

Sistema de monitoramento remoto de energia para *benchmarking* e redução de custos

Clara Letícia de Sousa Carvalho
DET/Mossoró
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – RN, Brasil
clara.carvalho45410@alunos.ufersa.edu.br

Taciano Amaral Sorrentino
DCME/Mossoró
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – RN, Brasil
taciano@ufersa.edu.br

Resumo— Époças de crise econômica, social ou sanitária, como a pandemia do vírus Covid-19, mostram a necessidade de atuar em diversas frentes para minimizar os impactos negativos sobre o país. O ano de 2020 foi marcado pelo isolamento social, fechando alguns estabelecimentos, ou seja, parando com seus gastos energéticos e potencializando outros, como hospitais e supermercados. Nesse sentido, notou-se a oportunidade de utilizar de recursos da eficiência energética para mitigar maiores gastos com energia, garantindo economia para os estabelecimentos e o mantimento da segurança energética local e nacional. Para isso, foi proposto um sistema de gestão de energia remota para a utilização em *benchmarking* de energia, utilizando sensores de tensão e corrente, um ESP32 com conexão à internet, um banco de dados online e o software Power BI.

Palavras-chave—*eficiência energética, benchmarking, esp32, análise de dados, gestão energética*

I. INTRODUÇÃO

Um sistema de energia elétrica é complexo e diverso, tendo reflexos tanto em quem a gera, quanto em quem a usa. Por exemplo, as distribuidoras de energia tarifam de modo diferente o consumo de acordo com a disponibilidade de recursos energéticos, que, por sua vez, foram utilizados por aqueles que irão custear a tarifação. Assim, é evidente que há uma recíproca de impacto quando a energia é distribuída e utilizada.

De acordo com [1], o consumo de energia é influenciado por distintos fatores, como a escassez de fontes energéticas e a economia. Em 2008 houve uma crise econômica mundial, que refletiu em uma menor oferta interna de energia e um menor consumo. Algo similar aconteceu em 2020, quando a pandemia do Covid-19 teve seu auge e influenciou uma crise econômica, que, segundo especialistas, teve mais impactos negativos que a de 2008 [2].

Nota-se como a disponibilidade e o consumo de energia se comportaram em uma época de crise. Comércio, restaurantes, cinemas e escolas fecharam ou pausaram suas atividades em 2020 [2] e, consequentemente, seu consumo energético passou por uma transição. Porém, o impacto da pandemia afetou diferentemente alguns ramos [3], por exemplo, de acordo com [4], houve uma queda de 5% no uso da energia no ramo comercial e um aumento de 2% no uso residencial. Já hospitais e postos de saúde mudaram de perfil de consumo, aumentando seus gastos energéticos para acomodar mais pacientes afetados pela pandemia do SARS-CoV-2. Dessa forma, há diferentes necessidades energéticas tanto para aqueles que diminuíram compulsoriamente de consumo energético como para aqueles que aumentaram.

Nesse contexto, é importante considerar medidas mitigativas em todas as frentes de uma crise, e este trabalho irá focar na frente energética, em particular no aumento da eficiência energética de unidades consumidoras de pequeno a grande porte, com o objetivo de utilizar da melhor forma os recursos a fim de diminuir gastos e manter a segurança energética local e nacional.

Um estudo na cidade de Nova Iorque, publicado em 2013, afirma que após a implementação da Lei Local 84, houve a redução de 6% no consumo de energia elétrica ao longo de 3 anos em prédios com mais de 4600 m². Esse estudo examinou o impacto da Lei Local 84, que determinou obrigatória a declaração de consumo de água e eletricidade desses edifícios. Essa prática fez com que os gestores prediais conhecessem seu consumo e o de outros prédios com características similares, podendo comparar padrões de consumos, levantar questionamentos e indicar pontos de melhoria para o local [5].

