

Medidores inteligentes de baixo custo com administração por IoT

Bruno Ribeiro Petrillo, Flaviano Santos Dias Junior, João Vitor Tolini da Costa, Paulo Soares Filho, Maurício Caldora Costa

Universidade Anhembi Morumbi (UAM) Departamento de Engenharia Elétrica

Resumo — Na atualidade o crescimento do consumo de energia elétrica é cada vez maior, assim desenvolveu-se o tema sobre medição de energia elétrica de baixo custo. Esse artigo descreve e implementa de forma geral as pesquisas realizadas em torno da criação de um protótipo de medidor inteligente de baixo custo com integração *IoT* para área rural, com intuito de acompanhar os custos energéticos das residências. A utilização de sensores eletrônicos e microcontroladores será para emitir dados a serem coletados via *bluetooth* e armazenados de dados a fim de serem tratados futuramente e enviados as permissionárias de energia para realização das faturas de energia elétrica.

Palavras-Chave — Medidor. Energia Ativa. Baixo custo. *IoT*. ESP32.

I. INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, a energia elétrica vem ganhando um papel fundamental na vida das pessoas e, conseqüentemente, aumentando a necessidade de uma rede cada vez mais estável e eficaz. Embora, um dos grandes problemas que o consumidor se depara hoje em dia é encontrar medidores de energia mais acessíveis e que demonstrem detalhadamente o consumo de energia elétrica de sua residência/empresa, o ajudando a ter um melhor controle de seus gastos.

“Com vistas a atestar a eficácia das práticas de eficiência adotadas, o consumidor precisa acompanhar o consumo de energia elétrica através de recebimento mensal em cobrança da concessionária de energia elétrica. No entanto, esse acompanhamento possui um entrave já que o consumidor somente receberá os resultados atingidos pelas práticas de eficiência uma vez por mês” [1].

Através disso, idealizou-se a elaboração de um medidor de energia baixo custo que possa ser utilizado para estudo em universidades ou até mesmo ser instalado em residências rurais. Esse medidor mostrará valores de tensão, corrente, energia ativa e reativa e será administrado por *IoT*, gerando dados que serão utilizados na medição da energia.

Os medidores inteligentes são utilizados para integrar a rede de distribuição de energia elétrica e o consumo de energia elétrica nas residências, conforme figura 1.

O protótipo terá a função de registrar o consumo energético das residências afim de realizar a conferência dos consumidores e da real economia praticada por ele.

II. PROBLEMA DE PESQUISA / OBJETIVOS

O surgimento de algumas tecnologias a respeito da medição de energia, aliado aos medidores inteligentes com capacidade de medição de energia em locais de difícil acesso ou até mesmo locais de risco aos funcionários das permissionárias de energia elétrica, e os altos custo dos medidores para as pequenas empresas do setor elétrico despertou o intuito do projeto da criação de um medidor de baixo custo capaz de realizar leituras remotas de pequenas ou grandes distâncias e gerar relatórios.

As pesquisas utilizadas para iniciar o projeto foram realizadas na permissionária CERIS – Cooperativa de Eletrificação da Região de Itapeverica da Serra [2] com auxílio do corpo técnico da empresa, relatando os problemas encarados com a REN 871/2020 [3] para substituição de medidores para os medidores de qualidade/inteligente, junto ao setor de faturamento que faz as faturas de energia elétrica.

Após os levantamentos sobre novas tecnologias, foi definido o tema sobre medidores inteligentes com administração de *IoT*, para facilitar o dia a dia dos funcionários da empresa CERIS, com a medição da energia ativa e dos gráficos de tensão, com o uso do módulo ESP e dos sensores de corrente não invasivo, baseando-se nas Resoluções Normativas da ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, nas Regras e Procedimentos de distribuição, PRODIST e nas normas do INMETRO sobre as perdas e erros percentuais do medidor.

III. PESQUISA TEÓRICA

A energia ativa é a energia tangível, que gera funcionamento de equipamentos elétricos e eletrônicos. É a energia que efetivamente é consumida e paga. Sendo a energia que realiza trabalho gerando calor, luz, movimento etc. É medida em kWh, registrada no visor do medidor utilizado nas residências brasileiras.

Já a energia reativa, é a energia que não produz trabalho Direto, contudo, é importante para criar fluxos magnéticos em bobinas, transformadores, geradores, sendo medida em kVar. Existem 2 subtipos de energia reativa, que são a indutiva e capacitiva.

A indutiva é consumida pelo cliente através da geração de campo magnético para funcionamento de diversos equipamentos, já o segundo tipo é retornado à rede elétrica externa.

