



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Projeto II

Universidade de Coimbra

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Project Proposal - Smart metering switch for home automation

Bernardo Melo Borges Belo Soares 2020217598

Manuel Nunes Abreu 2020220609

Ano letivo 2022/2023

Abstrato

Este projeto consiste no desenvolvimento de uma ficha elétrica tripla inteligente. Esta ficha irá conter vários componentes para controlar e rentabilizar a energia consumida. Estes componentes são: sensores de tensão e corrente, de modo a fornecer ao utilizador dados em tempo real da tensão e da corrente no circuito, assim como a potência que está a ser consumida e a despesa associada à energia absorvida. Estes valores irão ser amostrados recorrendo a um LCD display acoplado na ficha. Está previsto também a utilização de um sensor de temperatura que irá garantir a segurança do circuito. As três tomadas poderão ser controladas à distância através da ligação do microcontrolador à aplicação HOME, onde o controlo por voz estará subentendido no recurso SIRI do telemóvel, e a um servidor online, acessível por browser, para utilizadores de sistema android. Este controle vai ser possível através do uso de relés, que permitirão ligar e desligar o circuito remotamente quando necessário.

Em suma, o projeto irá ser elaborado com o intuito de melhorar a eficiência energética doméstica, através da utilização desta ficha inteligente, de forma a tentar combater o desperdício de energia e, consequentemente, reduzir os custos monetários associados.

1- Introdução

Hoje em dia, e em todo o mundo, existe um grande movimento com o intuito de melhorar a eficiência energética, de forma a evitar o seu desperdício. É de notar, através de dados recolhidos da página “countryeconomy.com”, que o consumo de eletricidade nos Estados Unidos[1], o maior consumidor de eletricidade atualmente, aumentou mais de 1 milhão de GWh desde 1990. Já em Portugal o aumento é de cerca de 25.000 GWh[2]. Este facto, aliado ao grande crescimento dos preços energéticos leva muitas famílias a procurarem soluções para conseguirem rentabilizar melhor o consumo doméstico de energia. Para além da inflação dos preços, o aumento da emissão dos gases de efeito de estufa e o esgotamento de recursos naturais são também graves problemas ambientais que acabam por resultar deste consumo excessivo de energia elétrica. Para atenuar e contribuir para o combate destes problemas, pretendemos implementar uma ficha tripla elétrica inteligente. O utilizador poderá assim ter acesso em tempo real a dados de cada uma das tomadas, como a potência consumida, a tensão, a corrente e a despesa, em euros, associada à potência consumida. O consumidor poderá também aceder à distância a estas informações, através de um servidor online desenvolvido para este propósito. Terá também a possibilidade de ligar e desligar cada uma das tomadas, com o recurso da aplicação HOME, caso possua um dispositivo Apple e com recurso a um servidor online, caso possua um dispositivo android. Além de todos estes mecanismos, é de notar que a segurança é um fator prioritário neste projeto e, para isto, será necessário colocar um LED vermelho ligado a um sensor de temperatura e acoplado à ficha que irá acender sempre que a temperatura de segurança seja excedida.

Com efeito, o nosso principal objetivo será não só reduzir e otimizar o consumo de energia elétrica, mas também ajudar famílias a economizar dinheiro e diminuir a sua pegada ecológica.

Concluindo, ao longo deste relatório iremos detalhar e fazer uma análise, primeiramente, do estado da arte, e , de seguida, da metodologia adotada e aplicada, assim como, os objetivos, a estratégia e o plano de ação.

2-Estado da arte

Nos dias de hoje e com o avanço tecnológico que presenciamos, os projetos e as alternativas de automação residencial têm-se tornado cada vez mais populares. Dispositivos inteligentes que controlam e monitorizam diferentes aspetos da casa, como a temperatura, luz e consumo energético são cada vez mais usados na sociedade. Dentro destes dispositivos destacam-se os medidores inteligentes, que fornecem informações em tempo real do consumo energético. É precisamente nesse campo que pretendemos focar este projeto.

