

SISTEMA ANTI-FURTO PARA POSTES DE LUZ SOLARES

Emerson Wagner Mainardes Junior¹, João Marcos dos Santos Souza² Kaio Cezar Quemelli da Silva²

1- Acadêmico do curso de Engenharia elétrica Faculdade Multivix – Serra.

2- Professor (a) Faculdade Multivix – Serra.

RESUMO

Esse artigo aborda o problema do furto de postes solares ao longo do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, uma rodovia inaugurada em 2014 que se tornou alvo frequente de criminosos devido ao alto valor das placas solares e baterias instaladas nos postes de iluminação. O estado de abandono da via, com quase 100% dos postes não funcionando, contribui para a insegurança e a ocorrência de crimes. O principal objetivo do estudo é desenvolver um sistema anti-furto que seja moderno, eficaz e economicamente viável, capaz de se comunicar em tempo real com as autoridades, sinalizando a localização e o momento de uma tentativa de furto. O sistema proposto é baseado em um microcontrolador NodeMCU, que é conectado ao circuito do poste solar e utiliza um módulo GPS para obter e transmitir dados em tempo real, como a localização e a hora do furto. O trabalho descreve duas etapas principais: a etapa de hardware, que envolve a construção do sistema embarcado, e a etapa de software, que inclui o desenvolvimento do código necessário para a comunicação do sistema. O custo do sistema é avaliado em comparação com o custo dos postes solares, e a pesquisa conclui que o sistema proposto pode ser implementado com um aumento de apenas 0,36% no custo total de cada poste, o que demonstra um bom custo-benefício. Além disso, o trabalho discute o conceito de Internet das Coisas (IoT) e sua aplicação no projeto, destacando a importância de sistemas conectados para a segurança e eficiência de infraestruturas públicas.

Palavras Chave: Sistema anti-furto. Postes solares. Segurança pública. Microcontroladores.

1 - INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energia renováveis tem se intensificado nas últimas décadas como uma resposta aos desafios das mudanças climáticas e à necessidade de preservar recursos naturais finitos. Entre as tecnologias emergentes, os sistemas de iluminação pública alimentados por energia solar têm se destacado pela sua eficiência energética e sustentabilidade ambiental. Esses sistemas são particularmente importantes em regiões onde o acesso à eletricidade é limitado ou onde o custo da energia convencional é elevado (Oliveira et al., 2020). No entanto, a implementação de tecnologias de energia solar em espaços públicos enfrenta

desafios significativos, entre eles o vandalismo e o furto dos equipamentos, como ocorre no caso do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro.

Inaugurada em 2014, a rodovia Arco Metropolitano foi projetada para facilitar o fluxo de veículos na região metropolitana do Rio de Janeiro, conectando os municípios de Duque de Caxias e Itaguaí. Uma das inovações desse projeto foi a instalação de aproximadamente 42 mil postes de luz alimentados por energia solar ao longo dos seus 72 quilômetros de extensão. Cada poste é equipado com uma placa fotovoltaica, uma bateria e uma lâmpada, funcionando de forma autônoma e sustentável (Lima & Gouveia, 2019). Apesar do sucesso inicial, o projeto rapidamente se tornou alvo de criminosos, que veem nas placas solares e nas baterias componentes de alto valor. Desde a inauguração, a rodovia vem sofrendo com a destruição de seus postes, comprometendo a segurança dos usuários e gerando altos custos de reposição para o poder público (Tchao, 2020).

O roubo e o vandalismo dos postes solares no Arco Metropolitano exemplificam um problema mais amplo que afeta a implementação de tecnologias de energia renovável em espaços públicos. A desconexão desses sistemas da rede elétrica convencional, que originalmente deveria ser uma vantagem, torna-os vulneráveis a furtos. Além disso, a falta de policiamento adequado em áreas afastadas como o Arco Metropolitano agrava a situação, dificultando a recuperação dos equipamentos e o reparo dos danos causados (Guimarães & Bassan, 2019).

Diante desse cenário, a presente pesquisa propõe o desenvolvimento de um sistema anti-furto inovador, que utilize tecnologias da Internet das Coisas (IoT) para aumentar a segurança dos postes solares. A IoT, definida como a interconexão de dispositivos eletrônicos pela internet, permitindo a troca de dados em tempo real, tem se mostrado uma solução eficaz em diversas áreas, desde a gestão de redes de energia até o monitoramento de sistemas de transporte (Diniz, 2020). Especificamente, o uso de microcontroladores como o NodeMCU, integrados a módulos GPS e sistemas de comunicação via Wi-Fi, possibilita a criação de um sistema de monitoramento que pode alertar as autoridades sobre tentativas de furto em tempo real, aumentando a eficiência do policiamento e a proteção dos equipamentos (Oliveira, 2021).