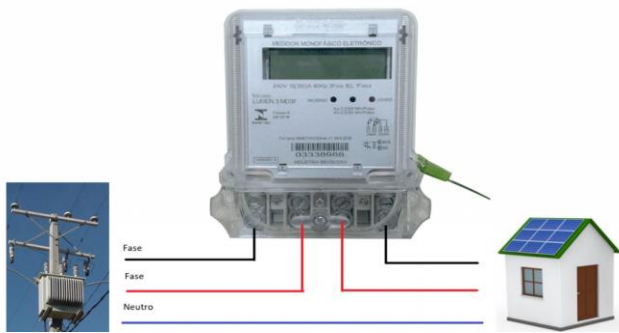


Figura 1. Medidor Bidirecional esquematizando a entrada da rede até a residência.

Fonte: Soft Energia.

Tanto a indutiva como a capacitiva, são prejudiciais ao cliente e ao sistema elétrico nacional, gerando quedas de tensão, aumento no consumo de energia ativa tendo nesse caso grandes chances de gerar multas desnecessárias pelo excesso do uso da reativa em empresas que adotam o sistema de faturamento por demanda contratada.

O fator de potência, é um fator simples entre a energia ativa e a energia reativa. A razão entre elas, deve estar entre 92%, como uso eficiente. O fator de potência é o recurso que tem a intenção de indicar o quanto de energia ativa é utilizada.

Conhecido popularmente como “relógio de luz”, o medidor de energia elétrica tem a função de medir o consumo de energia elétrica de uma carga, fazendo a medição do consumo mensalmente em kWh (medida de energia elétrica consumida por uma carga durante um intervalo de tempo). Sendo calculada pela potência da carga multiplicado pelo tempo de uso.

Os modelos diferentes fazem com que os medidores também possuem algumas variações de componentes, mas existem partes que são imprescindíveis para o medidor funcionar.

- Base: Todas as outras peças serão fixadas nesse aparelho, portanto deve ser de alta qualidade para que possa suportar toda a carga;
- Bloco de terminais: Onde serão acoplados os condutores de entrada e saída;
- Tampa: Fabricado com metal, vidro ou policarbonato, funciona como uma proteção impedindo que os elementos internos sejam danificados.
- Sensor de corrente e tensão: Responsáveis por medir a corrente e tensão elétrica na rede.
- Mostrador: Responsável por exibir o valor do consumo de energia (normalmente em kWh).

São basicamente dois tipos de medidores de energia elétrica, sendo eles o medidor eletrônico e o eletromecânico.

1. O medidor eletromecânico, conforme figura 2, possui um disco de metal que gira sempre que passa corrente elétrica pelas suas bobinas de tensão e de corrente, gerando um campo magnético, funcionando por indução eletromagnética,

fazendo o disco no medidor girar somente quando houver consumo de energia elétrica, de acordo com as normas do

INMETRO Nº 285/2008 [4], para medidores classe 2, que define o erro percentual de mais ou menos 4%.



Figura 2. Medidor Eletromecânico,
Fonte: Nansen.

2. Já o eletrônico, como o nome já diz, funciona eletronicamente com circuitos integrados, tendo uma medição digital, conforme a figura 3, variando seus tipos e tecnologias, indo dos mais simples que realizam a medição do consumo e apresentam este valor em um *display* até os mais completos que enviam as informações sobre o consumo diário para a concessionária, além de apresentar outros parâmetros, de acordo com as normas do INMETRO Nº 587/2012 [4], para medidores da classe A, com erro percentual de mais ou menos 2%. As perdas permitidas pelo INMETRO definidas através das tecnologias existentes geram diretamente para as empresas de energia elétrica perdas internas, que podem ser vantajosas ou desvantajosas de acordo com as análises feitas.



Figura 3. Medidor Eletrônico
Fonte: Nansen.

Entrando nessa categoria, atualmente o medidor inteligente, é uma das melhorias para a elaboração das faturas de energia. O medidor inteligente tem papel fundamental na identificação da qualidade e o estado da rede elétrica, o que permite melhorar as aplicações e qualidade do serviço ao cliente, tomando como base o plano da ANEEL [5] sobre a eficiência energética, facilitando a descoberta de como seus hábitos de consumo afetam sua fatura elétrica, ajudando a gerenciar suas economias.

Possuindo um interruptor limitador de potência, não se limita a ser instalado dentro do próprio quadro elétrico do cliente, assim melhorando a resposta e a capacidade de atuação, também dispõe de uma interface de telecomunicações para a comunicação remota entre os sistemas centrais e o medidor, permitindo leituras e execuções de operações de forma remota.

A capacidade de registrar múltiplos registros de energia e múltiplas tarifas, como tarifa branca, compensação energética através da microgeração, permitindo faturar o consumo em períodos diferentes, possibilitando ao cliente escolher a opção que permite minimizar seu consumo.

