

CONSTRUÇÃO DE UM QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA.

André Uesley Castro de Medeiros¹, Idalmir de Souza Queiroz Júnior²,

Resumo: O presente trabalho aborda a importância e o desenvolvimento de um Quadro de Transferência Automática (QTA), um sistema vital para garantir fornecimento contínuo de energia em situações de falta de eletricidade da rede pública, especialmente em locais críticos como hospitais. O QTA automatiza o chaveamento entre fontes de energia, como a rede pública e geradores, para garantir a continuidade do suprimento elétrico. O QTA representa uma solução técnica eficaz e integrada para garantir fornecimento contínuo de energia em situações críticas, minimizando impactos adversos e protegendo equipamentos essenciais e pacientes dependentes de energia elétrica constante.

Palavras-chave: QTA (Quadro de Transferência Automática); Arduino mega; Gerador.

1. INTRODUÇÃO

Um Quadro de Transferência Automática (QTA) consiste em um painel eletroeletrônico destinado ao controle de chaveamento entre diferentes fontes de alimentação elétrica segundo [1]. A falta de energia elétrica em determinados estabelecimentos, principalmente em locais críticos como hospitais, pode ter um impacto direto e muitas vezes fatal na vida das pessoas [3]. Conscientes dessa vulnerabilidade, a ausência de eletricidade da rede pública foi encarada de uma perspectiva diferente, impulsionando o desenvolvimento de sistemas alternativos de fornecimento.

Um dos métodos mais confiáveis é o uso de grupos geradores, compostos por um motor a combustão e um gerador, capazes de converter energia mecânica em energia elétrica [2]. No entanto, a transição entre a energia fornecida pela rede pública e a ativação do gerador é uma questão crítica que demanda soluções específicas. Para resolver esse desafio, foram introduzidos dispositivos eletrônicos, como relés e contactores, responsáveis por detectar a falta de energia na rede pública.

Esses dispositivos atuam como intermediários entre a rede elétrica convencional e o gerador, transmitindo informações precisas sobre a presença ou ausência de eletricidade. Para aprimorar ainda mais esse sistema, utiliza-se o Arduino, um microcontrolador que interpreta os dados fornecidos pelos dispositivos eletrônicos. Quando identifica a falta de energia na rede pública, o Arduino envia um sinal de ativação ao grupo gerador, permitindo que entre em funcionamento [4].

Essa transição controlada entre fontes de energia garante um fornecimento ininterrupto durante a falta de energia da rede pública, protegendo equipamentos críticos e, principalmente, evitando complicações para pacientes que dependem desses dispositivos energizados constantemente. Esta abordagem representa não apenas uma solução técnica eficiente, mas também uma forma de comunicação integrada que minimiza impactos adversos em situações onde a continuidade do fornecimento de energia é vital.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Materiais utilizados

Para viabilizar essa automação, foram necessários diversos materiais e componentes elétricos e eletrônicos. Destacam-se, entre eles, um microcontrolador Arduino, integrado com uma série de componentes eletrônicos e elétrico. Estes incluem duas contactoras para controle do circuito de potência, dois carregadores que funcionam como sensores para detectar a ausência de energia, quatro relés para comutação de cargas e dois disjuntores trifásicos para garantir a proteção do sistema contra sobrecargas e curtos-circuitos.

Além disso, o projeto envolveu um cuidadoso planejamento e engenharia para integrar esses componentes de forma eficiente e segura, garantindo o funcionamento confiável do sistema em diferentes condições e ambientes. A automação proporcionada pelo QTA não apenas oferece uma resposta rápida e eficaz diante de falhas na rede elétrica, mas também contribui para a segurança e a continuidade das operações em locais onde a energia elétrica é crucial para o funcionamento de equipamentos e processos essenciais.

2.1.1 Arduino Mega

Baseado no microcontrolador ATmega2560 que possui 256 KB, o Arduino® Mega possui 54 pinos de entradas e saídas digitais, pelo qual 15 destes podem ser utilizados como saídas PWM (Pulse-width modulation). Ademais, o mesmo apresenta 16 entradas analógicas e 4 portas de comunicação. Não obstante, a alimentação da placa pode ser feita através de um adaptador AC-DC, ou ainda pela entrada USB, permitindo, dessa forma, a comunicação serial com computador. É válido frisar que poderia ser utilizado qualquer outra plataforma Arduino® para a automação e controle do sistema de QTA sugerido neste protótipo, como por exemplo, o Uno, Nano ou Micro, bem como outros microcontroladores encontrados comercialmente, como o Raspberry Pi, ou o ESP-32 que é mais compacto que o Arduino® Mega, além de possuir a conectividade Wi-Fi