Efetivamente, existem variadas opções de medidores inteligentes incorporados em fichas elétricas no mercado, inclusivamente fichas triplas, sendo a “tp link” [3] e a “belkin” [4] duas empresas que possuem grande variedade neste tipo de produtos, com atributos e funcionalidades muito semelhantes aos oferecidos por este projeto. É de realçar que ambas estas empresas nas suas fichas inteligentes oferecem, tal como também pretendemos, compatibilidade com a aplicação HOME do dispositivo Apple.

Deste modo, é natural que a novidade e a diferenciação entre o produto apresentado por este projeto e os produtos já existentes no mercado seja um grande desafio. Verificamos que existem boas soluções no mercado para o problema que pretendemos focar no nosso trabalho, uma vez que é cada vez mais necessário e importante controlar os gastos relacionados com o consumo de energia elétrica, assim como a pegada ecológica a que este consumo energético excessivo está associado.

Em suma, neste projeto vamos procurar desenvolver um dispositivo de medição inteligente para automação doméstica, mais precisamente uma ficha tripla elétrica inteligente, com o objetivo de aprender e consolidar os conceitos e as competências necessárias para o desenvolvimento deste tipo de produto. Atualmente, tanto quanto seja do nosso conhecimento, temos 2 características inovadoras para este produto para uso doméstico, que são a amostragem dos valores de corrente e tensão, e a visualização das mesmas pelo utilizador, quer no servidor online, quer na tomada.

3- Metodologia

3.1- Objetivos

Neste projeto, temos o objetivo de desenvolver uma ficha tripla inteligente, que permitirá ao utilizador monitorizar e controlar o seu consumo de energia elétrica. Para este propósito, vai ser utilizado um microcontrolador ESP32, com Wi-fi e Bluetooth incorporado, um LCD Oled onde vamos amostrar os valores de tensão, corrente e potência consumida, através do uso de sensores de tensão e corrente acoplados à ficha. No entanto, uma vez que são três tomadas, será necessário acoplar um botão, através do qual podemos, ao acioná-lo, alternar entre as informações de cada tomada. Este trabalho conterà ainda um sensor de temperatura acoplado com um LED à ficha, que acenderá caso haja uma temperatura acima de um valor de segurança de 70 graus celsius. Por outro lado, será permitido ainda a conexão deste microcontrolador à aplicação HOME para quem possuir um dispositivo apple, onde o utilizador irá conseguir ligar e desligar a tomada que pretender à distância através da conexão com os relés. Paralelamente, irá ser desenvolvido, na linguagem HTML, um servidor online onde os utilizadores que não possuírem um dispositivo apple poderão ligar e desligar a tomada que pretenderem. Neste servidor, disponível a qualquer tipo de utilizador, será ainda possível consultar os valores de tensão, corrente, temperatura, potência consumida à distância e ainda a despesa, em euros, associada à energia absorvida.

Em conclusão, é importante realçar que todos estes componentes irão ser acoplados à ficha com a ajuda de uma mini-caixa, que será integrada na extensão tripla.

3.2-Visão geral da estratégia de desenvolvimento

Para realizar este projeto, primeiramente, será analisada a composição física e estrutural de uma ficha tripla elétrica, com o intuito de se descobrir como é que os relés serão conectados. Seguidamente, será elaborada a ligação do ESP32 à Wi-fi, com a consequente conexão à app HOME, através de programação no ambiente arduino IDE.

Paralelamente, será também criado o servidor on-line em linguagem HTML, para ser possível o controle e a monitorização remota da extensão tripla inteligente. De seguida, será programado em ambiente arduino IDE a leitura dos valores de temperatura fornecidos pelo sensor LM35 e a sua junção com o LED vermelho, de modo a que, com a ajuda do ambiente de programação arduino, este acenda cada vez que a temperatura de segurança de 70 graus celsius seja excedida.