Dessa forma, propõe-se um sistema de monitoramento de consumo de energia em tempo real que terá como produto um quadro com informações dispostas sobre o consumo de uma unidade consumidora. Essas informações serão utilizadas em *benchmarks* de energia, no intuito de diminuir o consumo elétrico e gastos econômicos.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Eficiência energética

Segundo [1], eficiência energética significa gerar ou consumir a mesma quantidade de energia utilizando menos recursos. Por exemplo, um escritório com vinte lâmpadas fluorescentes sendo utilizadas 8 horas por dia tem o mesmo padrão de comportamento em relação à necessidade do produto da energia que um outro escritório com vinte lâmpadas LED. Porém, o escritório com lâmpadas LED consome menos energia elétrica. Dessa forma, ele é mais eficiente.

O Brasil tem algumas políticas públicas voltadas para a eficiência energética (Figura 1) e elas são importantes aliadas ao avanço tecnológico. Por exemplo, o PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem) promove a etiquetagem de equipamentos elétricos, mostrando aos consumidores quais são os equipamentos que fazem o melhor uso da eletricidade. Ao ter essa informação, pode-se fazer uma escolha mais consciente, por vezes tendendo a escolher equipamentos mais eficientes. Com isso, os fabricantes têm um estímulo em construir produtos mais eficientes.

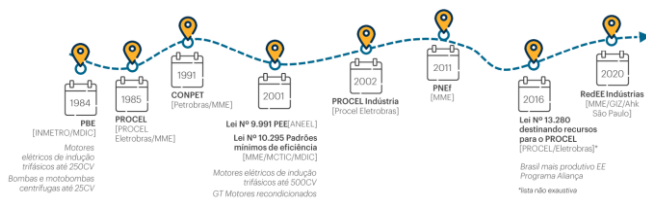


Fig. 1. Linha do tempo das políticas vigentes de eficiência energética no Brasil [1].

Além disso, a eficiência energética pode ser aplicada no formato de ações humanas, como a adoção de mudanças nos comportamentos, seja desligar lâmpadas ao sair de um cômodo em uma residência ou trocar equipamentos ineficientes em uma empresa [9].

B. Gestão energética

Com o intuito de não só implementar, mas manter as ações de eficiência energética, é necessário um sistema de gestão energética, que garanta a sustentabilidade das ações propostas e ter um ciclo que perdure, a partir da definição de indicadores para o acompanhamento, levantamento de planos de ação e monitoramento das implementações propostas [6].

De acordo com [8], há um potencial de economia em até 22% em prédios comerciais a partir da adoção de um sistema de gestão energética. Ela pode utilizar da metodologia PDCA, dividida em quatro etapas: *plan* (planejar), *do* (fazer), *check* (verificar) e *act* (agir) (Figura 1). O PDCA é indicado pela norma ISO 50001, que estabelece requisitos mínimos para garantir a melhoria contínua do desempenho energético de uma unidade consumidora, independentemente de seu tamanho [6].



Fig. 2. Etapas da metodologia PDCA [6].

C. Benchmarking de energia

A ação de verificar o consumo, divulgar esses dados e comparar com outros estabelecimentos de porte semelhante trata-se do *benchmarking* de energia [5]. Essa prática pode ser feita pelos gestores de energia de um local por meio de plataformas digitais voltadas para esse intuito. No Brasil, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, o CBCS, possui um portal específico para esse uso.

O *benchmarking* pode ter alguns níveis de complexidade [10]:

- **Benchmarking simples:** registro de consumo de uma edificação, sem a comparação com outros locais;
- **Benchmarking flexível:** registro do consumo por metro quadrado para um tipo específico de edifício, levando em consideração suas condições climáticas;
- **Benchmarking com correção:** registro de consumo, assim como no *benchmarking* simples, mas com um propósito mais específico, uma vez que é especificado e levado em consideração qual o tipo de atividade ou tipo de edificação. Por exemplo, um *benchmarking* voltado para datacenters;
- **Benchmarking sob medida:** esse tipo de estudo é feito especificamente para um prédio, levando em consideração uma auditoria energética e cálculos do potencial de melhora ao adotar ações de eficiência energética personalizadas para o ambiente e as atividades do local.

