# Automação de Ambientes Orçamento Energético

## Relatório de Projeto

João Coelho | 33787

Pedro Mota | 33904





Documento elaborado no âmbito da disciplina de Laboratório de Projeto Integrado, com vista à conclusão da Licenciatura em Engenharia Informática, na Universidade Fernando Pessoa, pelos alunos João Coelho e Pedro Mota.

Porto, junho de 2020

Para análise e correção de:

#### **Orientador:**

Prof. Alessandro Moreira (afmoreira@ufp.edu.pt)

#### Docente da disciplina L.P.I.:

Prof. Doutor Paulo Rurato (prurato@ufp.edu.pt)



## Agradecimentos

Ao Professor Doutor Paulo Rurato, o docente da disciplina, e ao Professor Alessandro Moreira, o orientador deste projeto, agradecemos o apoio, a confiança e os conhecimentos transmitidos, não só no decorrer deste projeto, mas também ao longo do nosso percurso académico.

Aos nossos pais esta oportunidade de formação superior que nos foi concedida. Agradecemos-lhes ainda pelo apoio incondicional, pela motivação e pela confiança sempre presentes em todos os momentos do curso.

Às nossas famílias, todo o suporte prestado ao longo do curso e particularmente nesta reta final.

Gostaríamos de expressar ainda, a gratidão para com os nossos amigos, mediante o seu apoio, companheirismo e ajuda, no decorrer de todo o curso e especialmente no período de desenvolvimento deste projeto.



#### Resumo

O constante desenvolvimento da automação, fez com que esta chegasse às nossas casas na década de 70. Desde então, a qualidade de vida, no que se refere ao ambiente doméstico, subiu consideravelmente. O sector energético foi também beneficiado, pois surgiu assim uma nova forma de gerir os recursos energéticos domésticos.

Hoje em dia, deparamo-nos com uma extensa oferta, a nível de mercado da domótica. Existem inúmeros sistemas, cada um com diferentes soluções e com uma vasta gama de possibilidades de implementação, de forma a satisfazer as necessidades do utilizador, no entanto não há uma padronização de API's, protocolos ou interfaces, o que torna inviável, a um utilizador, utilizar dispositivos de diferentes fabricantes numa mesma interface e habitação.

O openHAB é um software open source criado como uma solução para esse mesmo problema. Centraliza as comunicações com os mais variados tipos de tecnologias e protocolos utilizados para automação e IoT, permitindo, ainda, a gestão das funcionalidades dos dispositivos e dos dados por eles gerados.

Além de fornecer uma interface única, o OpenHAB oferece-nos uma camada de abstração que nos permite representar, na forma de Items, os sensores e atuadores do "mundo real", e permite ainda a implementação de regras, onde é possível controlar partes da habitação a partir de dados de vários itens.

A maior vantagem desta aplicação é, sem dúvida, reduzir o esforço ao lidar com diversos protocolos, porque nos livra da lógica de os ter de "traduzir", o que é importante pois, dificilmente, teremos sensores e atuadores com protocolos iguais e é importante ter um software que consiga comunicar com todos os elementos necessários para o projeto.



Sendo assim, a principal ideia do projeto aqui apresentado, dentro da área de Automação e Controlo, é a elaboração de um sistema para um ambiente inteligente, tendo em conta automação, para garantir o conforto térmico dos utilizadores da habitação, e elaboração de um orçamento energético relativo a esse mesmo ambiente. O projeto, do ponto de vista do orçamento energético, basear-se-á num ambiente doméstico, mas apenas como prova de conceito, pelo que poderia ser aplicado, por exemplo, em ambientes comerciais, industriais, entre outros.

Este projeto começou por uma pesquisa de informação sobre o openHAB e algumas das suas funcionalidades e configurações, de modo a obter uma ambientação ao sistema. Desta forma averiguou-se quais as limitações do openHAB, mas também quais as suas vantagens e funcionalidades, que fizeram dele uma excelente escolha.

Inicializou-se o estudo sobre persistência, para que fosse possível guardar todos os valores, para que, no futuro, seja possível prever alguns valores, bem como o estudo sobre o openHAB, seguido de testes sobre as regras do openHAB e testes de comunicação openHAB - Arduíno.

Foram elaborados diversos casos de usos, para representar o contexto e o propósito do projeto. Para além disso, foram elaboradas, também, regras e condições de como os itens se devem comportar, de modo a se adaptarem a diversas situações, descritas nos casos de uso, para a automatização de ambientes.

Prosseguiu-se à realização das regras para automatizar a casa (ligar/desligar atuadores) e também à realização de um website, relativo ao orçamento energético, onde podemos observar as despesas gerais da habitação, obtidas através de tomadas inteligentes, utilizadas como prova de conceito.

**Palavras-chave:** Automação, domótica, casas inteligentes, conforto térmico, openHAB, orçamento energético, inteligência artificial.



#### **Abstract**

The constant development of automation, made it reach our homes in the 70s. Since then, the quality of life in the domestic environment has risen considerably. The energy sector has also benefited, as a new way of managing domestic energy resources has emerged.

Today, we are faced with an extensive supply in the home automation market. There are many systems, each with different solutions and with a wide range of implementation possibilities, in order to satisfy the user's needs, however there is no standardization of API's, protocols or interfaces, which makes it unfeasible for a user to use devices from different manufacturers in the same interface and housing.

OpenHAB is an open source software created as a solution to that same problem. It centralizes communications with the most varied types of technologies and protocols used for automation and IoT, also allowing the management of the functionalities of the devices and the data generated by them.

Besides providing a single interface, OpenHAB offers us an abstraction layer that allows us to represent, in the form of Items, the "real world" sensors and actuators, and also allows the implementation of rules, where it is possible to control parts of the housing from data from several items.

The biggest advantage of this application is, without a doubt, to reduce the effort when dealing with several protocols, because it frees us from the logic of having to "translate" them, which is important because we will hardly have sensors and actuators with the same protocols and it is important to have a software that can communicate with all the necessary elements for the project.

Therefore, the main idea of the project presented here, within the area of Automation and Control, is the elaboration of a system for an intelligent environment, taking into account automation, to ensure the thermal comfort of home users, and the elaboration of an energy budget for that same environment.



The project, from the point of view of the energy budget, will be based on a domestic environment, but only as proof of concept, so it could be applied, for example, in commercial and industrial environments, among others.

This project started with a research of information about openHAB and some of its functionalities and configurations, in order to obtain an environment to the system. In this way it was ascertained what the limitations of openHAB are, but also what its advantages and functionalities made it an excellent choice.

The persistence study was started, so that all values could be saved, so that in the future some values could be predicted, as well as the study about openHAB, followed by tests about the openHAB rules and openHAB - Arduíno communication tests.

Several use cases have been elaborated, to represent the context and the purpose of the project. In addition, development of irrigation and conditions of how the items should behave, in order to adapt to various situations, described in use cases, for the automation of environments.

The rules to automate the house (on/off actuators) and also the realization of a website, related to the energy budget, where we can observe the general expenses of the house, obtained through intelligent sockets, used as proof of concept.

**Keywords:** Automation, home automation, intelligent houses, thermal comfort, openHAB, energy budget, artificial intelligence.



## Lista de abreviaturas e siglas

API's - Application Programing Interfaces

OpenHAB - Open Home Automation Bus

AC - Ar Condicionado

SEC - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers

EUROSTAT - Gabinete de Estatísticas da União Europeia

IA - Inteligência Artificial

OSGI - Open Services Gateway Initiative

IoT - Internet of Things

kWh - Quilowatt-hora



## Lista de figuras

Figura 1 – Percentagem de perdas de calor numa habitação portuguesa18
Figura 2 – Gráfico relativo ao conforto térmico sentido por parte dos portugueses19
Figura 3 – Média dos preços da eletricidade dos pais da EU21
Figura 4 – Estatística da EUROSTAT sobre preço da eletricidade em €/kilowatt hora…22
Figura 5 – Diagrama de blocos do openHAB30
Figura 6 - Barramento de eventos do openHAB31
Figura 7 – Relação entre os conceitos do openHAB
Figura 8 – Planta da habitação34
Figura 9 – Diagrama de estados do sensor de presença
Figura 10 – Detalhe da arquitetura do módulo de automação
Figura 11 – Diagrama de casos de uso41
Figura 12 – Regras elaboradas para atuação em estores47
Figura 13 – Regras elaboradas para atuação em lâmpadas47
Figura 14 – Regras elaboradas para atuação no AC48
Figura 15 – Regras elaboradas para deteção da entrada de pessoas na habitação49
Figura 16 – Regras elaboradas para deteção da saída de pessoas na habitação50
Figura 17 – Método convencional vs método Ajax52
Figura 18 – Exemplo ficheiro HTML com Ajax - util.js54
Figura 19 – Exemplo ficheiro HTML com Ajax - index.html54
Figura 20 – Tabela com os valores de consumo de cada aparelho55
Figura 21 – Website relativo ao orçamento energético56



## Lista de tabelas

Tabela 1 – EnviEstudos - valores que proporcionam o conforto térmico	20
Tabela 2 – Regras implementadas que exercem ações nos estores	42
Tabela 3 – Regras implementadas que exercem ações nas lâmpadas	43
Tabela 4 – Regras implementadas que exercem ações nos AC's	44



