

Sistema para monitoramento de potência aparente alternativo conectado à internet

Maycon Jean de Moura¹, Francisco Magno M. Sobrinho¹, Theo Martins de A. Paiva¹, Marciel Bezerra de Moura¹

¹Centro de Engenharias – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
Mossoró – RN – Brasil

mayconjeanm@gmail.com, magno.monteiro@ufersa.edu.br,
theo_martins_alencar@hotmail.com, gmarcielllbezerra@gmail.com

Abstract. *The water crisis experienced in recent years and the consequent increase in Brazilian electricity consumption tariffs, increases the need for energy efficiency. The present work aims to develop an alternative device to monitor the apparent power of single-phase low voltage households. As well as enabling the monitoring of measured values in real time remotely over the internet, to ensure better control of daily consumption. The proposed objective was achieved, verifying the low cost of the project, with the total value remaining below R \$ 150.00, the robustness of the server and the software used to process and display the data.*

Resumo. *As crises hídricas vividas nos últimos anos e o consequente aumento nas tarifas de consumo de energia elétrica brasileira, tornam cada vez mais crescente a necessidade de eficiência energética. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um dispositivo alternativo para monitorar a potência aparente de residências monofásicas de baixa tensão. Bem como possibilitar o acompanhamento dos valores medidos em tempo real remotamente pela internet, para assegurar um melhor controle do consumo diário. Foi alcançado o objetivo proposto, verificando o reduzido custo do projeto, com o valor o valor total permanecendo abaixo de R\$ 150,00, a robustez do servidor e do software utilizado para processar e exibir os dados.*

1. Introdução

Em menos de dez anos, a energia elétrica aumentou em 10% a sua participação no consumo residencial final de energia e em 5% no consumo energético total do setor comercial EPE (2018). Um crescimento constante mesmo com variações negativas do PIB no período TWB (2018). Além disso, as crises hídricas, que afetam a principal fonte usada na geração de energia elétrica brasileira, aumentam o valor pago pelo consumo, tornando interessante o seu uso eficiente até mesmo para pequenos consumidores. Dado esta crescente busca por eficiência, o setor pode gerar negócios de US\$ 260 bilhões e mais de 1,2 milhão de empregos direta e indiretamente, o que mostra a preocupação da sociedade com o tema, ABESCO (2018).

Uma das formas de aumentar a eficiência energética seria evitar desperdícios e, para isso, é necessário conhecer bem o consumo a todo momento para que gastos desnecessários sejam evitados e se crie consciência sobre o uso da energia elétrica. Além disso, com a criação de novas tarifas como a tarifa branca, que cria tarifas diferentes para períodos do

dia e dias diferentes, torna-se imprescindível a visualização do consumo em uma resolução maior. A concessionária fornece, através de sua fatura, o valor consumido nos últimos 12 meses, o que não é suficiente para identificar problemas pontuais e nem grandes problemas forma rápida, já que o reflexo será visto apenas na fatura do mês posterior. Com isso, o consumidor que em sua maioria considera o preço da energia muito caro ou caro não consegue visualizar formas de reduzir o consumo IBOPE (2018).

Então, para solucionar esse problema, foi proposto um sistema no qual será ligado à entrada de energia elétrica para monitorar a potência aparente consumida. Os dados serão enviados para a nuvem, para que sejam exibidos em gráficos de fácil visualização. Assim, será possível para o usuário identificar possíveis perdas e problemas no circuito em um tempo menor do que seria possível com os dados da concessionária, contribuindo para o aumento da eficiência energética na residência em questão. Tal ideia se encaixa em uma das definições possível de *Smart-meter* de Koponen (2008), um dispositivo que vai além do medidor convencional, já que seria possível observar o consumo em tempo real e de qualquer lugar.

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um dispositivo de baixo custo para o monitoramento da potência aparente consumida em uma residência monofásica de 220V com uma resolução de apenas poucos segundos, maior que a fornecida pela concessionária. Também será criado um *dashboard*, para facilitar a visualização e interpretação dos dados por meio de gráficos, resumindo a grande quantidade de dados obtidos com a medição.

