

GESTÃO SUSTENTÁVEL DE CONSUMO: SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLE DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA EM CHUVEIROS ELÉTRICOS

Lucas Natanael de Souza Oliveira¹

Nivaldo Theodoro Schiefler Junior²

Resumo

Este trabalho aborda o tema do controle do consumo de água e energia em chuveiros elétricos, com foco nas dificuldades enfrentadas por comerciantes de locais de repouso, descanso e espera de motoristas profissionais de transporte rodoviário de passageiros e de cargas, especialmente em relação ao cumprimento da Portaria nº 1.343/2019. Essa portaria estabelece normas sanitárias para a oferta de chuveiros em estabelecimentos que atendem a esses profissionais, mas muitos comerciantes enfrentam dificuldades para controlar o consumo e evitar desperdícios, o que impacta o custo operacional. O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um sistema eletrônico que permita a esses comerciantes monitorar e controlar, de forma eficiente, o consumo de luz e água, contribuindo para a otimização dos recursos e o cumprimento das normas legais. A metodologia adotada no trabalho envolveu uma pesquisa bibliográfica para embasar as escolhas tecnológicas e as soluções adotadas, além da criação prática do sistema de monitoramento. O sistema foi projetado utilizando sensores de corrente elétrica e de fluxo de água integrados a um microcontrolador ESP32, que coleta e transmite os dados para uma interface web, permitindo a visualização em tempo real do consumo. Os resultados demonstraram que o sistema desenvolvido permite um controle eficiente do consumo de energia elétrica e água, proporcionando aos comerciantes uma ferramenta prática para evitar desperdícios e otimizar o uso desses recursos. Conclui-se que a adoção de sistemas como o desenvolvido neste trabalho pode melhorar significativamente a gestão dos recursos em locais de descanso e espera, beneficiando comerciantes e motoristas.

Palavras-Chave: Chuveiro Elétrico. Consumo de energia e água. Nuvem. Eletrônica Embarcada.

DATA ACQUISITION SYSTEM FOR ELECTRIC SHOWERS APPLIED TO COMMERCIAL ESTABLISHMENTS

Lucas Natanael de Souza Oliveira¹

Nivaldo Theodoro Schiefler Junior²

Abstract

This paper discusses the issue of controlling water and energy consumption in electric showers, focusing in the challenges faced by traders in rest, relaxation and waiting areas for professional passenger and freight transport road drivers, specially on

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina. E-mail lucasnatanael1712@gmail.com

² Orientador, professor Doutor do curso Bacharel em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina. E-mail: nivaldo@ifsc.edu.br

compliance to Ordinance No 1.343/2019. This ordinance establishes sanitary regulations for shower facilities in establishments that serve these professionals, however, many traders face obstacles to control the consumption and avoid waste, impacting the operational cost. This paper's objective is to present the development of an electronic system that allows these traders to effectively monitor and control light and water consumption, contributing to resource optimization and compliance with legal regulations. The approach adopted in the paper involved a bibliographical research to support the technological choices and the adopted solutions, in addition to practical creation of a monitoring system. The system was designed using electric current and water flow sensors integrated to a microcontroller ESP32, which collects and transmits data to a web interface, allowing real time consumption visualization. The results showed that the developed system allows an efficient electrical energy and water control, providing a practical tool to avoid waste and optimize these resources for traders. It can be concluded that the adoption of systems as the developed in this paper can improve resource management in rest and waiting areas substantially, benefiting traders and drivers.

Key words: Electric Shower. Energy and water consumption. Cloud. Embedded Electronics.

1 INTRODUÇÃO

O ato de tomar banho surgiu há muitos anos, conforme a evolução da higiene humana, sendo que em muitos países, culturalmente se tomava banho uma vez ao ano. Com o tempo acabou se tornando um hábito diário (Silva, 2019). Os primeiros indícios de objetos semelhantes ao chuveiro surgiram no Egito e na Grécia Antiga, onde o processo de aquecimento da água era realizado separadamente, através de queima de lenha (Meyer, 2010). Com a revolução industrial, o aquecimento a gás começou a surgir nas grandes cidades da Europa e Estados Unidos. Assim, estendeu-se em larga escala o processo de implementação dos chuveiros a gás (Silva, 2020).

O Brasil revolucionou a maneira de tomar banho no mundo inteiro, apresentando a criação do chuveiro elétrico, desenvolvido e patenteado em 1940 pelo engenheiro Francisco Canhos Navarro (Araújo *et al.*, 2023). Devido à escassez da rede de gás no país, aproveitou-se a disposição da rede elétrica para o aquecimento da água. Araújo, Silva e Andrade (2023, p. 2473) explicam que “em razão do alto custo para implementar a canalização a gás dentro da residência, os brasileiros adotaram a tecnologia em larga escala e o produto permanece muito popular até os dias de hoje”.

O chuveiro elétrico é um aquecedor de água de passagem. Conforme o acionamento do fluxo de água no chuveiro, ele cria uma pressão em uma borracha chamada diafragma, e este componente se deforma, gerando o contato com os

terminais da resistência elétrica e os circuitos elétricos. O aquecimento da água fica envolvido conforme o efeito Joule da resistência, em que o fluxo de corrente transforma a energia elétrica integralmente em calor, devido ao choque dos elétrons livres com os átomos do condutor (Nogueira *et al.*, 2013).

Nesse contexto, há situações em que as pessoas distantes do seu lar, muitas das vezes por conta da demanda de suas profissões como motoristas rodoviários, não tem acesso ao chuveiro elétrico, dependendo do fornecimento do serviço de banho quente em estabelecimentos comerciais, como postos de combustíveis. Este hábito tornou-se tão imprescindível para este setor, que até mesmo foi promulgada a Portaria nº 1.343/2019 pela Secretaria Especial de Previdência e Trabalho (SEPRT, 2019), que “estabelece as condições mínimas de segurança, sanitárias e de conforto nos locais de espera, de repouso e de descanso dos motoristas profissionais de transporte rodoviário de passageiros e de cargas”, apontado no Art. 2º inciso IV, a necessidade de chuveiro de água quente e fria nas instalações sanitárias desses locais. O inciso I deste mesmo artigo, indica que se deve ter no mínimo “1 (um) gabinete sanitário, 1 (um) chuveiro e 1 (um) lavatório, por sexo, para cada 20 (vinte) vagas ou fração, considerando a quantidade de vagas no estacionamento destinadas ao atendimento dos motoristas profissionais de transporte”.

Tendo em vista este cenário, questionou-se: como esses comerciantes podem controlar o consumo de luz e água diante da obrigatoriedade da oferta. Para proprietários de estabelecimentos que se enquadram na lei citada acima, a dificuldade no controle e fornecimento desse serviço é evidente, posto que o banho pode acabar se tornando um problema do ponto de vista de quem precisa manter este serviço. Deve-se considerar que, conforme o Jornal da USP (2023), em residências, um banho de 15 minutos tem um custo estimado por pessoa de R\$25,00 e o chuveiro elétrico pode consumir até 40% da energia total, um valor que pode ser ainda maior no inverno.

