permite que ele seja integrado com os sensores e outros dispositivos. É dotado ainda de um modo sleep/wake de rápida transição, polarização de rádio adaptável, o que faz com que opere com baixo despesa energética, com tensão de alimentação de 3,3 V, usando um regulador de tensão interno.

O ESP8266 é um microcontrolador RISC de 32 bits, possui conectividade WiFi, capaz de funcionar com clock de 80 MHz ou 160 MHz. Ele tem 64 KiB de RAM para instruções e 96 KiB de RAM para dados e 64 KiB para Boot. O consumo desta placa é de até 200 miliamperes, o que é considerado elevado para uma placa de internet das coisas.

A vantagem desta placa é a possibilidade de funcionar nos modos de operação: Cliente, ponto de acesso ou cliente + ponto de acesso. A disponibilidade de uma porta USB para comunicação também facilita a sua utilização. Outro benefício é a capacidade de ser programada através da IDE Arduino.

2.9.6 Sensor de luminosidade LDR 5mm

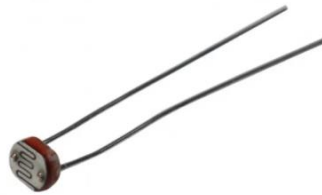


Figura 15: Sensor de Luminosidade LDR

Fonte: NTE Electronics Inc, 2021

O Sensor de Luminosidade LDR (Light Dependent Resistor) é um componente cuja resistência varia de acordo com a intensidade da luz. Quanto mais luz incidir sobre o componente, menor a resistência. Este sensor de luminosidade pode ser utilizado em projetos com Arduino e outros microcontroladores para alarmes, automação residencial, sensores de presença etc.

Especificações:

- Modelo: 02-LDR1
- Diâmetro: 5 mm
- Tensão máxima: 100 Vcc
- Potência máxima: 100 mW
- Tensão de operação: -30°C a 70°C
- Espectro: 540 nm
- Comprimento com terminais: 32mm
- Resistência no escuro: 5 M Ω (Lux 0)

– Resistência na luz: 50-100 K Ω (Lux 10)

- Tempo de resposta: 30 ms

Em subestações reais podemos utilizar os relés de proteção de arco da Schneider.

O sistema de detecção e proteção contra arco da VAMP da Schneider mede a corrente de falha e a luz através de sensores de arco e, caso ocorra uma falha, minimiza o tempo de queima ao cortar rapidamente a corrente que alimenta o arco. Os métodos tradicionais de proteção de arco não fornecem proteção suficientemente rápida e os tempos de queima em ocorrências de arco são críticos, especialmente quando o arco se desenvolve durante os trabalhos de manutenção no painel, comprometendo a segurança e a vida pessoal. Extinção da falta é feita de 57 a 67 ms. Na figura 16 temos os modelos VAMP 221 e VAMP321.



Figura 16: Relé de Proteção de arco VAMP

Fonte: Schneider Electric, 2021

2.9.7 Sensor termovisor

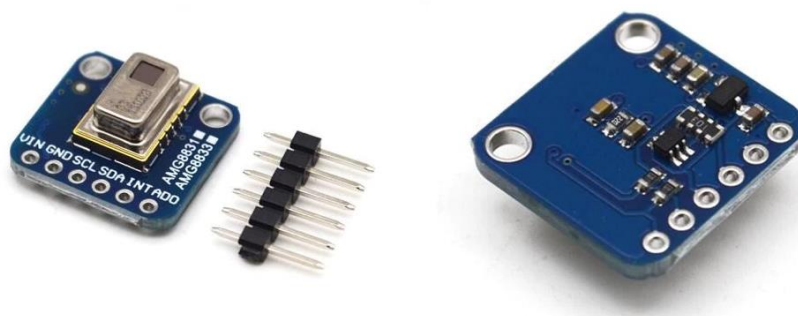


Figura 17: Sensor Termovisor AMG8833

Fonte: Panasonic, 2020

Panasonic câmera de imagem térmica é um sensor AMG8833 térmica infravermelha 8x8 matriz de sensores. Quando conectado ao seu microcontrolador (ou Raspberry Pi), ele irá retornar um agrupamento de 64 leituras de temperatura infravermelho via I2C separado. É como uma câmera de fantasia, mas é compacto e simples, e fácil de integrar. O next-generation 8x8 AMG8833 é da Panasonic sensor infravermelho termal e oferece maior desempenho do que o anterior AMG8831. O sensor só suporta comunicação I2C e tem um pino de interrupção configuráveis que pode ser acionado quando qualquer pixel único é acima ou abaixo do limite que você definir.

O AMG8833 thermal imaging camera mede a temperatura de 0 °C a 80 °C (32 °F a 176 °F).

A precisão é de ± 2.5 °C (4.5 °F). Ele pode detectar os seres humanos a começar de distâncias tão longe como 7 metros (23) pés. Com uma taxa de quadros máxima de 10Hz, é ideal para a criação de seu próprio corpo ou detector de minicâmera.

Número de pixels: 64 (matriz vertical 8 * horizontal 8)

Interface externa: I²C (modo rápido)

Taxa de quadros: típica 10 quadros / s ou 1 quadro / s

Modo de operação: normal, hibernação, espera (intermitência de 10 ou 60 segundos)

Modo de saída: saída de temperatura

Modo de cálculo: sem média móvel ou média móvel dupla

Resolução de saída de temperatura: 0,25 °C / 32,45 °F

Número do endereço do sensor: 2 (endereço do escravo I²C)

Faixa de temperatura de saída do termistor: -20 °C ~ 80 °C (-4 °F ~ 176 °F)

Resolução de saída do termistor: 0,0625 °C / 32,1125 °F

Tamanho do item: 42 * 37 mm / 1,7 * 1,5 pol.