Na seção Materiais e métodos é discutido como o dispositivo foi montado e é mostrado o diagrama de funcionamento de todo o projeto, já na seção Custos totais do circuito, é mostrado o custo do circuito montado para a medição e envio dos dados, bem como uma comparação com a alternativa similar disponível no mercado, na seção Processamento de dados é mostrado como foi feita a leitura do servidor e o resultado com o *dashboard*.

2. Materiais e Métodos

O projeto foi dividido em dois módulos, como é possível observar na Figura 1, para facilitar o entendimento e separar partes fundamentais do mesmo. Ele consiste em um medidor de corrente e uma forma de enviar os dados para o servidor e processá-los. Não é possível obter a potência apenas com os dados enviados e para isso, assumiu-se que a tensão na rede seria 220V. Essa consideração foi feita pois a placa usada tem apenas uma entrada com ADC, que será usada para medir a corrente eficaz do circuito. Com essa consideração é possível usar apenas a placa NodeMCU para a prototipagem, reduzindo custos e simplificando o modelo, mas sem perder a qualidade da informação.

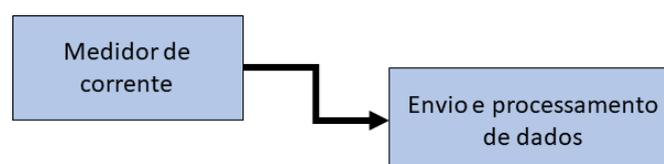


Figura 1. Esquema proposto para o trabalho. (Autoria própria)

2.1. Medidor de Corrente

Para a medição da corrente foi utilizado o SCT-013, um transformador de corrente que suporta até 100A com saída máxima de 50mA. Como é possível observar, a tensão induzida será alternada, já que a forma da corrente é senoidal. Com isso é necessário realizar adaptações para que o ADC, que tem tensão máxima de 3,3V e mínima de 0V, consiga medir com a melhor resolução possível sem ultrapassar os parâmetros máximos do mesmo. Para isso, além do transformador de corrente é necessário um circuito para aquisição dos dados do sensor de corrente, como pode ser visto na Figura 2.

Como a saída do SCT-013 é uma corrente que depende da corrente de entrada é preciso utilizar um resistor shunt para que possa ser medido uma tensão correspondente a corrente na saída do transformador que corresponde, respectivamente a uma corrente no condutor medido.

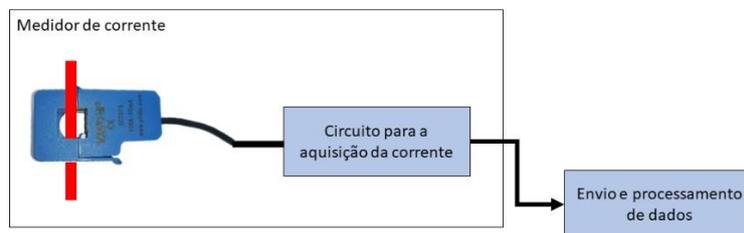


Figura 2. Esquema resumido do módulo medidor de corrente. (Autoria própria)

Assim, como o seno tem uma simetria ímpar é preciso elevar a tensão para que o sinal se torne contínuo. Assim, para obter a maior resolução possível foi escolhido elevar a mesma para metade da tensão máxima para que a distância entre o centro do sinal seja máxima. Foi usado dois resistores iguais como divisor de tensão conectados em 3,3V para obter a componente DC do sinal. Já o resistor shunt foi projetado para que a corrente de pico máxima, somada com a componente DC, não ultrapasse a tensão máxima suportada pelo ADC. Assim, é possível obter o valor de $23,33\Omega$ como o máximo para manter a corrente máxima de 100A. Já o valor utilizado foi menor do que o calculado, proporcionando uma menor resolução, mas garantindo que mesmo na corrente máxima, a entrada ADC não receberá uma tensão maior que a tensão máxima. Como o resistor utilizado foi de 22Ω , a corrente máxima eficaz medida pelo ESP será de 106A, podendo assim usar toda a capacidade do sensor. O circuito final pode ser visto na Figura 3 onde A0 é o pino analógico do NodeMCU.

