



**INSTITUTO FEDERAL**

Catarinense  
Campus Rio do Sul



**ELEKTRABOT**

## **ElektraBot: Robô para realizar a substituição de medidores de energia elétrica.**

Desenvolvimento de um dispositivo responsável por auxiliar na segurança de eletricitistas.

### **Instituto Federal Catarinense**

*R. Abraham Lincoln, 210 - Jardim América, Rio do Sul - SC, 89160-202*

#### **Estudantes:**

Adrielle Becker e Camilly Vitória Almeida dos Santos

#### **Orientadores:**

André Alessandro Stein, Antônio João Fidelis, Cristhian Heck

**Início:** 10 de Agosto de 2023

**Fim:** 30 de Dezembro de 2024



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1 Objetivo Geral.....	4
2.2 Objetivos Específicos.....	4
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
3.1 História da energia elétrica.....	4
3.2 Medidores de energia elétrica.....	5
<b>4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....</b>	<b>5</b>
<b>5. RESULTADOS DO PROJETO.....</b>	<b>6</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>9</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>10</b>



## RESUMO

Sabe-se o quanto a energia elétrica é importante na sociedade em geral, visto que ela assegura princípios básicos de qualidade de vida. Desse modo, empresas de distribuição de energia passaram a buscar a implementação de novas tecnologias, como realizar a substituição de medidores eletromecânicos por inteligentes, isso acabou oportunizando novos negócios, mas trouxe diversos riscos aos eletricitistas responsáveis por realizarem esse procedimento. Pensando na segurança dos eletricitários, propõe-se o desenvolvimento de um robô para realizar a substituição dos medidores de energia elétrica. Assim sendo, foram estipulados os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, e em seguida, iniciou-se a prototipação em baixa (papel) e média (Figma) fidelidade. Com base nos protótipos, implementou-se o site, e além disso, foi desenvolvida a ferramenta de parafusagem através de um motor de passos. A primeira versão do robô se deu em papelão e micro servos, entretanto essa forma não se mostrou viável. Pensando nisso, buscou-se outras maneiras de realizar tais movimentos, dentre elas utilizando uma barra de cobre, um parafuso infinito e alguns mdfs, porém, ficava instável. Por conta disso, foram desmontadas três impressoras para que se pudesse utilizar os carrinhos e assim fazer com que a ferramenta de parafusagem pudesse ser ajustada ao medidor com mais precisão. Por fim, para a câmera utilizou-se um ESP32-cam, e para a conexão entre esse dispositivo e o site, criou-se uma rede local, por meio de um access point, que é responsável por transmitir em tempo real, mesmo sem internet. Dessa maneira, a substituição de medidores de energia elétrica contará com o auxílio do robô e assim, evitará acidentes durante a realização desse procedimento.

**Palavras-chave:** Medidores de Energia; Eletricitistas; Robô para Segurança.

## 1. INTRODUÇÃO

Pode-se afirmar que a energia elétrica tem sido essencial para a humanidade, assegurando uma qualidade de vida maior para a população. No momento que a energia elétrica teve possibilidades residenciais, ela se tornou uma oportunidade de negócio e precisou ser medida. Com isso, em 1872, Samuel Gardiner criou um “contador de eletricidade”, que acabou dando origem aos medidores eletromecânicos. A partir da década de 70 foi criado o primeiro medidor eletrônico, que possuía maior precisão e funcionalidades diferentes dos demais (Oliveira, 2008).

Atualmente, o número de medidores eletromecânicos ainda é maior que o de eletrônicos, por conta disso, a Câmara dos Deputados aprovou uma proposta para a criação do (PNREI) Plano Nacional de Redes Elétricas Inteligentes (Bittar e Chalub, 2023, p.1), em suma, a proposta é que as empresas de distribuição de energia substituam medidores eletromecânicos por medidores inteligentes (eletrônicos). Os responsáveis por realizar essa substituição são os eletricitistas e de acordo com Maria Latorre e Maria Martinez, “o trabalho do eletricitário é caracterizado pela presença de demandas físicas e mentais importantes, sendo que os riscos à saúde e a segurança dos trabalhadores são considerados elevados” (Martinez; Latorre, 2008).