Percebe-se que o *benchmarking* pode ser feito de forma geral, sem detalhes e especificações ou até de forma direcionada para uma unidade consumidora em específico.

Por exemplo, o gestor de energia de um prédio de cinco andares deseja fazer um *benchmarking* sob medida para ter parâmetros mais específicos possíveis para sua realidade. Assim, pode ser feito um levantamento de consumo anual e consultar a ferramenta de *benchmarking* da CBCS para comparar o consumo desse prédio com o de outros prédios de características diferentes.

A ferramenta utiliza um banco de dados de outros prédios de mesmo porte [10] e permite inserir o consumo de energia em um período e o indicador (em kWh/m²/ano) mostra se o edifício é ineficiente, típico ou eficiente, com base no banco de dados existente e a noção de consumo médio.

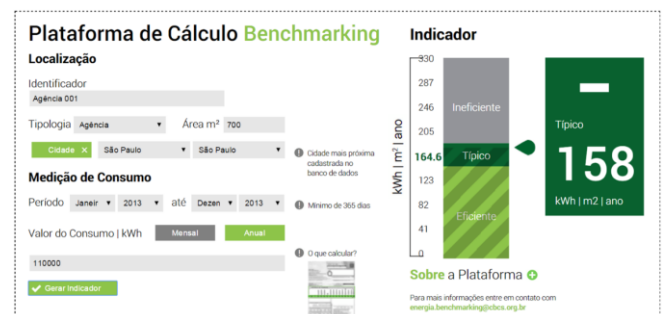


Fig. 3. Plataforma de cálculo de *benchmarking* do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) [10].

D. Indicadores de desempenho energético (IDE)

Para uma gestão energética eficaz, é necessário fazer a manutenção de alguns indicadores energéticos, que são medidas quantificadoras do desempenho energético da unidade consumidora [11]. Se esses indicadores não estiverem acima de um valor mínimo, as ações implementadas de eficiência energética não estão tendo o resultado esperado e será preciso revisar o planejamento feito até então [6].

A escolha e definição de IDEs para uma edificação pode ser feita de forma genérica, como o consumo de energia simples, medido em kWh/m² para um sistema de refrigeração [6] de um edifício comercial ou específico como o valor gastado por kWh/m² para a refrigeração de um datacenter.

Em resumo, os indicadores são aliados de uma gestão energética eficiente, estando ligados ao ciclo PDCA, mantendo o gestor de energia em constante atenção para planejar ações, definir quem fará e o que será feito, verificar se está sendo feito e definir melhorias constantes para o sistema.

III. METODOLOGIA

Com o objetivo montar um sistema de gestão energética remota, foi idealizado um conjunto formado por sensores, uma plataforma de prototipagem com antena própria para conexão wi-fi, um banco de dados e uma plataforma de disposição dos dados que pode ser consultada a qualquer momento na internet. Em resumo, o sistema possui três partes:

- Etapa 1 – coleta de dados: para esse momento, é necessário utilizar sensores de tensão, corrente e a plataforma de prototipagem escolhida, que será o módulo NodeMCU-ESP32, abreviado para ESP32 neste trabalho, e que irá enviar os dados coletados para a internet a partir de seu roteador interno;
- Etapa 2 – envio de dados: parte do sistema que recebe os parâmetros medidos e armazena em um banco de dados de forma online;
- Etapa 3 – visualização e interpretação dos dados: produto final do sistema, formado pelos dados tratados e dispostos em uma plataforma online de análise de dados para dinamizar a utilização das informações e a tomada de decisões.

Etapa 1 - Coleta dos dados	Etapa 2 - Envio dos dados	Etapa 3 - Visualização e interpretação dos dados
Leitura do sensor de tensão	Código na linguagem C inserido no ESP32	Conexão do banco de dados com o PowerBI
Leitura do sensor de corrente	Conexão do ESP32 com o wi-fi	Publicação do relatório em uma página web
Conexão dos sensores ao ESP32	Conexão do ESP32 com o banco de dados MySQL	Interpretação dos dados
Utilização de fios de conexão	Envio dos dados lidos para o MySQL por wi-fi	Benchmarking e propostas de eficiência energética

Fig.4. Etapas do sistema de gestão energética proposto.