Serão depois programados e testados os sensores de tensão e corrente, em ambiente arduino IDE, de forma a que estes valores sejam transmitidos num LCD Oled e no servidor on-line entretanto já criado, em linguagem HTML, para este propósito. Neste servidor on-line será também transmitida a despesa, em euros, associada à energia que foi absorvida num dado tempo de consumo. Consequentemente, será programado, também recorrendo ao ambiente arduino IDE, o LCD Oled display que irá transmitir em tempo real os valores de tensão, corrente, potência consumida e temperatura do circuito. É de realçar, que como se trata de uma ficha tripla, ou seja, são três tomadas, vai ser acoplado, recorrendo a recursos de software, um botão que, ao ser acionado, irá permitir que o LCD alterne as informações que transmite de cada tomada. Deste modo, assumindo que o LCD está a transmitir as informações de tensão, temperatura, corrente e potência consumida da tomada 1, ao clicar no botão o LCD passará a transmitir as mesmas informações mas referentes à tomada 2, por exemplo.

Por fim, dado que todos estes testes serão feitos alimentando o microcontrolador ainda ao computador, será necessário conectar um transformador alimentado à rede elétrica que converterá os 230 V AC, da rede, em 5 V DC, para alimentar o ESP32, terminando assim o projeto.

3.3-Plano de ação

Task 1-Trabalho de pesquisa

Os objetivos desta tarefa são a identificação e compreensão dos conceitos e ferramentas fundamentais dos componentes eletrónicos associados a este projeto, nomeadamente os sensores de medição de tensão e corrente, o sensor de temperatura, o botão, o LED, os relés e também o transformador de AC para DC. Paralelamente, a compreensão e o conhecimento da componente de programação de microcontroladores neste projeto, assim como o entendimento físico e estrutural das fichas triplas elétricas também são objetivos fundamentais.

Desta tarefa pretendemos retirar, naturalmente, um conhecimento dos conceitos práticos e teóricos necessários e uma lista de componentes eletrónicos a serem utilizados, que estarão apresentados em anexo no fim do relatório. Vamos também adquirir os conhecimentos básicos necessários para a realização do projeto, conduzindo-nos a um produto final mais eficiente e funcional. É através deste processo que é possível descobrir o potencial do microcontrolador, como

por exemplo a conexão à aplicação HOME[5] e também como fazer o servidor online para o acesso remoto[6].

Concluindo, para conseguir concretizar esta parte do projeto é necessário tanto o contacto prático com os dispositivos eletrónicos mencionados, como relés, sensores de tensão, corrente e temperatura, mas também a identificação e visualização de vídeos de tutoria para a junção dos componentes, conexão à aplicação HOME e também a criação do servidor on-line.

Task 2-Análise da ficha tripla (Parte física)

Esta tarefa será importante para permitir ter um contacto e perceber a estrutura física e a composição de uma ficha tripla, ou seja, verificar o seu interior e de que maneira será possível alterá-lo para a ligação dos relés e conexão do microcontrolador e os seus componentes.

Com este processo pretende-se conhecer como é que será feita a conexão de cada tomada a cada um dos três relés e de que forma será possível a conexão da ficha tripla ao microcontrolador.

No plano de ação deste processo será essencial distinguir a banda de metal que indica a fase da banda que indica o neutro com o recurso a um multímetro e, a partir daí, visualizar e projetar a montagem dos relés, sem necessariamente implementá-los. Paralelamente, será também projetada e esquematizada a ligação do microcontrolador à ficha tripla [7].

Task 3-Ligação do ESP32 ao WiFi , conectar com a aplicação HOME, integrar os relés na ficha e criar o servidor online para controlo à distância

Os objetivos desta tarefa são, primeiramente, a conexão do microcontrolador ESP32 à Wi-fi. De seguida, pretende-se conectar o ESP32 à aplicação HOME dos dispositivos Apple. Em consequência, é necessária a montagem dos relés, posteriormente ligados e desligados por essa mesma aplicação. Um dos objetivos será também proceder à criação do servidor online, para mostrar os valores de tensão, corrente, potência consumida, despesa associada, em euros e também para ligar e desligar cada uma das três tomadas remotamente.

Os resultados esperados desta tarefa são a conexão bem-sucedida do ESP32 à rede Wi-Fi, a integração eficiente dos relés na ficha tripla, a conexão com a aplicação HOME do iPhone e a criação de um servidor online funcional, para monitorizar e controlar cada tomada da ficha tripla elétrica.