Diante disso, o projeto busca auxiliar na segurança desses profissionais que se colocam em perigo para garantir conforto à sociedade em geral. Segundo a Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL), entre 2016 e 2018, dentre os casos de acidentes decorrentes de choques elétricos, cerca de 74% foram vítimas de óbito. Além disso, o Brasil está na quarta posição do ranking mundial de acidentes de trabalho, segundo informações da Organização Internacional do Trabalho (OIT, MPT, 2021).

Visto isso, entende-se a importância da segurança para os trabalhadores e por isso é necessário providenciar alguma medida para diminuir os riscos para os eletricitários. Desse modo, sugere-se uma investigação para responder a seguinte pergunta de pesquisa: Como assegurar o eletricitista durante o processo de substituição de medidores de energia elétrica?

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é desenvolver um robô que irá auxiliar na proteção dos eletricitistas durante o processo de substituição de medidores de energia elétrica.

### 2.2 Objetivos Específicos

1. Prototipar um robô que possa ser controlado através de um controle remoto e uma câmera de visualização em tempo real.
2. Permitir o armazenamento dos vídeos em tempo real e das informações prestadas nos relatórios.
3. Elaborar um site que permita a integração entre eletricitista e gerente, na qual possam ser criados novos locais de substituição e além disso, permitir a visualização das gravações e dos relatórios sobre o procedimento.

## 3. REVISÃO DA LITERATURA

### 3.1 História da energia elétrica

Desde os primórdios da vida na terra, os seres humanos buscaram encontrar formas de satisfazer as suas necessidades, como: alimentação, iluminação e aquecimento. Desse modo, o homem apropriou-se do fogo e desenvolveu técnicas na agricultura e na pecuária. (FARIAS E SELLITTO, 2013) A partir da Idade Média, houve a utilização de energias presentes na natureza. Algumas sociedades implantaram moinhos de vento para moagem de grãos e bombeamento de água. Em 1698, foi criada por Thomas Savery, a primeira máquina a vapor utilizável. A eficiência dessas máquinas foi ampliada drasticamente por James Watt. (FARIAS E SELLITTO, 2013)

A primeira aplicação da eletricidade, se deu no campo da comunicação, com telégrafos e telefones elétricos. Os primeiros sistemas de iluminação foram abastecidos pelas usinas geradoras de corrente contínua, construídas por Thomas Edison, em 1882. (FARIAS E SELLITTO, 2013)

A transmissão a grandes distâncias e a energia residencial, foram possibilitadas com o uso de corrente alternada (primeira transmissão feita por George Westinghouse, em 1886), dos sistemas



polifásicos (feitos por Nikola Tesla) do transformador eficiente (de Willian Stanley). (FARIAS E SELLITTO, 2013)

### 3.2 Medidores de energia elétrica

A partir do momento que a energia elétrica teve possibilidades residenciais, ela se tornou uma oportunidade de negócio, visto isso, era necessário medi-la. Desse modo, Samuel Gardiner criou o seu “contador de eletricidade”, em 1872. O contador de Gardiner, determinava apenas a carga. Assim, Thomas Edison inventou um contador químico que estimava tanto a carga, quanto a corrente. (OLIVEIRA, 2008)

Conforme os anos foram passando, os “contadores de eletricidade” se aprimoraram, de tal modo que, em 1889, Elihu Thomson foi premiado pelo Wattímetro Registrador, que era capaz de medir a energia em watts-hora e em circuitos de corrente contínua e alternada. Schallenberg aprimorou o equipamento e Blathy produziu o primeiro medidor de watt-hora por indução. (OLIVEIRA, 2008)