Além de abordar o problema do furto, este estudo busca contribuir para a viabilidade econômica da implementação de tecnologias de energia renovável em projetos públicos. Ao desenvolver um sistema que representa uma fração mínima do

custo total dos postes solares, é possível garantir que esses investimentos sejam protegidos, ao mesmo tempo em que se promove o uso sustentável da energia. Como argumentam Lima e Pinto (2019), a integração de soluções de IoT em projetos de infraestrutura é essencial para o avanço da Indústria 4.0, que visa a automatização e o monitoramento em tempo real de processos industriais e urbanos.

Portanto, o objetivo geral desta pesquisa é sintetizar um sistema anti-furto eficaz e de baixo custo para proteger postes de luz solares, utilizando tecnologias de IoT para garantir a comunicação em tempo real com as autoridades competentes. A implementação desse sistema não só reforça a segurança dos equipamentos, mas também promove a aceitação pública de tecnologias de energia renovável, mitigando o impacto negativo de incidentes como os que ocorrem no Arco Metropolitano (Troise, 2019).

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Dados de Custo e Viabilidade Econômica do Arco Metropolitano

O Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, uma das principais obras de infraestrutura do estado, foi concluído com um investimento total de aproximadamente 1,9 bilhões de reais. A rodovia, que se estende por 72 quilômetros, foi concebida para melhorar o fluxo de tráfego entre as regiões metropolitanas e portuárias, além de incentivar o desenvolvimento econômico regional. Um dos aspectos mais notáveis do projeto foi a adoção de postes de iluminação alimentados por energia solar, que prometiam não apenas reduzir os custos operacionais, mas também oferecer uma solução sustentável em termos ambientais (Ferreira & Brito, 2020).

O uso de energia solar na iluminação pública do Arco Metropolitano gerou uma economia considerável, estimada em valores equivalentes ao consumo de energia de cerca de 5 mil famílias de baixa renda. Esse tipo de economia reflete o potencial financeiro e ambiental de investimentos em energia renovável, sobretudo em grandes projetos de infraestrutura pública (Santos & Pereira, 2021). Contudo, para uma análise mais detalhada do impacto econômico, é essencial considerar o custo unitário de cada poste de luz solar.

Segundo dados reportados por Lima e Gouveia (2019), foram instalados 4.310 postes com placas de energia solar ao longo da extensão da rodovia, com um custo total de 96,7 milhões de reais, resultando em um custo médio de aproximadamente

22 mil reais por poste. Entretanto, investigações subsequentes revelaram indícios de sobrepreço, com cada poste possivelmente superfaturado em cerca de 4 mil reais, conforme apontado por Guimarães e Bassan (2019) e corroborado por investigações adicionais (Oliveira, 2020). Dado esse contexto, para a análise de viabilidade econômica do sistema anti-furto proposto, é pertinente considerar tanto o custo inicial de 22 mil reais quanto um preço base ajustado de 18 mil reais por poste.

2.2. Internet das Coisas – IoT

A Internet das Coisas (IoT) tem revolucionado a forma como dispositivos eletrônicos interagem, possibilitando uma nova era de conectividade e automação. O conceito de IoT, que começou a se formar com a invenção do RFID (Radio Frequency Identification) na década de 1940, amadureceu significativamente nas últimas décadas, abrangendo uma vasta gama de aplicações desde a automação residencial até a gestão de infraestruturas urbanas (Miorandi et al., 2012).

De acordo com Diniz (2020), a IoT permite que objetos físicos sejam conectados e se comuniquem entre si e com a internet, criando redes inteligentes que podem operar de forma autônoma e eficiente. A aplicação de IoT em sistemas de segurança, como o proposto nesta pesquisa, exemplifica uma das áreas mais promissoras da tecnologia, permitindo o monitoramento em tempo real e a rápida resposta a incidentes.