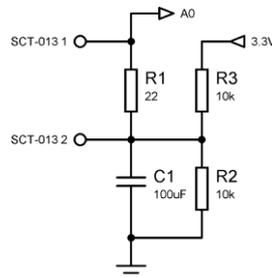


Figura 3. Circuito para a aquisição da corrente. (Autoria própria)

Para o cálculo da corrente eficaz foi utilizado a biblioteca Emonlib, que é aberta e para Arduino, de um projeto de monitor de energia de código aberto. Assim é possível abstrair o cálculo computacional realizado pela biblioteca reduzindo a complexidade do projeto.

2.2. Envio e Processamento de Dados

Já para o meio do envio dos dados, foi escolhido o *Wifi*, utilizando a principal vantagem do ESP que é já contar com um módulo *Wifi* integrado. E para armazenar os dados foi escolhido o *Realtime database* do Firebase, que por sua simplicidade e atualizações em tempo real se encaixou perfeitamente nos requisitos do projeto, sendo mais eficientes que banco de dados relacionais tradicionais nesse tipo de situação Veen (2012). Os dados escolhidos para serem enviados foram: data, corrente. Com eles é possível calcular a potência aparente, plotar gráficos em relação ao tempo em qualquer intervalo de tempo disponível e identificar cada momento do dia no gráfico de potência aparente instantânea. A Figura 4 mostra um resumo do processo de envio e processamento de dados.

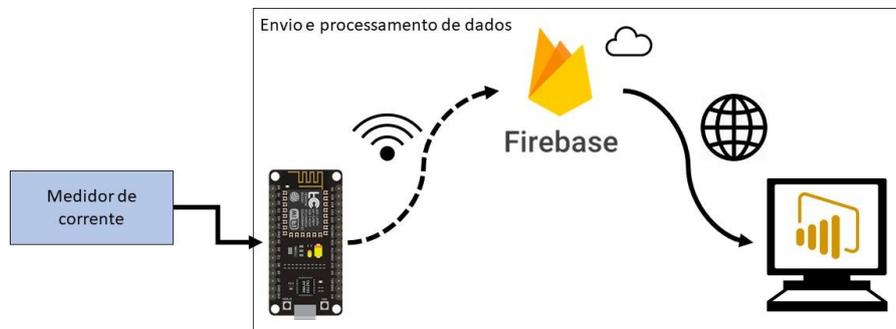


Figura 4. Esquema resumido do processo de envio e processamento de dados. (Autoria própria)

Como a data da medição é enviada, é possível ter um atraso no envio sem que o dado perca seu valor, já que não depende da hora que entra no servidor. A data é obtida em Unix Timestamp de um servidor NTP, que significa *Network Time Protocol* ou Protocolo de Tempo para Redes e permite a sincronização de dispositivos eletrônicos em uma rede, sendo utilizado um servidor brasileiro para reduzir a latência. Com isso é possível enviar toda a informação de data e hora em apenas um inteiro de fácil interpretação para o computador.

O dispositivo foi configurado para medir a corrente eficaz no circuito em intervalos de 10s para que fosse possível executar todo o programa nele presente e para que o servidor não ficasse sobrecarregado de informações já que em apenas um dia seriam enviadas mais de 8000 requisições com objetos contendo os dados mencionados.

Como o Firebase dispõe de uma api RESTful para acessar os dados armazenados, foi escolhido o Power BI como visualizador. Assim, para o envio seria feita uma requisição http do tipo POST onde é passado como parâmetro o objeto Json contendo a data e o valor da corrente medida pelo circuito. Já para a leitura, feita pelo Power BI, é realizada uma requisição GET que retorna todos os elementos salvos no banco em Json, essa resposta é reordenada em tabelas e seus dados, valor da corrente e da data, convertidos em valores de fácil leitura para humanos. Assim, é possível usar os dados tratados no Power BI para criação de representações que sintetizem as informações enviadas pelo ESP para o servidor de forma clara e simples. Podendo assim ser usada para a conscientização e redução do consumo por parte dos usuários.