No início dos anos 70, foi criado o primeiro medidor eletrônico, oferecendo melhor precisão. No início da década de 80, surgiram os primeiros medidores de energia no Brasil, com funcionalidades que não podiam ser implementadas nos medidores eletromecânicos. Na década de 90, tiveram muitas funcionalidades agregadas, aumentando a quantidade no Brasil. (OLIVEIRA, 2008)

Ainda, a quantidade de medidores eletromecânicos é mais elevada que a de medidores eletrônicos. Porém, com os avanços da tecnologia e da informática, esse cenário vem tendo mudanças. Segundo a Agência Câmara de Notícias, “A Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania (CCJC) da Câmara dos Deputados aprovou, nesta terça-feira (30), proposta que cria o Plano Nacional de Redes Elétricas Inteligentes (PNREI)”. (BITTAR E CHALUB, 2023, p.1).

De modo que, “As redes elétricas inteligentes são caracterizadas pela aplicação da tecnologia da informação aos sistemas elétricos, com dispositivos que permitem a comunicação entre as concessionárias de distribuição de energia elétrica e as unidades consumidoras.”(BITTAR E CHALUB, 2023, p.1)

## 4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

De modo geral, o desenvolvimento desta pesquisa se dará interna ao Instituto Federal Catarinense - campus Rio do Sul, em outros momentos, buscará-se a orientação de empresas de distribuição de energia elétrica. Inicialmente foram realizadas pesquisas em sites para obter maior conhecimento sobre a área e os problemas enfrentados.

Em seguida, foram estipulados os requisitos do sistema. Com eles definidos, realizou-se a prototipação das telas do sistema, realizando um esboço em papel e em seguida no Figma. Com as prototipações concluídas, desenvolveu-se a primeira versão do site, fazendo uso de HTML, PHP, CSS, JS, Bootstrap e MySQL. Além disso, antes de implementar o Banco de Dados, fez-se um Diagrama de Entidade e Relacionamento.

Também, deu-se início a prototipação do robô, que com o auxílio de um eletricista poderá realizar o processo de substituição dos medidores eletromecânicos pelos medidores inteligentes.

Para a construção do protótipo, utilizou-se o ESP8266 como microcontrolador, que foi programado em C++.

O protótipo contará com ferramentas de parafusagem, corte e decapagem. Além disso, utilizará-se o ESP32-cam e um access point para criar uma rede local e transmitir as informações em tempo real, permitindo assim o controle do robô pelo profissional.

## 5. RESULTADOS DO PROJETO

A partir do dia 10 de agosto de 2023, foram levantados os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, logo depois, instituiu-se a prototipação de baixa e média fidelidade. A primeira realizada em papel, de modo a entender as funcionalidades do sistema, e a segunda foi dividida em duas etapas: Wireframe (rascunho da estrutura) e Figma (Design do software). Como demonstra a figura 1.

**Figura 1 - Wireframe e Figma**



Fonte: Das autoras, 2023.

Com base nos resultados obtidos, iniciou-se o desenvolvimento do software. Durante a depuração do código, percebeu-se alguns problemas de usabilidade do site, sendo assim, os protótipos de média fidelidade não foram fielmente representados. As figuras abaixo apontam algumas diferenças funcionais e visuais adicionadas ao sistema, como por exemplo, o filtro na pesquisa das gravações conforme as informações inseridas no campo de pesquisa disponível página:

**Figura 2 - Câmera, Cadastro e Gravação**

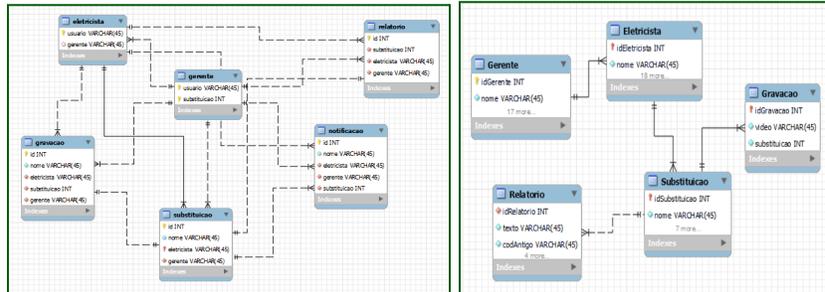


Fonte: Das Autoras, 2023.

