

# ANÁLISE DA AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA A EFICIENTIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO

Gabriele Gomes De Almeida (UVA) E-mail: gabrielealmeida@yahoo.com.br

Wallace da Silva Carvalho (Unig) E-mail: wallacescarvalho10@gmail.com

**Resumo:** Com o passar dos anos é possível notar o aumento desenfreado no consumo da Energia Elétrica nos principais setores em todo o mundo. Esse crescimento no consumo gera a necessidade de aumentar a produção de energia no mesmo ritmo, fazendo com que os governos invistam em estruturas como Usinas Hidroelétricas que causam grandes impactos no Meio Ambiente. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo desenvolver um projeto de iluminação residencial automatizada com a utilização de Arduino e sensores de presença e luminosidade para efficientização do consumo da energia elétrica. A pesquisa envolve a determinada instrumentação com uso do hardware Arduino, relé, LDR para determinada coleta de dados. Após variados testes com diferentes dispositivos, obteve-se resultados positivos, mostrando a praticidade gerada e a possibilidade de implementação em um modelo real. Foi realizado também uma comparação de custos A automação residencial pode ser implementada de maneira simples e com custos financeiros baixos e gerar uma economia grande. Essa automação pode ser feita através de um Arduino Uno e conjunto de sensores que são fáceis de encontrar no mercado, como demonstrado no experimento realizado para buscar uma iluminação eficiente com impacto grande no consumo de energia elétrica durante um ano.

**Palavras-chave:** Arduino. Eficiência Energética. Iluminação. Sensores.

## ANALYSIS OF LOW-COST AUTOMATION FOR ENHANCEMENT OF LIGHTING

**Abstract:** Over the years, it has been possible to notice the unbridled increase in the consumption of Electric Energy in the main sectors around the world. This growth in consumption generates the need to increase energy production at the same pace, causing governments to invest in structures such as Hydroelectric Power Plants that cause major impacts on the Environment. In view of this, the present study aims to develop an automated residential lighting project using Arduino and presence and light sensors for efficient electricity consumption. The research involves a certain instrumentation using Arduino hardware, relay, LDR for specific data collection. After several tests with different devices, we obtained positive results, showing the practicality generated and the possibility of implementation in a real model. A cost comparison was also carried out. Home automation can be innovative in a simple way and with low financial costs and generate significant savings. This automation can be done through an Arduino Uno and a set of sensors that are easy to find on the market, as demonstrated in the study carried out to seek efficient lighting with a large impact on electricity consumption over a year.

**Keywords:** Arduino. Energy Efficiency. Lighting. Sensors.

### 1. Introdução

O consumo de energia elétrica vem crescendo com o decorrer dos anos devido ao avanço tecnológico e aumento da população com acesso à energia elétrica e saneamento básico. De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2023, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o setor residencial brasileiro foi responsável pelo consumo de 136.217 GWh de energia elétrica em 2022, representando 25,44% do consumo total de energia elétrica no país.

De acordo com os dados mais recentes do IBGE, em 2023, 99,8% dos domicílios brasileiros tinham acesso à energia elétrica, seja por meio da rede geral ou por fontes alternativas. Esses dados refletem um aumento significativo no acesso à energia elétrica

desde o Censo Demográfico de 2010, quando aproximadamente 98,74% das residências brasileiras eram atendidas com energia elétrica.

Nota-se que o setor residencial é o segundo maior consumidor de energia elétrica, perdendo apenas para o setor industrial. Com isso, para que seja possível a diminuição no consumo de energia elétrica nacional, deve-se criar alternativas sustentáveis para a utilização deste tipo de energia nas residências, como o uso de sistemas de energia solar fotovoltaica, lâmpadas de LED, eletrodomésticos eficientes e técnicas de isolamento térmico (EPE, 2023; ESTADÃO, 2024).

Uma maneira de alcançar uma maior eficiência energética se dá através da automatização do sistema de iluminação residencial. E visando um maior alcance para a automatização, pode ser utilizado sensores interligados à uma plataforma eletrônica de código livre, conhecido como Arduino. Segundo McRoberts (2015, p.27), o Arduino pode ser descrito como um “computador minúsculo que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos que conectar a ele”. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo desenvolver um projeto de iluminação residencial automatizada com a utilização de Arduino e sensores de presença e luminosidade para eficientização do consumo da energia elétrica.