2.3. Aquisição de Dados

Para testar o protótipo, o mesmo foi ligado a um quadro geral de distribuição, como mostra a Figura 5, durante o período de 28 de outubro a 22 de dezembro. O teste se propunha observar a resposta do servidor e dos dispositivos ao uso contínuo durante o período do mesmo. Assim, os dados enviados para o servidor foram a corrente medida e a data da medição em Unix Timestamp. Além disso, foi também colhido o uso do servidor durante o período para que fosse possível entender o impacto do constante envio de dados para o mesmo. Para a alimentação e para reduzir a quantidade de componentes que podiam ocasionar erro, foi utilizado uma fonte comercial com saída MicroUSB para alimentar o NodeMCU durante o teste.

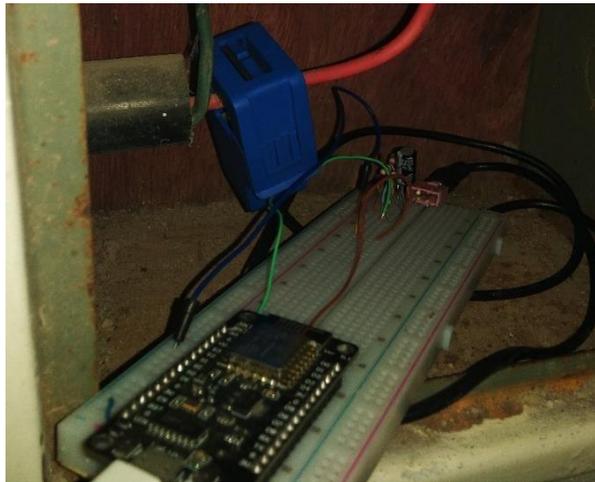


Figura 5. Protótipo montado no quadro de distribuição. (Autoria própria)

3. Custo Total do Circuito

A Tabela 1 resume os valores unitários de cada componente e o total gasto na confecção do protótipo do circuito projetado. Foi priorizado componentes de baixo custo e de acesso local para a fácil construção do dispositivo.

Tabela 1. Custo de componentes utilizados na construção do protótipo. (Autoria própria)

<i>Quantidade</i>	<i>Componente</i>	<i>Custo Unitário</i>
1	NodeMCU	R\$ 49,90
1	SCT-013	R\$ 59,90
3	Resistores de 1/4W	R\$ 0,25
1	Conector P2	R\$ 2,00
1	Capacitor cerâmico	R\$ 0,40
	Total	R\$ 112,95

O custo final do protótipo poderia ser reduzido consideravelmente se os componentes fossem adquiridos em sites de compras internacionais. Mas mesmo com os componentes comprados, o valor do protótipo é uma fração da alternativa internacional e representa menos do que quatro meses de mensalidade do Ecomonitor, segundo os preços apresentados pelo fornecedor. Os valores mostrados na Tabela 1 são de componentes acabados e próprios para a prototipagem, o custo real de um dispositivo com as mesmas características seria menor já que não seriam necessárias todas as interfaces por eles oferecidas, podendo, assim, usar dispositivos mais baratos como o próprio ESP8266 no lugar do NodeMCU, com a devida adaptação, mas sem perder qualidade no produto final.

4. Processamento de Dados

Para processar e analisar os dados provenientes do medidor, foi criada uma página no Power BI, para resumir os dados medidos. Foi usado dados medidos entre outubro e dezembro para a validação da página. As Figuras 6, 7 e 8 mostram gráficos gerados com os dados medidos durante o teste do módulo medidor de corrente e do envio e processamento de dados, o que corresponde a um total de 475 mil objetos com data e valor da corrente. Na Figura 6 é mostrado o valor médio do consumo por hora no período medido, já na Figura 7 é mostrado o consumo médio diário, assim enquanto na primeira é mostrado o perfil médio de consumo diário, no segundo é mostrado o perfil mensal de consumo da residência. Com os referidos dados é possível criar várias visualizações, inclusive por períodos menores ou com resoluções diferentes e períodos posteriormente determinados, como a Figura 8, que apresenta um agrupamento de intervalos de horas para representar a manhã, tarde, noite e madrugada.