Em janeiro de 2024, o sistema de armazenamento de dados estava instaurado, entretanto, foram modificadas as chaves de identificação das tabelas, pois existia uma dificuldade de comunicação entre elas. Nas imagens abaixo, percebe-se a diferença entre os bancos de dados, a primeira imagem possui várias ligações desnecessárias e ainda uma tabela de notificações, que não tinha finalidade. Somando-se as alterações nas chaves estrangeiras, adicionou-se o atributo 'ATIVO',

nas tabelas de gerente e electricista, o qual é modificado para 'nao' em caso de exclusão da conta, para evitar erros e manter salvo o histórico de substituições.

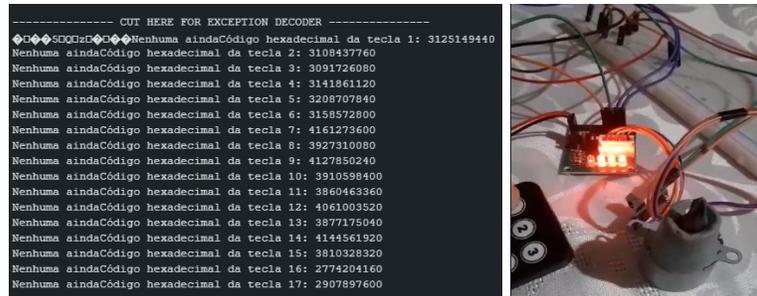
**Figura 3 - Banco de Dados Inicial e atual, respectivamente**



Fonte: Das Autoras, 2024.

O protótipo do robô iniciou-se através da ferramenta de parafusagem, feita através de um motor de passos. Para controlá-lo, foi utilizado um controle remoto infravermelho, que precisou ter suas teclas clonadas por meio da biblioteca IRremote, do Arduino. A figura 4 mostra o motor de passos 28BYJ-48 parafusando e desparafusando através do infravermelho, além disso, acoplou-se um porta broca ao motor.

**Figura 4 - Controle Infravermelho e Protótipo para Parafusagem**



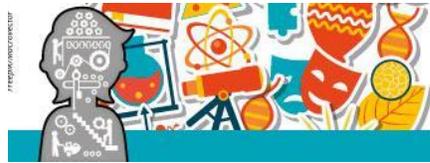
Fonte: Das Autoras, 2024.

A figura 5 mostra o protótipo de braço para movimentar a altura do motor de passos, realizado com servo motores de 9g e papelão, mas não possuía torque suficiente para que ocorresse a movimentação de forma correta.

**Figura 5 - Protótipo de Braço**

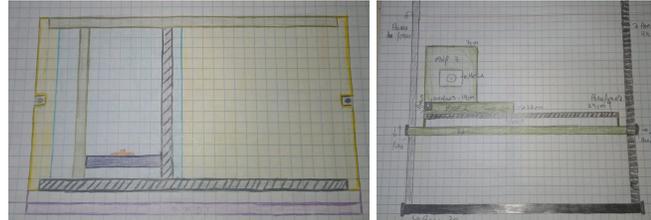


Fonte: Das Autoras, 2024.



Por conta disso, foram realizados esboços em papel de alternativas para o funcionamento do robô, como demonstra a figura 6. Nele é possível identificar uma base de madeira e três placas de MDF, três parafusos e três barras de cobre. As placas estão representadas na figura 7.

**Figura 6** - Esboços feitos em papel.



Fonte: Das Autoras, 2024.

**Figura 7** - Mdfs utilizado como base do protótipo



Fonte: Das Autoras, 2024.

Durante a construção do protótipo percebeu-se instabilidades durante a movimentação da placa, portanto foram realizadas algumas mudanças, visíveis na figura 8, dentre elas, a utilização de dois carrinhos de impressora para poder realizar os movimentos necessários.