## **2. Fundamentação teórica**

### **2.1 Eficiência Energética**

O conceito de eficiência energética se dá através da relação entre a quantidade de energia empregada e a disponibilizada para a realização desta atividade (ABESCO). Quanto mais próximos forem os valores de quantidade de energia empregada e disponibilizada, maior é a eficiência do sistema. Um exemplo de eficiência energética que pode ser aplicado dentro do setor residencial, é a troca de lâmpadas convencionais (fluorescente e incandescente) por lâmpadas de LED. A lâmpada de LED tem um rendimento luminoso e vida média maiores do que as convencionais.

A eficiência energética é um conceito fundamental para reduzir o consumo de energia, minimizando desperdícios e melhorando o desempenho dos sistemas energéticos. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2023), a adoção de tecnologias eficientes e práticas sustentáveis na geração e consumo de energia contribui significativamente para a redução dos impactos ambientais e para a otimização dos recursos energéticos disponíveis. Essas estratégias não apenas favorecem o meio ambiente, mas também geram economia para consumidores e empresas.

### **2.2 Potência e Consumo**

Para compreender como os equipamentos consomem energia elétrica, é necessário revisar alguns conceitos físicos sobre a eletricidade."

O primeiro conceito importante a ser definido é a corrente elétrica ( $i$ ), segundo Walker a corrente existe quando “haja um fluxo líquido de cargas através da superfície” (1916, p. 141). Esta corrente é calculada a partir da quantidade de carga que passa por um plano em um determinado tempo. Sua unidade no Sistema Internacional (SI) é em Ampère (A) ou em Coulomb por segundo (C/s).

$$i = \frac{dQ}{dT} \quad (1)$$

A lei de Ohm diz que a corrente que atravessa um dispositivo é diretamente proporcional à diferença de potencial (V) aplicada no dispositivo. Isso é evidenciado na

fórmula de diferença de potencial.

$$V = R \times i \quad (2)$$

Outro fator importante para definir a potência de um dado equipamento elétrico é a resistência elétrica que é dado pela característica do material onde a corrente elétrica irá fluir (Walker, 1916).

A potência elétrica está diretamente ligada à corrente elétrica e a diferença de potencial do equipamento. Segundo a lei de conservação de energia descrita por Walker, “a redução da energia potencial elétrica no percurso de a a b deve ser acompanhada por uma conversão da energia para outra forma qualquer” (1916, p.154).

$$P = V \times i \quad (3)$$

A potência é chamada também como a taxa de transferência de energia elétrica, ela é passada de uma bateria ou rede elétrica para um componente. A unidade de potência no SI é o Watt (W) e esta é a informação que o fabricante de produtos elétricos passa claramente para o consumidor, como por exemplo no caso das lâmpadas LED de 4,8W.

O consumo elétrico de um equipamento é calculado a partir das informações de potência, que depende da corrente elétrica e resistência do material, e do tempo em que o equipamento está ligado. A grandeza que demonstra o consumo é a energia (E), que é explicada por Zerbini como “a capacidade que um corpo possui de realizar um trabalho” (2002, p.5).

$$E = P \times \Delta t \quad (4)$$

A unidade no SI da energia elétrica é o Joule (J), porém para o cálculo de consumo de energia elétrica é utilizado a unidade de medida kWh. A relação entre essas duas unidades é dada por:

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J} \quad (5)$$

A concessionária responsável pela iluminação da cidade do Rio de Janeiro é a Light, e ela disponibiliza em seu site a tarifa para o consumo de baixa tensão residencial. A Tabela 1 abaixo está sendo apresentado as tarifas para o sistema residencial levando em conta a faixa de consumo.

Tabela 1 - Tarifas de Baixa Tensão em R\$/kWh

Até 50 kWh	De 51 até 300 kWh	De 301 até 450 kWh	Acima de 450 kWh
0,64196	0,78738	0,94139	0,92744

Para o cálculo do custo do consumo de energia elétrica ao final do mês de uma residência, o consumidor deverá pegar a quantidade de energia gasta em kWh e multiplicar pela tarifa do seu consumo total. Esse estudo pode ser feito antes da compra de um equipamento, ao se comparar 02 (dois) equipamentos com potências diferentes e o tempo do uso o mesmo, o mais eficiente será aquele com a menor potência elétrica.