A. Sensor de tensão

O sensor de tensão utilizado foi o ZMPT101B (Figura 5), que recebe tensões de 0 até 250 V, abaixa a tensão para um intervalo entre 0 e 5 V e possui um erro de precisão de $\pm 0,2\%$ e um erro de ângulo de fase de $1/3^\circ$ [12].



Fig. 5. Sensor de tensão ZMPT101B utilizado no sistema [13].

Para utilizar esse dispositivo no código enviado para o ESP32, foi necessário adicionar uma calibragem a ele. Para isso, foi lido a tensão sem nenhuma modificação ou calibragem ao mesmo tempo que a mesma fonte foi medida com um multímetro. Ou seja, utilizou-se uma fonte confiável e conhecida, o multímetro, e comparou-se os dados obtidos por ele e aqueles mostrados pelo sensor utilizado.

Em seguida, foi adicionado ao código um fator de calibragem para que a tensão mostrada pelo sensor seja a mesma que a do multímetro. Foi chegada a conclusão que o valor lido deveria ser dividido por 10 e em seguida diminuído o valor de 92 (Equação 1).

$$TensaoReal = \frac{TensaoLida}{10} - 92 \quad (1)$$

B. Sensor de corrente

O sensor de corrente utilizado foi o ACS712, que mede correntes de até 30 A. A Figura 6 mostra o seu circuito interno. A corrente coletada gera um campo magnético que será convertido em voltagem, sendo a saída do dispositivo medida em volts, que varia entre 0 e 5 V [14].



Fig. 6 Sensor de corrente ACS712 utilizado no sistema [15].

Assim como para o sensor de tensão utilizado, o seu sinal de saída teve que ser calibrado para que a corrente interpretada pelo ESP32 refletisse a corrente da medição.

Para isso, foi utilizada a Equação 2, baseada na utilização de um alicate amperímetro, a resolução do sensor de acordo com o número de bits do pino analógico utilizado (12 bits) e a sensibilidade do sensor, determinado pelo fabricante [14].

$$CorrenteReal = \frac{(CorrenteLida - 510)^2 \times resolução_{sensor}}{sensibilidade_{sensor}}$$

$$CorrenteReal = \frac{(CorrenteLida - 510)^2 \times 0,001220703125}{0,066} \quad (2)$$

C. NodeMCU-ESP32

A plataforma de prototipagem selecionada foi o NodeMCU-ESP32 devido à sua facilidade de utilização quando se refere à disponibilidade de bibliotecas e hardware compatível.

O ESP32 precisa ser programado tanto para receber as informações vindas dos sensores quanto para enviá-las para o banco de dados por meio do wi-fi. Seu código foi dividido em algumas seções:

- Parte 1 – wi-fi: para que o sistema mostre dados medidos em tempo real, eles precisam ser enviados à internet. Dessa forma, foi necessário primeiramente conectar o ESP32 à internet a partir da biblioteca Wifi.h, que permite a conexão a partir das credenciais do wi-fi local;
- Parte 2 – MySQL: quando a placa encontra-se conectada ao wi-fi, é possível então conectar-se ao banco de dados selecionado. Para isso, utilizou-se da Plataforma online e gratuita db4free, que teve a função de armazenar o banco de dados e permitir a conexão com a placa;
- Parte 3 – sistema de medição: essa parte do código diz respeito à declaração de variáveis de medição, determinando quais os pinos do ESP32 receberão as informações dos sensores e de que forma eles serão lidos. Para isso, foram utilizadas as equações de calibragem (Equações 1 e 2) para ajustar os valores obtidos.

D. Banco de dados

O banco de dados utilizado foi o MySQL, uma Plataforma amplamente conhecida e utilizada para armazenamento e análise de dados.

Para ter acesso ao banco de dados, foi utilizada o servidor gratuito db4free, que armazena o banco de dados e possui a linguagem e conexão com o MySQL.