Peso do item: 10g / 0,4ounce

Tamanho do pacote: 90 * 60 * 8 mm / 3,5 * 2,4 * 0,3 pol.

Peso da embalagem: 11g / 0,4 ounce

Subestações reais, suportam os termovisores Fluke Ti450 com lentes de luz infravermelha podem detectar pontos de aquecimento. Este modelo é compatível com lentes teleobjetivas de 2x e 4x e de grande angular que facilitam a visualização.

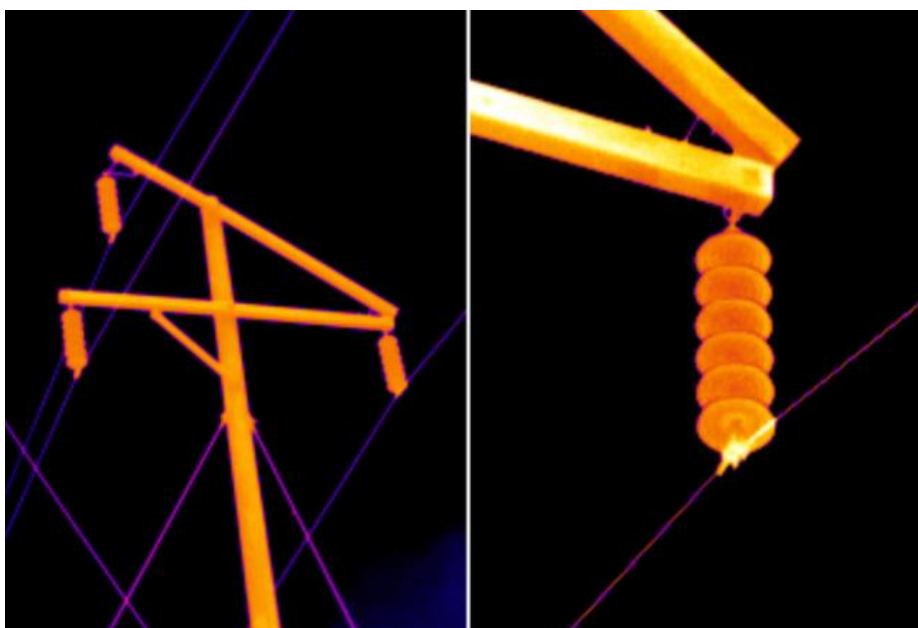


Figura 18: Imagem capturada pelo termovisor Fluke Ti450

Fonte: Fluke, 2021

2.9.8 Sensor de Nível de Água



Figura 19: Sensor de Nível de Água

Fonte: Funduino, 2021

O Sensor de nível de água é um dispositivo que pode ser utilizado em diversos projetos eletrônicos que envolvam microcontroladores. Com diversas aplicações este sensor pode detectar se está havendo algum vazamento ou saber se existe condensação dentro de um painel elétrico. Possui dois pinos de alimentação e um terceiro pino S para conexão à porta analógica que varia de acordo com a quantidade de água detectada.

CARACTERÍSTICAS:

- Sensor de detecção de água;
- Pode ser utilizado como sensor de chuva;
- Compatível com Arduino, Raspberry Pi, PIC etc.;
- Placa tratada quimicamente para maior durabilidade;
- Perfurações para fixação;
- Saída analógica varia de acordo com a nível de água;

ESPECIFICAÇÕES:

- Marca: Funduino;
- Alimentação: 3 a 5V;
- Corrente de trabalho: > 20mA;

- Tensão de saída: 0 ~ 2.3V (com o sensor completamente embebido em água);
- Temperatura de operação: 10°C a 30°C;
- Umidade: 10% a 90% (sem condensação);
- Tipo de sensor: Analógico
- Processo de produção: FR4 HASL;
- Área de detecção: 40x16mm;
- Dimensões (C x L): 60x20mm;
- Peso: 3g;

Em subestações reais são aplicados os sensores de inundação.

O dispositivo de detecção de inundação possibilita detectar a presença de água no ambiente. É geralmente utilizado para proteção contra inundações em salas de computadores, escritórios, laboratórios, ambientes especiais. É composto por um detector (normalmente fixado no painel elétrico) e por um sensor (instalado na posição a ser verificada).



Figura 20: Sensor de inundação CAREL

Fonte: Carel, 2021

3. METODOLOGIA

Dentre muitas opções disponíveis no mercado, escolhemos este chip ESP8266, um microcontrolador com custo acessível e com recursos de TCP/IP e Wi-Fi, desenvolvido pela Espressif Systems, uma empresa localizada em Xangai.

A placa node MCU 1.0 ESP12-E utilizada neste projeto tem Wi-Fi embutido padrão 802.11 B/G/N alcance de 90 metros.

Ela admite a programação via comandos AT, linguagem LUA Script, linguagem Micro Python e linguagem C++ Arduino. Pela facilidade de poder ser programada através da IDE Arduino escolhemos esta placa.

Para usar a IDE Arduino para programar a placa é necessário instalar a biblioteca do ESP8266 dentro da IDE Arduino. Para fazer isso é necessário incluir o caminho: http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json no Gerenciador de Placas.

Na figura 21 mostramos a placa montada em um protoboard utilizando jumpers de fios, display OLED azul, sensor de corrente ACS 712 e um cabo USB conectado ao computador para fazer a alimentação da placa.