Esse case de negócio instigou a criação de uma solução para controlar dados de consumo de energia elétrica e água do chuveiro, automatizando o controle, gerando um banco de dados. Esse sistema criado é compatível com diversos modelos de chuveiros elétricos e realiza o cálculo das variáveis de consumo, direcionando essas informações para um banco de dados responsável por contabilizar o valor a partir do tempo de banho. Essas informações são disponibilizadas através de uma

interface gráfica, oferecendo o valor do tempo de banho para o cliente, e um balanço contábil para o locatário.

Foi construído um sistema de coleta de dados de consumo de chuveiros elétricos, realizado através de sensores, e um hardware para controlar a abertura e fechamento de banho. O consumo deste equipamento fica submetido à energia elétrica e ao metro cúbico de água. Também foi programado um sistema IOT utilizado para gerenciar os dados carregados na nuvem, intermediando o fornecimento deste serviço entre cliente e locatário. Através de uma interface, o locatário tem acesso ao histórico de consumo e a contabilidade mensal do serviço. Ressalta-se que para confirmar e validar a eficiência do sistema, foi desenvolvido um protótipo real para simular o fornecimento do serviço em um ambiente comercial.

Desta forma, o objetivo deste artigo é apresentar o sistema eletrônico desenvolvido para que os comerciantes dos locais de repouso, descanso e espera de motoristas profissionais de transporte rodoviário de passageiros e de cargas possam controlar o consumo de luz e água.

A popularidade do chuveiro elétrico no Brasil, impulsionada por fatores como a escassez da rede de gás e a necessidade de soluções acessíveis e práticas, destaca a importância de um controle eficiente do consumo de água e energia em estabelecimentos que atendem motoristas profissionais (Araújo; Silva; Andrade, 2023). Diante da regulamentação que exige a disponibilização de chuveiros em locais de descanso, como postos de combustíveis e rodoviárias (SEPRT, 2019), surge a necessidade de uma abordagem que permita aos comerciantes gerenciarem esse recurso de forma sustentável e econômica.

Assim, este artigo se justifica pela urgência em desenvolver um sistema automatizado que monitore o consumo de água e energia e ofereça transparência e eficiência aos usuários e proprietários. A proposta de um sistema de coleta de dados e gerenciamento via IoT representa uma solução inovadora para um problema atual, garantindo que os estabelecimentos possam atender às exigências legais sem comprometer a viabilidade financeira do serviço. Dessa forma, este estudo pode contribuir para a melhoria das condições de higiene e conforto, alinhando-se às demandas de um setor em constante crescimento e adaptação às novas realidades.

2 METODOLOGIA

A abordagem inicial do projeto consistiu em organizar as funcionalidades e interações do sistema para compreender melhor suas necessidades e definir a metodologia. O locatário onde o sistema será implantado, busca obter informações sobre o funcionamento, monitorar o tempo de uso e calcular o valor de oferta ao longo do tempo, pois terá uma gama de dados à disposição. Por outro lado, o usuário quer saber o custo do tempo de banho, pagando o valor efetivo do serviço. Todas essas informações são gerenciadas por um microcontrolador, que, em conjunto com um banco de dados, armazena o histórico do sistema.

Os sistemas coletam informações sobre o consumo do chuveiro por meio de sensores, processando esses dados de acordo com os valores armazenados na nuvem, e disponibilizam essas informações para o locatário. A única interação direta que o usuário tem com o sistema de gerenciamento é na liberação do chuveiro elétrico através de um cartão ID, e posteriormente nas funcionalidades do chuveiro elétrico instalado.

Para iniciar o projeto, a primeira fase da metodologia envolveu a seleção das tecnologias que seriam aplicadas em chuveiros convencionais, eletrônicos e digitais, um passo importante para tornar o projeto atraente para os locatários.

Na segunda fase, os circuitos foram desenvolvidos e as especificações técnicas dos componentes foram estudadas e avaliadas.

A terceira fase consistiu na implementação dos modelos escolhidos, incluindo a programação dos sensores e a configuração do sistema de gerenciamento, sendo essa uma das etapas mais longas e complexas.

A quarta fase envolveu simulações do produto em um ambiente comercial com demanda definida, onde se observou seu comportamento, soluções de problemas conforme foram aparecendo e os resultados obtidos.

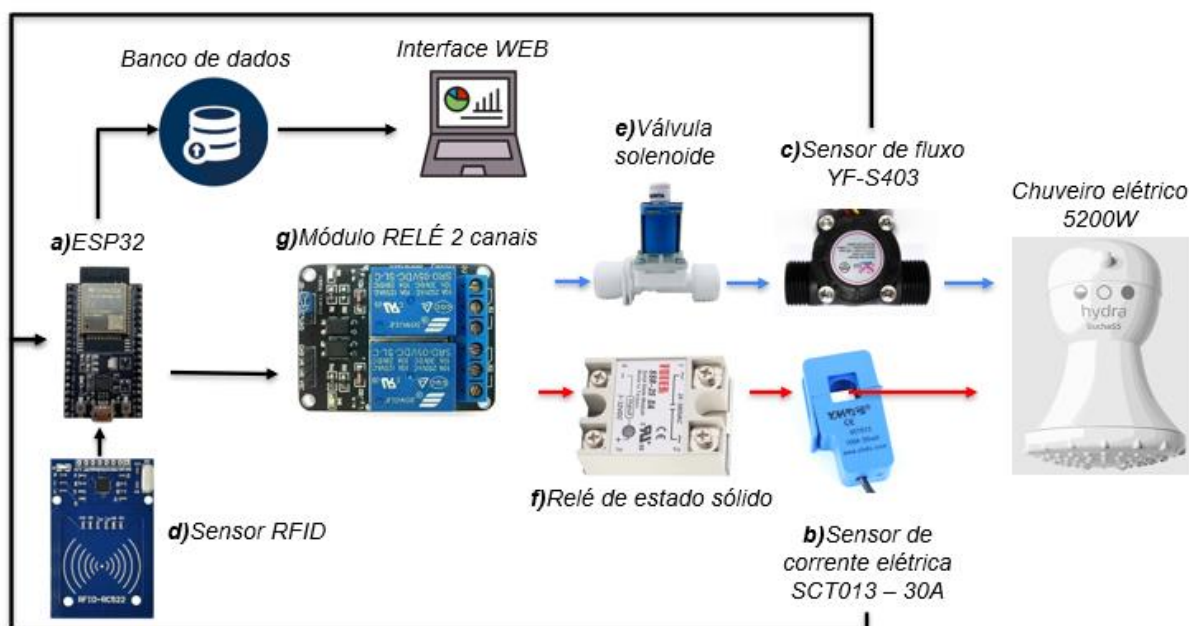
3 DESENVOLVIMENTO

Todo chuveiro elétrico, seja de qual tecnologia de construção for empregado, apresentará as mesmas variáveis do consumo em comum, sendo elas energia elétrica para aquecer a água através do efeito joule e do volume de água para a execução do banho. Com essas variáveis destacadas, a mensuração de consumo através sensores e o controle de fornecimento por atuadores serão influenciados pelo microcontrolador selecionado para o gerenciamento de todas essas tecnologias empregadas.