Para o sistema de gestão energética proposto, a função do banco de dados é guardar todas as medições feitas pelos sensores (Figura 6). Dessa forma, os valores de tensão e corrente medidos são armazenados com a data e hora em que foram medidos e poderão ser consultados, baixados e manipulados na mesma hora ou posteriormente.

	TENSÃO	CORRENTE	POTENCIA	DATA E HORA	ID
	218.9	14.24	3117.47	2022-06-16 18:09:14	33
	227.1	14.22	3230.05	2022-06-16 18:09:35	34
	228.5	14.33	3275.32	2022-06-16 18:09:48	35
	225.1	13.91	3130.83	2022-06-16 18:10:06	36
	226.4	14.52	3287.09	2022-06-16 18:10:18	37
	222.7	13.56	3019.19	2022-06-16 18:10:30	38
	225.1	14.54	3272.38	2022-06-16 18:10:45	39
	215.5	13.65	2873.26	2022-06-16 18:10:58	40
	222	13.96	3100.03	2022-06-16 18:11:14	41
	223.2	14.5	3256.51	2022-06-16 18:11:26	42
	226	14.24	3218.69	2022-06-16 18:11:38	43
	226.4	14.35	3249.41	2022-06-16 18:11:50	44
	224.2	14.33	3213.69	2022-06-16 18:12:03	45
	219.2	13.68	3000.12	2022-06-16 18:12:20	46

Fig. 6. Visualização do banco de dados MySQL no servidor db4free.net.

E. Power BI

Para visualizar os dados obtidos e armazenados no MySQL foi proposta a utilização do software Power BI, que é uma ferramenta de análise de dados da empresa Microsoft utilizada no sistema de gestão energética deste trabalho devido à sua interface interativa, seu dinamismo ao editar gráficos e interatividade ao visualizar informações. Além disso, essa plataforma pode ser disposta online, para a consulta remota a qualquer momento.

Para sua utilização, foi feita a conexão entre o servidor utilizado, o db4free e o Power BI, que recebe os dados e permite a sua modelagem por meio de suas ferramentas.

F. Circuito proposto

Afim de garantir o melhor uso de energia, propõe-se fazer a medição para circuitos específicos ou máquinas específicas.

Por exemplo, uma residência poderia fazer um uso eficiente do sistema a partir da instalação do sistema em cada circuito. Dessa forma, se uma casa tiver 1 circuito de iluminação para cada ambiente e 1 circuito de força também para cada ambiente, as informações obtidas com o sistema seriam de quanto cada ambiente gasta em energia e como se comporta suas grandezas elétricas durante um período de tempo.

Para uso comercial ou industrial, o sistema pode ser utilizado em cada máquina, circuito ou ambiente, dependendo das necessidades de eficiência do local.

Assim, propõe-se a utilização do sistema de medição no quadro de distribuição da unidade consumidora, compactando os materiais utilizados em uma caixa ou envoltório compacto para não tomar muito espaço.

Por fim, o circuito proposto é mostrado na Figura 7, integrando os sensores e o ESP32, que, por sua vez, foi conectado uma única vez no computador para receber o código construído para fazer as medições e enviar os dados para o banco de dados MySQL por wi-fi. Em seguida, ele pode ser desconectado do computador e funcionará normalmente seguindo o fluxo de instruções determinado.

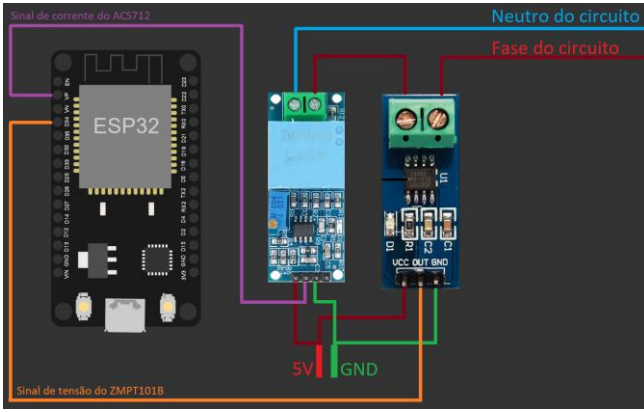


Fig. 7. Circuito do sistema proposto.