## Índice

1.	Con	textualização	12
2.	Intr	odução	15
3.	Obj	etivos	17
3.	1.	Objetivos Gerais	17
3.2	2.	Objetivos Específicos	17
4.	Con	forto térmico	18
5.	Orça	amento energético	21
<b>6.</b>	Prev	ver despesas	24
<b>7.</b>	Req	uisitos	26
7.	1.	Requisitos funcionais	26
7.2	2.	Requisitos não funcionais	27
8.	Ferr	amentas utilizadas	28
8.	1.	Tomadas inteligentes	28
8.2	2.	OpenHAB	29
8.3	3.	Sensores/Atuadores	34
8.4	4.	Arduíno	38
9.	Arqı	uitetura do sistema	39
10.	C	asos de uso	41
10	.1.	Abrir/fechar estores	42
10	.2.	Ligar/desligar lâmpadas	43
10	.3.	Ligar/desligar ar-condicionado	44
10	.4.	Orçamento energético	45
10	.5.	Previsão de despesas	46
11.	In	nplementação	47
11	.1.	Conforto térmico - OpenHAB	47
11	.2.	Orçamento energético - Website	51
12.	P	ossíveis aplicações	57
13.	C	onclusão	59
14.	T	rabalho futuro	61
15.	R	eferencias	63
ANEX	(OS		64



## 1. Contextualização

Atualmente, é comum cruzarmo-nos com sistemas automatizados e muitas vezes nem nos apercebemos da tecnologia envolvente, porque esta já se encontra tão enraizada na nossa sociedade. A automação pode ser vista como um conjunto de técnicas aplicadas a um processo, com o objetivo de o tornar mais eficiente, através da introdução de medições, autocorreções e ações, sem necessidade de intervenção humana.

Inicialmente, a automação mereceu um lugar de destaque na indústria, tornando possível o sequenciamento de processos e a criação de linhas de produção independentes, com recurso ao controlo automático de máquinas com diferentes graus de complexidade. Posteriormente, o sector comercial também tirou partido das vantagens da automação. Foram introduzidas técnicas específicas na otimização de processos comerciais, como por exemplo, sistemas de controlo de stocks e identificação de mercadorias por códigos de barras ou rádio frequência.

Finalmente, a automação chegou às nossas casas, surgindo assim os termos "Domótica", "Casas Inteligentes" e "Automação Residencial". A automação veio transformar o ambiente doméstico, trazendo grandes benefícios para o utilizador.

No início do seu desenvolvimento, a automação residencial era retratada através da ficção científica, onde muitas vezes surgia a designação de casas do futuro. Nessas casas, podíamos encontrar, desde lâmpadas e estores automáticos, até robôs que realizavam tarefas domésticas. Muita desta ficção é hoje uma realidade.

A domótica surgiu nos anos 70, ao serem lançados os primeiros projetos para habitações. Esta tecnologia desenvolveu-se no sentido de permitir a gestão de múltiplos recursos habitacionais, tais como energia, eletrónica, informática, robótica e telecomunicações.



O seu objetivo é promover aplicações e serviços, que garantam ao utilizador um aumento dos níveis de segurança e conforto térmico, uma melhoria dos sistemas de comunicação, uma poupança energética e ainda, um maior controlo sobre a casa. É de salientar a flexibilidade destes sistemas de automação residencial, pois encontram-se em constante desenvolvimento, acompanhando os avanços tecnológicos ao longo dos tempos.

A incompatibilidade entre alguns sistemas, com uma plataforma de comunicação comum, ou mesmo entre dispositivos do mesmo sistema, mas de fabricantes distintos, que normalmente surge aquando da interação entre equipamentos de áreas diferentes, sempre foi uma das barreiras a ultrapassar na domótica.

Embora se destaquem diferentes soluções nos mercados, estas na generalidade dos casos, dividem-se nas seguintes áreas:

<u>Automação e Controlo</u> – Esta área lida com o controlo de aplicações e dispositivos domésticos, especialmente sobre iluminação, climatização, estores, portas, janelas.

<u>Segurança e vigilância</u> – Proporciona proteção contra intrusões, avarias e acidentes, com recurso a alarmes de intrusão, câmaras de vigilância, alarmes pessoais, alarmes técnicos de incêndios, inundações, fugas de gás, entre outros.

<u>Comunicações</u> – Abrange a gestão de trocas de informação de voz ou dados, incluído texto, imagem e som, em redes locais. Possibilita o intercâmbio e a partilha de recursos entre dispositivos, como por exemplo o acesso à Internet.

<u>Serviços e Lazer</u> – Engloba serviços remotos, entretenimento, diversão, multimédia, cinema em casa, jogos de vídeo, captura, tratamento e distribuição de imagens fixas/dinâmicas e som dentro e fora da habitação.

Um sistema de domótica é composto por uma rede de comunicação entre uma série de dispositivos, com o objetivo de recolher informação e atuar sobre o ambiente residencial, de forma a exercer o controlo e supervisão da casa.



Existem sistemas que dispõem de uma unidade central de processamento de informação, a qual se encontra em comunicação com todos os outros dispositivos da instalação. Estes podem ser sensores, que recolhem e enviam dados para a unidade central, que, por sua vez, toma decisões e envia comandos para atuadores, de modo a realizarem as ações desejadas.

Inicialmente os sistemas de automação residencial encontravam-se apenas direcionados para um controlo remoto dos equipamentos domésticos e de acordo com os parâmetros dos dispositivos pré-estabelecidos de fábrica. Na atualidade representam muito mais, sendo capazes de gerir todos os recursos de uma habitação de uma forma inteligente, automatizada e conforme as exigências do utilizador.

Os sistemas têm evoluído no sentido de criar tecnologias com capacidade de autoaprendizagem, baseadas em mecanismos utilizados pelo cérebro humano. Desta forma, poderá existir um auto ajuste dos parâmetros de controlo de uma habitação, sem a necessidade de intervenção humana.

As redes de comunicação dos sistemas de domótica são a base para o funcionamento da automação residencial. Estas permitem as trocas de informações e de dados provenientes de todo o ambiente doméstico ou mesmo do exterior.

É possível um sistema agregar diferentes meios de comunicação, para tal, são implementados protocolos que ditam as regras de comunicação entre todos os dispositivos da casa, quer estes funcionem sobre o mesmo meio de comunicação ou não.



## 2. Introdução

A escolha do tema do nosso projeto, denominado de Automação de ambientes / Orçamento energético, deveu-se ao mútuo gosto por casas inteligentes e os benefícios que o ser humano pode tirar delas.

Como foi referido, a incompatibilidade entre alguns sistemas, com uma plataforma de comunicação comum, ou mesmo entre dispositivos do mesmo sistema, mas de fabricantes distintos, que normalmente surge aquando da interação entre equipamentos de áreas diferentes, sempre foi uma das barreiras a ultrapassar na domótica.

O OpenHAB é um software de código aberto, criado como uma solução para esse mesmo problema. Implementa uma interface modular onde, com poucas modificações, é possível implementar novos protocolos, dispositivos e API's na mesma interface, independentemente do fabricante.

Sendo assim, a principal ideia do projeto aqui apresentado, dentro da área de Automação e Controlo, é a elaboração de uma arquitetura para um ambiente inteligente, tendo em conta automação de ambientes e a elaboração de um orçamento energético relativo a essa mesmo ambiente. O projeto, do ponto de vista do orçamento energético, basear-se-á num ambiente doméstico, mas apenas como prova de conceito, pelo que poderia ser aplicado, por exemplo, em ambientes comerciais, industriais, entre outros.

O sistema baseia-se na interação com um conjunto de sensores e tecnologias que vão comunicar via pedidos HTTP e via Arduíno com o openHAB, que irá fazer a monitorização da nossa casa inteligente.

Prevemos também a utilização de técnicas de inteligência artificial para conseguirmos prever despesas futuras. Esta previsão é feita tendo em conta uma análise do orçamento energético e utilização de tomadas inteligentes que nos dão o consumo de todos os equipamentos da casa, conseguindo assim prever despesas futuras, tendo em conta o comportamento dos utilizadores.



Como é de conhecimento público, em Portugal, até à data, a maioria das habitações não possui isolamento térmico, o que dificulta o ser humano a sentir uma boa sensação de conforto térmico quando questionado sobre isso.

Para alem disso, e, sendo também de conhecimento público, a eletricidade em Portugal não é barata, sendo mesmo uma das mais caras quando comparadas com outros países, economicamente mais ricos, da união europeia.

Juntando isto ao atual panorama económico nacional, decidimos que era boa ideia elaborar um orçamento energético, utilizando tomadas inteligentes como prova de conceito, como referido em cima.

Com base em tudo isto, a nossa ideia de uma casa inteligente, entre outros, foca-se principalmente em 3 grandes pontos:

- Conforto térmico.
- Orçamento energético.
- Previsão de despesas.



## 3. Objetivos

Para resolver a problemática da automação de ambientes, assegurando o conforto térmico dos utilizadores e olhando para o projeto do ponto de vista do orçamento energético, propõe-se neste trabalho os seguintes objetivos.

### 3.1. Objetivos Gerais

- Proporcionar ao utilizador a elaboração de um orçamento energético, relativo ao ambiente da sua habitação.
- Proporcionar ao utilizador conforto térmico, no interior da sua habitação.
- Proporcionar ao utilizador previsão das suas futuras despesas, a nível energético.
- Proporcionar ao utilizador a capacidade de redução de despesas.

#### 3.2. Objetivos Específicos

- Atuação em estores, lâmpadas e AC de modo a propiciar um ambiente termicamente confortável ao utilizador.
- Medição do tempo médio de utilização de equipamentos, de modo a elaborar um orçamento energético.
- Prever despesas futuras analisando o orçamento energético e utilizando tomadas inteligentes.
- Analisar erros e parâmetros do desempenho do sistema.
- Examinar a viabilidade técnica do sistema.