Figura 1. Arduino MEGA. (Autoria própria)

2.1.2 Módulos relés

Os módulos de relés desempenham uma função crucial ao receber um sinal de baixa tensão do Arduino. Com sua parte eletrônica integrada, eles têm a capacidade de comutar um relé, abrindo ou fechando um circuito conforme necessário. Para atender às demandas específicas do projeto, tornou-se necessário empregar dois desses módulos. Cada um deles foi designado para uma função distintiva: um para ativar a contactora da rede elétrica e o último para acionar a contactora do gerador. Esses módulos estão representados na figura 2.



Figura 2. Módulos Relés. (Autoria própria)

2.1.3 Protoboard

No desenvolvimento do QTA (Quadro de Transferência Automatizado), a protoboard na Figura 3, foi uma escolha estratégica para otimizar a interconexão entre os módulos relés e o Arduino, visando aprimorar a eficiência e a confiabilidade do sistema. A utilização da protoboard proporcionou uma plataforma flexível para montagem e conexão dos componentes, permitindo uma organização mais precisa e uma interação mais eficiente entre os diferentes elementos do circuito.

Além disso, a protoboard ofereceu a vantagem de possibilitar ajustes rápidos e modificações durante o processo de desenvolvimento, facilitando a prototipagem e aperfeiçoamento contínuo do sistema. Essa flexibilidade foi fundamental para a realização de testes iterativos e a implementação de melhorias incrementais ao longo do processo de desenvolvimento.

Ao proporcionar uma conexão direta e confiável entre os módulos relés e o Arduino, a protoboard contribuiu significativamente para a estabilidade e a funcionalidade do QTA. Isso permitiu uma comunicação eficaz entre os componentes do sistema, garantindo um desempenho consistente e uma resposta precisa às entradas do Arduino.

Além disso, a protoboard serviu como uma plataforma de prototipagem versátil, possibilitando a integração de novos componentes e a expansão das funcionalidades do QTA no futuro. Essa capacidade de escalabilidade é essencial para garantir que o sistema possa evoluir e se adaptar às necessidades em constante mudança do ambiente operacional.

Em suma, a escolha da protoboard no desenvolvimento do QTA não apenas facilitou a interconexão entre os módulos relés e o Arduino, mas também proporcionou flexibilidade, estabilidade e capacidade de expansão ao

sistema, contribuindo para sua eficácia e utilidade em diversas aplicações.

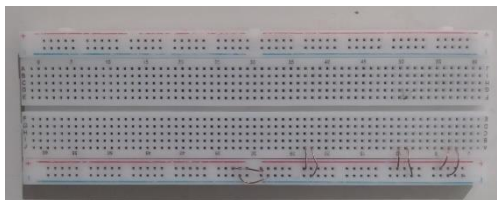


Figura 3. Protoboard . (Autoria própria)

2.1.4 Jumpers

Os jumpers apresentados na Figura 4 foram utilizados para estabelecer uma conexão entre a protoboard e o Arduino. Essa conexão é necessária, pois é com ela que possibilita as conexões entre sensores com Arduino, com leds e com os módulos reles. Os jumpers funcionam como pontes elétricas que permitem a transferência de dados e sinais entre os componentes, garantindo a comunicação adequada entre a protoboard e o Arduino.

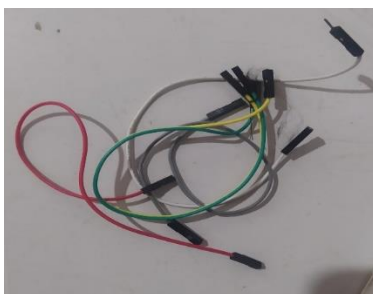


Figura 4. jumpers. (Autoria própria)

2.1.5 Contactas

Foram utilizadas contactoras conforme ilustrado na Figura 5. As contactoras, também conhecidas como contatores, são dispositivos eletromecânicos fundamentais em sistemas elétricos de potência. Elas desempenham um papel crucial no controle e na comutação de circuitos elétricos de alta potência.