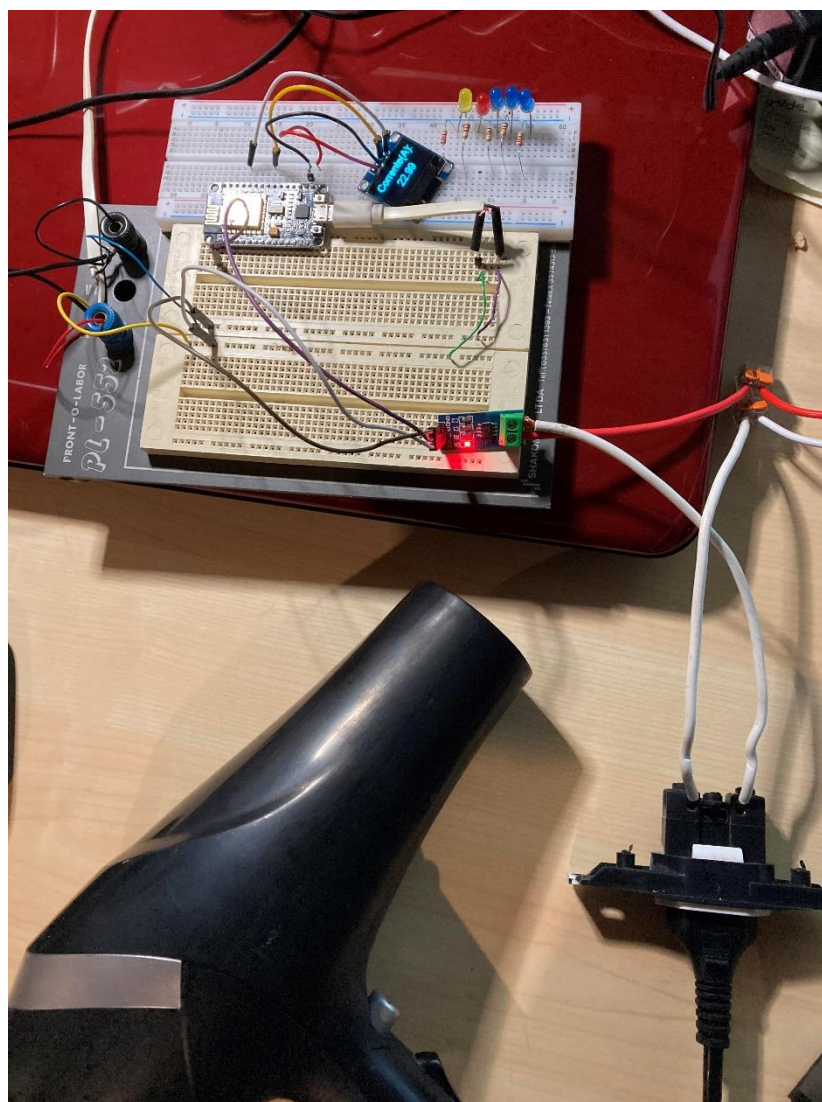


Figura 21: Montagem protoboard e placa NODE MCU ESP8266

Fonte: Própria 2021

Após digitarmos o Sketch no IDE do Arduino, baixamos o arquivo para placa e em seguida, ligamos o circuito e monitoramos seu funcionamento através do monitor serial da própria IDE Arduino.

Esta placa possui uma entrada analógica e treze portas de uso geral que podem ser configuradas como portas de entrada ou de saída conforme necessidade do projeto. Além disso possui troca de informações entre os SPI (Serial Peripheral Interface) que é feita através dos pinos MOSI, CS, MISO e SCLK. Alimentação pode ser feita através do cabo USB ou em 3.3 Vcc.

Para desenvolvimento desse protótipo foram utilizados sensores, microcontrolador ESP8266, e dispositivos de conexão e diodos emissores de luz para sinalização.