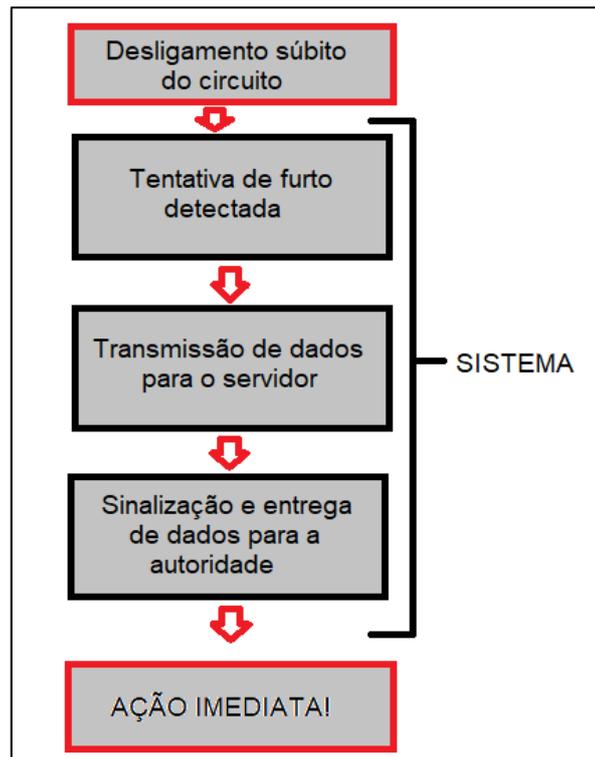
O uso de IoT na segurança pública, especificamente em projetos como o Arco Metropolitano, pode ser particularmente eficaz. Em vez de depender exclusivamente de patrulhas físicas ou de denúncias por aplicativos como o WhatsApp, a IoT pode integrar sensores, microcontroladores e sistemas de comunicação para detectar e responder a tentativas de furto automaticamente (Troise, 2019). Essa abordagem não apenas aumenta a eficiência dos sistemas de segurança, mas também contribui para a redução de custos operacionais e a preservação de investimentos públicos (Lima & Pinto, 2019).

Portanto, a criação de um sistema de segurança anti-furto baseado em IoT para postes de luz solar no Arco Metropolitano não só representa uma aplicação prática da tecnologia, mas também ilustra o potencial da IoT em transformar a gestão de infraestruturas críticas, aumentando a segurança e a eficiência operacional.

3- METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos específicos citados na introdução esta pesquisa será de natureza aplicada e em sua conclusão será obtido o protótipo de um sistema anti-furto capaz de se comunicar em tempo real com um usuário, portanto esta pesquisa também é de cunho experimental e qualitativa pois os dados de custo do projeto do sistema será avaliado. O seguinte diagrama representa o sistema a ser desenvolvido:

Imagem 1 - Diagrama dos processos sistema anti-furto



Fonte: Produzido pelo autor

No projeto do sistema anti-furto existem duas etapas distintas: A etapa de hardware e a etapa de software que serão descritas abaixo:

3.1. ETAPA HARDWARE

3.1.1 NODEMCU E MODULO GPS

Nesta etapa será construído o sistema embarcado que será conectado ao circuito do poste solar, este sistema será a base de um microcontrolador, no caso desta pesquisa será o NODEMCU, que é um dos microcontroladores de baixo custo mais versáteis e suportados no mercado atual e especificamente criado para aplicações modernas de engenharia e IoT pois contém o módulo Wi-Fi e bibliotecas próprias.

Este microcontrolador será responsável pela detecção e sinalização de um furto em ocorrência, ou seja, ao detectar o desligamento de qualquer parte do circuito a função anti-furto será acionada. Os dados que o microcontrolador deverá comunicar são a localização, horário do furto e o número de série do poste de luz. Para que essa comunicação seja possível será utilizado um módulo GPS que é capaz de obter todos estes dados em tempo real.

Imagem 2 - NodeMCU Esp-12e



Fonte: Eletrogate, 2024

Imagem 3 - Módulo GPS



Fonte: Arducore, 2024

A plataforma Arduino utiliza seu próprio compilador cuja a linguagem de programação é C++. Todos os algoritmos desenvolvidos dentro do microcontrolador faz parte da etapa de hardware.

Devido à natureza experimental do projeto deve ser construído um modelo de poste de luz solar que irá ser usado para simulação. Este modelo deve consistir, no mínimo, de uma de uma placa solar de pequeno porte, uma bateria e a lâmpada.

A coleta de dados desta etapa deve obter dados como: Tempo de acionamento do sistema e o tempo que o sistema se mantém ligado. O algoritmo é adaptado de vários códigos.

3.2. ETAPA SOFTWARE

Software foi escrito na linguagem C e através da IDE específica da Arduino que contém ferramentas para desenvolvimento para o NODEMCU. O código é separado em 3 partes: O setup, o código que trata as informações do GPS e o código em HTML que faz a página da web.