Uma contactora é essencialmente uma chave magnética que opera com base na indução eletromagnética. Quando uma tensão de 220V é aplicada aos seus terminais a1 e a2, uma corrente elétrica flui através da bobina da contactora, gerando um campo magnético em seu núcleo. Esse campo magnético atrai uma peça móvel dentro da contactora, geralmente chamada de armadura, que por sua vez movimenta os contatos elétricos principais.

Quando os contatos principais da contactora se fecham, eles estabelecem uma conexão elétrica entre os terminais de carga, permitindo que a corrente flua para a carga conectada. Esse processo ocorre de forma rápida e eficiente, o que é crucial para garantir a segurança e a operação confiável do sistema elétrico.

A utilização das contactoras no Quadro de Transferência Automática (QTA) é de extrema importância. O QTA é um sistema projetado para alternar automaticamente entre múltiplas fontes de energia, como a rede pública de eletricidade e um gerador de energia, garantindo assim o fornecimento contínuo de energia para cargas críticas. As contactoras no QTA são responsáveis por estabelecer a conexão entre a carga e a fonte de energia selecionada no momento, seja a rede pública ou o gerador.



Figura 5. Contactoras. (Autoria própria)

2.1.6 Disjuntor

Os disjuntores monofásicos, ilustrados na figura 6, desempenham um papel importante na proteção do sistema elétrico contra sobrecargas e curtos-circuitos que possam ocorrer durante o consumo de energia, tanto proveniente do gerador quanto da rede pública. Sua função é essencial para garantir a segurança e a integridade do sistema, interrompendo o fluxo de corrente elétrica em situações de emergência.

Estes disjuntores, dimensionados com uma capacidade nominal de 10A e de classe B, são selecionados de acordo com os requisitos específicos do consumidor e as demandas do sistema elétrico. É importante ressaltar que a escolha do valor nominal do disjuntor é determinada pelo limite máximo de carga permitido pelo consumidor. Esse limite é estabelecido com base na capacidade dos equipamentos elétricos conectados e nas características da instalação.

Além de sua função principal de proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos, os disjuntores trifásicos também oferecem a conveniência de um sistema de desconexão rápida e segura em caso de necessidade de manutenção ou reparo. Sua presença no sistema elétrico é fundamental para garantir a operação confiável e segura de equipamentos e instalações elétricas industriais, comerciais e residenciais.



Figura 6. Disjuntores. (Autoria própria)

2.1.7 Sensor falta de energia

Com o auxílio de dois carregadores de celular de 33W e saída de 5V, juntamente com dois relés, foi possível construir dois sensores. Quando há energia na rede elétrica, um dos carregadores alimenta um dos relés que monitora a rede. Ao receber energia, esse carregador comuta o relé de normalmente fechado para aberto, enviando um sinal para o Arduino. O segundo carregador tem o mesmo princípio de funcionamento, mas é utilizado para identificar se há energia no gerador.



Figura 7. Sensores. (Autoria própria)

2.1.8 Carga

Para simular uma carga com o protótipo, foi utilizada uma lâmpada de 220V e 8W conforme a figura [8 9]. O suporte da lâmpada foi um plafon roscável, compatível com o modelo escolhido. Embora a lâmpada tenha sido a

carga utilizada na simulação, é importante ressaltar que o dispositivo pode suportar cargas maiores, de até 10 A. Assim, outras cargas poderiam ser testadas, mas, para esta simulação, optou-se apenas pela lâmpada pois foi a carga tinha no laboratório para teste.



Figura 8. Lâmpadas. (Autoria própria)



Figura 9.Lampada e Plafon. (Autoria própria)

2.2.1. Construção do protótipo

Foi adquirida uma taboa de MDF e instalados os trilhos para acomodar as contactoras e disjuntores. Iniciou-se a parte elétrica, realizando as devidas ligações entre os disjuntores, as contactoras e a carga, que neste caso foi o a lâmpada conforme a figura 10.

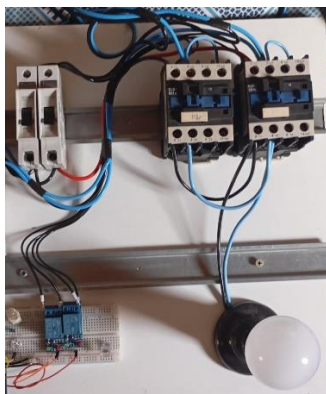


Figura 10. Ligação da força. (Autoria própria)

2.2.2 Comandos e eletrônica

Conforme apresentado na Figura 11, foram montados dois sensores com o uso de dois relés e carregadores. Na protoboard, os relés têm a função de acionar a contatora da rede pública e do gerador. Para simular o funcionamento do gerador, foram utilizados LEDs: um LED vermelho representa a ignição do gerador, enquanto um LED verde indica a partida do gerador.