#### 4. Conforto térmico

De acordo com a ASHRAE<sup>1</sup>, "conforto térmico é o estado da mente que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o rodeia", ou seja, o termo tem muito a haver com as pessoas e de que forma esse ambiente possibilita que elas se sintam confortáveis em passar, seja o tempo que for, nele.

No âmbito do conforto térmico, estão incluídos diversos fatores que são determinantes para assegurar esse conforto térmico, tendo em conta que, obviamente, variam de indivíduo para indivíduo, mas que nem por ser algo variável pode ser ignorado.

Em Portugal, a maioria das habitações não possui isolamento térmico, o que dificulta os indivíduos a sentirem uma boa sensação de conforto térmico quando questionados sobre isso.

De acordo com os dados do SCE<sup>2</sup>, a maior parte das habitações portuguesas, apresenta perdas de calor típicas que são visíveis na seguinte figura:

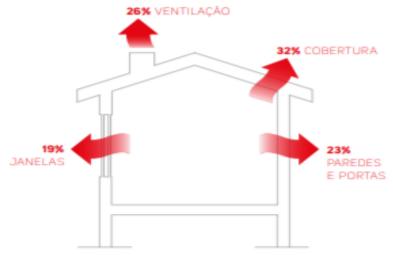


Figura 1 – Percentagem de perdas de calor numa habitação portuguesa

O mesmo se aplicada na altura de primavera/verão, em vez de perdas de calor, temos entrada de calor, devido á falta de isolamento nas nossas habitações.

<sup>1</sup> https://www.ashrae.org/

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> https://www.sce.pt/



A importância do isolamento térmico das habitações, é um tópico ao qual é dada pouca relevância em Portugal, especialmente considerando o seu impacto direto na qualidade de vida e saúde da maioria dos portugueses.

Segundo um relatório lançado pelo Portal da Construção Sustentável<sup>3</sup>, cerca de 74% dos portugueses considera que a sua casa é fria durante o inverno, e apenas 1% afirma que a sua casa é termicamente confortável.

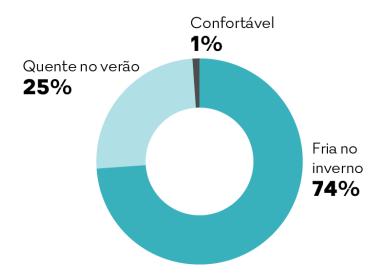


Figura 2 – Gráfico relativo ao conforto térmico sentido por parte dos portugueses

São números que espelham a dura realidade de Portugal, um dos países da União Europeia com a maior taxa de mortalidade durante a estação fria, por falta de condições de isolamento e de aquecimento das habitações, afetando principalmente a população idosa e pessoas com sistemas imunitários fragilizados.

Aliar isto a uma falta de sistemas de ventilação, que, por não existirem na maior parte das habitações portuguesas, impossibilita a renovação do ar interior, que é importante na medida em que ajuda a olhar pela saúde da população portuguesa.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> https://www.csustentavel.com/



Entre 2011 e 2016, o número de portugueses com um diagnóstico de problemas respiratórios mais do que triplicou, realçando a importância de criar condições preventivas ao surgimento ou agravamento deste tipo de problemas.

Um ambiente termicamente estável reduz significativamente a possibilidade do surgimento de condensação nas superfícies interiores, impedindo assim a formação e proliferação de microrganismos nocivos à saúde, como fungos ou bolores.

A EnviEstudos, que é uma empresa prestadora de serviços especializados nas áreas da Qualidade, Ambiente e Segurança, desenvolveu também um estudo sobre conforto térmico, no qual apresenta determinados valores que proporcionam essa sensação de conforto térmico. E foi nestes valores que nos baseamos no desenvolvimento deste projeto, como é visível mais à frente.

Fatores que afetam o conforto térmico	Valores recomendados
Caudal médio de ar fresco	30 a 50 m3/h por ocupante
Velocidade do ar	0,05 m/s e 0,15 m/s no inverno 0,05 m/s e 0,25 m/s no verão
Temperatura do ar	18 a 25 °C
Humidade do ar	50 a 70 %

Tabela 1 - EnviEstudos - valores que proporcionam o conforto térmico

Estes estudos permitem concluir que a humidade, a temperatura e a qualidade do ar, juntamente com a luminosidade, são, entre outros, os principais fatores que um individuo tem em mente e em consideração quando pensa em conforto térmico. Tendo em conta tudo isto, o nosso foco incidiu precisamente nesses 4 fatores.

Utilizamos sensores de luminosidade, temperatura, humidade e presença, e, lendo os valores destes sensores, ajudou a que pudéssemos aturar principalmente em estores, lâmpadas e AC's, em diferentes cenários de casos de uso, que irão ser descritos mais à frente.



## 5. Orçamento energético

Não é segredo para ninguém que, em Portugal, a eletricidade é paga a peso de ouro. O nosso país ocupa o lugar cimeiro do ranking dos países onde os preços são mais elevados, quando ajustados ao poder de compra.

De acordo com os dados lançados pela EUROSTAT<sup>4</sup>, a eletricidade em Portugal (quantificada em PPS – medida que permite ajustar o preço praticado nos diversos Estados-Membros ao respetivo poder de compra) apresenta o valor de 28,2 unidades, o mais elevado de toda a UE, estando à frente de países economicamente mais ricos como a Dinamarca, Bélgica, Alemanha, Irlanda e Espanha, como é evidente no gráfico que se segue.

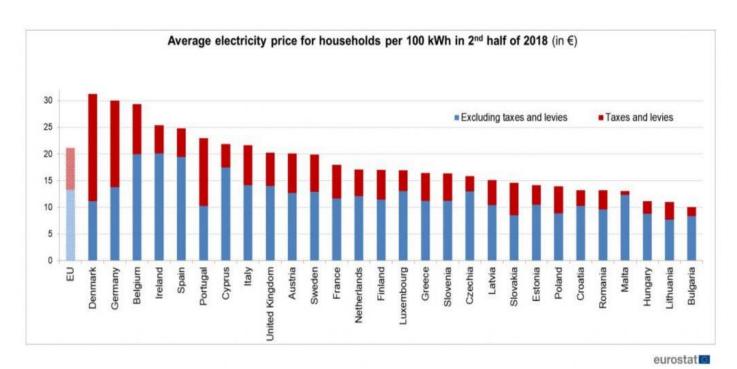


Figura 3 – Média dos preços da eletricidade dos pais da EU

Analisando outros dados, lançados também pela EUROSTAT, que efetuou uma estatística com todos os países da união europeia, em relação ao preço da eletricidade em €/kWh, conclui-se que Portugal ocupa o terceiro lugar dos países que mais paga eletricidade em €/kWh.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>https://ec.europa.eu/eurostat



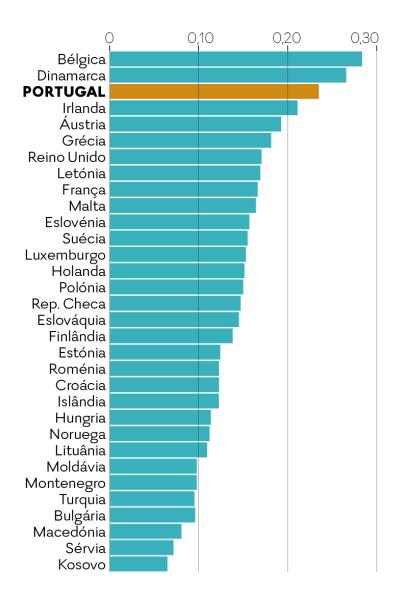


Figura 4 – Estatística da EUROSTAT sobre preço da eletricidade em €/kilowatt hora

Um estudo do Banco de Portugal, publicado como "tema em destaque" do Boletim Económico, revela que, em termos de comparação com a União Europeia a 15 países, o PIB *per capita* nacional de 2018 era inferior ao registado em 1995 e que nestas mais de duas décadas, Portugal tem estado sempre a divergir.

Mais concretamente, depois de no período 1960-1995 ter havido uma clara convergência a rondar 1,4 pontos percentuais ao ano, no período 1995-2018 a situação inverteu-se claramente e o PIB *per capita* nacional tem vindo a perder terreno a um ritmo anual de 0,1 pontos anuais.



Perto de 45% dos cidadãos portugueses registaram declarações de IRS, com um rendimento bruto anual abaixo dos dez mil euros. Os números são dados pelo Fisco e revelados pelo "Jornal de Negócios". É de realçar, que, em média, o número de pessoas dos agregados familiares em Portugal, é de 4 membros. Fazendo as contas, uma família de 4 pessoas, tem à volta de 800 € por mês para viver.

Face a tudo isto, decidimos que era inevitável a criação de um orçamento energético relativo ao ambiente da nossa habitação, com base nos aparelhos da mesma, e o uso de tomadas inteligentes, para ajudar o utilizador a perceber os gastos dos aparelhos e oferecer uma estimativa relativa ao valor a pagar na fatura da eletricidade.

Este orçamento permite também ajudar a, por exemplo, pensarmos que se talvez mudássemos alguns equipamentos domésticos para outros com uma melhor classe energética, iriamos poupar mais ao final do mês, e talvez valesse a pena, pois, depois de um determinado período do tempo, íamos reembolsar o dinheiro investido e poupar dinheiro.