Na figura 22 mostramos o esquema elétrico do protótipo utilizado na montagem

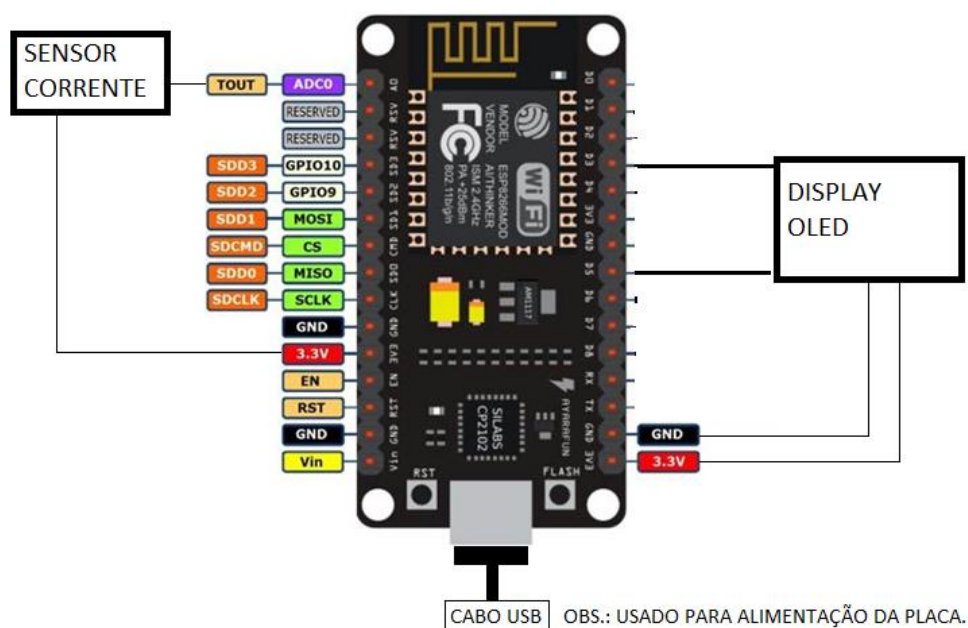


Figura 22: Esquema Elétrico do protótipo

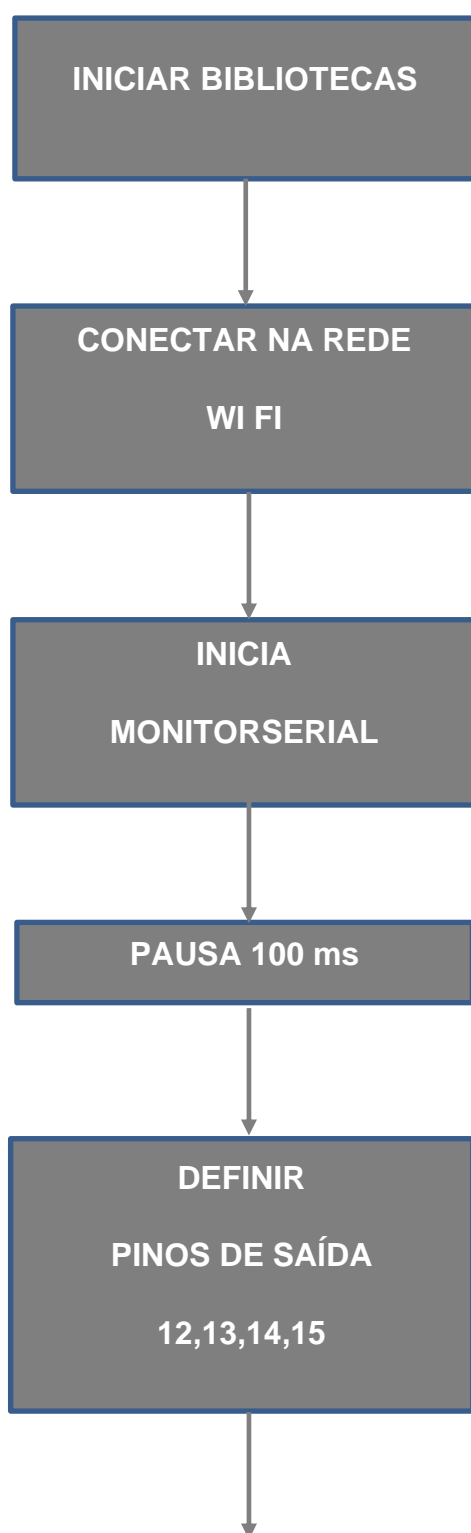
Fonte: Própria, 2021

O monitoramento da Subestação utilizará um protótipo que enviará as informações detectadas através dos sensores e enviará para uma página da internet que poderá ser acessada via computador ou celular.

Foi montado um protótipo com o objetivo de apresentar uma aplicação que monitora falhas na Subestação e informa aos técnicos de forma rápida para facilitar a tomada de decisão.

Neste nosso projeto utilizamos o regulamento TCP/IP como base para troca de informações entre o browser e a central de automação predial. A partir do módulo ESP8266 podemos receber solicitações pela internet por meio do nível 5 do modelo OSI do TCP/IP.

Na figura 22A mostramos o fluxograma do programa utilizado na IDE Arduino.



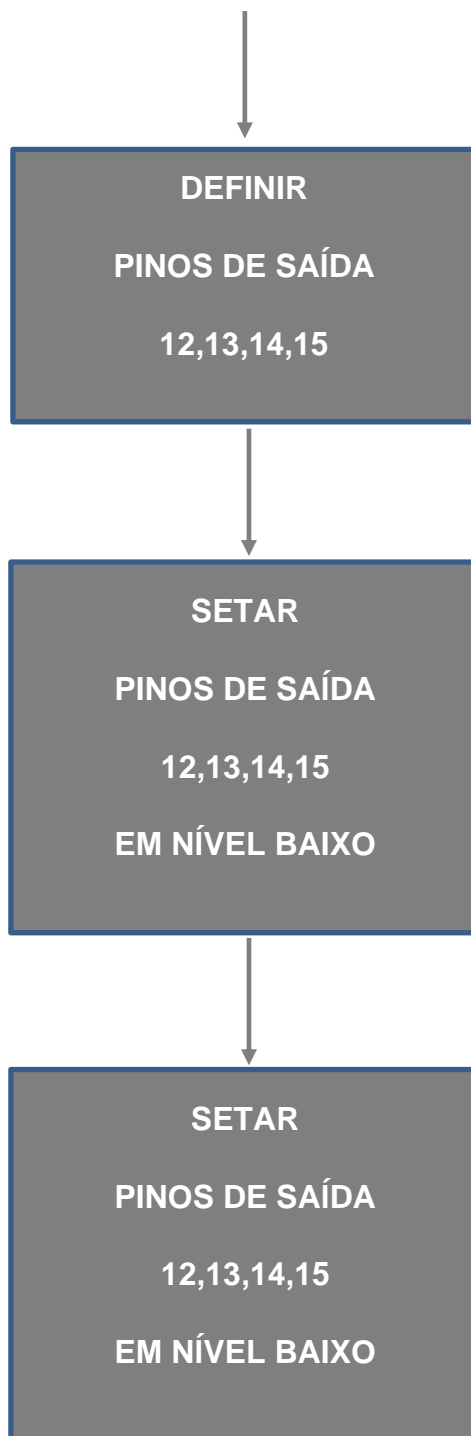


Figura 22A: Fluxograma da programação do protótipo

Fonte: Próprio, 2021

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao conectar a placa node MCU ESP12E na conexão WiFi local utilizamos o monitor serial da IDE Arduino mostrado na figura 23 e verificamos que o protótipo estava conectado à internet no endereço IP 10.0.0.115.