3.1 SISTEMA PROPOSTO

O sistema proposto, representado na Figura 1, é controlado por um microcontrolador, cuja escolha foi um passo fundamental para o início do projeto, pois ele afetou a compatibilidade dos componentes a serem utilizados e a direção de desenvolvimento do projeto.

Figura 1: Relação dos componentes usados no projeto. a) Esp32 WROOM, b) Sensor de corrente SCT013, c) Sensor de fluxo YF-S403, d) Sensor RFID e) Válvula solenoide, f) Relé de estado sólido e g) Módulo rele 2 canais



Fonte: O autor.

3.1.1 Microcontroladores

Microcontroladores são circuitos integrados que contêm algumas interfaces embutidas e de maneira geral, somente uma fonte de energia, onde seria o suficiente para o seu funcionamento. Todo microcontrolador tem uma unidade central de processamento e possuem memórias para armazenar os dados e o programa desenvolvido, além de um circuito que controla o tempo (*clock*) do mesmo. Graças à sua flexibilidade e custo acessível, os microcontroladores podem ser usados em uma ampla variedade de dispositivos eletrônicos, desde carros até sistemas de comunicação, como explica Kerschbaumer (2018).

As principais necessidades que o projeto levantava perante ao microcontrolador era uma conectividade wi-fi, a disponibilidade de múltiplas entradas e saídas digitais e analógicas, facilitando a integração de sensores e atuadores, e também o seu tamanho compacto para ser alocados em locais restritos. Foi escolhido

o microcontrolador ESP32 (Figura 1.a), posto que, diante de todas as necessidades aderidas, o seu custo benefício e a ampla comunidade ativa e a vasta documentação tornaram o desenvolvimento mais acessível e rápido.

3.1.2 Sensor de Corrente Elétrica

A medição de corrente elétrica é baseada na lei de Faraday, que trata da indução eletromagnética. Essa lei afirma que uma variação no fluxo de elétrons gera um campo magnético, e, inversamente, a mudança nesse campo magnético pode induzir uma corrente elétrica. Como explica Rocha (2021), um sensor de corrente, portanto, mede a quantidade de campo magnético criado pela corrente que passa por um condutor.

Para a aplicação do sistema, os sensores não invasivos se destacaram por serem mais seguros e viáveis, não precisando estar em contato direto com os condutores elétricos do produto. Os modelos de sensores SCT (Split-core Current Transformer) apresentam uma ampla gama de sensores não-invasivos, conforme ressaltado em seu datasheet na Figura 2, e têm o intuito de atender diferentes cenários, diferenciando-se pela corrente eficaz máxima a ser lida e o tipo de saída do sensor.

Figura 2 – Datasheet Modelos sensores SCT013

Model	SCT-013-000	SCT-013-005	SCT-013-010	SCT-013-015	SCT-013-020
Input current	0-100A	0-5A	0-10A	0-15A	0-20A
Output type	0-50mA	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V
Model	SCT-013-025	SCT-013-030	SCT-013-050	SCT-013-060	SCT-013-000V
Input current	0-25A	0-30A	0-50A	0-60A	0-100A
Output type	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V

Fonte: (Demetras, 2017)

Conforme a carga elétrica que será monitorada, com uma potência aproximada de 5200W, foi escolhido o sensor SCT-013-030 (figura 1c). Este modelo possui uma capacidade de leitura de 30 amperes, sendo já polarizado na sua concepção. Ele gera um sinal de saída proporcional de 1V para a leitura máxima de corrente obtida. Com uma construção simples, ele possui uma bobina acoplada em seu núcleo. Segundo Rocha (2021), essa bobina é responsável por captar o campo magnético gerado pela corrente que flui através do condutor e medir a intensidade desse campo magnético. O sensor consegue determinar a corrente elétrica que está circulando no condutor.

3.1.3 Sensor de fluxo

Sensores de fluxo são instrumentos que detectam a presença de fluxo de líquidos em rede de tubulações, indicando o aumento ou diminuição da passagem de água, óleo e líquidos. Também conhecidos como chave de fluxo ou fluxostato, funcionam com contato *Reed Switch* e pistão magnético, ou também pelo efeito hall (Moreira Filho; Pimentel, 2020).

O efeito Hall é um fenômeno que ocorre quando uma corrente elétrica passa por um condutor ou semicondutor em um campo magnético perpendicular. Nesse caso, as cargas elétricas são desviadas pela força de Lorentz, resultando em uma acumulação de carga que gera uma diferença de potencial chamada tensão Hall, proporcional à intensidade do campo magnético e à corrente no material. Quando o fluido passa pelo sensor, influencia o campo magnético, alterando a distribuição das cargas elétricas e resultando em uma tensão Hall proporcional à velocidade do fluxo. Essa tensão gerada é medida e convertida em um sinal elétrico que pode ser interpretado por um microcontrolador ou outro sistema de processamento, permitindo o cálculo da vazão do fluido (Cassiolato, 2003).

Para a medição do volume de água consumido no sistema, foi utilizado o modelo de sensor de fluxo YF-S201 (Figura 1.c), que em seu datasheet destacasse uma média de 450 pulsos para cada litro lido (Sea, 2020).

3.1.4 Sensor RFID

Para o controle de acesso ao sistema, foi aplicado um sensor RFID (Identificação por Radiofrequência), que utiliza ondas de rádio para identificar e controlar sistemas por meio de etiquetas (tags) e leitores, conforme relata Finkenzeller (2010). O modelo específico escolhido foi o RC522 (Figura 1.d), sendo parametrizado através da biblioteca MFRC522, enquadrando, assim, o código do cartão RFID que será lido no sistema.

3.1.5 Solenoide

A válvula solenoide é um dispositivo eletromecânico que consiste principalmente em duas partes: a válvula em si e uma bobina solenoide. Esse tipo de válvula é amplamente utilizado em sistemas de controle de fluidos e automação pneumática. O funcionamento da válvula solenoide é bastante simples e eficiente. Quando a corrente elétrica passa pela bobina, que é um fio enrolado em forma

cilíndrica, ela gera um campo magnético. Esse campo magnético movimenta um êmbolo, que controla a abertura e o fechamento da válvula, permitindo ou bloqueando o fluxo do líquido ou gás no sistema. Assim, a válvula solenoide atua como um interruptor automático para o fluxo de fluidos (Coqueiro *et al.*, 2023).

A capacidade de interromper o fluxo de água e a resistência a golpes de aríete, em função da pressão do sistema hidráulico, são fatores críticos na seleção da válvula solenoide. Por isso, foi escolhida uma válvula solenoide normalmente fechada, com alimentação de 12V e uma conexão hidráulica de ½”, em que se destaca na Figura 1.e.