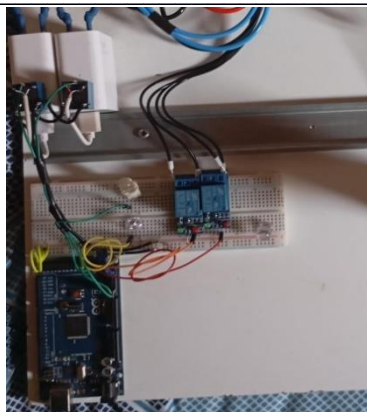


Figura 11. Eletrônica. (Autoria própria)

Tabela 1. Custo de confecção do protótipo. (Autoria Própria)

Componente	Quantidade	Valor Un. (R\$)
Arduino Mega	1	R\$75,13*
Protoboard/Jumper	1	R\$31,98 *
Relés	4	R\$12,99 *
Led	2	R\$4,99 *
Contactora	2	R\$58,96 *
Disjuntores	2	R\$16,00 *
Lâmpada	1	R\$ 9,00
Plafon	1	R\$9,93 *
Total	#	218,98

Nota: Valores seguidos de * representam que o componente foi emprestado pela universidade.

Referente a Tabela 1, é válido salientar que os valores dos componentes eletrônicos foram retirados de [5], e das componentes de força [6].

2.3. Circuito e Programação

2.3.1 Circuito

Com o auxílio de carregadores e relés, conforme descrito no item 2.1.7, o relé possui cinco pinos: dois deles correspondem à bobina interna, enquanto os outros três são designados como normalmente fechado, normalmente aberto e comum. O pino normalmente fechado está conectado ao GND, representando 0V, e o pino normalmente aberto está conectado ao positivo, que representa 5V. O pino comum envia o sinal para o Arduino Mega, que determinará se há energia alimentando o carregador ou não. Com base nessas condições, o Arduino ativará os relés, que, por sua vez, controlarão as contactoras e os LEDs que representam o gerador

2.3.2 Programação

O Arduino Mega irá monitorar a tensão na rede elétrica até que ocorra uma falta de energia. Nesse momento, ele começará uma contagem definida. Se a energia não retornar, o Arduino enviará um sinal para ligar a ignição do gerador, iniciando a primeira tentativa de partida. Caso o gerador não ligue na primeira tentativa, ele terá mais duas chances de partida. Se o gerador funcionar, o programa irá comutar a contadora do gerador e desligar a da rede pública.

Quando a energia pública retornar, o Arduino receberá o sinal através do sensor 2.1.7 e trocará as contadoras, desligando a do gerador e ligando a da rede pública. Em seguida, o gerador permanecerá ligado por um tempo para garantir que a rede pública está estável, e, por fim, a ignição do gerador será desligada, levando ao seu desligamento. Este processo se repetirá sempre que houver uma nova falta de energia

2.4 Teste

Como não teve um gerador com partida elétrica nos laboratórios, realizou uma simulação utilizando duas tomadas: uma representando a rede pública e a outra o gerador. Nos primeiros testes, conectamos as tomadas macho do protótipo em duas tomadas do laboratório. Ao desligar os disjuntores seguindo a ordem definida no programa 2.3.2, obtivemos resultados positivos. As contactoras, relés, sensores, LEDs e o Arduino conseguiram desempenhar todas as funções estabelecidas. A figura 12 ilustra o protótipo finalizado.

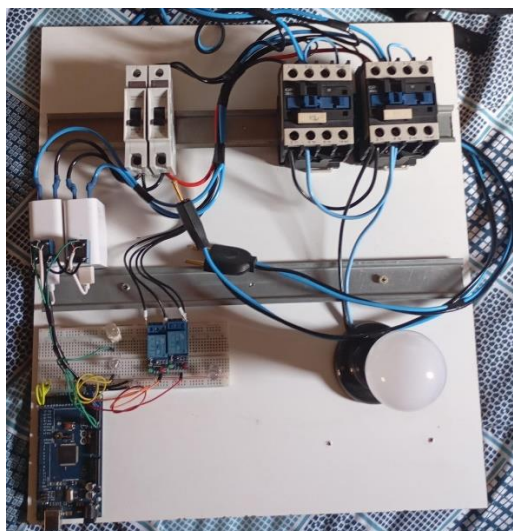


Figura 12. Protótipo. (Autoria própria)

2.4.1 Resultados e Discussões

Foram realizados testes do sistema de monitoramento e controle utilizando o Arduino, e os resultados obtidos foram conforme o planejado. O objetivo era que, na ausência de energia da rede pública, o Arduino detectasse essa condição e acionasse a ignição do gerador. Isso possibilitaria que o gerador fosse ligado até receber um sinal indicando que entrou em funcionamento, oferecendo um tempo necessário para que a contactora do gerador mudasse de posição e a carga fosse energizada.

