

FIAP

Caio Barbieri
Luis Lanzoni
Geovanni Bressan

Soluções em Energias Renováveis e Sustentáveis

São Paulo
2025

Introdução

A necessidade de reduzir o consumo de energia e tornar ambientes mais sustentáveis é uma realidade em residências, empresas e, principalmente, nos novos modelos de trabalho. A combinação de eficiência energética, automação e tecnologias digitais permite criar locais mais inteligentes, econômicos e ambientalmente responsáveis.

Nesse contexto, a Internet das Coisas (IoT) surge como uma ferramenta central para o monitoramento e o controle do consumo de energia em tempo real, permitindo que dispositivos tomem decisões automáticas, como desligar equipamentos ociosos ou ajustar o uso de acordo com a presença de pessoas. A Global Solution propõe justamente o desenvolvimento de uma solução tecnológica que contribua para práticas sustentáveis e conectadas ao futuro do trabalho, utilizando dados reais ou simulados de consumo energético.

Neste trabalho, apresentamos o Smart Energy Guardian, um dispositivo IoT (real ou simulado) voltado ao monitoramento e automação inteligente de energia em ambientes com duas suítes, cozinha e sala, com foco em reduzir desperdícios e apoiar decisões sustentáveis.

Problema e contexto:

Ambientes residenciais e de trabalho frequentemente mantêm aparelhos ligados sem necessidade: luzes acesas em salas vazias, aparelhos em standby, ar-condicionado funcionando sem ninguém no cômodo, entre outros.

Isso gera:

- Aumento de custos na conta de energia;
- Desperdício de recursos naturais;
- Maior impacto ambiental (maior demanda de geração de energia).

Ao mesmo tempo, o futuro do trabalho caminha para espaços mais conectados, automatizados e baseados em dados, o que abre espaço para soluções que usem IoT para controlar e otimizar o consumo de energia de forma inteligente.

Objetivo:

Desenvolver e simular um dispositivo IoT capaz de monitorar o consumo de energia e automatizar o desligamento de cargas elétricas em um ambiente com 2 suítes, cozinha e sala, considerando diferentes cenários (casa com 1, 2 e 3 pessoas e casa vazia), contribuindo para a eficiência energética e a sustentabilidade no contexto do futuro do trabalho.

Fundamentação teórica (energia, sustentabilidade e IoT):

- A eficiência energética é um dos pilares para a transição a modelos de desenvolvimento sustentável, reduzindo a demanda por geração de energia e emissões de carbono.
- A IoT permite conectar sensores, atuadores e sistemas em rede, possibilitando monitoramento em tempo real e automação baseada em dados, sendo amplamente aplicada em edifícios inteligentes, smart homes e smart offices.
- Estudos recentes mostram que sistemas IoT aplicados à gestão de energia podem reduzir significativamente o consumo em edifícios e residências, especialmente quando combinam detecção de presença, monitoramento de carga e controle automático de tomadas, iluminação e climatização.

Metodologia:**Foi considerado um ambiente padrão com:**

- 2 suítes
- 1 cozinha
- 1 sala

Foram simulados quatro cenários de uso:

1. Casa com 1 pessoa
2. Casa com 2 pessoas
3. Casa com 3 pessoas
4. Casa vazia (sem presença humana)

Os consumos de cada cenário foram estimados com base em valores médios de potência de equipamentos como:

- Ar-condicionado,
- Geladeira,
- Iluminação,
- TV,
- Micro-ondas,
- Chuveiro elétrico,
- Consumo em standby.

Resultado da simulação de gastos de energia de 0 a 3 pessoas na casa:

Situação:	Consumo diário estimado:
Casa vazia	1,3 kWh
Casa com 1 pessoa	7,2 kWh
Casa com 2 pessoas	9,8 kWh
Casa com 3 pessoas	13,5 kWh

Esses valores foram usados como base de comparação para a lógica de automação do dispositivo IoT: sempre que o sistema identificar padrão de consumo alto com casa vazia, ele toma ações para cortar desperdícios.

Arquitetura do dispositivo IoT (Opção B):

O dispositivo proposto, chamado Smart Energy Guardian, é composto por:

- ESP32 – microcontrolador com Wi-Fi, responsável por ler sensores, executar a lógica de decisão e enviar dados para a nuvem;
- Sensor PIR – detecta presença de pessoas nos ambientes;
- Sensor de corrente (ex.: ACS712) – mede a corrente elétrica das cargas, permitindo estimar o consumo em tempo real;

- Relé – atua como “interruptor inteligente”, ligando ou desligando circuitos (tomadas, iluminação, etc.);
- Plataforma na nuvem (MQTT, Firebase, ou similar) – para registro dos dados, visualização em dashboard e histórico de consumo.

Fluxo do sistema:

1. O sensor PIR informa se há presença no ambiente;
2. O sensor de corrente envia o valor do consumo instantâneo;
3. O ESP32 compara:
 - Se há presença;
 - Se o consumo está acima de um limiar (baseado na simulação);
4. Se não houver presença por um tempo 15 minutos e o consumo estiver alto, o ESP32:
 - Aciona o relé para desligar cargas não essenciais (TV, ar-condicionado, certas tomadas);
 - Registra o evento na nuvem;
5. Um dashboard permite visualizar:
 - Gráficos de consumo diário;
 - Eventos de desligamento automático;
 - Comparação entre consumo com e sem automação.