### 3. Materiais e métodos

Uma maneira de amplificar de maneira significativa a economia do consumo de energia elétrica nas residências é a instalação de um sistema de automatização da iluminação. Existem atualmente diversos métodos para a implementação desses sistemas, porém o foco desta pesquisa é um sistema de baixo custo agregado para que possa ter um maior alcance nos consumidores.

O sistema proposto tem como componentes principais a plataforma de prototipagem conhecida como Arduino em conjunto com o sensor infravermelho PIR HC-SR501 e sensor de intensidade luminosa LDR, todos os componentes são facilmente encontrados no mercado nacional. Neste sistema o Arduino recebe as informações de ocupação do sensor infravermelho e luminosidade presente no ambiente do sensor de intensidade luminosa. Após receber as informações, o Arduino é responsável por enviar o sinal de desligar ou ligar a lâmpada.

A plataforma de protipagem, Arduino, Figura 1, é responsável por processar os dados de entrada e saídas, distribuindo para todos os componentes do sistema, funcionando como um computador.

Figura 1 - Plataforma de prototipagem Arduino UNO



Fonte: Arduino (2019).

O motivo pelo qual o Arduino foi escolhido é que não é exigido um conhecimento avançado de linguagens de programação e por seu custo ser abaixo de outros sistemas de automatização. A maior vantagem do Arduino em relação a outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a sua facilidade de utilização, o que permite que pessoas que não sejam de áreas técnicas possam aprender o básico e criar seus próprios projetos em um período relativamente curto. (McROBERTS, 2015, p.24).

A programação do Arduino é escrita no computador, utilizando o software Arduino IDE e passada à placa através do cabo USB. O Arduino tem a função de distribuir as informações contidas no código programado aos sensores de presença e intensidade luminosa através de cabos conhecidos também como “jumpers”. O código inserido no Arduino é o responsável por definir os parâmetros para o funcionamento do sistema, o tempo sem ocupação de um ambiente antes que as luzes se apaguem e a intensidade luminosa mínima que fará com que as luzes se acendam estarão dentro desses parâmetros. Tendo esses parâmetros, o Arduino passa a informação à lâmpada e a mesma se acenderá ou apagará. Essa programação possibilita a redução do desperdício com luzes acesas sem necessidade e aproveita melhor a iluminação natural nos ambientes.

### **Sensor Infravermelho PIR**

Um dos sensores que trabalha em conjunto com o Arduino é o sensor infravermelho PIR, Figura 2, responsável por detectar a ocupação de um ambiente através das mudanças de temperatura no local (Waste Reduction Partners, 2010). No momento em que uma pessoa adentra no cômodo, o sensor PIR faz a leitura da temperatura corporal do indivíduo e manda o sinal ao Arduino para que a luz seja acesa por um tempo determinado ou até que o cômodo esteja vazio novamente. Quando não houver a detecção de ocupação, é enviado a ordem para o Arduino desligar as lâmpadas.

Figura 2 - Sensor de presença PIR

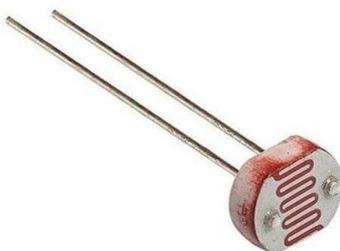


Fonte: Addicore (2019).

### **Sensor de Intensidade Luminosa LDR**

O outro sensor utilizado neste sistema é o sensor de intensidade luminosa LDR (Figura 3) que é descrito por Magon (2018, p.14) como “componentes de circuito cujo valor nominal da resistência elétrica é função da intensidade da radiação eletromagnética incidente”. Por isso quanto maior a intensidade luminosa no ambiente, maior será a resistência do LDR (Pinto; Albuquerque, 2011).

Figura 3 - Sensor de intensidade luminosa LDR



Fonte: Eletrogate (2019).

Os parâmetros de variação da intensidade luminosa necessária para a lâmpada nos diferentes momentos do dia são enviados ao Arduino através da programação do mesmo. Isso faz com que seja possível ter um maior aproveitamento da iluminação natural nos períodos diurnos.