Após isso, aguardava-se que, quando a energia da rede pública fosse restaurada, o Arduino realizasse uma leitura e, durante um período de 3 minutos, verificasse se não haveria nova interrupção. Em caso de reincidência da falha na rede pública, o sistema manteria o gerador e sua contactora ativados. Se a rede pública não falhasse novamente durante esse período de 3 minutos, a contactora da rede pública entraria em ação, concedendo mais 3 minutos antes de desligar a ignição do gerador.

Esse processo seria repetido sequencialmente, garantindo que o gerador fosse desligado e o sistema retornasse à sua posição inicial para aguardar a próxima falha na energia da rede pública.

2.4.2 Melhorias

- Realizar a construção de um circuito impresso para não necessitar de cabos para a conexão dos componentes, a fim de reduzir os erros devido aos contatos ruins e perdas na comunicação;
- Utilizar um Módulo Sensor de Tensão em vez de carregadores de celular é mais vantajoso, uma vez que o sensor de tensão permite um monitoramento mais preciso da voltagem e pode acionar as contactoras apenas quando a voltagem atingir o nível necessário para o funcionamento adequado;
- Desenvolver um analisador de fase que assegure a sincronização entre a rede pública e o gerador, garantindo que estejam em fase para evitar danos às cargas durante a transição;
- Incluir um display para acompanhar o ciclo de trabalho;
- Adicionar comunicação via wifi para ter um melhor acompanhamento em caso de problemas.

3. CONCLUSÕES

Com a idealização e desenvolvimento do protótipo Quadro de Transferência Automática (QTA) mostrando um avanço significativo no controle e de fornecimento de energia elétrica, com o foco maior em ambientes críticos, como hospitais. Através da criatividade e montagem de componentes eletrônicos, como o Arduino mega e relés, contactoras, sensor de tensão feito com carregador de celular e relés deu a construção do QTA e automatiza o processo de chaveamento entre a rede pública e geradores, garantindo a continuidade do fornecimento elétrico em situações de falha.

Os resultados dos testes confirmaram a eficácia do sistema, demonstrando sua capacidade de detectar interrupções de energia e ativar rapidamente a fonte alternativa. Além disso, a proposta não só minimiza riscos para pacientes e equipamentos essenciais, casas, mas também apresenta uma solução técnica que pode ser aprimorada continuamente. As sugestões de melhorias, como a utilização de circuitos impressos e sensores de tensão, visam aumentar ainda mais a confiabilidade e a precisão do sistema.

Portanto, o QTA não apenas se consolida como uma ferramenta indispensável para a manutenção de operações em locais críticos, mas também abre caminhos para futuras inovações na automação de sistemas de energia. A evolução deste projeto pode contribuir para a segurança e eficiência energética, refletindo uma necessidade crescente em nossa sociedade.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] OLIVEIRA, Elias Gurgel de. **Projeto de um quadro de transferência automática para geradores**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em:< <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/56166>> Acesso em: 26 março 2024.

[2] MALAQUIAS, Nathan Ribeiro et al. Desenvolvimento de Quadro de Transferência Automática para Suprimento de Serviços Auxiliares e Emergenciais de Subestações de Alta Tensão. 2023. Disponível em:< <http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/1914> > Acesso em: 13 de outubro de 2024.

[3] SILVA, Eduardo Pinto et al. BACKUP DE ENERGIA ELÉTRICA EM ÁREA HOSPITALAR. **Revista Científica Doctum Multidisciplinar**, v. 1, n. 12, 2024. Disponível em:< <https://revista.doctum.edu.br/index.php/multi/article/view/611> > Acesso em: 13 de outubro de 2024.

[4] NOBRE, Bruno Longo et al. Projeto e simulação de um quadro de transferência automática. 2021. Disponível em:< <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/21012> > Acesso em: 14 de outubro de 2024.