IV. RESULTADOS

Para fins de prototipagem, foi utilizada uma tomada de uma residência, disposta perto de uma bancada, facilitando ajustes do circuito e testes.

A. Circuito de medição

O circuito proposto da Figura 7 foi montado na prática e pode ser visualizado na Figura 8. Foram utilizadas legendas na imagem para distinguir as seções do sistema.

Em azul estão as conexões do sensor de corrente, em verde estão as conexões do sensor de tensão e em vermelho na parte esquerda estão as conexões entre as saídas analógicas dos sensores para o ESP32.

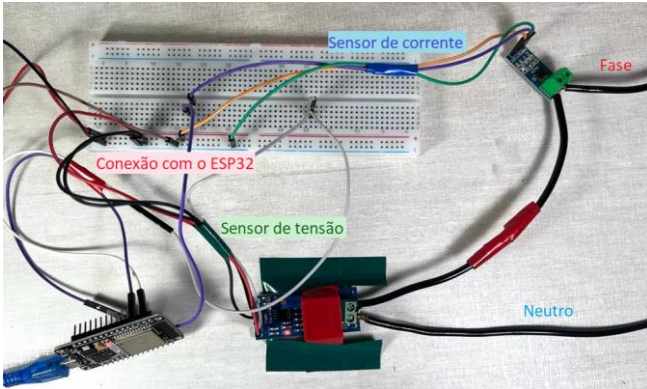


Fig. 8. Circuito proposto montado na prática.

B. Envio dos dados

Após as medições pelos sensores e calibrações por meio da inserção das Equações 1 e 2, o ESP32 foi conectado ao wi-fi por meio do código da Figura 9. O código foi inserido no *void setup* e é feito logo após a declaração dos pinos que recebem os sinais dos sensores como entrada.

```
//CONECTAR AO WI-FI
WiFi.begin("Wi-fi Local", "1234567");

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
    delay(600);
    Serial.println("Tentando conexão com Wi-Fi...");
}

Serial.println("Conectado ao Wi-Fi!");
```

Fig. 9. Código executado para fazer a conexão do ESP32 ao wi-fi local.

Em seguida, no *void loop*, é feita a leitura dos sensores pelo código da Figura 10, onde são lidos os parâmetros de tensão e corrente e armazenados nas variáveis “*valortensao*” e “*valorcorrente*”.

```
void loop() {
    //LEITURA
    valortensao = analogRead(sensorTensao);
    valorcorrente = analogRead(sensorCorrente);

    float leiturtensao = (valortensao/10)-92;
    float leiturocorrente = (sqrt((valorcorrente-510)*(valorcorrente-510))*voltsporunidade)/sensibilidade;

    Tensao = leiturtensao;
    Corrente = leiturocorrente;
    Potencia = Tensao*Corrente;
}
```

Fig. 10. Código executado para ler e armazenar as variáveis do sistema de medição.

Então, é chamada a função *EnviarDados*, que faz o envio das informações para o banco de dados do servidor *db4free.net* a partir da biblioteca *MySQL_Generic.h*.

O banco é chamado *eficienciabanco* e a tabela em que os dados serão inseridos é chamada *ProjetoEficiencia*. O código que faz essa conexão encontra-se na Figura 11.

```
void EnviarDados() {
    MySQL_Query query_mem = MySQL_Query(sconn);

    if (conn.connected())
    {
        String sql_query = "insert into eficienciaabanco.ProjetoEficiencia(TENSAO, CORRENTE, POTENCIA)
        values(" + String(Tensao) + "," + String(Corrente) + "," + String(Potencia) + ")";
        MySQL_DISPLAY(sql_query);

        if (!query_mem.execute(sql_query.c_str()))
        {
            MySQL_DISPLAY("Erro!");
        }
        else
        {
            MySQL_DISPLAY("Dados inseridos.");
        }
    }
    else
    {
        MySQL_DISPLAY("Desconectado do servidor...");
    }
}
```

Fig. 11. Código executado para enviar os dados dos sensores para o banco de dados.