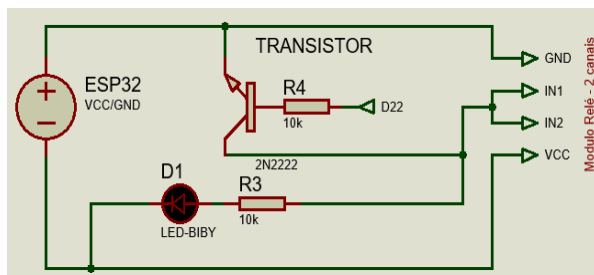
3.1.6 Relé de Estado Sólido

Para controlar o fluxo de corrente elétrica no chuveiro, foi escolhido o uso de um relé de estado sólido. Diferente dos relés eletromecânicos, que possuem partes móveis, o relé de estado sólido controla a corrente sem essas partes, o que o torna mais confiável e amplamente utilizado em aplicações industriais e de automação devido à sua alta confiabilidade, velocidade de comutação e longa vida útil. Ele é acionado por um sinal elétrico de baixa potência, e dispositivos como transistores, tiristores ou triacs, que fazem a função de comutação, permitindo ou interrompendo o fluxo de eletricidade para o chuveiro (Coury; Oleskovicz; Giovanini, 2007; Braga, 2012). O modelo SSR da marca Fortek (Figura 1.f), se destacou por sua eficiência e viabilidade, sendo escolhido o de capacidade de 40A, para suprir a carga controlada.

3.1.7 Módulo Relé

O controle da válvula solenoide e do relé de estado sólido foi realizado por meio de um módulo de relé, que possui dois canais e um optoacoplador, conforme Figura 1.g. Esse módulo precisa de uma alimentação de 5 Volts, uma faixa de corrente nominal de 71,4 mA para funcionar, mas o ESP32 não consegue fornecer tensão suficiente para acionar a parte mecânica do módulo. Para resolver esse problema, para aumentar a tensão do sinal enviado pelo microcontrolador, atendendo à necessidade de alimentação do módulo (Braga, 2012), foi aplicado o transistor PNP do modelo 2N222, conforme visto na Figura 3.

Figura 3: circuito transistorizado para acionar o relé



Fonte: O autor.

4 RESULTADOS

Mais importante do que decidir os meios de obtenção dos dados de consumo do chuveiro elétrico, é garantir a veracidade e precisão dos dados. Para isso, foi realizado um processo de aferição do sensor de corrente “SCT013-30A” e sensor de fluxo “YF-5403”.

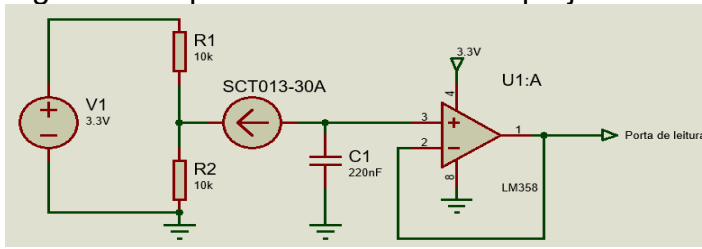
4.1 AFERIÇÃO SENSOR DE CORRENTE

O sensor de corrente SCT013-30A opera com uma proporção de 30 Amperes para 1 Volt. Quando uma corrente alternada passa pelo núcleo magnético, induz um campo magnético, resultando nessa relação de 0,0333 Volts para 1 Ampère (Bergamin Junior; Minotti, 2021). O sensor não possui um offset predefinido, portanto foi necessário criar um circuito que deslocasse a onda senoidal, pois o microcontrolador ESP32 não conseguia interpretar o semiciclo negativo.

Utilizou-se um divisor de tensão com resistores e um capacitor para estabilização, parametrizando assim o offset. Um dos terminais do divisor foi conectado a 3,3V e o outro ao ponto de terra, resultando em um offset de 1,65V. Além disso, um amplificador operacional foi incorporado à porta de leitura do sinal para assegurar sua estabilização.

A Figura 4, representa circuito empregado para o divisor de tensão e amplificação do sensor de corrente.

Figura 4: Esquemático do hardware projetado.



Fonte: O autor.

Com o circuito projetado, através da análise de uma potência elétrica, foi realizada a obtenção do sinal de leitura do sensor por um osciloscópio e posteriormente pela porta analógica do microcontrolador ESP32. O tratamento do sinal obtido pelo ESP32 foi realizado pela biblioteca Emonlib, e imprimido no serial monitor do software IDE Arduino.

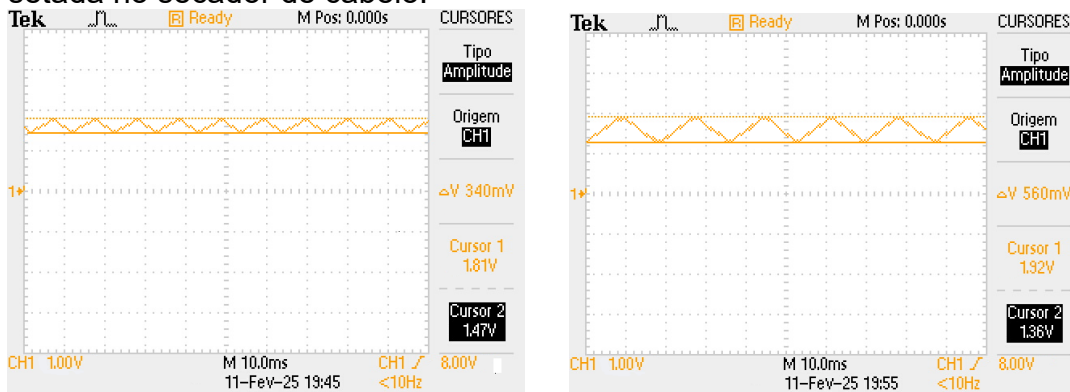
Um secador de cabelo com potência elétrica aparente de 1400W foi o produto submetido à análise abordada, e através da variação das estações de potência foi possível obter uma média de leitura confiável. Conforme Figura 5, abaixo, observa-se o sinal obtido pelo osciloscópio através das duas estações de potência do produto (baixa, alta). Com um sinal de tensão alternada, conforme proporcionalidade de 30 amperes para 1 volt, foi obtido o sinal de tensão de pico a pico, e realizado um cálculo para chegar à corrente elétrica eficaz.

Sensor de corrente elétrica SCT013-30A: (Bobina primária: 60 espiras. Bobina secundária: 1 espira):

$$30A = 1 Vp = 2Vpp \text{ (Semiciclo negativo + positivo)}$$

$$\text{Fator corrente por espira} = \left(\frac{30A * \sqrt{2}}{60} = 0,707A \right)$$

Figura 5: Sinal do SCT013-30A obtido pelo osciloscópio. a) Sinal obtido através da estação baixa setada no secador de cabelo, b) Sinal obtido através da estação alta setada no secador de cabelo.



(a)

(b)

Fonte: O autor.