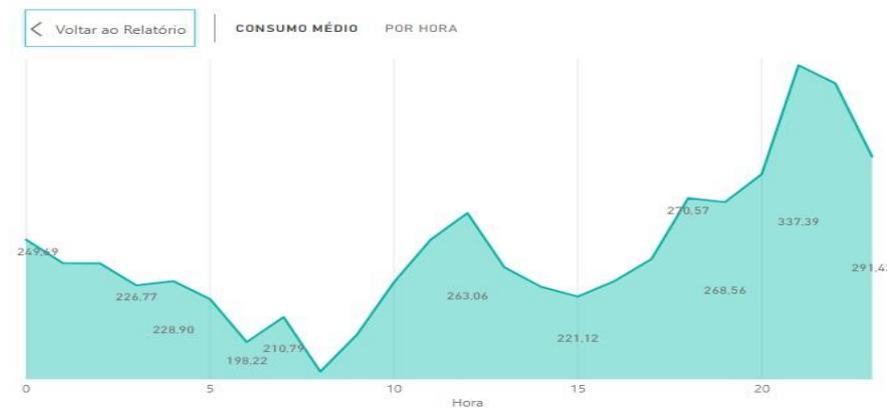


Figura 6. Gráfico de linha da potência aparente média do período por hora. (Autoria própria)

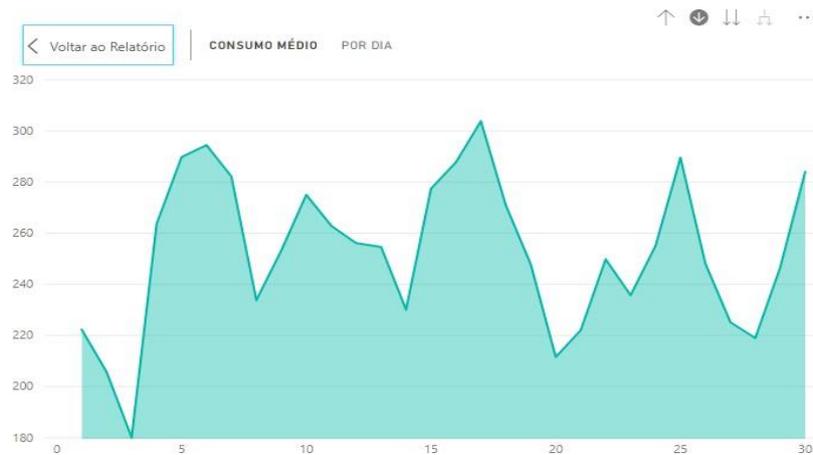


Figura 7. Gráfico de linha da potência média de novembro por dia. (Autoria própria)