3.3. CONCLUSÃO DO EXPERIMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA

Após obter um protótipo funcional do sistema o último passo é avaliar o custo do material utilizado e fazer uma análise quantitativa para extrapolar o quanto custaria implementar este sistema em uma obra pública. Os dados do custo da obra do Arco Metropolitano serão usados de referência e se encontram na parte do referencial teórico, com estes valores será calculado quantos por cento que este sistema irá aumentar no custo da obra, se esse valor for baixo o suficiente podemos concluir que a implementação tem um bom custo-benefício. Além do material utilizado será feita uma pesquisa de mercado levando em consideração outras marcas de microcontroladores e componentes para obter uma análise mais abrangente.

O preço total de acordo com os dados da obra do arco metropolitano é de 22 mil R\$ por poste de luz solar. Após uma análise dos preços dos componentes o maior preço possível é de em volta 80 reais que constitui apenas 0.36% do preço do poste completo.

4 - CÓDIGO

```
#include <TinyGPS++.h> // library for GPS module
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
TinyGPSPlus gps; // The TinyGPS++ object
SoftwareSerial ss(4, 5); // The serial connection to the GPS device
const char* ssid = "Familia Mainardes"; //ssid of your wifi
const char* password = "emerks12"; //password of your wifi
float latitude , longitude;
int year , month , date, hour , minute , second;
String date_str , time_str , lat_str , lng_str;
int pm;
WiFiServer server(80);

void setup()
```

```

{
  Serial.begin(115200);
  ss.begin(9600);
  Serial.println();
  Serial.print("Conectando em ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)// enquanto não conecta
  {
    delay(500);
    Serial.print("."); //print "...."
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  server.begin();
  Serial.println("Server started");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void loop()
{
  while (ss.available() > 0)
  if (gps.encode(ss.read()))
  {
    if (gps.location.isValid()) //check whether gps location is valid
    {
      latitude = gps.location.lat();
      lat_str = String(latitude , 6); // latitude location is stored in a string
      longitude = gps.location.lng();
      lng_str = String(longitude , 6); //longitude location is stored in a string
    }
    if (gps.date.isValid()) //check whether gps date is valid
    {
      date_str = "";
      date = gps.date.day();
      month = gps.date.month();
      year = gps.date.year();
      if (date < 10)
        date_str += '0';
      date_str += String(date); // values of date,month and year are stored in a string
      date_str += " / ";

      if (month < 10)
        date_str += '0';
      date_str += String(month); // values of date,month and year are stored in a string
      date_str += " / ";
      if (year < 10)
        date_str += '0';
      date_str += String(year); // values of date,month and year are stored in a string
    }
    if (gps.time.isValid()) //check whether gps time is valid
    {
      time_str = "";
      hour = gps.time.hour();
      minute = gps.time.minute();
      second = gps.time.second();
      minute = (minute + 30); // converting to IST
      if (minute > 59)
      {

```

```

        minute = minute - 60;
        hour = hour + 1;
    }
    hour = (hour + 5) ;
    if (hour > 23)
        hour = hour - 24; // converting to IST
    if (hour >= 12) // checking whether AM or PM
        pm = 1;
    else
        pm = 0;
    hour = hour % 12;
    if (hour < 10)
        time_str += '0';
    time_str += String(hour); //values of hour,minute and time are stored in a string
    time_str += " : ";
    if (minute < 10)
        time_str += '0';
    time_str += String(minute); //values of hour,minute and time are stored in a string
    time_str += " : ";
    if (second < 10)
        time_str += '0';
    time_str += String(second);
    if (pm == 1)
        time_str += " PM ";
    else
        time_str += " AM ";
    }
}

WiFiClient client = server.available();
if (!client)
{
    return;
}
// Prepare the response
String s = "HTTP/1.1 200 OK\r\nContent-Type: text/html\r\n\r\n <!DOCTYPE html>
<html> <head> <title>GPS DATA</title> <style>";
s += "a:link {background-color: YELLOW;text-decoration: none;}";
s += "table, th, td </style> </head> <body> <h1 style=";
s += "font-size:300%,";
s += " ALIGN=CENTER> GPS DATA</h1>";
s += "<p ALIGN=CENTER style=""font-size:150%;""";
s += "> <b>Location Details</b></p> <table ALIGN=CENTER style=";
s += "width:50%";
s += "> <tr> <th>Latitude</th>";
s += "<td ALIGN=CENTER >";
s += lat_str;
s += "</td> </tr> <tr> <th>Longitude</th> <td ALIGN=CENTER >";
s += lng_str;
s += "</td> </tr> <tr> <th>Date</th> <td ALIGN=CENTER >";
s += date_str;
s += "</td></tr> <tr> <th>Time</th> <td ALIGN=CENTER >";
s += time_str;
s += "</td> </tr> </table> ";

s += "</body> </html>";

client.print(s); // all the values are send to the webpage
delay(100);
}

```

5. CONCLUSÃO

A crescente adoção de tecnologias sustentáveis, como os postes de luz solares, traz benefícios significativos para a eficiência energética e a preservação ambiental. No entanto, a vulnerabilidade desses sistemas a furtos e vandalismo, como evidenciado no caso do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, apresenta desafios críticos que ameaçam a viabilidade e a continuidade de tais projetos.