Assim sendo, para realizar esta tarefa utilizar-se-á o ambiente de programação Arduino IDE para a programação do microcontrolador ESP32. Seguidamente, através de código de software e recorrendo a bibliotecas específicas como a <WiFi.h>, irá proceder-se à configuração da conexão Wi-Fi. Paralelamente, ocorrerá a integração dos relés na ficha tripla. Verificamos que, da atividade anterior, foi conhecida qual a banda que representa a fase e o neutro, com o auxílio de um multímetro. Assim sendo, o circuito será interrompido na fase e essa ligação será substituída pela ligação de fios elétricos, indo esses fios da rede para o relé e do relé novamente para a tomada em questão, sendo este mesmo mecanismo aplicado nas três tomadas. Por outro lado, será também criado um servidor online em linguagem HTML, para controlar os relés. É de realçar que este servidor on-line irá também mostrar remotamente ao utilizador os valores de tensão, corrente, potência consumida, temperatura presentes no LCD acoplado à ficha e também a despesa associada ao consumo de energia no intervalo de tempo em que um determinado aparelho elétrico esteja a ser usado. Após a conclusão destas etapas, será realizado o teste de controlo remoto da extensão tripla inteligente através da aplicação HOME.

Task 4-Programação e integração do sensor de temperatura acoplado com um LED vermelho indicador

Nesta tarefa, o objetivo principal é desenvolver um sistema de monitorização de temperatura para detecção de possíveis problemas de sobreaquecimento. Pretendemos assim, integrar o sensor de temperatura no microcontrolador ESP32 e ,através de programação em arduino IDE, fazer a leitura dos valores de temperatura fornecidos por este sensor e enviá-los para o LCD Oled display. Seguidamente, caso os valores de temperatura ultrapassem os 70 graus celsius de segurança, o LED indicador, previamente programado para tal, acende e o circuito é cortado, com o auxílio dos reles, como mecanismo de segurança.

Desta tarefa, é esperada a implementação de uma coligação entre o sensor de temperatura e o LED que possa alertar visualmente, através da cor vermelha, sobre possíveis problemas de aquecimento excessivo no circuito. É esperado então, que o sensor realize leituras eficazes e reais da temperatura do circuito, de modo a enviar valores verídicos de temperatura para o LCD Oled. Paralelamente, a conexão, através de código, do microcontrolador com os relés tem de ser eficaz, de modo que o corte no circuito, caso a temperatura de segurança seja excedida, consiga ser bem sucedido.

Inicialmente, é necessário conectar o sensor de temperatura LM35 e o LED ao microcontrolador ESP32. De seguida o microcontrolador será programado para controlar o LED de modo a acendê-lo caso seja excedida a tal temperatura, desativando os três circuitos e bloqueando a possibilidade de serem novamente ativos tanto pela aplicação como pelo servidor até a temperatura baixar novamente e consequentemente desligar o LED, isto é, na programação do microcontrolador o sensor é que tem a prioridade sobre os outros componentes de ativação e desativação.

Task 5-Programação e integração no microcontrolador ESP32 dos sensores de medição de tensão e corrente

Esta tarefa tem como objetivo integrar os sensores de tensão e corrente na ESP32, sendo o sensor com a referência ZMPT101B o utilizado para medir a tensão e o sensor com a referência ACS712 o utilizado para medir a corrente. Assim, é permitida a leitura das grandezas elétricas no circuito. Com estes valores, será também determinada a potência consumida pelo circuito, através da fórmula $P=V \cdot I$. Além disso, será necessário programar o microcontrolador para que ele possa ler os valores dos sensores e exibi-los em um display LCD Oled. Para além da amostragem no LCD Oled, os valores da tensão, da corrente e, consequentemente, da potência consumida irão ser mostrados no servidor online programado em HTML.

Os principais resultados esperados desta tarefa são, em primeiro lugar, a correta integração dos sensores na ESP32 e a leitura precisa das grandezas elétricas no circuito. Por outro lado, é também esperado que tanto o display LCD Oled exiba os valores lidos de forma clara, como também o servidor online disponível.