Osciloscópio 1:

$$V_{pp} = 0,34 \rightarrow V_p = 0,17$$

$$\text{Corrente elétrica} = 0,17V * 30 = 5,1 \text{ A}$$

$$\text{Corrente elétrica eficaz} = 5,1 \text{ A} * \text{Fator corrente por espira} = 5,1 * 0,707 = 3,6057 \text{ A}$$

Osciloscópio 2:

$$V_{pp} = 0,56 \rightarrow V_p = 0,28$$

$$\text{Corrente elétrica} = 0,28V * 30 = 8,4 \text{ A}$$

$$\text{Corrente elétrica eficaz} = 8,4 \text{ A} * \text{Fator corrente por espira} = 8,4 * 0,707 = 5,9388 \text{ A}$$

Com o valor da corrente elétrica eficaz obtido a partir do osciloscópio, foi realizada uma análise do sinal do sensor SCT013-30A no monitor serial. A leitura deste sinal de tensão alternada de pico a pico é feita utilizando a biblioteca Emonlib. Basicamente, essa biblioteca calcula o valor RMS do sinal amostrado, realizando a média dos quadrados das amostras e, em seguida, extraíndo a raiz quadrada do resultado.

$$V_{pp} \text{ RMS} = \sqrt{\frac{\text{soma}_{n=1} V(n)^2}{V(n)}}$$

$V(n)$ = Número total de amostras obtidas

$$\text{Soma total das amostras ao quadrado} = \text{soma}_{N=1} V(n)^2$$

Finalmente, a corrente eficaz é calculada a partir do valor RMS da tensão, utilizando a constante de calibração do sensor, parametrizada no código Firmware do ESP32.

Quadro 1: Valores do monitor

Valores do Monitor Serial IDE Arduino		
	Sinal 1 Potência setada (BAIXA)	Sinal 2 Potência setada (ALTA)
Corrente RMS	3.8 A	6.1 A

Fonte: O autor

Realizando a análise entre a referência do sinal obtido pelo osciloscópio, em comparação a porta analógica do ESP32, chegou-se a um valor de 5% de variação de erro. De antemão, para o sistema proposto, a escala de variação do sinal obtido estará dentro do range de requisição e análise de consumo de energia elétrica do sistema, estando, assim, aferido com sucesso.

Para manter a qualidade do sinal, um capacitor foi inserido entre o sensor de corrente e o amplificador. Esse componente minimiza ruídos induzidos, especialmente quando o sensor está saturado e exposto a interferências externas, conforme explica Demarqui (2022).

4.2 AFERIÇÃO SENSOR DE FLUXO

A calibração do sensor de fluxo é essencial para estabelecer uma relação precisa entre os pulsos gerados e o volume de água. O sensor de fluxo aplicado foi o YF-S403, operando com tensão de funcionamento de DC 4,5V a 18V e corrente máxima de trabalho de 15mA. Ele utiliza o efeito Hall como princípio de funcionamento, e um ímã em movimento gera um sinal elétrico proporcional à vazão de água que passa pelo sensor.

O *datasheet* do sensor YF-S403, traz como parâmetro a geração de 450 pulsos por litro de água detectado. Aplicando essa aferição no *firmware* do ESP32, foi utilizado um recipiente com medidor de volume de um litro (Figura 7), e, conforme o resultado obtido no serial monitor do Arduino, foi comparado com o volume obtido no recipiente.

Figura 7: Recipiente com um litro de água destacado no medidor



Fonte: O autor.

No código utilizado, essa calibração é representada pela variável “*litrosPorPulso*”, que define quantos litros correspondem a um pulso do sensor. Por exemplo, se o sensor gera 1000 pulsos por litro, a variável é configurada como “*float litrosPorPulso = 1.0/1000.0*”. Esse valor deve ser ajustado conforme as especificações do sensor e é determinado durante um processo inicial de calibração, no qual um volume conhecido de água é medido e o número de pulsos gerados é contado.

Nesse contexto, Garibaldi (2021, p. 43) explica que “o cálculo do volume se dá, então, através da diferença algébrica entre as variáveis de vazão de entrada e saída”.

No sistema desenvolvido neste estudo, o cálculo do volume de água ocorre ao final do processo, quando o volume é obtido multiplicando o número total de pulsos detectados “*pulseCount*” pelo fator de calibração “*litrosPorPulso: volume = pulseCount * litrosPorPulso*”. Dessa forma, o sistema consegue calcular com precisão o volume total de água que passou pelo sensor durante a operação.

4.3 DINÂMICA DE FUNCIONAMENTO

Com as tecnologias selecionadas e os sensores aferidos, iniciou-se a integração das ferramentas. Para atender às necessidades do projeto, desenvolveu-se um firmware em C++ aplicado para o microcontrolador ESP32. As informações obtidas e tratadas no ESP32 são enviadas ao banco de dados por intermédio do sistema XAMPP através de um script em PHP, alocado no diretório local do XAMPP, executa esta demanda. Por fim, a página web foi criada em PHP e estilizada em CSS.

4.3.1 Armazenamento de dados (phpMyAdmin)

Antes do desenvolvimento do firmware do microcontrolador ESP32, foi realizado um estudo para selecionar os melhores softwares para atuar como servidor de conexão do banco de dados local e da interface web. Dentre as opções disponíveis, o software livre XAMPP se destacou pela sua compatibilidade e eficácia, facilitando a instalação e configuração de um servidor web local. O nome XAMPP é um acrônimo que representa: (X: Multiplataforma; A: Apache; M: MySQL; P: PHP; P: Perl). Conforme Campos (2023, p. 16), o XAMPP “é um pacote com os principais servidores do mercado e de código aberto, também utiliza de um método de armazenamento local tornando o acesso aos dados quase que instantâneos”.

Utilizando a extensão Apache, o XAMPP atua como um servidor HTTP que processa requisições de clientes (navegadores, por exemplo) e responde com páginas web. Ele é responsável por servir os dados dinâmicos em PHP. Quando o Apache está em execução no XAMPP, ele escuta requisições na porta 80 do computador local. Com o arquivo PHP configurado e alocado no diretório “*httpd.conf*”, o servidor faz a conexão da página web no domínio “*http://localhost*”.

Para o armazenamento de dados, foi implementado um banco de dados local utilizando a ferramenta PHPMyAdmin e a extensão MySQL disponibilizado pelo XAMPP. Isso permite extrair dados, gerar dashboards e realizar backups de forma

simples. Conforme Figura 7, abaixo, pode-se observar a tabela nomeada como “sensordata”, e as variáveis tratadas no sistema de requisição de dados.

Figura 7: Tabela de dados do chuveiro elétrico no PHPMyAdmin



The screenshot shows the PHPMyAdmin interface for a table named 'sensordata'. At the top, there are controls for 'Mostrar tudo' (unchecked), 'Número de linhas: 25', 'Filtrar linhas: Procurar nesta tabela', and 'Ordenar pela chave: Nenhuma'. Below these is a button for 'Opções extras'. The table itself has columns: id, card_id, location, value1, value2, value3, value4, and reading_time. Two rows of data are shown, each with a checkbox, an 'Editar' button, a 'Copiar' button, and a 'Remover' button.

	id	card_id	location	value1	value2	value3	value4	reading_time
<input type="checkbox"/>	1	93 53 8D 9	Chuveiro1	5.7714	0.2900	00:03:22	0.18	2024-12-11 19:04:07
<input type="checkbox"/>	2	93 53 8D 9	Chuveiro1	4.3429	0.2177	00:02:32	0.14	2024-12-11 19:11:14

Fonte: O autor

A interface de visualização e administração, voltada para o proprietário do estabelecimento oferece horas de banho, foi desenvolvida em PHP e seu layout foi criado em CSS.