Regras implementadas:

- Regra 1 — Casa vazia, consumo alto:
 - Se $PIR = 0$ por mais de 15 minutos e consumo $> 50\text{ W}$ → desligar cargas via relé;
- Regra 2 — Presença detectada:

- Se $PIR = 1$ → religar as cargas permitidas e registrar “ambiente em uso”;
- Regra 3 — Alerta de consumo anormal:
 - Se a corrente medida for muito acima do padrão esperado para aquele horário → enviar alerta para o usuário (por app / dashboard).

Resultados esperados

Mesmo em ambiente simulado, a solução desenvolvida demonstra um impacto significativo na gestão energética. O sistema é capaz de reduzir o desperdício de energia em períodos em que não há pessoas no local, evitando que aparelhos permaneçam ligados sem necessidade. Isso é especialmente importante para equipamentos de maior consumo, como ar-condicionado, televisores e iluminação, que representam uma parcela relevante do gasto energético residencial e corporativo.

Além disso, ao fornecer dados históricos, gráficos e registros de uso, o dispositivo aumenta a conscientização do usuário sobre seus próprios hábitos de consumo. Esse monitoramento contínuo permite identificar padrões, horários de maior demanda e possíveis desperdícios, favorecendo a tomada de decisão baseada em dados.

A solução também cria uma base tecnológica facilmente adaptável para outros ambientes, como escritórios, coworkings, laboratórios, salas de reunião e espaços híbridos. Sua arquitetura modular permite expandir sensores, integrar novos dispositivos e ajustar regras de automação conforme a necessidade de cada contexto.

Considerando a diferença entre o consumo energético de uma casa habitada e de uma casa vazia, a automação inteligente do Smart Energy Guardian demonstra potencial para reduzir de forma significativa o consumo desnecessário durante períodos de ausência, com a porcentagem de economia variando conforme o perfil de uso e a quantidade de equipamentos presentes no ambiente.

Código Smart Energy Guardian:

```
import machine
import time

# Sensores
pir = machine.Pin(13, machine.Pin.IN)      # Sensor de presença
relay = machine.Pin(12, machine.Pin.OUT)    # Relé para desligar cargas
adc = machine.ADC(machine.Pin(34))         # Sensor de corrente (ACS712)

# Parâmetros da automação inteligente
LIMIAR_CONSUMO = 50                        # watts simulados
TEMPO_AUSENCIA = 15 * 60                  # 15 minutos

ultimo_tempo_presenca = time.time()

while True:
    presenca = pir.value()
    consumo = adc.read() / 40             # simulação de watts a partir do ADC

    # Caso haja presença, reseta o temporizador e mantém cargas ligadas
    if presenca == 1:
        ultimo_tempo_presenca = time.time()
        relay.off()                       # Liga as cargas
        print("Presença detectada - cargas ativas")

    else:
        tempo_desde_ultima = time.time() - ultimo_tempo_presenca

        # Regra inteligente: ausência + consumo alto = desligar cargas
        if tempo_desde_ultima > TEMPO_AUSENCIA and consumo > LIMIAR_CONSUMO:
            relay.on()                     # Desliga cargas
            print("Ambiente vazio - desligando cargas para economia")

    time.sleep(1)
```

O código acima foi desenvolvido em Python, linguagem compatível com o ESP32. Ele utiliza três componentes principais: o sensor PIR, responsável por detectar presença humana; o sensor de corrente ACS712, que monitora o consumo em tempo real; e um relé, que controla o acionamento ou desligamento de cargas elétricas.

A lógica se baseia em três regras principais:

- (1) quando o sensor PIR detecta presença, o sistema registra a atividade e mantém as cargas ligadas;
- (2) quando não há presença, ele calcula quanto tempo o ambiente permanece vazio;
- (3) se esse tempo exceder 15 minutos e o sensor detectar um consumo acima do limite definido, o relé desliga as cargas automaticamente.

Conexão com o futuro do trabalho:

O futuro do trabalho é marcado por ambientes cada vez mais conectados, automatizados, orientados por dados e comprometidos com a sustentabilidade.

Organizações modernas têm buscado integrar tecnologias digitais para aumentar eficiência, reduzir custos operacionais e promover práticas ambientalmente responsáveis. Nesse contexto, soluções baseadas em Internet das Coisas (IoT) tornam-se fundamentais, pois permitem monitoramento em tempo real, tomada de decisão inteligente e integração entre sistemas físicos e digitais.

A construção do Smart Energy Guardian demonstra que soluções baseadas em IoT podem desempenhar um papel crucial na redução do consumo energético e na promoção da sustentabilidade em ambientes residenciais e corporativos. A partir da simulação de diferentes cenários de ocupação casa vazia, com 1, 2 ou 3 pessoas foi possível observar variações significativas de consumo e identificar oportunidades claras de automação inteligente.

O dispositivo desenvolvido utiliza sensores de presença, medição de corrente e uma arquitetura conectada para monitorar padrões de uso e desligar cargas automaticamente. Isso reduz desperdícios, diminui custos e promove hábitos mais conscientes. Além disso, a solução é escalável e pode ser implementada em escritórios, coworkings, laboratórios, residências inteligentes e modelos híbridos de trabalho.

Fontes:

Measuring the Impact of Occupancy Numbers on Energy Consumption — MDPI (2025):

<https://www.mdpi.com/2075-5309/15/19/3598>

Occupancy behaviour and patterns: Impact on energy consumption — (2022).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666955222000107?>

lot Fontes:

IoT-Based Home and Community Energy Management:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919316692?>

IoT-Enabled Smart Home Energy Monitoring System Using ESP32:

<https://jtdt.org/jtdt/article/view/611?>