Para a realização desta tarefa, será necessário primeiro escolher os sensores de tensão e corrente adequados para o circuito, sendo, neste caso, o sensor com a referência ZMPT101B o de tensão e com a referência ACS712 o de corrente. De seguida, os sensores devem ser corretamente instalados no circuito e conectados à ESP32. A partir daí, deve ser desenvolvido o código necessário, em ambiente arduino IDE, para a leitura dos valores dos sensores , incluindo já a determinação da potência consumida, e a sua posterior exibição no display LCD Oled. Paralelamente, será também

desenvolvido código para o envio destes valores de tensão, corrente e potência consumida para o servidor online, elaborado em HTML. É importante referir que o código tem de ser cuidadosamente elaborado e testado, para garantir a correta leitura e exibição das grandezas elétricas. Quando todo este código estiver finalizado, será possível testar o circuito e realizar ajustes, se necessário.

Task 6-Programação e integração do LCD acoplado com um botão

Nesta tarefa é pretendido completar a programação do LCD e a integração do botão para ser possível visualizar a informação de tensão, corrente e potência de cada uma das tomadas. Um dos objetivos desta etapa é também a integração e programação de um botão acoplado ao LCD que permitirá, quando pressionado, a alteração do mostrador que o LCD apresenta para as informações da tensão, corrente, potência consumida e temperatura da tomada seguinte.

É esperado que com o sucesso desta implementação o LCD fique a mostrar os seguintes valores: tensão, corrente, potência e temperatura de cada uma das tomadas. Será possível observar os valores de cada uma das tomadas com a ajuda do botão que fará com que seja possível alternar o mostrador do LCD, proporcionando maior interatividade e controlo por parte do usuário.

Para ser possível ultrapassar este desafio será utilizado um LCD OLED 128x64. A sua programação será feita no ambiente Arduino IDE, sendo necessário várias bibliotecas para a ligação e conexão do LCD tais como <Wire.h> e <Adafruit_SSD1306.h>. A biblioteca <Wire.h> irá permitir a comunicação entre o LCD e o microcontrolador via protocolo I2C. Paralelamente, a biblioteca <Adafruit_SSD1306.h> será utilizada para permitir a exibição de texto, gráficos e imagens no display OLED. Posteriormente, será implementado o botão que, com o auxílio da programação em ambiente arduino IDE, para alternar entre informações de cada tomada.

Task 7-Implementação do transformador 230V AC para 5V DC e determinação e amostragem no servidor online da despesa, em euros, associada ao consumo de energia elétrica

Com esta tarefa pretendemos atingir a independência completa da ficha tripla, ou seja, pretendemos que a alimentação do microcontrolador seja feita diretamente da rede, não sendo necessária a alimentação do microcontrolador ESP32 ao computador. Assim sendo, será utilizado o transformador AC-DC Buck Converter que irá converter tensões de entrada na ordem dos 90-240V AC em tensões de saída de 5V DC, sendo esta a tensão de alimentação do nosso microcontrolador. Por outro lado, simultaneamente ao objetivo estabelecido de converter a tensão de 230 V AC em 5 V DC, para completar ainda mais este projeto será também implementada a função de calcular o valor do consumo de energia elétrica, em euros, posteriormente mostrado no servidor online. Neste mesmo servidor, pretende-se que esteja disponível um input para o utilizador colocar a tarifa que está a pagar no seu plano de energia elétrica atual em euros por kWh.

Desta tarefa, é esperado que se obtenha um bom funcionamento do circuito após terem sido completados todos os processos anteriormente previstos. É previsto ainda um circuito funcional que seja capaz de fornecer a tensão de 5V DC para o circuito eletrónico, juntamente com um sistema de monitoramento e controle de consumo de energia elétrica. Esse sistema deve ser capaz de medir a energia consumida e calcular o valor em euros, que será enviado para o servidor web para posterior análise.