De forma a facilitar a integração das energias renováveis, especialmente a energia fotovoltaica a partir de pequenas instalações em residências e outros pequenos consumidores, dando ao cliente a vantagem de gerar sua própria energia (autoconsumo fotovoltaico) [6], sendo possível a medição com os medidores bidirecionais, ao mesmo tempo que continuam a rede de distribuição elétrica, a compensação é feita com base na REN 482/2012 [7] possuindo uma gestão simultânea de vários contratos tanto de compra ou de venda de energia, com a demanda contratada ou até mesmo no mercado livre.

Além de armazenar as medidas dos consumos de energia, possuem a capacidade de coletar informações sobre a rede elétrica em tempo real, podendo identificar interrupções de fornecimento, tensões ineficientes e conexões incorretas, facilitando por sua vez as manutenções em áreas rurais de difícil acesso ou até mesmo em áreas com grande densidade populacional.

A tecnologia *IoT* (*Internet of Things*) [8] será utilizada com o objetivo de incorporar objetos físicos a softwares, sensores e outras tecnologias com o intuito de os conectar e trocar dados com outros dispositivos ou sistemas pela internet. Essa tecnologia está sendo muito utilizada, por facilitar o controle de objetos do cotidiano, sendo residenciais ou industriais, sem que estejamos perto dos equipamentos, ajudando no monitoramento e ajustes por cada interação que seja feita de acordo com os dados coletados.

As *Smart Grid* [9], ou redes elétricas inteligentes, são um conceito desenvolvido de modo a atender as demandas futuras do mercado de energia elétrica. Elas são compostas por uma série de tecnologia e automação que garantam comodidade, segurança e sustentabilidade ao fornecimento de energia elétrica.

Possuem a capacidade de analisar a bidirecionalidade do fluxo de energia, ou seja, em uma rede pode receber energia ou distribuir a energia recebidas de placas solares ou geradores.

Além de ajudar, através do sistema *self healing*, a identificação e correção de falhas no fornecimento de energia, causado por quedas de árvores, animais ou tempestades.

Com a *Smart Grid* o consumidor acompanha em tempo real seu consumo e deixam de ser meros consumidores podendo virar pequenos produtores de energia, caso possuam painéis solares e/ou geradores.

IV. METODOLOGIA

O surgimento de um novo medidor é objeto de pesquisas, para elaboração de um protótipo de medidor inteligente, de forma mais simples e barata para as empresas do setor elétrico ou até mesmo para que os consumidores tenham maior controle sobre seus gastos e a qualidade da energia em relação ao medidor instalado pela permissionária.

As pesquisas sobre o novo medidor inteligente serão idealizadas através de estudos feitos em cima de um módulo ESP32 [10], um microcontrolador de baixo custo e consumo de energia elétrica, integrado com *Wi-Fi* e *Bluetooth*, que será capaz de fornecer as leituras em kWh. Pelo módulo sensor de tensão AC – ZMPT101B, conforme figura 4, que poderá ser analisado através de gráficos de tensão que passam pelo medidor.



Figura 4. Módulo Sensor de Tensão AC – ZMPT101B.

Fonte: Curto Circuito, 2022

Para analisar o consumo de energia será necessário o uso de um sensor de corrente não invasivo de 100A – SCT-013-100, de corrente alternada, poderá ser analisado também os gráficos de corrente que passam pelo sensor. O sensor de corrente não invasivo de 100A – SCT-013-100, conforme figura a baixo, usa como princípio o campo magnético para realizar a medição da corrente elétrica até 100A, sem a necessidade de que o sistema seja interrompido; e alguns outros componentes para que seja realizado a medição.



Figura 5. Sensor de corrente Não Invasivo 100A AC – SCT 013-000.

Fonte: Curto Circuito, 2022.

A princípio o protótipo será utilizado para informar o consumo de energia elétrica, através do sistema de comunicação *Bluetooth*.

Para conectar o medidor a internet será necessário que conecte ele a uma placa ESP32, que possui um módulo bluetooth, que poderá auxiliar na obtenção de dados da tensão, corrente, potência e energia. Ela ficará conectada a sensores os quais passaram as informações e em seguida enviará a um banco de dados que será plotado em um painel de controle, com auxílio dos comandos de programação. A placa de ESP32, desenvolvida pela empresa *Espressif* [11], tem como componentes: um

microprocessador *Xtensa* 32-Bits LX6 Dual Core de baixo consumo de energia, memória *ROM* de 448Kb, memória *SRAM* de 520Kb, memória *flash* externa de 32-Bit de acesso e 4 Mb, exemplificado na figura a baixo.