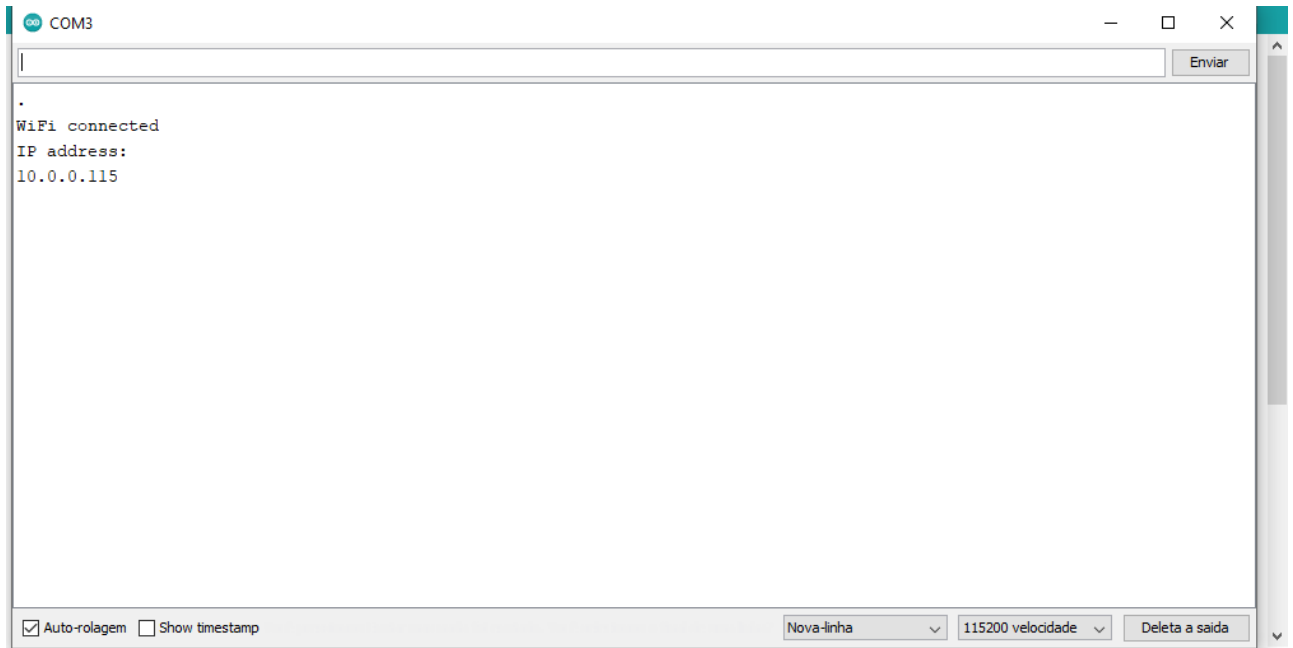


Figura 23: Monitor Serial da IDE do Arduino e programa utilizado

Fonte: Própria, 2021

Acessar a página através de um computador ou por meio de um aparelho celular via Browser no endereço IP 10.0.0.109. é possível acionar o quadrado para ligar ou desligar os leds simulando o acionamento dos equipamentos existentes em uma subestação. Também é possível verificar o status de todos os equipamentos existentes na Subestação. Na figura 24 é possível visualizar a página do browser.