## 6. Prever despesas

Uma boa gestão de qualquer orçamento, é a capacidade de saber antecipar/prever. Prever as despesas futuras, neste caso, despesas relativas à habitação, é um aspeto muito importante na vida do ser humano, se pensarmos bem no assunto, e que pode muito bem obrigar o utilizador a pensar nos seus hábitos, e, por consequência, alterar o seu comportamento, podendo levar a uma redução das despesas, que é um dos objetivos definidos.

Sermos capazes de conseguir prever as nossas despesas futuras, especialmente despesas relacionadas com a habitação, e, em concreto, despesas que dizem respeito à eletricidade, é uma "ajuda" para muitas famílias em Portugal.

Como sabemos, a maior parte da população portuguesa, vive todos os meses numa incerteza constante, na medida em que, todos os meses tem de fazer uma elasticidade financeira para conseguir assegurar o pagamento das despesas, principalmente despesas relacionadas com a eletricidade.

E faz sentido, porque se pensarmos bem, despesas relacionadas com água e gás, andam sempre à volta do mesmo valor todos os meses, pois as nossas rotinas diárias que contribuem para essas despesas, são isso mesmo, uma rotina, igual todos os dias, todos os meses, todos os anos.

Ao contrário das despesas da eletricidade, que é a que mais pode variar. Vejamos um exemplo, só o simples facto de, por exemplo, ao cozinhar, ligarmos mais vezes o forno num mês, ou então ligarmos mais vezes o aquecedor elétrico, ou ligar mais vezes o ar-condicionado, ou ter uma noite mais malpassada e ficarmos a noite toda acordados a ver televisão, entre outras. Estas pequenas coisas, contribuem, e bastante, para o aumento da fatura da eletricidade no final do mês, sem que a pessoa sequer se aperceba.

E é precisamente, pegando nestes aspetos, que achamos muito importante neste projeto, sermos capazes de prever despesas. Pois, ao ter conhecimento dessa previsão, podemos planear as nossas vidas com menos incertezas.



E como é que o podemos fazer? Os aparelhos da nossa habitação, podem ser aprimorados com funcionalidades de IA, e, usando os valores obtidos da realização do orçamento energético, conseguimos aprender os consumos do utilizador na sua habitação, e, também, o seu comportamento, conseguindo definir diversas rotinas e assim efetuar a previsão de despesas.

O utilizador tem a capacidade de, com isto, e com conhecimento geral, aprender que, por exemplo, pode efetuar a lavagem da maquina de lavar a roupa e/ou da maquina de lavar a loiça, durante a noite, pois fica mais barato, pode desligar a televisão, em vez de colocar em stand-by, entre outros, o que irá contribuir também para a redução das suas despesas.



## 7. Requisitos

#### 7.1. Requisitos funcionais

ID: RF1

Descrição: O sistema é capaz de interagir com dispositivos existentes na rede, de modo a receber informações de sensores de presença, sendo capaz de reconhecer o número de pessoas na habitação.

ID: RF2

Descrição: O sistema é capaz de interagir com dispositivos existentes na rede, de modo a receber informações de sensores de luminosidade, e enviar comandos a atuadores, especificando, ligar e desligar luzes.

ID: RF3

Descrição: O sistema é capaz de interagir com dispositivos existentes na rede, de modo a receber informações de sensores de luminosidade, temperatura e humidade, e enviar comandos a atuadores, especificando, abrir e fechar estores.

ID: RF4

Descrição: O sistema é capaz de interagir com dispositivos existentes na rede, de modo a receber informações de sensores de temperatura e humidade, e enviar comandos a atuadores, especificando, ligar e desligar AC.

ID: RF5

Descrição: O sistema é capaz de interagir com dispositivos existentes na rede, de modo a ser capaz de medir os consumos dos aparelhos, através de uma tomada inteligente.



ID: RF6

Descrição: O sistema é capaz de reagir, de forma autónoma, a modificações do estado de dispositivos da rede seja para enviar comandos a atuadores ou para enviar dados aos demais módulos do sistema.

ID: RF7

Descrição: O módulo é capaz de armazenar dados dos dispositivos de forma persistente, com recurso a um Sistema de Gestão de Bases de Dados (SGBD).

#### 7.2. Requisitos não funcionais

ID: RNF1

Descrição: Todas as aplicações e frameworks utilizadas são gratuitas e os equipamentos necessários são, relativamente, de baixo custo.

ID: RNF2

Descrição: O sistema permite a inclusão de novos dispositivos e funcionalidades de forma fácil e segura.

ID: RNF3

Descrição: Todos os sensores, utilizados no sistema, têm uma precisão de, pelo menos, 90%.

ID: RNF4

Descrição: Todos as tomadas inteligentes, utilizadas no sistema para medir os consumos dos aparelhos, têm uma precisão de, pelo menos, 95%.



#### 8. Ferramentas utilizadas

Para o desenvolvimento deste projeto, utilizamos o openHAB, utilizamos diversos sensores, que recolhem e enviam dados para a unidade central, que por sua vez, toma decisões e envia comandos para atuadores, de modo a realizarem as ações desejadas. Utilizamos também tomadas inteligentes para monitorizar vários equipamentos da habitação. Arduíno, que vai receber os dados de leitura dos sensores, processá-los e enviá-los ao openHAB

#### 8.1. Tomadas inteligentes

Utilizamos a tomada inteligente TP-Link HS110<sup>5</sup>, como prova de conceito, uma tomada inteligente, Wi-Fi, que oferece aos utilizadores a capacidade de controlarem remotamente os seus equipamentos. Possibilita o controlo remoto de todo o tipo de equipamentos a ela ligados, a partir de qualquer local com acesso à Internet.

Esta tomada destaca-se pela sua extensão de frequência de 2,4 GHz, utiliza padrões WI-FI como, 802.11b, 802.11g e Wi-Fi 4 (802.11n), oferece uma potência máxima de entrada de 3680 W, uma voltagem de entrada de AC de 100-240 V e uma corrente máxima de 16 A, entre outros, sendo estes os mais fundamentais.

Oferece ainda um sistema de monitorização energética que analisa o consumo de energia de um equipamento em tempo real, e revela o histórico de consumo energético desse mesmo dispositivo.

Foi fundamental a utilização de tomadas inteligentes, para conseguirmos fazer a monitorização de diversos equipamentos da habitação, conseguindo obter diversas informações, como o consumo de cada equipamento monitorizado, que foi fundamental para a elaboração do orçamento energético, mas também para a previsão de despesas futuras.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup>https://www.tp-link.com/pt/home-networking/smart-plug/hs110/



#### 8.2. OpenHAB

Existem, no mercado, muitos dispositivos para domótica, no entanto não há uma padronização de API's, protocolos ou interfaces, o que torna inviável, a um utilizador, utilizar dispositivos de diferentes fabricantes numa mesma interface e habitação.

OpenHAB<sup>6</sup> é um software open source criado como uma solução para esse mesmo problema. Centraliza as comunicações com os mais variados tipos de tecnologias e protocolos comummente utilizados para automação e IoT, permitindo, ainda, a gestão das funcionalidades dos dispositivos e dos dados por eles gerados. Ele também tem a capacidade de guardar dados dos "Items" em bases de dados.

Além de fornecer uma interface única, o OpenHAB oferece-nos uma camada de abstração que nos permite representar, na forma de "Items", os sensores e atuadores do "mundo real", e permite ainda a implementação de regras, onde é possível controlar partes da habitação a partir de dados de vários "Items", como por exemplo abrir e fechar estores a partir de dados lidos por sensores de temperatura e luminosidade.

A maior vantagem desta aplicação é, sem dúvida, reduzir o esforço ao lidar com todos estes diferentes protocolos, porque nos livra da lógica de os ter de "traduzir", o que é importante porque dificilmente teremos sensores e atuadores com protocolos iguais e é importante ter um software que consiga comunicar com todos os elementos necessários para o projeto.

Por ter sido desenvolvida com a framework OSGi Equinox<sup>7</sup>, possui uma arquitetura modularizada, como podemos ver na figura em baixo, de modo a permitir que alguns componentes possam ser iniciados ou interrompidos em tempo de execução sem comprometer a aplicação.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> https://www.openhab.org/

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> http://www.eclipse.org/equinox/



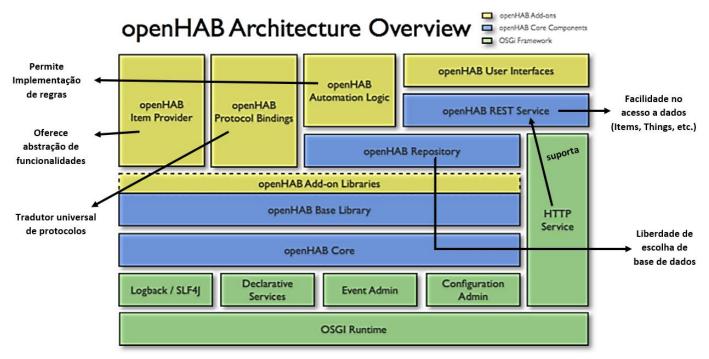


Figura 5 – Diagrama de blocos do openHAB

A comunicação é tratada de duas formas diferentes pelos canais internos do openHAB: um barramento assíncrono de eventos e um repositório de estados.

O serviço básico do openHAB é o Event Bus (barramento assíncrono) que trata de dois tipos diferentes de eventos:

- Comandos que disparam uma ação ou mudança de estado de um item ou serviço.
- Atualizações que fornecem informações sobre o estado de mudança de um item ou serviço.