4.3.2 Fluxograma de funcionamento

O sistema de aquisição de dados inicia com a identificação de uma tag RFID cadastrada. As tags RFID, de acordo com Rodrigues (2023, p. 5) são “etiquetas passivas sem chip funcionando como sensores, tornam possíveis o desenvolvimento de novos sistemas e técnicas de transmissão e leitura de dados mais robustos, sustentáveis e de implementação a custo cada vez menor”.

Ao ser reconhecida, a tag ativa a válvula solenoide e o relé de estado sólido, permitindo o funcionamento do sistema. Sensores monitoram o consumo do chuveiro elétrico e um cronômetro registra o tempo de banho. Após o uso, o usuário deve identificar novamente a tag RFID, o que desativa o chuveiro, encerra a coleta de dados e reinicia as variáveis para o próximo uso.

Caso o sensor de fluxo fique ao menos 5 minutos sem identificar algum sinal de consumo, ele também encerra o processo de banho citado acima, e reiniciará novamente as variáveis para o próximo uso. Essa medida foi aplicada com o objetivo de coibir possíveis práticas de ludibriar o pagamento do serviço, não identificando a segunda vez o cartão.

Com os dados coletados, o firmware calcula a média de consumo dos sensores e a multiplica por uma variável de custo configurada. O valor do kWh é baseado na companhia CELESC, com uma classificação tarifária A1, estabelecida em R\$0,60. O metro cúbico de água, na companhia Águas de Joinville, tendo sido enquadrado na

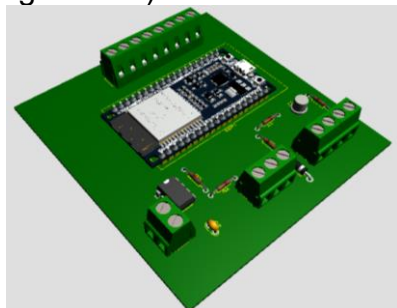
cotação de ambiente urbano, foi estipulado em R\$0,0012 por metro cúbico, de acordo com os dados de tarifação vigentes em 2024.

Após serem devidamente tratadas, as informações são carregadas para o banco de dados, sendo espelhadas na interface WEB do administrador. Foi utilizado o repositório GITHUB, como meio para armazenar os códigos fontes abordados em cada aplicação do projeto, que pode ser acessado pelo domínio < https://github.com/lucasn17/sistema_gestao_sustentavel_de_consumo >.

4.4 FINALIZAÇÃO

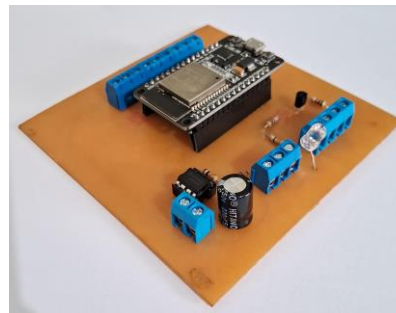
Após a configuração dos periféricos eletrônicos e a calibração dos sensores, foi projetada uma placa de circuito impresso (PCI) utilizando placa de fenolite e o processo de corrosão, destacada na Figura 8, considerando o protótipo 3D e a placa confeccionada. A PCI se revelou uma excelente solução para agrupar e isolar os componentes em um espaço restrito, como no ambiente dos chuveiros elétricos.

Figura 8: a) Visão em 3D do protótipo e b) PCI confeccionada.



(a)

Fonte: O autor



(b)

A seguir, é possível ver o resultado do protótipo em PCI implementada, as imagens da Figura 9 ilustram o antes e depois da instalação do sistema no chuveiro. Inicialmente, os periféricos estavam montados em uma protoboard, e, após a instalação, passaram a ser integrados à PCI.

Figura 9: Antes e depois da aplicação da PCI.



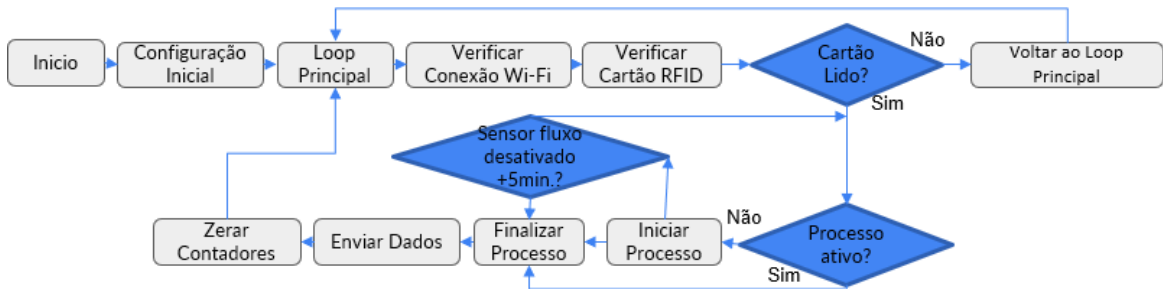
(a) (b) (c)
 Fonte: O autor

Na figura 9a) tem-se o protótipo aplicado na protoboard; nas figuras b) e c) tem-se o protótipo final já montado em placa de circuito impresso.

Para a alimentação do microcontrolador ESP32, foi utilizada uma fonte comercial de 5V com 1A. Já para o acionamento da válvula solenoide e Relé de estado sólido, foi utilizada uma fonte comercial de 12V, controlada pelo acionamento do módulo relé de 2 canais.

O processo dinâmico de funcionamento do gerenciador de consumo funcionou dentro dos conformes, e é destacado um resumo do funcionamento em um fluxograma na Figura 10.

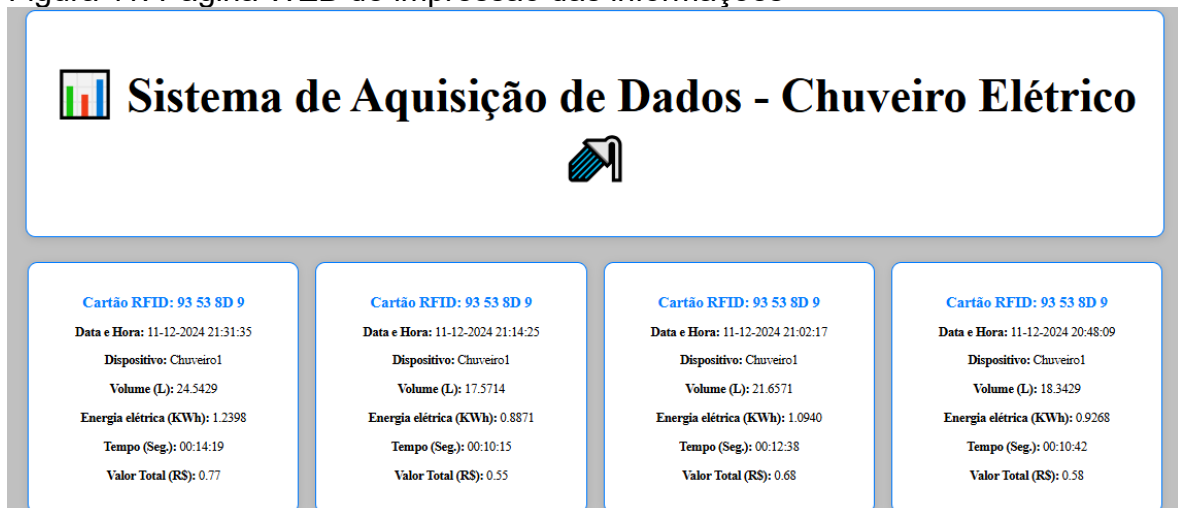
Figura 10 - Fluxograma em resumo do funcionamento do gerenciador de consumo