Este estudo propôs o desenvolvimento de um sistema anti-furto inovador e economicamente viável, baseado na integração de microcontroladores NodeMCU com módulos GPS e tecnologias de comunicação IoT. O sistema permite a detecção e o monitoramento em tempo real de tentativas de furto, enviando alertas imediatos às autoridades competentes. Com um custo adicional mínimo em relação ao valor total dos postes solares, o sistema oferece uma solução eficiente para a proteção desses investimentos públicos, aumentando a segurança e reduzindo as perdas financeiras associadas ao vandalismo.

Além de proteger os postes solares, a implementação desse sistema pode ter implicações mais amplas, incentivando a adoção de tecnologias de energia renovável em outros projetos públicos e privados. Ao demonstrar que é possível garantir a segurança de sistemas de iluminação autônomos com custos acessíveis, o estudo contribui para a superação de barreiras à expansão da infraestrutura sustentável.

Em síntese, a aplicação de tecnologias de IoT no contexto da segurança pública representa um avanço significativo na gestão de infraestruturas críticas. Este trabalho não apenas aborda um problema específico relacionado aos furtos no Arco Metropolitano, mas também propõe uma abordagem replicável que pode ser adaptada a outras áreas que utilizam tecnologias renováveis. Dessa forma, a pesquisa reforça a importância da inovação tecnológica na promoção de soluções sustentáveis e seguras, essenciais para o desenvolvimento urbano moderno.

REFERÊNCIAS

ARDUCORE. Módulo GPS + Antena para Arduino e Raspberry Pi. Disponível em: <<https://www.arducore.com.br/modulo-gps-antena-para-arduino-e-raspberry-pi>>.

Acesso em: 3 fev. 2024.

Diniz, E. H. (2020). Internet das coisas: Conceitos e aplicações. *GV Executivo*, 5(1), 59-72.

ELETROGATE. Módulo WiFi ESP8266 NodeMCU ESP-12E. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12e>>. Acesso em: 2 fev. 2024.

Ferreira, L., & Brito, M. (2020). *Sustentabilidade energética em grandes obras públicas: O caso do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro*. *Revista de Gestão Pública*, 15(2), 45-62.

Guimarães, A., & Bassan, P. (2019). Arco Metropolitano: em 5 anos, via que custou R\$ 19 bi vira símbolo de corrupção, abandono e roubos. *G1*. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2019/11/04/arco-metropolitano-em-5-anos-estrada-criada-para-ser-modelo-vira-simbolo-de-corrupcao-abandono-e-violencia.ghtml>

Lima, A. G., & Pinto, G. S. (2019). Indústria 4.0: Um novo paradigma para a indústria. *Interface Tecnológica*, 16(2), 21-35.

Lima, L. C., & Gouveia, L. S. (2019). Iluminação pública: História, tecnologias e aplicações. *Monografia de Bacharelado em Engenharia Elétrica*. UFRJ.

Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.

Oliveira, S. de. (2020). *Auditoria e combate ao superfaturamento em obras públicas: Um estudo de caso no Arco Metropolitano do Rio de Janeiro*. *Revista Brasileira de Auditoria Pública*, 12(1), 14-29.

Oliveira, S. de. (2020). Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi. Novatec.

Oliveira, S. de. (2021). Segurança em IoT: Aplicações em infraestrutura crítica. *Revista de Engenharia de Computação*, 12(3), 110-123.

Tchao, E. (2020). Bandidos usam maçaricos para derrubar postes e roubar placas de energia do Arco Metropolitano. *G1*. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/01/23/bandidos-usam-macaricos-para-derrubar-postes-e-roubar-placas-de-energia-do-arco-metropolitano.ghtml>. Acesso em: 3 fev. 2024.

Troise, T. (2019). Internet das coisas em Defesa e Segurança Pública. *Tudo Sobre IoT*. Disponível em: <https://tudosobreiot.com.br/internet-das-coisas-em-defesa-e-em-seguranca-publica>. Acesso em: 2 fev. 2024

Troise, T. (2019). Internet das coisas em Defesa e Segurança Pública. *Tudo Sobre IoT*. Disponível em: <https://tudosobreiot.com.br/internet-das-coisas-em-defesa-e-em-seguranca-publica>