Para realizar esta tarefa é necessário incluir o transformador no circuito, isto é, conectar o microcontrolador ESP32 na saída do transformador. Deste modo, o microcontrolador receberá os 5V

DC, sendo que o transformador recebe 230V AC vindo diretamente da rede. É de realçar a importância dos testes de segurança necessários antes de conectar o microcontrolador ao transformador. Será então essencial, com o auxílio de um multímetro, verificar se de facto se observa a passagem dos 230V AC para os 5V DC no transformador. Em paralelo, é de prever também a implementação do cálculo do consumo de energia elétrica, em euros. Esta função será programada na linguagem C no ambiente Arduino IDE. No servidor online produzido em HTML do sistema, será disponibilizada uma opção para o usuário inserir o preço da tarifa de energia elétrica que ele está atualmente a pagar em euros por quilowatt-hora (kWh). Tendo em conta essa informação, a potência total consumida pelas três tomadas será multiplicada pelo tempo decorrido desde o início do consumo até o momento da interrupção, sendo este valor apresentado em kWh. É de realçar que o tempo será calculado utilizando a função `millis()` do Arduino. Após a multiplicação, dos kW consumidos pelo tempo em que essa mesma potência for consumida, obteremos o consumo em quilowatts-hora (kWh). De seguida, o preço a pagar em euros será calculado utilizando a expressão $\text{preço} = \text{consumo (kWh)} \times \text{tarifa (€/kWh)}$, que será fornecida pelo utilizador no servidor online. Finalmente, este valor monetário, em euros, irá ser mostrado também no servidor online criado em linguagem HTML.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar a nossa gratidão para com o professor Luis Caseiro, pela sua orientação e tutoria. Além disso, gostaríamos de estender os nossos agradecimentos ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica da Universidade de Coimbra pela disponibilidade dos componentes que serão fornecidos ao longo do projeto.

Referências

- [1] COUNTRYECONOMY.COM. United States - Electricity consumption 2021. Disponível em: <https://countryeconomy.com/energy-consumption/united-states>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- [2] COUNTRYECONOMY.COM. Portugal - Electricity consumption 2021. Disponível em: <https://countryeconomy.com/energy-consumption/portugal>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- [3] TP-LINK UNITED KINGDOM. KP303 | Kasa Smart Wi-Fi Power Strip, 3-Outlets. Disponível em: <https://www.tp-link.com/uk/home-networking/smart-plug/kp303/>. Acesso em: 03 mar. 2023.
- [4] BELKIN OFFICIAL SUPPORT. Introducing the Wemo® Insight Smart Plug, F7C029. Disponível em: <https://www.belkin.com/us/support-article?articleNum=155925>. Acesso em: 03 mar. 2023.
- [5] YOUTUBE. TP-LINK Smart Wi-Fi Power Strip. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RR8mykLFI9E>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- [6] YOUTUBE. WeMo Insight Switch - Smart plug review. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZSyqNFGAF8o>. Acesso em: 26 fev. 2023.

Anexos

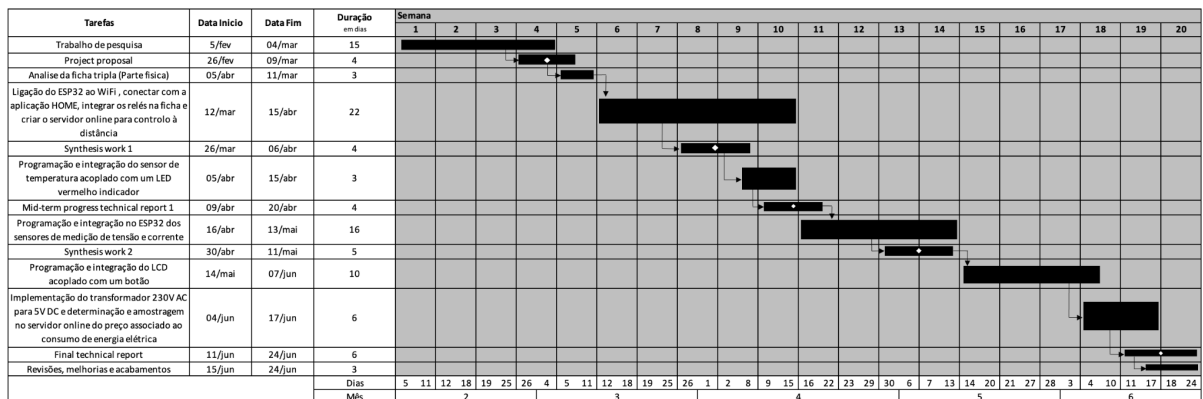
Tabela com os riscos e mitigações associadas