Fonte: O autor

Referente à página WEB, são impressos os valores das informações alocadas no banco de dados, apresentando-se de maneira objetiva e clara, destacando todos os principais parâmetros de consumo e cobrança do serviço prestado. A Figura 11 apresenta a página WEB com os dados aquisitados.

Figura 11: Página WEB de impressão das informações



Fonte: O autor

Foram obtidas 25 amostras de simulações do sistema de aquisição de dados, conforme Tabela 1, sendo executados tempos de banhos variados. Dentro do range de variação de precisão dos sensores, o sistema se comportou dentro da variação de 5% conforme aferição, cumprindo assim, a veracidade das informações.

Tabela 1: Simulações

	ID	Volume value1	Energia elétrica (KWh) value2	Tempo value3	Valor Total R\$ value4
1	93 53 8D 98	4.34286	0.217655556	02:32	0.14
2	93 53 8D 98	5.77143	0.289982222	03:22	0.18
3	93 53 8D 98	6.42857	0.32425	03:45	0.20
4	93 53 8D 98	9.31429	0.47107	05:26	0.29
5	93 53 8D 98	8.42857	0.421604167	04:55	0.26
6	93 53 8D 98	5.62857	0.283406389	03:17	0.18
7	93 53 8D 98	3.85714	0.1921875	02:15	0.12
8	93 53 8D 98	11.8571	0.512481944	06:55	0.32
9	93 53 8D 98	7.45714	0.377435	04:21	0.24
10	93 53 8D 98	3.97143	0.200661944	02:19	0.13
11	93 53 8D 98	2.8	0.141201667	01:38	0.09
12	93 53 8D 98	3	0.151433333	01:45	0.09
13	93 53 8D 98	3.65714	0.184675556	02:08	0.12
14	93 53 8D 98	4.57143	0.230622222	02:40	0.14
15	93 53 8D 98	4.34286	0.218964444	02:32	0.14
16	93 53 8D 98	4.08571	0.206515833	02:23	0.13
17	93 53 8D 98	6.28571	0.31735	03:40	0.20
18	93 53 8D 98	4.71429	0.237508333	02:45	0.15
19	93 53 8D 98	4.31429	0.217607778	02:31	0.14
20	93 53 8D 98	3.02857	0.152846111	01:46	0.10
21	93 53 8D 98	11.0286	0.556697778	06:26	0.35
22	93 53 8D 98	18.3429	0.926798333	10:42	0.58
23	93 53 8D 98	21.6571	1.094046667	12:38	0.68
24	93 53 8D 98	17.5714	0.8871375	10:15	0.55
25	93 53 8D 98	24.5429	1.239823333	14:19	0.77

Fonte: O autor

5 DISCUSSÃO

O projeto desenvolvido teve como objetivo o monitoramento e controle do consumo de energia elétrica e água em chuveiros, utilizando uma combinação de sensores e atuadores controlados por um microcontrolador ESP32. Este microcontrolador foi escolhido por sua capacidade de integração com Wi-Fi, o que facilita a comunicação com o banco de dados e a interface web, além de sua compatibilidade com os sensores utilizados. O sensor de corrente SCT013-30A, responsável por monitorar o consumo de energia elétrica, foi calibrado para garantir a precisão nas medições, envolvendo a utilização de um divisor de tensão em conjunto com um amplificador operacional para tratamento do sinal obtido e a utilização de uma carga elétrica pré-determinada como forma de leitura e validação dos valores.

Por sua parte, o sensor de fluxo YF-S403, utilizado para medir o consumo de água, também passou por um processo de calibração baseado na relação entre pulsos gerados e o volume de água. A calibração foi feita por meio da contagem dos pulsos gerados por um volume conhecido de água, estabelecendo uma relação que permite calcular com precisão o consumo de água. Garibaldi (2021) descreve esse processo de calibração como essencial para garantir a exatidão dos dados coletados. Seguindo as diretrizes do datasheet do sensor de fluxo, os valores de volume obtidos no recipiente foram, em média, de 490 pulsos para cada litro de água lido. Esse nível de precisão nos dados é imprescindível para que o sistema consiga fornecer informações confiáveis sobre o consumo de recursos, ajudando na tomada de decisões sobre a economia de água e energia, e na cobrança de valores específicos para o banho.

O sistema utiliza o software livre XAMPP, que combina as extensões Apache e MySQL, para o gerenciamento e armazenamento dos dados coletados. A escolha do XAMPP se justifica pela sua facilidade de instalação e por ser uma solução robusta e multiplataforma, como destacado por Campos (2023). O PHPMyAdmin, uma ferramenta inclusa no XAMPP, facilita a administração do banco de dados, tornando o processo de extrair, visualizar e armazenar dados muito mais eficiente. Com essas tecnologias, o sistema foi capaz de armazenar e processar os dados de consumo em tempo real, que posteriormente são apresentados na interface web para o administrador do sistema. Essa interface, desenvolvida em PHP e estilizada com CSS, oferece uma maneira simples de visualizar os dados, garantindo que os administradores possam acompanhar o consumo de energia e água sem dificuldades.

Os atuadores do sistema, como a válvula solenoide e o relé de estado sólido, controlam o fornecimento de água e energia elétrica. A válvula solenoide controla o fluxo de água no chuveiro, enquanto o relé de estado sólido, o que, conforme Coury et al. (2007), oferece maior confiabilidade e velocidade de comutação em relação aos relés eletromecânicos, aumentando a eficiência e a durabilidade do sistema.

Em síntese, o sistema desenvolvido demonstrou ser possível a integração de diversas tecnologias para o monitoramento em tempo real do consumo de energia e água. A calibração dos sensores, o uso de componentes confiáveis como o ESP32 e o relé de estado sólido, e a implementação de uma interface de fácil acesso para os administradores garantem a precisão e a praticidade do sistema. Além disso, a utilização de um banco de dados local e a visualização dos dados por meio de uma

interface web são características que tornam o sistema robusto e acessível. Esse tipo de solução tem o potencial de ser aplicado em diversos contextos, como em chuveiros públicos ou privados, contribuindo para a gestão eficiente de recursos e para a redução do desperdício de água e energia.