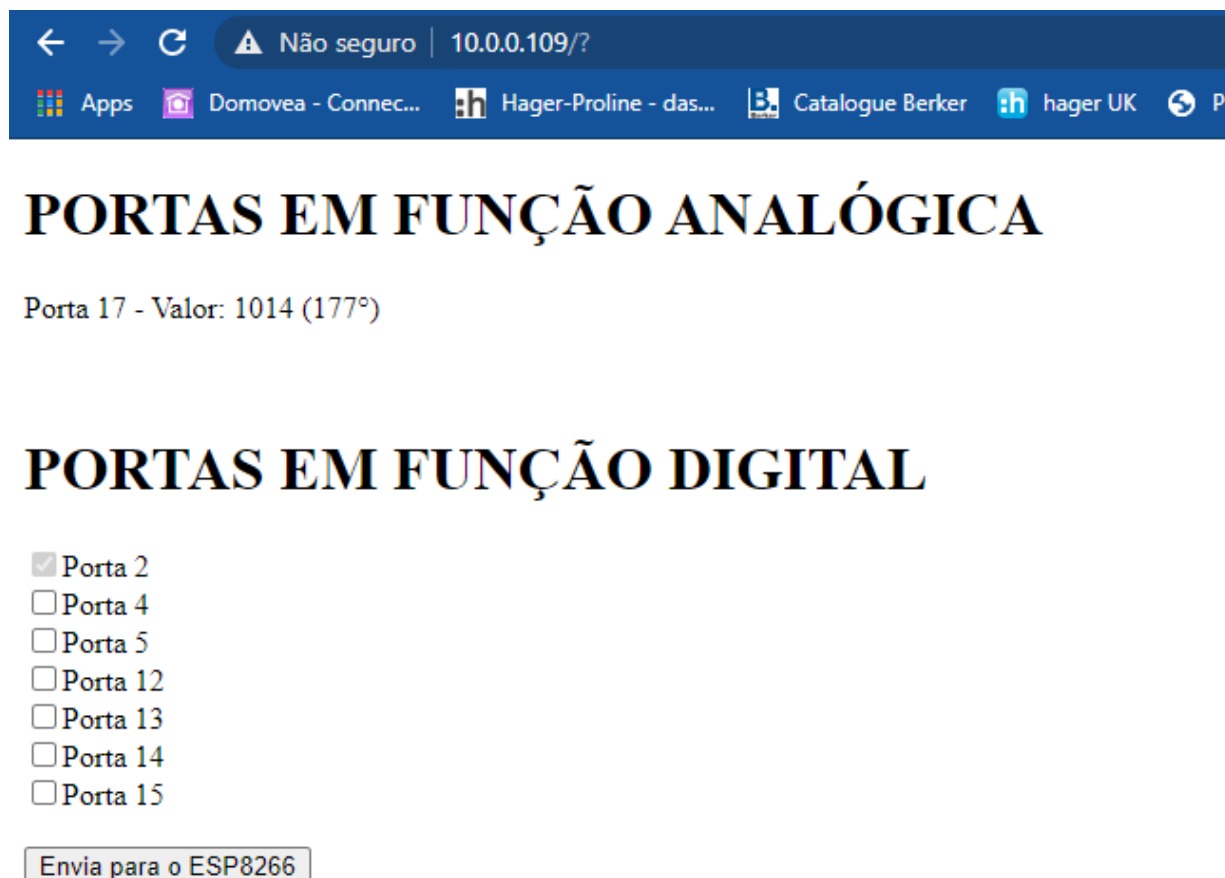


Figura 24: Página da Web que mostra status dos sensores

Fonte: Próprio, 2021

Na Porta 2 está instalado um Botão pulsador como entrada e podemos visualizar o status ligado ou desligado.

Nas Portas 4, 5, 12, 13, 14, 15 estão configuradas como saídas e acionam os LEDs simulando equipamentos da subestação.

Descrevemos o led aceso = equipamento ligado, e led apagado = equipamento desligado.

Na figura 25 apresentamos o fluxograma para a atualização da página do Browser de 1 em 1 segundo e o monitor serial da IDE do Arduino confirma a conexão do microcontrolador ESP 8266 e mantém a página atualizada. Esta configuração é importante para garantir que a informação que estamos visualizando na página é atualizada instantaneamente.

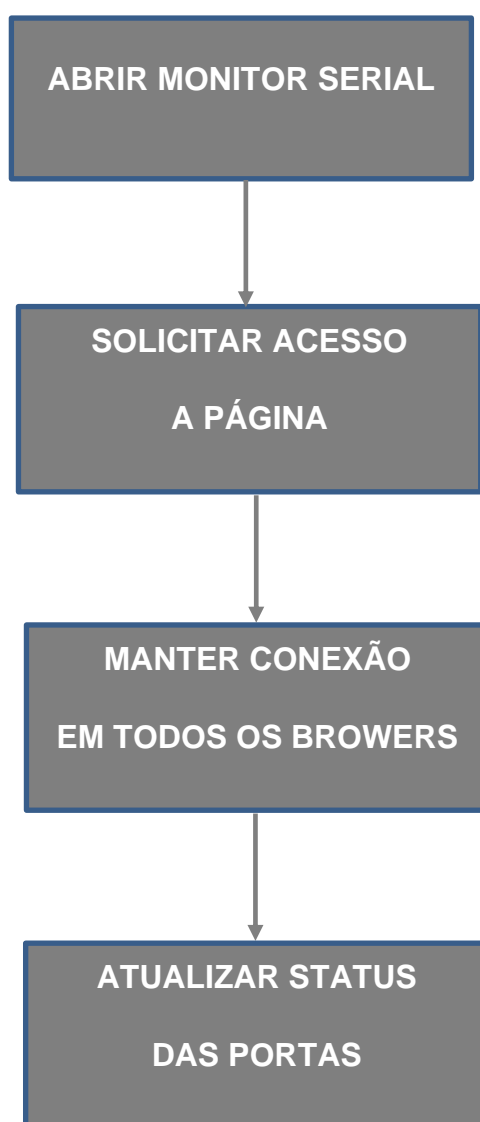


Figura 25: Monitor Serial da IDE do Arduino

Fonte: Próprio, 2021

Após a realização deste experimento observamos que é perfeitamente viável a utilização dessa solução para fazer o monitoramento de uma subestação. Como vantagem para o operador do sistema elétrico temos a segurança do acesso remoto que vai de encontro as exigências da norma NR-10 segurança do trabalho. Através dos sensores temos a garantia do funcionamento dos equipamentos, e assim, aumentar a vida útil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que esse trabalho foi de extrema importância ao mostrar como a Internet das Coisas poderá auxiliar no tratamento instantâneo dos dados e permitindo a tomada de decisões de forma rápida e assertiva por seus gestores. Neste projeto mostramos ser possível monitorar pontos importantes numa Subestação para garantir o seu funcionamento.