Riscos		Tipo de risco	Tarefa relacionada	Medidas de mitigação
1	Choque elétrico	Elevado	2, 3, 5 e 7	Este projeto envolve trabalhar com altas tensões. Terá então que ser garantida a nossa segurança desligando a energia durante a manutenção. Terá também que ser garantida que as instalações elétricas estejam em boas condições.
2	Falha na comunicação com o WiFi	Severo	2 e 7	Estar prevenidos caso não seja possível fazer a conexão na primeira tentativa. Assim será necessário realizar vários testes de conexão primeiro. Este processo será realizado naturalmente através da programação do microcontrolador ESP32.
3	Erros de programação	Severo	3, 4, 5, 6 e 7	Realizar testes e validações de código antes da implementação. Utilizar boas práticas de programação para evitar erros.
4	Queima de componentes eletrônicos	Moderado	3, 4, 5, 6 e 7	É necessário ter cuidados em relação aos componentes, através da utilização de componentes de qualidade e seguindo as especificações do fabricante.

Tabela com uma lista de metas com datas para as alcançar

Milestones		Tarefa relacionada	Previsão
1	Análise física e estrutural da ficha tripla	2	9/mar
2	Ligação do ESP32 ao WiFi	3	19/mar
3	Conectar o ESP32 à aplicação HOME	3	1/abr
4	Integrar os relés na ficha	3	8/abr
5	Criação do servidor online	3	15/abr
6	Programação do sensor de temperatura e LED vermelho	4	15/abr
7	Programação dos sensores de medição de tensão e corrente	5	13/mai
8	Programação do LCD e integração do botão	6	7/jun
9	Implementação do transformador de 230V AC para 5V CD	7	10/jun
10	Amostragem da despesa associada ao consumo de energia elétrica no servidor online	7	17/jun

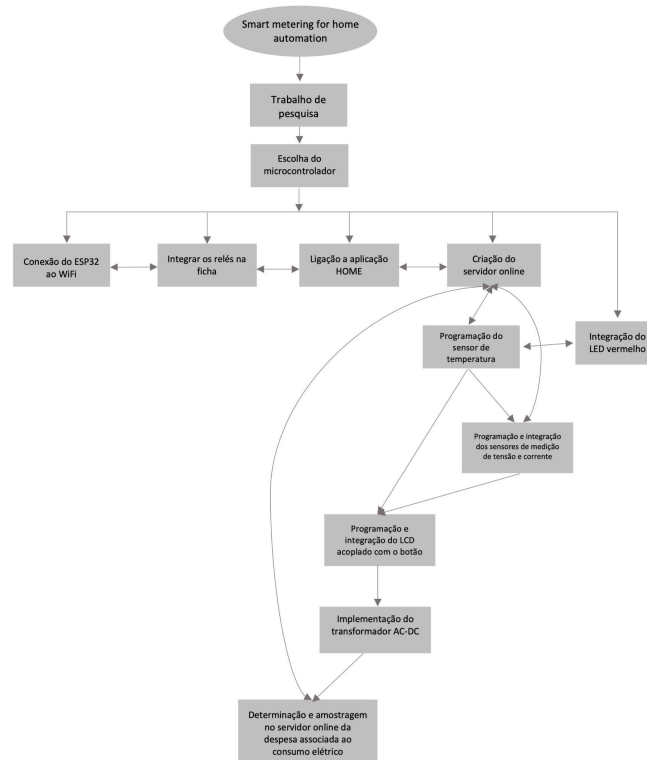
Diagrama de Gantt



Lista dos materiais necessários com o budget

Lista de material		Preço
1	ESP32	7,5
2	Três Relés	12,6
3	Sensor de medição de temperatura (LM35)	2,34
4	Sensor de medição de tensão (ZMPT101B)	4,95
5	Três Sensores de medição de corrente (ACS712)	5,9
6	LED Vermelho	0,25
7	Resistência 10kΩ	0,1
8	Transformador 230V AC para 5V DC (AC-DC BUCK CONVERTER)	3
9	Botão	0,1
10	LCD OLED 128x64	4
11	Fio elétrico 10m	4,79
12	Ficha tripla	2,5
13	Material mini-caixa	7,58
Total		55,61 €

Diagrama de Pert



[7]