## **4. Resultados e Discussões**

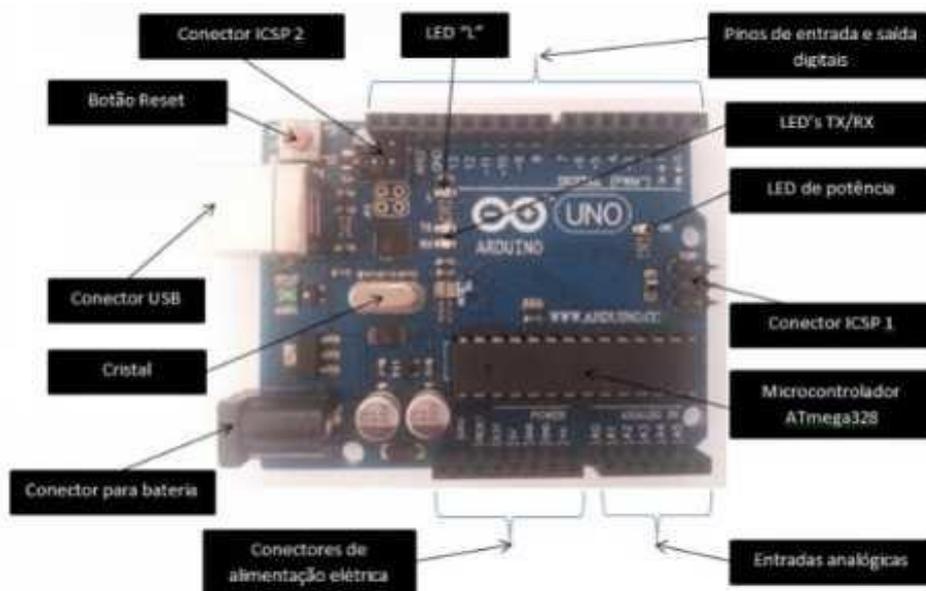
O protótipo montado tem por finalidade comparar um sistema de iluminação residencial convencional e um sistema automatizado utilizando as mesmas lâmpadas. Esse modelo é composto por um sistema em escala reduzida que servirá para simular um cômodo residencial, Arduino UNO, sensor de infravermelho PIR e intensidade luminosa LDR,

relé, lâmpada e a placa protoboard. Um dado importante para que possa ser feito esse comparativo é a localização onde o experimento será feito, pois na região Sudeste o consumo da iluminação equivale a 19% do consumo total das residências.

O Arduino é programado através de um ambiente integral de desenvolvimento (IDE) próprio utilizando a linguagem C/C++ com algumas modificações (Silva, 2017). Este código criado na IDE será enviado ao Arduino através do USB. Na programação do Arduino deverão ser estabelecidos os componentes de entrada e saída do sistema e a sua interligação com as conexões da placa.

Na Figura 4 está sendo representado todos os componentes e conexões do Arduino UNO, modelo que será utilizado no protótipo. O microcontrolador ATmega328 é o responsável por processar e armazenar todos os programas enviados à placa através do USB, em caso onde não haja como utilizar o USB, a programação pode ser feita através dos conectores ICSP 1 e 2. Os conectores de alimentação elétrica do circuito fornecem duas opções de tensão, 3,3V e 5V, sendo também necessário o pino do terra (GND). Existe também os pinos com as conexões digitais e analógicas, são o local onde é feita a interligação com os componentes do sistema de entrada e saída.

Figura 4 - Componentes e Conexões do Arduino UNO



Fonte: Silva (2017).