**Figura 8** - Impressora desmontada e carrinho acoplado.



Fonte: Das Autoras, 2024.

Além disso, percebeu-se a dificuldade que os eletricitistas teriam caso precisassem realizar a substituição em um local sem internet, portanto, criou-se uma rede local através de um roteador e assim estabeleceu-se uma conexão de rede para que o ESP32-cam funcionasse perfeitamente. A figura 9 mostra a câmera funcionando através da rede local.

**Figura 9 - Câmera funcionando****Fonte:** Das Autoras, 2024.

Com os carrinhos de impressora realizou-se a construção do terceiro protótipo do robô, em que um dos carrinhos foi disposto na horizontal (eixo x) sendo responsável por ajustar a ferramenta de parafusagem de um lado a outro, além disso, para conseguir remover os parafusos do medidor, a ferramenta se movimenta para frente e para trás (eixo z). Isso acontece por meio de um motor acoplado a um parafuso infinito, o qual está preso, por meio de porcas, a uma placa de MDF, que prende a parafusadeira.

Para garantir maior precisão, é necessário que a ferramenta também se movimente para cima e para baixo (eixo y), por conta disso, outro carrinho de impressora foi colocado na vertical. Entretanto, as estruturas nos eixos x e z são pesadas demais e impedem que o carrinho consiga subir e descer. O controle dessa estrutura é feito através do teclado do notebook, as setas de direita/esquerda movimentam o eixo x e as de cima/baixo, o eixo z. Além disso, mais/menos são responsáveis por parafusar/desparafusar. A figura 10 mostra como está o protótipo no momento.

**Figura 10 - Protótipo do Robô e movimentação pelas setas do teclado.****Fonte:** Das Autoras, 2024

## 6. CONCLUSÕES

Concluiu-se, que trabalhos na área elétrica possuem elevados riscos, os quais, os trabalhadores ficam diante de diversos perigos que podem levar a óbito. Deste modo, a importância em garantir a segurança dos eletricitistas no ambiente de trabalho é essencial. Diante disso, com a proposta das empresas de distribuição de energia de substituir medidores eletromecânicos por medidores inteligentes, pode gerar o aumento de acidentes na área. Com isso, percebe-se que a construção de um robô para realizar tal substituição, pode garantir maior segurança aos eletricitistas.



Ainda, pretende-se concluir a movimentação do eixo y, utilizando a estrutura de uma impressora 3D. Além disso, é necessário implementar uma ferramenta de corte/decapagem e “garras” responsáveis por retirar o medidor antigo e colocar o novo no local.

Como trabalhos futuros, pretende-se desenvolver um hardware específico para o controle, que possua uma tela para a visualização da câmera em tempo real durante o processo de substituição. Também, buscará-se a ampliação dos tipos de medidores substituíveis pelo robô, visto que no momento o foco do trabalho é em medidores residenciais monofásicos, mas existem outros modelos, como os bifásicos e trifásicos, além de modelos empresariais.

## 7. REFERÊNCIAS

BITTAR, Paula E CHALUB, Ana. CCJ aprova projeto que obriga a troca dos medidores de consumo de energia atuais por digitais. Câmara dos Deputados. 30 Mai. 2023. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/967255-ccj-aprova-projeto-que-obriga-a-troca-dos-medidores-de-consumo-de-energia-atuais-por-digitais/>> Acesso em: 18 Set. 2023.

OLIVEIRA, L. C. de. Metrologia Legal e os Medidores de Energia Elétrica. SENDI 2008, Olinda, Pernambuco, Brasil, p. 1-10, 2008. Disponível em: <<https://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/01/Metrologia-Legal-e-os-Medidores-de-Energia-Eletrica.pdf>> Acesso em: 18 set. 2023.

DARCY, R. Prevenção de acidentes de origem elétrica em instalações residenciais alimentadas em baixa tensão: estudo de caso de edificações unifamiliares. Palhoça, Santa Catarina, Brasil, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/8c53d881-56ab-4835-ba42-0b509e8fb295>>