6 CONCLUSÃO

O projeto desenvolvido integra diversas tecnologias para o monitoramento e controle do consumo de energia elétrica e água em chuveiros. O sistema utiliza o microcontrolador ESP32, que se comunica com os sensores, integra com um sistema de controle de dados via WiFi e o banco de dados, possibilitando a medição em tempo real do consumo. O sensor de corrente SCT013-30A monitora o consumo de energia elétrica, enquanto o sensor YF-S403 mede o fluxo de água, ambos calibrados para garantir precisão nas medições. O armazenamento e visualização dos dados são feitos através do software XAMPP, com o banco de dados gerido pelo PHPMyAdmin, permitindo que o administrador acesse as informações em tempo real.

O sistema desenvolvido atende diretamente à implementação de uma solução tecnológica para o monitoramento e controle do consumo de energia elétrica e água em chuveiros, permitindo maior eficiência no uso desses recursos. A implementação de uma interface web para visualização e controle das informações permite que empresas que oferecem banhos como serviço, em cumprimento à legislação, possam monitorar de forma prática e eficiente o uso desses recursos, favorecendo a sustentabilidade e o cumprimento das exigências legais, além de promover a transparência no consumo e possibilitar ajustes operacionais baseados nos dados coletados.

REFERÊNCIAS

ARTE/UOL. **Como funcionam os chuveiros elétricos que garantem seu banho quentinho?**. Disponível em: https://conteudo.imguol.com.br/c/geral/gif-animated/a3/2019/07/30/tecnologia-por-tras---chuveiro-1564524068122_g2_750x750.jpg. Acesso em: 30 out. 2023.

BERGAMIN JUNIOR, Fabiano; MINOTTI, Cristiano. Monitoramento do consumo de energia elétrica em tempo real. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 1, n. 1, p. e210828-e210828, 2021.

BRAGA, Newton C. **Relés: Circuitos e aplicações**. São Paulo: Editora Newton C. Braga, 2017.

CAMPOS, Hiago Pereira. **Mapeamento de pontos de iluminação pública por meio de sistema equipado com câmara esférica**. 2023. Monografia. Graduação. 37f. Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2023.

CASSIOLATO, César. **Sensor Hall – A tecnologia dos Posicionadores Inteligentes de última geração**. Revista Controle & Instrumentação, n. 81, p. 34-39, jun. 2003.

COQUEIRO, Felipe Batista; SANTOS, Jonas Muniz dos; SOUZA, Josiel Alves de; NUNES, Alessandro Durval; ANTÔNIO, Luís Fernando Gil Moreira. **Chuveiro Elétrico Automatizado**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Eletroeletrônica). 19f. Escola Técnica Estadual Armando Pannunzio, Sorocaba, 2023.

COURY, Denis Vinicius; OLESKOVICZ, Mário; GIOVANINI, Renan. **Proteção digital de sistemas elétricos de potência: dos relés eletromecânicos aos microprocessados inteligentes**. SEL/EESC/USP, 2007.

DEMARQUI, Diego Guimarães. **Projeto e implementação de uma carga eletrônica CC**. 2022. Monografia. Graduação em Engenharia Elétrica. 65f. Universidade do Vale do Rio dos sinos – Unisinos, São Leopoldo, 2022.

DEMETRAS, Ezequiel. **SCT-013 - Sensor de Corrente Alternada com Arduino**. Vida de silício, 2017. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>.

GARIBALDE, Higor Raniel Ribeiro. **Automatização e monitoramento de sistema de abastecimento de água**. 2021. Monografia. Graduação em Engenharia de Controle de Automação. 67f. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

FINKENZELLER, Klaus. **Manual de RFID: Fundamentos e Aplicações em Cartões Inteligentes Sem Contato e Identificação**. 3. ed. Chichester: Wiley, 2010.

JORNAL DA USP. **Por que o chuveiro gasta tanta energia?** 4 dez. 2023. Online. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/por-que-o-chuveiro-gasta-tanta-energia/>. Acesso em 01 nov. 2024.

KERSCHBAUMER, Ricardo. **Engenharia de controle e automação – Microcontroladores**. IFC, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense: Santa Catarina, 2018.

MEYER, M. **Tecnologia Grega Antiga: Do Neolítico à Era Helenística**. Cambridge, Cambridge University Press, 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Relatório P2: Relatório com cenários tendenciais sobre posse de equipamentos elétricos e os impactos na demanda por energia elétrica**. Brasília, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/ee/publicacoes-e-estudos/RelatorioP2_Final.pdf. Acesso em 01 nov. 2024.

MOREIRA FILHO, Jeferson Bronze; PIMENTEL, Nathália Dias. **Sistema de inteligência energética**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de Energia. 80f. Universidade Positivo, Curitiba, 2020.

NOGUEIRA, Adriano Garufe et al. Monitoramento da Qualidade de Energia Elétrica e Análise de Eventos de Cortes na Tensão Devido à Operação de Chuveiros Eletrônicos. In: **2023 XV Brazilian Conference on Quality of Power (CBQEE)**. IEEE, 2023. p. 1-6.

ROCHA, Juary Costa. **Chuveiro Inteligente**: Conectado numa rede IoT. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Elétrica. 53f. Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá – SC, 2021.

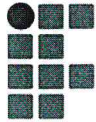
RODRIGUES, Robson João Gregório. **Algoritmo para detecção e identificação de "e; tags" e; de RFID sem" e; chip" e; utilizando" e; software-defined radio" e;(SDR)**. 2023. Dissertação de Mestrado. 68f. Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2023.

SANTOS, Pablo Adriel Alves dos. **O uso do osciloscópio**: uma revisão bibliográfica. 2020. Monografia. Graduação em Ciência e Tecnologia. 42f. Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, 2020.

SEA sensors. **YF-S403 3/4" Water Flow Meter Hall Sensor**. 2020. Disponível em: <https://www.rajguruelectronics.com/Product/1671/YF-S403%2034%20Water%20Flow%20Hall%20Sensor.pdf>.

SEPRT – SECRETARIA ESPECIAL DE PREVIDÊNCIA E TRABALHO. **Portaria nº 1.343, de 2 de dezembro de 2019**. Estabelece as condições mínimas de segurança, sanitárias e de conforto nos locais de espera, de repouso e de descanso dos motoristas profissionais de transporte rodoviário de passageiros e de cargas. (Processo nº 19964.106354/2019-15). Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=03/12/2019&jornal=515&pagina=29&totalArquivos=119> Acesso em 31 out. 2024.

SILVA, Livia Lessa de Andrade. **O hábito do banho**: Significados e práticas de consumo. 2020. Dissertação de Mestrado em Administração. 53f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.



LUCAS NATANAEL DE SOUZA OLIVEIRA

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE CONSUMO: SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
CONTROLE DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA EM CHUVEIROS ELÉTRICOS**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Bacharel em Engenharia elétrica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Joinville, 04 de fevereiro de 2025.

Prof. Nivaldo Theodoro Schiefler Junior, Dr

Orientador

Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Joinville

Prof. Janderson Duarte, Dr

Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Joinville

Prof. Jeferson Luiz Curzel, Dr

Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Joinville

Prof. Stefano Romeu Zeplin, Me

Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Joinville