Observa-se que foi utilizada também uma variável chamada *Potencia*, que foi obtida ao multiplicar os valores de tensão e corrente lida. Ela será importante pois o banco de dados foi configurado para registrar a data e a hora das medições, então, o consumo (Wh) do circuito poderá ser monitorado também a partir da multiplicação entre a potência (W) e o intervalo de tempo analisado (h) (Equação 3).

$$\text{Consumo} = \text{Potência} \times \Delta t \quad (3)$$

C. Visualização dos dados

Utilizando o software Power BI, os dados foram conectados à plataforma e modelados em gráficos de tensão, corrente, potência e consumo durante um período de tempo determinado pelo usuário (Figura 12).



Fig. 12. Visualização remota dos dados medidos na plataforma facilitada pelo Power BI.

Na parte superior, o painel mostra os valores médios de tensão e corrente além do consumo de tempo visualizado. Este que pode ser definido na ferramenta interativa da parte superior esquerda, que mostra a seleção de datas.

Esse tipo de visualização mostra em tempo real os valores acumulados de consumo, além das médias dos valores de tensão e corrente levando em consideração as informações obtidas em tempo real.

D. Interpretação de dados e benchmarking de energia

Afim de fazer o melhor uso das informações obtidas pelo sistema de gestão energética proposto, é sugerido que toda a energia consumida de um ambiente seja estudada. Dessa forma, pode-se verificar quais os ambientes ou circuitos fazem os melhores ou piores usos, podendo, assim, determinar quais os pontos de melhora específicos para cada um deles.

Para isso, pode-se utilizar de algumas ferramentas indicadas por [1], [5], [6] e [7], como a utilização do ciclo PDCA, fazendo constantemente a revisão do sistema e propondo melhorias, além da determinação de indicadores, que irão guiar as propostas de eficiência energética.

Por exemplo, se uma unidade consumidora de uma loja for estudada, poderia ser determinado qual o horário do dia a energia é mais consumida. A partir dessa informação, poderia ser determinado, por exemplo, se é necessário mudar a tarifação do local para tarifa branca, analisando se os gastos com energia seriam maiores ou menores.

Ainda utilizando o exemplo de uma loja, poderia ser utilizado o *benchmarking de energia*, verificando o consumo da loja e o comparando com outras lojas de porte similar na plataforma do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). Assim, poderia ser verificado se o prédio tem um consumo eficiente ou não e, então, determinados pontos de melhora no consumo de energia.

V. CONCLUSÕES

Diante as problemáticas trazidas por crises econômicas, é importante que todas as áreas do conhecimento, inclusive a engenharia, levantem medidas de mitigação de impactos. Para isso, foi proposto um sistema de gestão energética remota capaz de mostrar e acompanhar parâmetros elétricos a fim de ser um facilitados da eficiência energética de um ambiente, gerando economia de recursos, tanto em eletricidade como, consequentemente, monetários.

A Lei Local 84 da cidade de Nova Iorque propôs apenas a declaração de consumo de energia e essa medida influenciou a diminuição de consumo em 6% ao longo de 3 anos [5]. Essa prática em parceria com o ativo acompanhamento e gestão da energia de uma unidade consumidora pode vir a influenciar a economia de no mínimo esse valor.

O sistema proposto foi montado para apenas um único circuito, tendo o gasto total de R\$ 106,43 (Quadro 1).

Componente	Valor
Sensor de corrente	R\$ 33,90
Sensor de tensão	R\$ 24,89
NodeMCU-ESP32	R\$ 44,64
Total	R\$ 106,43

Quadro 1. Custos associados a 1 circuito analisado pelo sistema de gestão energética proposto.

Percebe-se que o gasto foi baixo em relação a sistemas de medição robustos, que vêm a valer mais de R\$ 40.000,00. Além disso, admitindo que o local a ser analisado irá ter uma economia de 6% e a conta mensal de energia custa R\$ 350,00, a economia de 6% equivale a R\$ 21,00 mensais, então o sistema seria pago após 5 meses de uso.