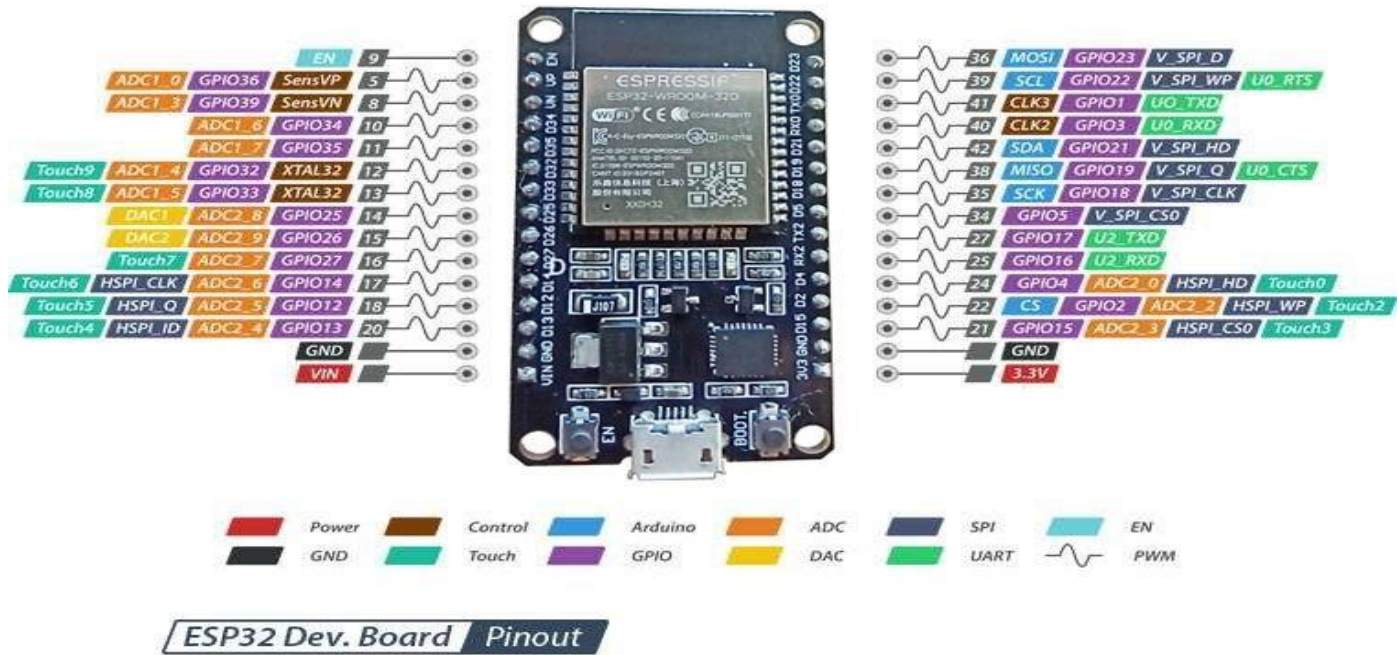


Figura 5. Placa ESP32 WROOM-32D – Wi-Fi/Bluetooth.
Fonte: Site Curto Circuito, 2022.

Esses dados serão coletados e enviados para uma base de dados no Excel, com esses valores obtidos será feito um tratamento dos dados para apresentar gráficos sobre tensão, corrente e sobre o consumo de energia.

A utilização desse protótipo também poderá ser na geração distribuída, em específico na microgeração fotovoltaica, quando o medidor é capaz de medir a energia injetada e consumida [12].

REFERÊNCIAS

- [1] SANTOS et al., 2006. Disponível em: www.proce-linfo.com.br. Acessado em 03/2022.
- [2] CERIS. Disponível em: www.ceris.com.br; 03/2022.
- [3] ANEE. Disponível em: www.gov.br/aneel/ren. Acessado em: 04/2022.
- [4] INMETRO. Disponível em: www.gov.br/inmetro; Aces-sado em: 04/2022.
- [5] ANEEL. Disponível em: www.gov.br/aneel. Acessado em: 04/2022.
- [6] SYNERGIA Editora; Novo Modelo do Setor Elétrico Bra-sileiro, 2ª edição, 2015.
- [7] ANEEL. Disponível em: www.gov.br/aneel/pt-br/assun-tos/geracao-distribuida. Acessado em: 05/2022.
- [8] ORACLE. Disponível em: www.oracle.com; Acessado em: 04/2022.
- [9] NEOENERGIA. Disponível em: www.neoenergia.com. Acessado em: 03/2022.
- [10] CURTO CIRCUITO. Disponível em: www.curtocir-cuito.com.br. Acessado em: 04/2022.
- [11] ESP32. Disponível em: www.espressif.com/en/pro-ducts/socs/esp32. Acessado em 06/2022.
- [12] MOREIRA, José Roberto Simões; Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência energética, 1ª edição, 2021; 05/2022.