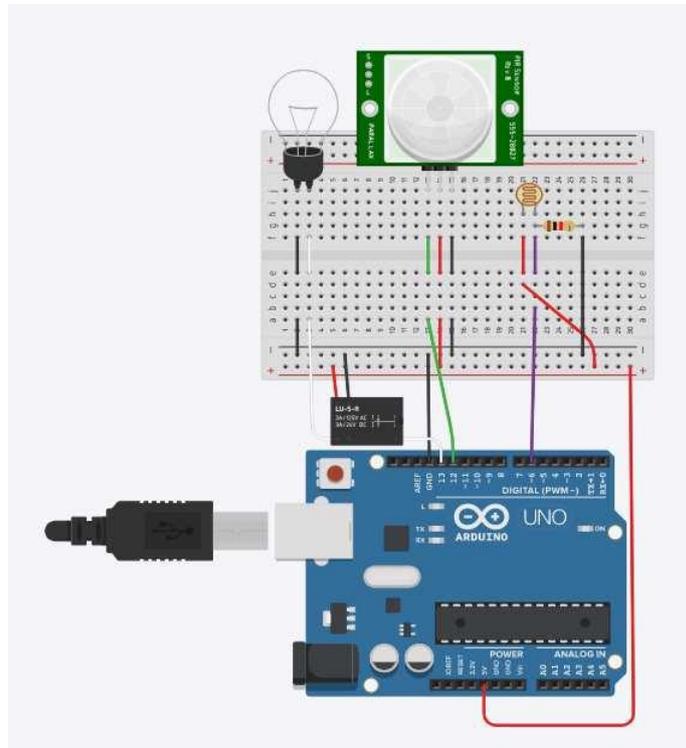
O sistema é composto por componentes de entrada e de saída, os de entrada são aqueles que recebem a informação do ambiente e passam para o Arduino, e os de saída recebem a ordem do Arduino. No sistema proposto os componentes de entrada serão os sensores de infravermelho PIR e de luminosidade LDR. A função dos sensores será avaliar a situação no ambiente e passar para o Arduino, que dependendo da sua programação, irá encaminhar a ordem ao relé, componente de saída, que desligue ou ligue a lâmpada.

Neste protótipo foram utilizadas apenas as entradas e saídas digitais, que são numeradas de 0 a 13. Quando as conexões digitais forem utilizadas como saída, irão assumir tensões de 5V quando ligadas e 0V, desligadas (Silva, 2017).

Antes de enviar a programação final para a memória do Arduino, foi feito um teste utilizando a ferramenta Tinkercad, que é o responsável por fazer a simulação virtual de todo circuito. As portas de entrada que foram utilizadas para os sensores LDR e PIR foram 6 e 12, respectivamente. A porta de saída utilizada para o envio de comandos ao

relé foi a porta 13. A alimentação elétrica foi feita a partir da porta de 5V e o circuito também foi ligado ao pino de GND.

Figura 5 - Esquema elaborado no Tinkercad

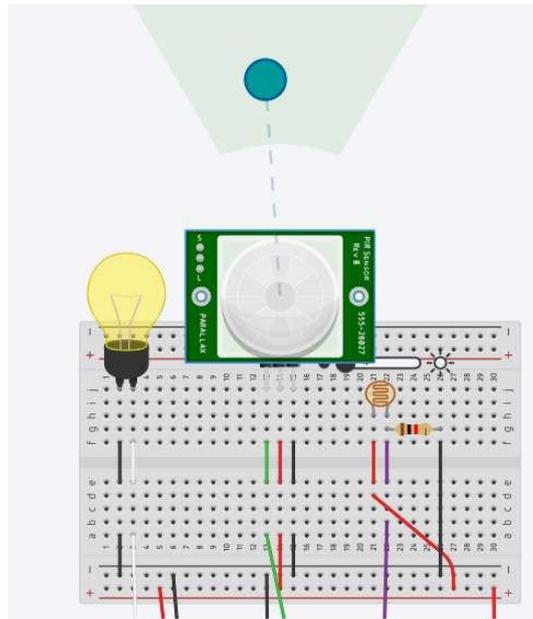


Fonte: Autores (2025)

A Figura 5 apresenta o esquema montado no Tinkercad, indicando as ligações necessárias para a simulação do protótipo utilizando o código. Nesta simulação foi utilizado como parâmetro a movimentação de um objeto no campo de ação do sensor infravermelho PIR e a falta de luz natural. Na Figura 11 está sendo demonstrado a situação em que não há a luz natural, porém, a presença de um objeto na área do sensor infravermelho PIR. Essa situação representa a ocupação de um ambiente na residência durante o período noturno, neste caso seria necessário a iluminação artificial para iluminar.