O *payback* poderia ser ainda mais vantajoso para maiores locais, como indústrias, que podem pagar, por exemplo R\$ 50.000,00. Admitindo que há 30 circuitos, o custo total com o sistema seria de R\$ 2128,60, o que seria pago em menos de dois meses, admitindo uma economia mensal de 6%, equivalente a R\$ 3192,90, que seria quase R\$ 40.000,00 em 1 ano.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (org.). Atlas da Eficiência Energética. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2021. 83 p.
- [2] AHMAD, Tauseef; HAROON; BAIG, Mukhtiar; HUI, Jin. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic and Economic Impact. Pakistan Journal Of Medical Sciences. Karachi, p. 73-78. Maio, 2020.
- [3] GOMES, Helen Maria da Silva; LELES, Tony Leonardo Silva; KRUGER, Hernani Vaz; VERAS, Salvina Lopes Lima. COVID-19 e o Impacto Econômico do Lockdown: Uma revisão sistemática. In: USP INTERNATIONAL CONFERENCE IN ACCOUNTING, 21. São Paulo: USP, 2021.
- [4] AGENCY, International Energy (org.). Energy Efficiency 2021. Energy Efficiency Division, 2021. 103 p.
- [5] NOVA IORQUE. Mayor'S Office Of Sustainability. The City Of New York. NEW YORK CITY'S ENERGY AND WATER USE 2013 REPORT. Center For Urban Science And Progress, Nova Iorque, v. 4, p. 4-52, ago. 2016. Disponível em: https://www.urbangreencouncil.org/sites/default/files/nyc_energy_water_use_report_2016.pdf. Acesso em: 2 de março de 2022.
- [6] FOSSA, Alberto José; SGARBI, Felipe de Albuquerque. GUIA PARA APLICAÇÃO DA NORMA ABNT NBR ISO 50001: gestão de energia. Washington, D.C: International Copper Association, 2015.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 50001: Sistemas de gestão de energia – Requisitos com orientações para uso. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- [8] ESTADOS UNIDOS. Better Buildings. U.s. Department Of Energy (org.). A Primer on Organizational Use of Energy Management and Information Systems (EMIS). 2. ed. Berkeley: Laboratório Nacional de Lawrence Berkeley, 2021. 38 p.

- [9] Empresa de Pesquisa Energética (org.). PNE 2050: plano nacional de energia. Brasília: Plano Nacional de Energia, 2020. 243 p.
- [10] DESEMPENHO ENERGÉTICO OPERACIONAL EM EDIFICAÇÕES (Brasil). Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Plataforma de Cálculo *Benchmarking*. 2014. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/benchmarking-energia/show.asp?ppgCode=0EB2EB03-DDA6-D59D-7C89-2DDB107D5769>. Acesso em: 02 mar. 2022.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 50006: Sistemas de gestão de energia – Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) – Princípios gerais e orientações. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- [12] FREITAS, Lucas Semprini de. SISTEMA EMBARCADO DE MONITORAMENTO ONLINE DE UMA REDE ELÉTRICA RESIDENCIAL. 2019. 74 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.
- [13] MERCADO LIVRE (Brasil). Módulo Sensor Tensão Ac 0-250v Voltímetro Zmpt101b Arduino. 2022. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1698960949-modulo-sensor-tenso-ac-0-250v-voltimetro-zmpt101b-arduino-_JM?quantity=1. Acesso em: 05 abr. 2022.
- [14] ALLEGRO, The. Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor. 2022. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/168326/ALLEGRO/ACS712.html>. Acesso em: 05 abr. 2022.
- [15] LIVRE, Mercado. Sensor De Corrente Acs712-30a Para Arduino Esp8266 Esp32. 2022. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-774020344-sensor-de-corrente-ac712-30a-para-arduino-esp8266-esp32-_JM?quantity=1. Acesso em: 05 abr. 2022.