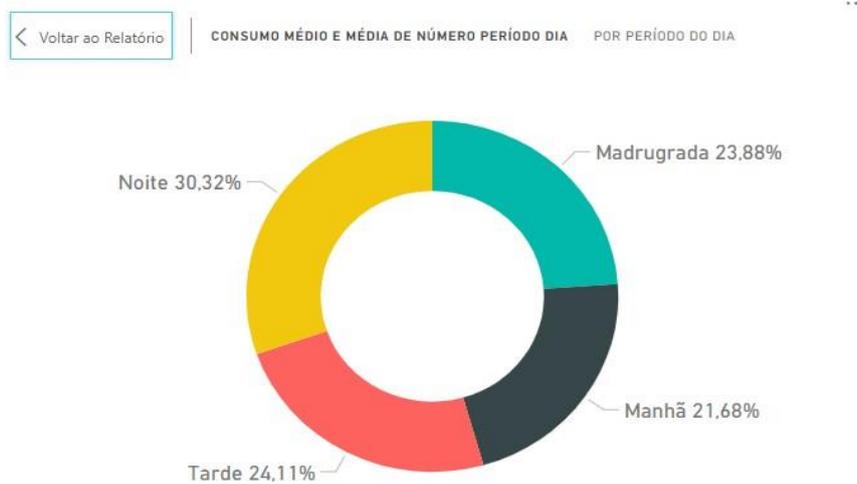


Figura 8. Contribuição da potência aparente em cada momento do dia. (Autoria própria)

Além disso, é possível perceber pela Figura 9 que mesmo com o volume gigantesco de dados enviados, o armazenamento do banco de dados quase não foi utilizado, devido a forma que o dado foi passado. Mas houve um grande volume de downloads para os dados apresentados, isso se deve ao fato do Power BI, ao buscar novamente os dados para atualizar seus gráficos, baixa todos os dados novamente, provocando um alto tráfego de downloads proporcional a quantidade requisições e de dados disponíveis.

Armazenamento ⓘ	Downloads ⓘ	Carregar ⓘ
27,7 MB atuais	83,4 MB Total de 30 dias	16% pico

Figura 9. Valores medidos no banco de dados. (Autoria própria)

5. Conclusão

O presente trabalho se propôs a projetar e construir um medidor de potência aparente com um baixo custo para uma residência de baixa tensão. Obtendo êxito em seus objetivos propostos, os dados apresentados refletem, em parte, o consumo do local já que o valor medido foi a potência aparente. O circuito proposto tem um custo muito baixo, tendo o

seu custo de material próximo ao valor de quatro mensalidades pagas pelo aluguel de equipamentos similares disponíveis no mercado nacional ou de uma fração da alternativa internacional. O Power BI é uma ótima ferramenta para analisar os dados, mas não foi possível utilizar a função de tempo real, já que a atualização automática nos dados só está disponível na versão paga do *software*. O que resolveria o problema do grande volume de download no banco, mesmo que esse problema possa ser ignorado em pequenas escalas. Mesmo assim, o programa apresentou um comportamento excelente trabalhando com quase meio milhão de entradas. Como sugestão para futuros trabalhos fica o estudo de formas para medir o fator de potência para, assim, medir o consumo da residência na forma que é faturado pela concessionária, o que facilita a análise já que é possível estimar o valor em reais gasto. Além disso, a adoção de uma *api REST* própria reduziria o custo do servidor, caso o aparelho fosse comercializado e seu banco fosse centralizado.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (São Paulo). Abesco - Eficiência Energética | Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia, com foco em Eficiência Energética. 2018. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/>>. Acesso em: 5 nov. 2018.
- ECOMONITOR (Rio Grande do Sul). Ecomonitor: Monitoramento do consumo de energia e água, a qualquer momento, em qualquer lugar. Disponível em: <<http://ecomonitor.com.br>>. Acesso em: 12 fev. 2019.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2018 – Ano base 2017. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt>> Acesso em 7 de novembro de 2018.
- IBOPE INTELIGÊNCIA. Pesquisa de Opinião Pública: Energia Elétrica. Abril de 2018. Disponível em: <<http://www.queroenergialivre.com.br/wp-content/uploads/2018/08/Ibope-Abraceel-2018.pdf>> Acesso em: 8 de novembro de 2018.
- KOPONEN, Pekka et al. Definition of Smart Metering and Applications and Identification of Benefits.1.1 Finland: European Smart Metering Alliance Authors, 2008.
- The World Bank (TWB). GDP growth (annual %) - Brazil. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=BR>. Acesso em: 07 nov. 2018.
- VEEN, Jan Sipke Van Der; WAAIJ, Bram Van Der; MEIJER, Robert J. Sensor Data Storage Performance: SQL or NoSQL , Physical or Virtual. 2012 IEEE Fifth International Conference on Cloud Computing, p. 431–438, 2012.