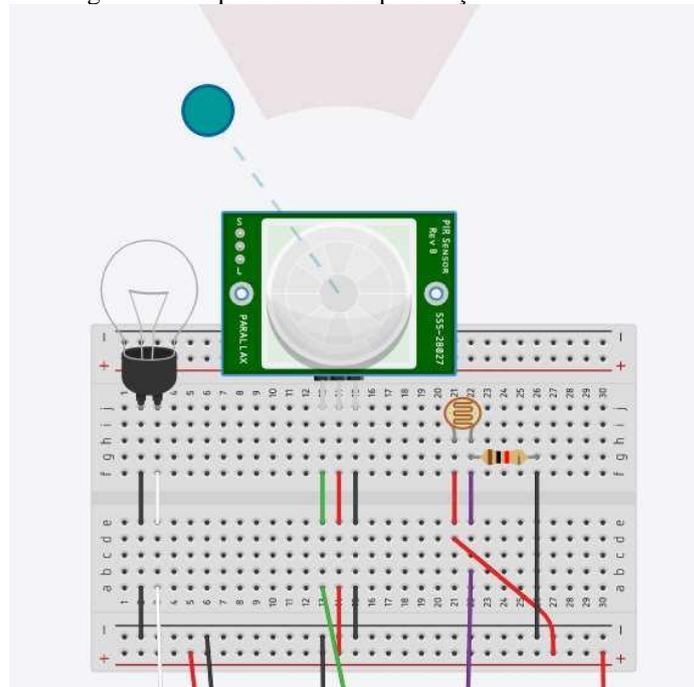
Na Figura 6 está sendo demonstrado a situação em que não há a luz natural, porém, a presença de um objeto na área do sensor infravermelho PIR. Essa situação representa a ocupação de um ambiente na residência durante o período noturno, neste caso seria necessário a iluminação artificial para iluminar.

Figura 6 - Corpo se movimentando no campo de ação do sensor PIR



A Figura 7 demonstra a situação em que não há a presença de um corpo no campo de atuação do sensor infravermelho, a iluminação artificial não irá funcionar, mesmo sendo em períodos noturnos. Neste caso, o desperdício devido ao esquecimento será evitado, pois o sistema vai apagar a luz automaticamente.

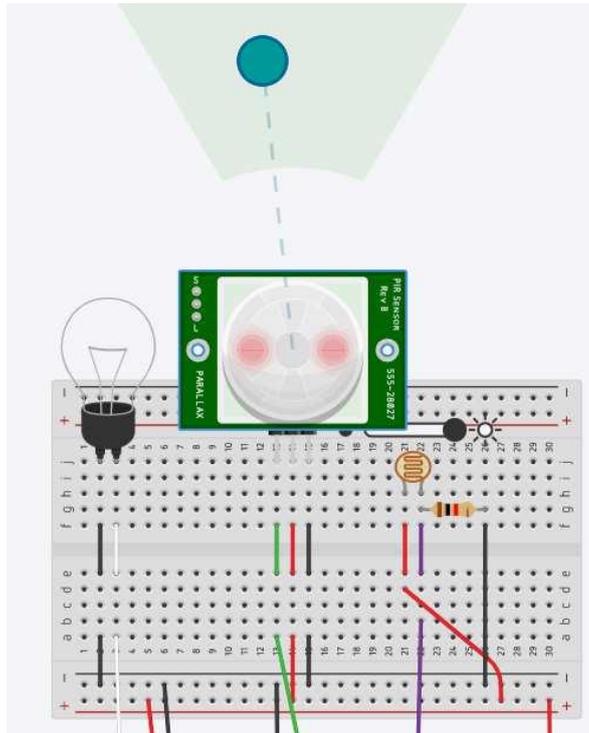
Figura 7 - Corpo fora do campo de ação do sensor PIR



Fonte: Autores (2025)

A última situação estudada no modelo feito no Tinkercad é a ocupação de um ambiente quando há iluminação natural. Neste caso, mesmo que uma pessoa esteja dentro de um cômodo, não haverá o desperdício de iluminação artificial, pois será aproveitado ao máximo a iluminação natural recebida no ambiente, conforme mostra a figura 8.

Figura 8 - Iluminação natural e ocupação do ambiente



Para a construção do protótipo foram utilizados todos os itens descritos anteriormente sendo inserindo apenas os componentes para a ligar a lâmpada ao sistema. Foi utilizado um soquete com rabicho para fazer a ligação da lâmpada com o relé e para alimentação da mesma foi utilizada uma tomada. Todos os componentes do protótipo montado estão sendo apresentados na Figura 9.