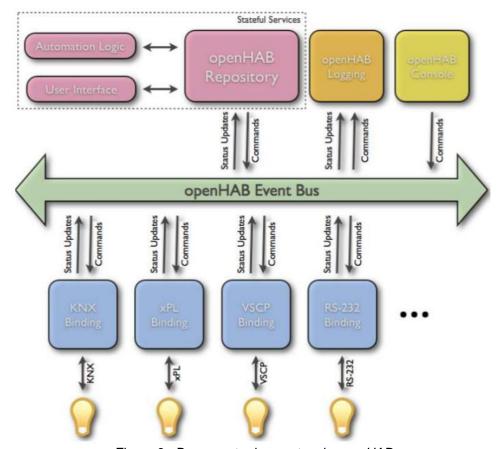


Figura 6 - Barramento de eventos do openHAB

O openHAB serve como um hub de integração que se coloca entre o hardware dos dispositivos e atua como um mediador entre os diferentes protocolos implementados por esses dispositivos. Dessa forma, apenas a instância do openHAB necessita de estar a correr num servidor central para facilitar a comunicação entre os diferentes dispositivos.

Ou seja, permite obter informações de diferentes tipos de sensores, e tomar decisões baseadas no estado atual do sistema. Isso é feito via protocolos de "binding". Qualquer alteração em valores lidos pelos sensores, acionam uma mudança de estado no sistema, no qual podemos agir, segundo determinadas regras.



#### **Biddings**

Biddings, são pacotes de software que são instalados pelo utilizador no openHAB. O principal objetivo é estabelecer a conexão entre o dispositivo e as "things". As ligações comunicam com o nosso dispositivo e traduzem todos os comandos para o openHAB entre o dispositivo e as "things".

#### **Things**

Things, são as entidades que podem ser adicionadas a um sistema e que podem potencialmente fornecer muitas funcionalidades no mesmo.

#### Items

O openHAB possui uma separação estrita, entre o mundo real e o sistema, construído em torno da noção de "Items", também chamada de camada virtual.

"Items" são dados básicos que tem estados e que podem ser escritos e lidos. "Items" podem não ser apenas alterados por software, como podem também ser conectados a um canal de "binding", de forma a poderem ser alterados por eventos do ambiente.

### **Sitemaps**

Sitemaps, são usados para selecionar e preparar elementos como "Items" para serem mostrados por alguma das interfaces de utilizador disponíveis no openHAB.

#### Rules

Rules são usadas para automatizar processos. Cada regra pode ser acionada, o que invoca um script que executa qualquer tipo de tarefa, por exemplo, acender luzes modificando o estado de determinado "Item", fazer cálculos matemáticos, iniciar temporizadores, etc.



### Relação entre conceitos

Existe uma barreira entre o mundo real e o openHAB. A partir de diversos dispositivos, como sensores, lâmpadas, entre outros, o openHAB traduz esses dispositivos para "Items". Qualquer alteração nos valores lidos pelos "Items", acionam uma mudança de estado no sistema, no qual podemos agir, segundo determinadas regras, alterando o estado desse mesmo item ou de outros.

Isto é visível no Sitemap. Aqui podemos ver o estado dos vários "Items" e ainda podemos alterar o estado de alguns destes "Items".

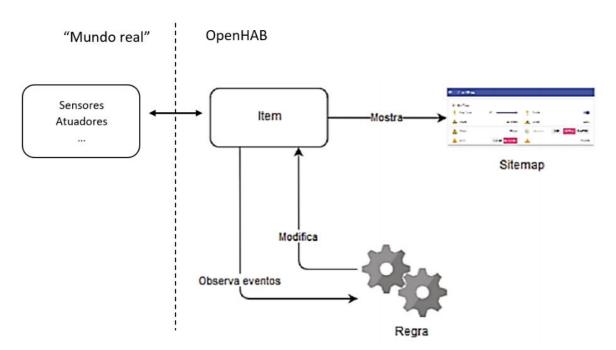


Figura 7 – Relação entre os conceitos do openHAB



#### 8.3. Sensores/Atuadores

Utilizamos diversos sensores no desenvolvimento deste projeto. Sensores de presença, de luminosidade, de temperatura e de humidade, no interior da habitação e no seu exterior, que, aquando das regras definidas para estes, atuarão conforme as mesmas.

A utilização dos sensores, e a maneira geral como estes funcionam, vão ser referidas mais em detalhe, mais em baixo.

Apresentamos, de seguida, uma planta exemplo da nossa habitação, no qual podemos observar o posicionamento dos diversos sensores utilizados na realização deste projeto. Como é possível observar, utilizamos sensores no interior e no exterior da nossa habitação.



Figura 8 – Planta da habitação



## Sensores de presença

Utilizamos dois sensores infravermelhos direcionais, colocados, um a seguir ao outro, no hall de entrada, junto da porta de entrada e saída da habitação, como podemos ver na figura 8, representados com os dois pontinhos a vermelho.

Foram usados sensores de presença, nas portas, de modo a perceber se se encontrava alguém dentro da habitação, ou não, na medida em que, determinadas regras só se aplicariam, tendo em conta as informações destes mesmo, ou seja, por exemplo, o caso de uso de ligar ou desligar as lâmpadas, as regras estabelecidas para este caso, só se aplicariam se alguém estive na habitação, com base nas informações dos sensores de presença.

## Funcionamento sensores presença

Inicialmente, ambos os sensores, 1 e 2, estão no estado OFF. Começando pelo caso de entrada na habitação, quando alguém entra na habitação, existem vários estados para confirmar a entrada na habitação.

Quando o utilizador começa a entrar na habitação, o sensor 1 passa para o estado ON, e o sensor 2 permanece a OFF.

Quando o utilizador está a entrar na habitação, ambos os sensores apresentam um estado ON.

Quando o utilizador está a "terminar" de entrar na habitação, o sensor 1 passa para o estado OFF, e o sensor 2 permanece a ON.

Finalmente, ambos os sensores apresentam o estado OFF, o que significa que o utilizador entrou na habitação, e, encontra-se mais uma pessoa dentro da habitação.



Pensando agora no caso de saída da habitação, quando alguém sai da habitação, existem vários estados para confirmar essa mesmo saída, como no caso da entrada na habitação.

Quando o utilizador começa a sair da habitação, o sensor 2 passa para o estado ON, e o sensor 1 permanece a OFF.

Quando o utilizador está a sair da habitação, ambos os sensores apresentam um estado ON.

Quando o utilizador está a "terminar" de sair da habitação, o sensor 2 passa para o estado OFF, e o sensor 1 permanece a ON.

Finalmente, ambos os sensores apresentam o estado OFF, o que significa que o utilizador saiu da habitação, e, não se encontra ninguém dentro da habitação, ou então, está menos uma pessoa na habitação.

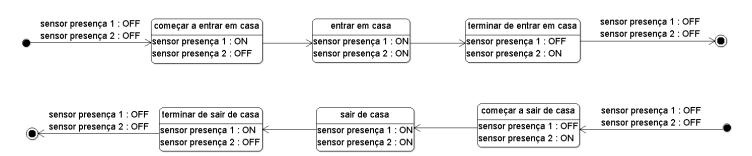


Figura 9 – Diagrama de estados do sensor de presença



### Sensores de luminosidade

Foram usados sensores de luminosidade, no interior e no exterior da habitação. Sensores estes, que medem os níveis de luminosidade no interior e no exterior da habitação. Tendo em conta esses valores, e segundo regras predefinidas para os mesmos, estes vão atuar nas lâmpadas da habitação, segundo esses valores e essas regras.

Estes sensores, estão implementados por toda a habitação, como se pode ver na figura 18, pelos pontinhos representados a amarelo.

# Sensores de temperatura

Foram usados sensores de temperatura, no interior e no exterior da habitação. Sensores estes, que medem a temperatura no interior e no exterior da habitação. Tendo em conta esses valores, e segundo regras predefinidas para os mesmos, estes vão atuar nos estores e nos AC's da habitação, segundo esses valores e essas regras.

Estes sensores, estão implementados por toda a habitação, como se pode ver na figura 18, pelos pontinhos representados a azul.

### Sensores de humidade

Foram usados sensores de humidade, no interior e no exterior da habitação. Sensores estes, que medem os níveis de humidade no interior e no exterior da habitação. Tendo em conta esses valores, e segundo regras predefinidas para os mesmos, estes vão atuar nos AC's da habitação, segundo esses valores e essas regras.

Estes sensores, estão implementados por toda a habitação, como se pode ver na figura 18, pelos pontinhos representados a verde.



### 8.4. Arduíno

O Arduíno<sup>8</sup> é uma placa de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projeta com um microcontrolador Atmel AVR com suporte de entrada e saída embutido, uma linguagem de programação padrão, que tem origem na linguagem Wiring, que é uma modificação das linguagens C e C++.

Neste projeto, o Arduíno foi usado como dispositivo de entrada e saída de dados e interface de comandos. Ele é um dos responsáveis por receber os dados de leitura dos sensores, processá-los e enviá-los ao openHAB. Os comandos para atuar sobre o sistema são enviados pelo openHAB ao Arduíno, que por sua vez prossegue a essa atuação.



# 9. Arquitetura do sistema

O módulo de automação do sistema permite a interação com os dispositivos utilizados para a automação do ambiente, os sensores, bem como a comunicação com outros módulos e o armazenamento dos dados obtidos.

A figura seguinte detalha os componentes e as interações entre eles. Todos os módulos possuem componentes de comunicação com o exterior, para interagir, seja com os demais módulos, seja com sensores, bem como possuem um componente para persistência de dados.