O desenvolvimento de novos sensores possibilitará o monitoramento de mais pontos na Subestação e isso abre novas oportunidades para os desenvolvedores. Um cuidado especial que deve ser tomado ao usar essa nova tecnologia é com a segurança dos dados que serão trocados, pois na indústria, não podemos correr o risco de acesso de pessoas mal-intencionadas ao sistema elétrico da empresa.

A vantagem de equipamentos monitorados segundo a segundo e a conveniência de enviar esses dados para nuvem e disponibilizar informações através de relatórios que podem ser visualizados via celular ou computadores. Informações como o tempo que a máquina está em operação, variação de temperatura do motor durante seu funcionamento diário, vibração excessiva detectada num determinado período do dia, corrente elevada devido uma sobrecarga na esteira transportadora, subtensão detectada devido a falha do alimentador da concessionária.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, E.R.; VALIMP. R. O. **Domótica, controle de automação residencial utilizando celulares Bluetooth**. In: VIII SEGet – Simpósio de excelência em gestão e tecnologia, 2011 ANEEL, <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa>, 2021.

ARAUJO, A. et al. **Integrating Arduino-Based Educational Mobile Robot in ROS**. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2015.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. **The Internet of Things: a survey**.

Comput. Net., New York, NY, USA, v.54, n.15, p.2787-2805, 2010.

Automação residencial: busca de tecnologias visando o conforto, a economia, a praticidade e a segurança do usuário. Rio de Janeiro: Associação Educacional Dom Bosco – AEDB. Disponível em: <http://correio.aedb.br/seget/artigos05/>. Acesso em: 16 jul.2019.

BATRINU, C. **Projetos de Automação Residencial com ESP8266**. Novatec Packt ISBN 978-85-7522-680-3 – 2018.

BOLZANI, C.A.M. **Desenvolvimento de um simulador de controle de dispositivos residenciais inteligentes: uma introdução aos sistemas domóticos**. São Paulo, Dissertação (mestrado) Universidade de São Paulo, 2004.

CASTRO, D. T. **Sociedade da Informação, Inclusão e Cidade Digital em Palmas – TO**. Tese (Doutorado em Troca de informações entre os e Culturas Contemporâneas) – Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA, 2012.

COBRA, Marcos. **Administração de Marketing**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

COBRA, Marcos. **Estratégias de Marketing de Serviços**. São Paulo: Cobra Editora e Marketing, 2001.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Internet já tem quase 3 bilhões de usuários no mundo, diz ONU**. Em: <http://www1.folha.uol.com.br/tec>, Acesso em 27/06/2019.

GIUSTO, D. **The Internet of Things** – 20th Tyrrhenian Workshop on Digital Communications. Springer, 2010.

GIZMODO – BRASIL. **Os primeiros passos do Projeto Loon no Brasil, que leva internet via balões do Google.** Em: <http://gizmodo.uol.com.br/google-loon-brasil/>, Acesso em 05/07/2020.

GOMES, E. L. B.; TAVARES, L. A. **Uma Solução com Arduino para controlar e monitorar processos industriais.** Revista Controle & Instrumentação, v. 185, 2013.

GUIMARÃES, F. A. **Desenvolvimento de robô móvel utilizado para a exploração de ambientes hostis,** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Engenharia Mauá, São Caetano do Sul/SP, 2007.

HAARTSEN, J **Bluetooth – the universal radio interface for ad hoc,** wireless connectivity. Ericsson Review, 3, v.75, n.3, p. 110-117, 1998.

JAVED, A. **Criando projetos com Arduino para a Internet das Coisas –** Novatec - Apress, 2017 ISBN 978-85-7522-544-8

IRIGARAY, Hélio Arthur; VIANNA, Alexandre; NASSER, José Eduardo; LIMA, Luiz Paulo Moreira. **Gestão e desenvolvimento de produtos e marcas.** 3. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2011.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle.** São Paulo: Atlas, 1998.

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Administração de marketing: a bíblia do marketing.** 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MARIOTONI, C.A.; ANDRADE JR, E.P. **Descrição de Sistemas de Automação Predial Baseados em Regulamentos PLC Utilizados em Edifícios de Pequeno Porte e Residências,** Revista de Automação e Tecnologia de informação, v. 1, n.1, 2002.

MCRBERTS, M. **Arduino Básico,** Novatec Editora, São Paulo, 2015

MORALES R. A.; GUEVARA, J. J. **Aplicaciones domóticas com Android y Arduino.** Escuela Especializada en Ingenieria ITCA-FEPADE, El Salvador, 2012.

FORTY, A. **Objetos de Desejo: Design e Sociedade desde 1750.** Tradução: Pedro Maia Soares, São Paulo, 2007, Ed. Cosac Naify. 352p., 1986.

MURATORI, J. R. **Os desafios do mercado da Automação Residencial**. Disponível em: http://www.aecweb.com.br/cont/a/os-desafio-do-mercado-da-automacao-residencial_8192. Acesso em jan. 2020.

SILVA, L. J., **Internet das Coisas**, UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA, 2017 – TCC – 49 páginas.

SOUZA, M. V., **Domótica de baixo custo usando princípios de IoT**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Instituto Metrópole Digital, Pós-Graduação em Engenharia de Software, Dissertação de Mestrado, 2016, 50 páginas

TechTudo **'Internet das Coisas': entenda o conceito e o que muda com a tecnologia**, Notícias, TechTudo acesso 02/12/2020.

HELERBROCK, Rafael. **"Fibra óptica"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/fibra-optica.htm>. Acesso em 14 de abril de 2021.

CINASE Circuito Nacional do Setor Elétrico, Ano 9– **Subestações de Média Tensão**, 2008.