Figura 9 - Componentes do Protótipo



Fonte: Autores (2025)

Para a coleta de dados do uso do protótipo, foi feita a instalação do mesmo na Sala de Estar de uma residência temporariamente ao longo do dia 07/11/2024 na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. Para entender o acompanhamento do tempo da iluminação acesa deverão ser considerados os dados abaixo:

- Nascer do Sol às 06:05;
- Pôr do sol às 19:08;

- Comprimento do dia de 13 horas e 03 minutos, portanto a iluminação automatizada foi utilizada apenas nas 10 horas e 57 minutos restantes;
- O protótipo foi utilizado no cômodo da Sala de Estar de uma casa convencional;
- A coleta de dados foi feita de maneira manual observando os momentos em que a lâmpada estava acesa no ambiente e a mesma foi utilizada como única iluminação do ambiente.

Os dados obtidos a partir do acompanhamento do experimento podem ser verificados na Tabela 2.

Tabela 2 - Tempo da lâmpada ligada

De	Até	Tempo	Status Lâmpada
00:00	05:03	05:03	DESLIGADA
05:03	05:11	00:08	LIGADA
05:11	06:05	00:54	DESLIGADA
19:08	19:44	00:36	LIGADA
19:44	19:47	00:03	DESLIGADA
19:47	20:19	00:32	LIGADA
20:19	20:57	00:38	DESLIGADA
20:57	21:43	00:46	LIGADA
21:43	21:49	00:06	DESLIGADA
21:49	22:43	00:54	LIGADA
22:43	23:03	00:20	DESLIGADA
23:03	23:59	00:56	LIGADA

Conforme apresentado na Tabela 2, a lâmpada ficou acesa durante 03 horas e 52 minutos durante o dia 07/11/2024, portanto ficou apenas 35% do período total da noite (período sem iluminação natural) acesa. Para que fosse possível fazer uma média, o mesmo experimento foi repetido nos dias 11/11/2024 e 13/11/2024, e os dados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados levantados no experimento

Dia	Tempo
07/11/2024	03:52
11/11/2024	03:07
13/11/2024	02:51

Com o objetivo de alcançar a máxima eficiência do sistema de iluminação, foi feito um comparativo entre uma iluminação convencional e dois sistemas de iluminação automatizada, para isso foram considerados os seguintes itens:

- Iluminação convencional utilizando lâmpada incandescente 40W apresentada na Tabela 7;
- Iluminação automatizada utilizando lâmpada incandescente 40W apresentada na Tabela 7;
- Iluminação eficiente automatizada utilizando lâmpada LED 4,8W apresentada na

Tabela 7.

- Custo de energia considerando a faixa de 51 até 300 kWh, conforme apresentado na Tabela 5;
- Consumo diário de 5 horas para cada lâmpada na residência convencional (Bley, 2012) e consumo diário de 3,27 horas para cada lâmpada nas residências automatizadas;
- Foi considerado uma residência padrão com 07 cômodos e a utilização de 01 lâmpada por cômodo.

Na Tabela 4 está sendo demonstrado o comparativo entre o gasto diário com iluminação em uma residência convencional com lâmpada incandescente, residência automatizada utilizando a mesma lâmpada incandescente e por último uma residência eficiente utilizando lâmpada LED em conjunto com a automatização do sistema

Tabela 4 - Comparativo entre Residências

<i>Descrição</i>	<i>Qtd. Lâmp. (unid.)</i>	<i>Cons. Unit. (kWh/dia)</i>	<i>Cons. Total (kWh/dia)</i>	<i>Custo Total (R\$/dia)</i>	<i>Custo Total (R\$/ano)</i>
<i>Residência Convencional</i>	07	0,200	1,400	<b>1,10</b>	<b>401,50</b>
<i>Residência Automatizada</i>	07	0,131	0,917	<b>0,72</b>	<b>262,80</b>
<i>Residência Eficiente e Automatizada</i>	07	0,016	0,112	<b>0,09</b>	<b>32,85</b>

Com base nos resultados apresentados acima é possível afirmar que apenas com a automação do sistema de iluminação residencial pode-se chegar a 34,5% de economia e ao implementar o uso de lâmpadas mais eficientes junto à automação do sistema 91,8% de economia em comparação com uma residência convencional.

#### 4. Conclusão

Com a necessidade crescente da eficiência energética no país, o modelo de automação apresentado trouxe resultados positivos quanto ao seu uso em residências convencionais. Existe ainda uma restrição quanto à automação predial em residências com um menor poder aquisitivo e o protótipo testado seria uma alternativa viável para um maior alcance na população por se tratar de um sistema de baixo custo.