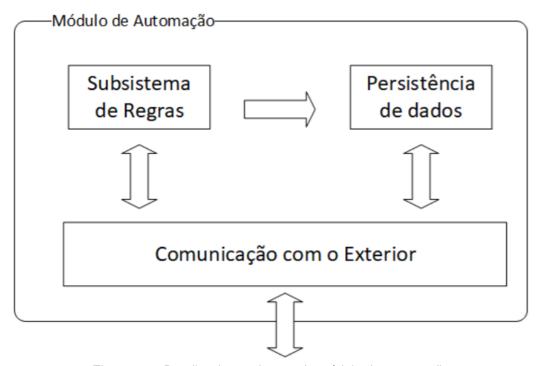


Figura 10 – Detalhe da arquitetura do módulo de automação

Esta arquitetura foi baseada, após análise e leitura, na dissertação de mestrado do Professor Alessandro Moreira, que se encontra disponível nas referências.



# Componentes do Módulo de Automação

- <u>Comunicação com exterior</u>: compreende qualquer comunicação, seja com os dispositivos, seja com os módulos de aprendizagem e representação do conhecimento, bem como com os intervenientes do sistema. É necessário que o sistema seja capaz de entender diferentes protocolos de comunicação utilizados em IoT e principalmente HTTP para comunicação com os demais módulos.
- <u>Subsistema de regras de automação</u>: este componente realiza a tarefa de comandar os dispositivos conforme regras a serem estipuladas. As condições das regras podem ser determinadas por valores dos sensores, bem como das saídas dos módulos de aprendizagem e representação do conhecimento.
- <u>Persistência de dados</u>: todos os valores dos dispositivos são armazenados em base de dados para garantir a persistência dos mesmos e um histórico que pode ser utilizado para fins de determinação de padrões.



### 10. Casos de uso

Na figura seguinte, temos o diagrama de casos de uso, geral, do nosso sistema que tem três principais intervenientes, sendo o utilizador o único interveniente humano.

Começando pelo utilizador, que é o morador da nossa habitação, este foca-se, principalmente, na verificação do orçamento energético.

Pegando no conceito do orçamento energético, o sistema é capaz de prever despesas futuras, recorrendo a IA.

O openHAB, foca-se na leitura dos valores dos diversos sensores espalhados pela casa, e, segundo determinadas regas estabelecidas, aturar nos aparelhos da nossa habitação, abrindo ou fechando estores, ligando ou desligando lâmpadas e ligando ou desligando ou AC. Tudo isto com um único objetivo, garantir o conforto térmico que o utilizador tanto procura.

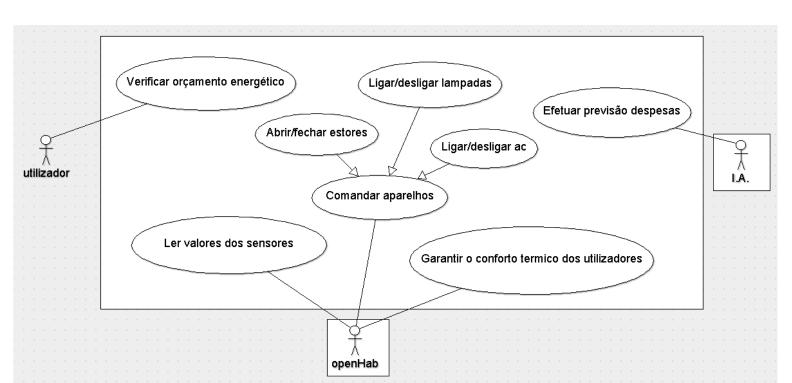


Figura 11 – Diagrama de casos de uso



### 10.1. Abrir/fechar estores

Neste caso tivemos em conta os sensores de temperatura, humidade e luminosidade. A atuação realizada nos estores teve em conta os valores lidos dos sensores de luminosidade e temperatura.

Para abrir os estores, a luminosidade exterior tem de estar acima dos 800 lux, o que achamos ser já bastante luz e, devemos então, aproveitar essa luz natural. É necessário ainda que, a temperatura exterior esteja dentro do limite 10-30 °C.

Para fechar os estores, é necessário que a luminosidade exterior esteja abaixo dos 600 lux, ou então que a temperatura exterior esteja abaixo dos 10 °C ou acima dos 30 °C. Esta regra existe para que, neste caso das temperaturas, se preserve a temperatura interior da casa, ou seja, impedimos que a casa arrefeça, caso esteja frio no exterior ou que a casa aqueça caso esteja calor no exterior.

Caso de uso	Ação	Regras/condições implementadas			
	Abrir estores	<ul> <li>luminosidade exterior &gt; 800 lux E</li> <li>10 °C &lt; temperatura exterior &lt; 30 °C</li> </ul>			
Estores		❖ luminosidade exterior < 600 lux OU			
	Fechar estores	❖ temperatura exterior <10 °C OU			
		❖ temperatura exterior > 30 °C			

Tabela 2 – Regras implementadas que exercem ações nos estores



# 10.2. Ligar/desligar lâmpadas

Neste caso tivemos em conta os sensores de luminosidade e de presença. A atuação realizada nas lâmpadas teve em conta os valores lidos dos sensores de movimento e luminosidade.

Para ligar a luz, tem de estar alguém na sala, a luminosidade interior tem de ser menor que a luminosidade exterior e, esta, tem de estar abaixo dos 800 lux (valor que achamos ideal para ligar as luzes).

Para desligar a luz, os utilizadores têm de sair da sala ou então a luminosidade exterior tem de estar acima dos 800 lux. Com essa luminosidade, já não se justifica consumir energia com luzes, portanto desliga-se e, como vimos anteriormente, abrem-se os estores, para aproveitar a luz natural.

Caso de uso	Ação	Regras/condições implementadas			
l â de -	Ligar lâmpadas	<ul> <li>sensores presença: ON E luminosidade interior &lt; luminosidade exterior E luminosidade exterior &lt; 800 lux</li> </ul>			
Lâmpadas	Desligar lâmpadas	sensores presença: OFF OU			
		❖ luminosidade exterior > 800 lux			

Tabela 3 – Regras implementadas que exercem ações nas lâmpadas



# 10.3. Ligar/desligar ar-condicionado

Neste caso tivemos em conta os sensores de temperatura e humidade. A atuação realizada no AC teve em conta os valores lidos nestes sensores.

Para ligar o AC, a temperatura interior tem de ser superior a 25 °C e a temperatura exterior superior a 28 °C. Neste caso, o AC ligar-se-á no modo "cool". Para desligar, a temperatura interior tem de ser igual ou inferior a 20 °C, como se pode observar na tabela.

Para ligar o AC no modo "hot", a temperatura interior tem de ser inferior a 18 °C e a temperatura exterior inferior a 13 °C. Para desligar o AC, nesse caso, a temperatura interior tem de ser igual ou superior a 21 °C.

Para ligar o AC no modo "desumidificador", a humidade tem de ser inferior a 50% ou superior a 60%. Quando a humidade estiver entre os 50 e 60%, o AC desliga-se.

Caso de uso	Ação		Regras/condições implementadas			
	Ligar AC	modo "cool"	*	temperatura interior > 25 °C E temperatura exterior > 28 °C		
		modo "hot"	*	temperatura interior < 18 °C E temperatura exterior < 13 °C		
AC		modo humidade	*	humidade > 60% OU humidade < 50%		
AC	Desligar AC	modo "cool"	*	temperatura interior <= 20 °C		
		modo "hot"	*	temperatura interior >= 21 °C		
		modo humidade	*	50% < humidade < 60%		

Tabela 4 – Regras implementadas que exercem ações nos AC's



### 10.4. Orçamento energético

Neste caso tivemos em conta a utilização de tomadas inteligentes, como prova de conceito. Foi fundamental a utilização de tomadas inteligentes, para conseguirmos fazer a monitorização de diversos equipamentos da habitação, conseguindo obter diversas informações, como o consumo de cada equipamento monitorizado.

Conseguimos obter esses valores e guardamos respetivamente na base de dados. Posteriormente, usando esses valores, dos diversos equipamentos monitorizados por estas tomadas, fazemos a sua junção, e um cálculo com base no preço do kWh. Em seguida, apresentamos esse valor "final", de quanto o utilizador vai pagar na sua fatura elétrica, com base no seu consumo dentro da habitação, o consumo dos seus aparelhos domésticos.

Apresentamos estes valores, que constituem o orçamento energético, na forma de um website, para que o utilizador possa observar, de facto, os seus consumos domésticos, e o total a pagar, face a esses consumos.



### 10.5. Previsão de despesas

Inteligência artificial é o ramo da ciência da computação que estuda, entre outros temas, os chamados agentes inteligentes, seja analisando o modo como realizam os processos internos de ilações, seja pelo modo como atuam no ambiente. Um agente é uma qualquer entidade capaz de perceber o ambiente em seu redor, por meio de sensores, e interagir com ele, por meio de atuadores. Um agente é dito inteligente quando realiza a melhor ação possível numa dada situação (Russell and Norvig, 2009).

A IA automatiza a aprendizagem repetitiva e a descoberta a partir dos dados. Contudo, a inteligência artificial é diferente da automação robótica guiada por hardwares. Em vez de automatizar tarefas manuais, esta realiza tarefas frequentes, volumosas e computadorizadas de modo confiável e sem fadiga. Para este tipo de automação, a interferência humana ainda é essencial na configuração do sistema e para fazer as perguntas certas.