Portal Potência, **Nova Subestação Digital Inteligente**, acesso em 17/05/2021

BAUMIER Automation. **Redundâncias PRP e HSR**, acesso em 03/05/2017

Nascimento, Carla E.L. Pós-Graduada em Automação do Sistema Elétrico e Graduada em Engenharia de Controle e Automação pela PUC-MG, **Norma IEC 61850: Importâncias dos nós lógicos e uso despropositados do GGIO**. 04/06/2020.

APÊNDICE 1

Abaixo descrevemos a programação utilizada no projeto através da IDE ARDUINO.

```
#include <ESP8266WiFi.h>

const char* ssid = "Ana Nicoli";

const char* password = "232652acn";

void setup() {

    Serial.begin(115200);

    Delay(100);

    pinMode(12, OUTPUT);

    pinMode(13, OUTPUT);

    pinMode(14, OUTPUT);

    pinMode(15, OUTPUT);

    digitalWrite(12, LOW);

    digitalWrite(13, LOW);

    digitalWrite(14, LOW);

    digitalWrite(15,LOW);

    Serial.println();

    Serial.println();

    Serial.println("Connecting to ");

    Serial.println(ssid);
```

```
WiFi.begin(ssid,password);
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include "SSD1306Wire.h" // legacy include: `#include "SSD1306.h"
```

```
#include <brzo_i2c.h> // Only needed for Arduino 1.6.5 and earlier
```

```
#include "SSD1306Brzo.h"
```

```
// Initialize the OLED display using brzo_i2c
```

```
// D3 -> SDA
```

```
// D5 -> SCL
```

```
SSD1306Brzo display(0x3c, D3, D5);
```

```
#define DEMO_DURATION 3000
```

```
typedef void (*Demo)(void);
```

```
int demoMode = 0;
```

```
int counter = 1;
```

```
int pinoSensor =A0;
```

```
int sensorValue_aux = 0;
```

```
float valorSensor = 0;
```

```
float valorCorrente = 0;
```

```
float voltsporUnidade = 0.004887586; // 5%1023

// Para ACS712 de 5 Amperes use 0.185
// Para ACS712 de 20 Amperes use 0.100
// Para ACS712 de 30 Amperes use 0.066

float sensibilidade = 0.0666;

//Tensao da rede AC 110 Volts e na verdade (127 volts)
int tensao = 127.6;

void setup() {

    //Inicia a Serial
    Serial.begin(9600);
    pinMode(pinoSensor, INPUT);

    // Initialising the UI will init the display too.
    display.init();

    display.flipScreenVertically();
    display.setFont(ArialMT_Plain_10);

}
```

```
void drawFontCorrente()
{
    //Mostra o valor da corrente
    display.setTextAlignment(TEXT_ALIGN_LEFT);
    display.setFont(ArialMT_Plain_24);
    display.drawString(0, 0, "Corrente(A):");
    display.drawString(30,30, " " + String(valorCorrente));
}
```

```
void drawFontPotencia() {
    display.setTextAlignment(TEXT_ALIGN_LEFT);
    display.setFont(ArialMT_Plain_16);
    display.drawString(0, 0, "Potência(W):");
    display.drawString(30,30, " " + String(valorCorrente * tensao));
}
```

```
Demo demos[] = {drawFontCorrente, drawFontPotencia};
```

```
int demoLength = (sizeof(demos) / sizeof(Demo));
```

```
long timeSinceLastModeSwitch = 0;
```

```
void loop() {
```

```
    for(int i=10000; i>0; i--){
```

```
// le o sensor na pino analogico A0 e ajusta o valor lido ja que a saída do sensor é  
(1023)vcc/2 para corrente =0
```

```
sensorValue_aux = (analogRead(pinoSensor) -512);
```

```
// somam os quadrados das leituras.
```

```
valorSensor += pow(sensorValue_aux,2);
```

```
delay(1);
```

```
}
```

```
// finaliza o calculo da média quadratica e ajusta o valor lido para volts
```

```
valorSensor = (sqrt(valorSensor/ 10000)) * voltsporUnidade;
```

```
// calcula a corrente considerando a sensibilidade do sensor (66 mV por ampere)
```

```
valorCorrente = (valorSensor/sensibilidade);
```

```
//tratamento para possivel ruido
```

```
//O ACS712 para 30 Amperes é projetado para fazer leitura
```

```
// de valores alto acima de 0.25 Amperes até 30.
```

```
// por isso é normal ocorrer ruidos de até 0.20A
```

```
//por isso deve ser tratado
```

```
if(valorCorrente <= 0.20){
```

```
    valorCorrente = 0;
```

```
}
```

```
valorSensor = 0;
```

```
//Escreve

//Mostra o valor da corrente
Serial.print("Corrente : ");

// Irms
Serial.print(valorCorrente, 3);

Serial.print(" A ");

//Escreve

//Calcula e mostra o valor da potencia
Serial.print(" Potência: ");

Serial.print(valorCorrente * tensao);

Serial.println(" W ");

// clear the display
display.clear();

// draw the current demo method
demos[demoMode]();

display.setTextAlignment(TEXT_ALIGN_RIGHT);

display.drawString(10, 128, String(millis()));

// write the buffer to the display
display.display();
```

```
if (millis() - timeSinceLastModeSwitch > DEMO_DURATION) {  
    demoMode = (demoMode + 1) % demoLength;  
    timeSinceLastModeSwitch = millis();  
}  
counter++;  
delay(1000);  
  
}
```