A plataforma de prototipagem “Arduino UNO” foi utilizada em conjunto com os sensores de presença infravermelho PIR e de intensidade luminosa LDR para automatizar a tarefa de ligar e desligar as lâmpadas de uma residência. Após o levantamento dos dados foi obtido uma economia de até 34% apenas com a automação do sistema de iluminação residencial.

Neste estudo também foi levantado as informações sobre as lâmpadas mais utilizadas nas residências brasileiras para traçar uma maneira de potencializar os resultados obtidos na automação da iluminação. As lâmpadas mais utilizadas são a incandescente e fluorescentes, respectivamente, porém não são as com maior eficiência energética. Ao comparar a eficiência energética das lâmpadas mais utilizadas com a lâmpada LED, é possível identificar que a lâmpada LED é até 9 vezes mais eficiente que uma lâmpada incandescente e 1,6 vezes mais eficiente que a lâmpada fluorescente, porém com uma vida útil muito superior as duas.

Com os dados expostos nos capítulos anteriores e acima, foi feita uma simulação considerando a mudança do tipo de lâmpada em conjunto da automatização do sistema de iluminação da residência. Foi possível alcançar uma economia de aproximadamente 92% em comparação com o sistema convencional.

No caso estudado, em uma residência de 7 cômodos localizada no Rio de Janeiro, pode ser alcançado o valor de até R\$ 368,65 em economia de energia elétrica apenas com a iluminação, que corresponde a 19% do consumo energético residencial na região Sudeste do país.

Essa economia da iluminação pode gerar 17,5% no gasto energético residencial, que em termos de custo de energia elétrica pode significar valores ainda maiores, já que temos os valores de bandeira tarifária acrescidos ao valor final do consumo. Com esse sistema simples é possível alcançar valores significativos de economia de energia elétrica a um custo baixo de implantação, podendo ser instalado e programado por pessoas sem um conhecimento muito profundo de eletrônica e computação. Por conta disso é possível que tenha um grande alcance, tendo um impacto grande no potencial de economia do país.

## Referências

**ARDUINO.** *Análise arduino*. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 25 mai. 2019.

**EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE).** *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/anuario-factsheet.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2025.

**EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE).** *Balanco Energético Nacional 2023: Ano base 2022*. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2025.

**EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE).** *Balanco Energético Nacional 2023: Ano base 2022*. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2025.

**ESTADÃO.** *Conheça 8 alternativas sustentáveis para reduzir o consumo de energia elétrica doméstica*. 2024. Disponível em: <https://investidor.estadao.com.br/webstories/8-alternativas-sustentaveis-para-reduzir-o-consumo-de-energia-eletrica-domestica/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

**ELETROGATE.** *sensor-fotoresistor-ldr-de-5mm.jpg*. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/sensor-fotoresistor-ldr-de-5mm>. Acesso em: 25 mai. 2019.

**IBGE.** *Em 2023, um em cada três domicílios rurais era abastecido por rede geral de água*. Agência IBGE, 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/42292-em-2023-um-em-cada-tres-domicilios-rurais-era-abastecido-por-rede-geral-de-agua>. Acesso em: 21 fev. 2025.

**LIGHT.** *Bandeiras Tarifárias*. Disponível em: [http://www.light.com.br/para-residencias/Informacoes/bandeiras\\_tarifarias.aspx](http://www.light.com.br/para-residencias/Informacoes/bandeiras_tarifarias.aspx). Acesso em: 30 mai. 2019.

**MAGON, C.** *Conceitos básicos da Eletrônica: teoria e prática*. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2018. Disponível em: <http://granada.ifsc.usp.br/labApoio/images/apostilas/apostilaEletronica2018-v1.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2019.

**MCROBERTS, M.** *Arduino Básico*. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015.

**SILVA, J.** *Arduino para Iniciantes*. 1. ed. São Paulo: Amazon.com, 2017.

**WALKER, J.** *Fundamentos de Física Volume 3: Eletromagnetismo*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

**WASTE REDUCTION PARTNERS.** *Occupancy Sensors: Energy Saving - Fact Sheet*. 2010. Disponível em: <http://wastereductionpartners.org/component/phocadownload/category/18-utility-saving-fact-sheets?download=11:occupancy-sensors>. Acesso em: 19 abr. 2019.