Os aparelhos da nossa habitação, podem ser aprimorados com funcionalidades de IA, de maneira parecida como a Siri foi adicionada aos produtos da Apple. Automação, plataformas de conversa, robôs e aparelhos inteligentes podem ser combinados com grandes quantidades de dados para aprimorar muitas tecnologias para as nossas habitações.

Tendo em conta os valores dos consumos dos diversos aparelhos da habitação, obtidos através das tomadas inteligentes, para elaboração do orçamento energético, em conjunto com os cálculos efetuados com os mesmos e o preço do KWh em Portugal, conseguimos obter a fatura de eletricidade, relativa ao comportamento e o consumo do utilizador, dentro da sua habitação.

Utilizando estes valores, conseguimos aprender os consumos do utilizador na sua habitação, e, usando IA, conseguimos também aprender o seu comportamento, conseguindo definir diversas rotinas e assim prever despesas.



# 11. Implementação

### 11.1. Conforto térmico - OpenHAB

### Regras

Como já foi referido, o sistema atua nos diversos aparelhos, segundo determinadas regras, que vão ser apresentadas de seguida.

```
rule "abrir/fechar estores"
when
        Item LuminosidadeExterior received update or
        Item TemperaturaExterior received update
then
        val lux = Integer::parseInt(LuminosidadeExterior.state.toString)
        val temp = Integer::parseInt(TemperaturaExterior.state.toString)
        val minTemp = 10
        val maxTemp = 30
        val luxOn = 800
        val luxOff = 600
        if ( lux > luxOn && temp > minTemp && temp < maxTemp ) {
            gShutter.sendCommand(ON)
        else if( lux < luxOff || temp < minTemp || temp > maxTemp ){
            gShutter.sendCommand(OFF)
        }
end
```

Figura 12 – Regras elaboradas para atuação em estores

```
rule "ligar/desligar luz da sala"

//Item LivingDining_LuminosidadeInterior received update

Item LivingDining_Motion changed or Item LuminosidadeExterior changed

then

val luxExt = Integer::parseInt(LuminosidadeExterior.state.toString)

val luxInt = Integer::parseInt(LivingDining_LuminosidadeInterior.state.toString)

val threshold = 800

if (luxInt <= luxExt && luxExt < threshold && LivingDining_Motion.state == ON ) {

LivingDining_Light.sendCommand(ON)

}

else if(luxExt >= threshold || LivingDining_Motion.state == OFF ){

LivingDining_Light.sendCommand(OFF)

}

end
```

Figura 13 – Regras elaboradas para atuação em lâmpadas



```
rule "ligar/desligar ar condicionado da sala (temperatura)"
     when
             Item LivingDining_Temperature changed or
             Item TemperaturaExterior changed
     then
             val tempInt = Integer::parseInt(LivingDining_Temperature.state.toString)
             val tempExt = Integer::parseInt(TemperaturaExterior.state.toString)
             val acState = LivingDining_AirCon.state.toString
             val hotTemp = 25
             val hotTempExterior = 28
             val hotTempOff = 20
             val coolTemp = 18
13
             val coolTempExterior = 13
14
             val coolTempOff = 21
15
16
             if ( tempInt > hotTemp && tempExt > hotTempExterior && acState == "OFF" ) { //...e estado OFF
                 LivingDining_AirCon.sendCommand(ON)
17
18
19
             else if( tempInt <= hotTempOff && acState == "ON" ){ //menor que 20 e estado ON</pre>
20
                 LivingDining_AirCon.sendCommand(OFF)
             else if( tempInt < coolTemp && tempExt < coolTempExterior && acState == "OFF" ){ //...e estado OFF
                 LivingDining_AirCon.sendCommand(ON)
             else if( tempInt >= coolTempOff && acState == "ON" ){ //maior que 21 e estado ON
26
                 LivingDining_AirCon.sendCommand(OFF)
27
28
29
30
     rule "ligar/desligar ar condicionado da sala (humidade)"
             Item LivingDining_Humidity changed
             val humidade = Integer::parseInt(LivingDining_Humidity.state.toString)
             val maxHumidade = 60
             val minHumidade = 50
             if ( humidade > maxHumidade | | humidade < minHumidade ) {</pre>
                 LivingDining_AirCon.sendCommand(ON)
             else{
                 LivingDining_AirCon.sendCommand(OFF)
```

Figura 14 – Regras elaboradas para atuação no AC



```
val people = Integer::parseInt(People.state.toString)
                                                                      Item Entryway_Motion changed from ON to OFF
     rule "contador de pessoas que entram em casa"
                                                                  then
                                                                      if(stateE == 2){
         Item Entryway_Motion changed from OFF to ON
         if(stateE == 0){
             logInfo("People: ", people.toString())
         else if(stateE == 3){
                                                                  rule "contador de pessoas que entram em casa"
                                                                      Item Entryway_Motion2 changed from ON to OFF
                                                                  then
     rule "contador de pessoas que entram em casa"
                                                                          people ++
                                                                          People.postUpdate( people )
24
         Item Entryway_Motion2 changed from OFF to ON
                                                                          logInfo("People: ", people.toString())
         if(stateE == 1){
                                                                  end
```

Figura 15 – Regras elaboradas para deteção da entrada de pessoas na habitação



```
rule "contador de pessoas que saem em casa"
when
                                                                 Item Entryway_Motion2 changed from ON to OFF
    Item Entryway_Motion2 changed from OFF to ON
                                                              then
then
    if(stateS == 0){
        logInfo("People: ", people.toString())
    else if(stateS == 3){
    }
    else{
                                                              rule "contador de pessoas que saem em casa"
        stateS = 0
                                                                 Item Entryway_Motion changed from ON to OFF
end
rule "contador de pessoas que saem em casa"
                                                                     people --
    Item Entryway_Motion changed from OFF to ON
                                                                     People.postUpdate( people )
                                                                     logInfo("People: ", people.toString())
then
                                                                 else if(stateS == 2){
    if(stateS == 1){
                                                                     stateS = 0;
                                                              end
```

Figura 16 – Regras elaboradas para deteção da saída de pessoas na habitação



# 11.2. Orçamento energético - Website

A utilização de tomadas inteligentes, como prova de conceito, foi fundamental para conseguirmos fazer a monitorização de diversos equipamentos da habitação, conseguindo obter diversas informações, como o consumo de cada equipamento monitorizado.

Para a elaboração do website, que representa o orçamento energético, fizemos a comunicação deste com a nossa base de dados, utilizando o Ajax<sup>9</sup>.

Ajax é a abreviação de JavaScript assíncrono e XML, que se refere a um conjunto de técnicas de desenvolvimento da Web em vez de uma linguagem de programação real. O Ajax, no entanto, é amplamente usado na programação do lado do cliente, por exemplo, JavaScript, para permitir que dados sejam enviados e recebidos de e para um banco de dados / servidor. O que há de especial no uso da programação Ajax é que podemos trocar dados em segundo plano sem atrapalhar a experiência do utilizador.

Este método é extremamente útil para o desempenho e a usabilidade do website. Como o carregamento assíncrono é um bloqueio sem renderização, permitirá que o HTML da página continue analisando, mesmo que encontre uma tag de script.

A maneira como o Ajax funciona é bastante simples. Para ajudar a explicar, apresentamos uma figura em baixo, que mostra uma comparação entre o método convencional de solicitação de dados de um servidor da Web e o uso do método Ajax.

<sup>9</sup>https://www.xul.fr/en-xml-ajax.html

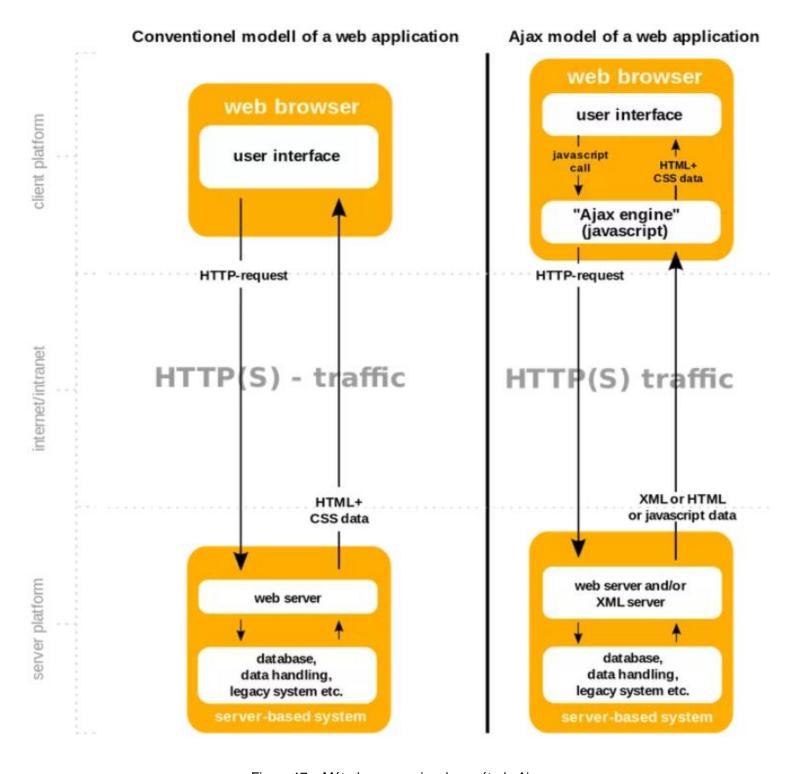


Figura 17 – Método convencional vs método Ajax



Começando pelo topo do método convencional, podemos ver que o utilizador deseja fazer uma solicitação ao servidor da Web para alguns dados, ocorrendo o seguinte:

- Uma solicitação HTTP é feita do navegador para o servidor da web. Portanto, o utilizador deve aguardar o processamento dessa solicitação e retornar uma resposta antes de poder ver os dados solicitados.
- 2. A solicitação chega ao servidor da web e recupera os dados apropriados.
- 3. Os dados solicitados são então enviados de volta ao navegador e o utilizador pode ver esses dados.