[5] ALIEXPRESS, As melhores escolhas pelos melhores preços. Disponível em: < https://best.aliexpress.com/?spm=a2g0o.ae-error.0.0.4768697deSnukL&gatewayAdapt=glo2bra&browser_redirect=true >. Acesso em: 14 de outubro de 2024.

[6] MERCADO LIVRE. Disponível em:< <https://www.mercadolivre.com.br> >. Acesso em: 14 de outubro de 2024.

Anexo 1

```
// PINOS UTILIZADOS NA QTA
const int PINO_IGNICAO = 48;
const int PINO_PARTIDA = 46;
const int PINO_CONTADOR_REDE = 52;
const int PINO_CONTADOR_GERADOR = 50;
const int SENSOR_REDE = A8;
```

```
const int SENSOR_GERADOR = A9;

// Variáveis de status
int statusRede;
int statusGerador;
int tentativa = 0;
bool ignicaoAtivada = false;

// final
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(PINO_IGNICAO, OUTPUT);
    pinMode(PINO_PARTIDA, OUTPUT);
    pinMode(PINO_CONTADOR_REDE, OUTPUT);
    pinMode(PINO_CONTADOR_GERADOR, OUTPUT);
    pinMode(SENSOR_REDE, INPUT);
    pinMode(SENSOR_GERADOR, INPUT);
}

void loop() {
    Serial.println("LOOP");
    statusRede = digitalRead(SENSOR_REDE);
    statusGerador = digitalRead(SENSOR_GERADOR);

    Serial.println("Status gerador: " + String(statusGerador));
    Serial.println("Status rede: " + String(statusRede));

    if (statusRede == HIGH && statusGerador == LOW) { // Rede ligada
        Serial.println("Rede Ligada");
        delay(1000);
        ligarRede();
        desligarGerador();
        tentativa = 0; // Resetar tentativas ao ligar a rede
        ignicaoAtivada = false; // Resetar ignição
    }

    else if (statusRede == LOW) { // Falha na rede pública, ligando gerador
        Serial.println("Falha na rede pública, ligando gerador");
        partidaGerador(statusGerador);
        delay(2500);
    }

    else if (statusRede == HIGH && statusGerador == HIGH) { // Chegou energia
        Serial.println("Verificando se continua com energia");
        delay(2000);
        if (statusRede == HIGH) {
            Serial.println("Chegou energia");
            ligarRede();
            delay(1000);
            desligarGerador();
        }
    }
}
```

```
        delay(3000);
    }
}

void ligarRede() {
    Serial.println("Ligar rede");
    digitalWrite(PINO_CONTADOR_GERADOR, LOW);
    digitalWrite(PINO_CONTADOR_REDE, HIGH);
    delay(1000);
}

void ligarRedeGerador() {
    digitalWrite(PINO_CONTADOR_REDE, LOW);
    digitalWrite(PINO_CONTADOR_GERADOR, HIGH);
    delay(500);
}

void partidaGerador(int gerador) {
    if (tentativa < 3) {
        Serial.println("Partida Gerador");

        if (gerador == LOW) {
            if (!ignicaoAtivada) {
                digitalWrite(PINO_IGNICAO, HIGH);
                Serial.println("Ignição ativada");
                ignicaoAtivada = true; // Ativar ignição
                delay(1000);
            }
            digitalWrite(PINO_PARTIDA, HIGH);
            Serial.println("Partida " + String(tentativa + 1));
            delay(1000);
            digitalWrite(PINO_PARTIDA, LOW);
            delay(1000);
            tentativa++;
        }
        else {
            digitalWrite(PINO_CONTADOR_GERADOR, HIGH);
            ligarRedeGerador();
            Serial.println("Gerador Ligado");
        }
    }
    else {
        desligarIgnicao(); // Desliga a ignição após 3 tentativas
    }

    Serial.println("Fim da partida");
}

void desligarGerador() {
```

```
digitalWrite(PINO_IGNICAO, LOW);
Serial.println("Ignição off");
delay(1000);
digitalWrite(SENSOR_GERADOR, LOW);
Serial.println("Gerador Desligado");
tentativa = 0; // Resetar tentativas ao desligar o gerador
}

void desligarIgnicao() {
    digitalWrite(PINO_IGNICAO, LOW);
    Serial.println("Ignição desligada após 3 tentativas");
    ignicaoAtivada = false; // Permitir reinício da ignição na próxima falha de
rede
}
```