Solicitando os mesmos dados ao servidor da Web, porém, desta vez usando o método Ajax:

- 1. O navegador executa uma chamada JavaScript para o mecanismo Ajax. Em outras palavras, cria um objeto XMLHttpRequest.
- 2. Em segundo plano, uma solicitação HTTP é feita para o servidor e os dados apropriados são recuperados.
- 3. Os dados HTML, XML ou JavaScript são retornados ao mecanismo Ajax, que entrega os dados solicitados ao navegador.

### Laboratório de Projeto Integrado - Automação de Ambientes / Orçamento Energético

```
function postRequest (url, payload, functionDone, functionFail) {
     createRequest (url, "POST", payload, functionDone, functionFail);
 function getRequest(url,functionDone,functionFail) {
     createRequest (url, "GET", null, functionDone, functionFail);
 function createRequest(url,method,payload,functionDone,functionFail) {
     let ajaxRequest={
          url: location.origin + url,
          //url:url,
          type: method,
          data: JSON.stringify(payload),
         crossdomain: true,
         crossorigin: true,
          dataType: 'json',
         contentType: "application/json; charset=utf-8"
     };
     if(payload==null || payload==='') {
          delete ajaxRequest.data;
     $.ajax(ajaxRequest).done(function(data, textStatus, request){
          functionDone(data, textStatus, request);
     }).fail(function(data){
          functionFail (data);
     });
 }
                 Figura 18 - Exemplo ficheiro HTML com Ajax - util.js
<h+m1>
<head>
   <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.4.1.min.js" ></script>
   <script src="./utils.js" ></script>
</head>
<body>
   <div>
       <textarea id="urlText" style="width: 1000px;height: 500px;"></textarea>
       <input type="text" class="workAttribute" id="title" >
   </div>
    <div>
       <button id="getCatFactsText">Get Cat Facts Text/button>
    </div>
   <script>
       $(".workAttribute")
       $("#getCatFactsText").on('click',function(){
           const functionDone=(data)=>{
               const size=data.all.length;
               const index=Math.round(Math.random()*size);
               $("#urlText").val(data.all[index].text)
           const functionFail=(data)=>{
               console.log(data);
           //functionFail("fail");
           const url="https://cat-fact.herokuapp.com/facts";
           getRequest (url, functionDone, functionFail);
   </script>
</body>
```

Figura 19 - Exemplo ficheiro HTML com Ajax - index.html

</html>



Os valores lidos das tomadas inteligentes, relativos a cada equipamento da nossa habitação, são guardados na nossa base de dados. Valores estes, no qual, o openHAB os obtém face a uma função implantada para isso mesmo. Cada tabela, com nome terminado em "currentpower\_00xx", apresenta o consumo em watts, no momento em que foi introduzido na base de dados, do relativo equipamento doméstico a que corresponde, como podemos ver na figura seguinte.

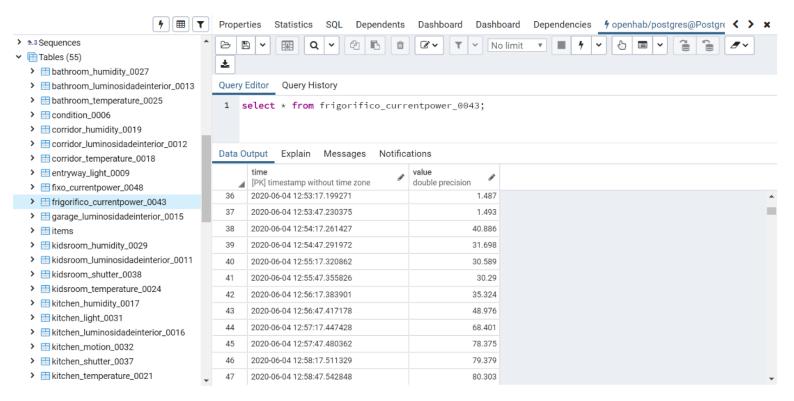


Figura 20 – Tabela com os valores de consumo, em Watts, de cada aparelho

Com base nos valores obtidos das tomadas, conseguimos perceber o que cada equipamento da habitação consome em watts, e sabendo quanto a entidade energética, neste caso a EDP, cobra em quilowatt-hora (kWh), conseguimos ter uma ideia de quanto iremos pagar na fatura de eletricidade nesse mês.



### n Orçamento Energético LPI

Consumo total do último mês: 82.56 kWh

Consumo total do frigorífico no último mês: 20.83 kWh

Consumo total da maquina de lavar loiça no último mês: 15.45 kWh

Consumo total da maquina de lavar roupa no último mês: 14.41 kWh

Consumo total do computador fixo no último mês: 13.24 kWh

Consumo total da televisão no último mês: 18.63 kWh

Custo total do último mês: 12.96 €

Figura 21 – Website relativo ao orçamento energético

Como podemos ver, temos a representação do consumo total gasto do último mês, pelos eletrodomésticos que estiveram ligados à tomada inteligente, e também conseguimos ver o consumo gasto por cada eletrodoméstico.

Através do consumo total gasto do último mês, calculamos o custo total em euros, usando o preço de cada kWh cobrado pela EDP, neste caso, juntamente com o IVA.

De salientar que estes valores estão guardados na base de dados do openHAB e, o openHAB, envia-nos os valores referentes ao último mês. Isto poderia ser alterado de acordo com as necessidades do utilizador para, por exemplo, mostrar o consumo do mês atual, ou seja, desde o dia 1 desse mês.



# 12. Possíveis aplicações

Para além da aplicação nas habitações, que foi o foco e o principal objetivo deste projeto, o nosso sistema pode muito facilmente adequar-se a outros diversos cenários e ambientes.

Hospitais, empresas, bares, cafés, camaras municipais, lares, estabelecimentos comerciais, museus, entre outos. São muitos os exemplos, onde, este sistema, seria, igualmente, uma mais valia, para os trabalhadores, nestes casos.

O controlo do conforto térmico é um fator muito importante no local de trabalho. Na ausência deste controlo, os níveis de concentração dos trabalhadores podem ser afetados, tendo consequências diretas no seu desempenho e produtividade. As atividades intelectuais, manuais e percetivas, apresentam um melhor rendimento quando realizadas em situações de conforto térmico.

A temperatura e a humidade nos locais de trabalho, bem como as instalações comuns, devem ser adequadas ao organismo humano, tendo em conta os métodos de trabalho, vestuário utilizado e os condicionalismos físicos impostos pelos trabalhadores, de modo a proporcionar um bem-estar e defender a saúde dos trabalhadores.

Os fatores que afetam o conforto térmico são ambientais (qualidade do ar, temperatura ambiente, luminosidade e humidade) e pessoal (vestuário e metabolismo). Para se garantir um conforto térmico é necessário existir equilíbrio entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido pelo corpo.

O conforto térmico é medido utilizando a norma internacional ISO 7730:2005, que estabelece um critério objetivo de avaliação de conforto térmico, combinando todos estes parâmetros, na medição do PMV (voto médio estimado – indicação da sensação térmica das pessoas) /PPD (percentagem de pessoas insatisfeitas com as condições térmicas).



Sempre que a ventilação natural não resulte de uma atmosfera de trabalho conforme acima referido, deve-se procurar adotar sistemas artificiais de ventilação e de aquecimento ou arrefecimento.

Os resultados do inquérito "'Survey' do Orçamento do Estado para 2020", realizado a cerca de 100 empresas nacionais, mostram que 95% das companhias pedem a redução da taxa de IVA da eletricidade.

Portugal foi no primeiro semestre o terceiro país da UE com a componente mais alta de taxas e impostos na fatura da eletricidade, de acordo com a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE).

Tendo em conta todos estes argumentos, uma possível, e boa, aplicação do nosso projeto seria em empresas. Não só iria garantir uma boa sensação de conforto térmico por parte dos trabalhadores, mas também iria ser benéfico a nível energético, pois com a ajuda do orçamento energético, mas também usando inteligência artificial para prever despesas, iria ajudar as empresas a pouparem e reduzirem a sua fatura de eletricidade.

E como esta ideia, existem muitas outras, que se adaptariam muito bem a um nível empresarial, pois as empresas estariam a fazer uma análise mais concreta e poderiam adotar medidas, tudo com base no nosso projeto.

Eventualmente também poderiam ser capazes de prever despesas, que, como referido anteriormente, é um aspeto bastante importante.



### 13. Conclusão

Com a realização deste projeto, conseguiu-se uma exposição dos conceitos fundamentais da automação residencial, principalmente com o estudo aprofundado da mesma e o uso do sistema openHAB.

A informação recolhida serviu para aprofundar os conhecimentos sobre este tema, consolidar o conhecimento dos problemas existentes, principalmente relativos ao conforto térmico, neste caso da população portuguesa, bem como as dificuldades que estes têm em garantir esse mesmo conforto térmico.

Elaborou-se o orçamente energético, porque, na nossa opinião, este é fundamental, quando falamos em conforto térmico, pois muitas pessoas pensam que para assegurar o seu conforto térmico, isso implica muitos gastos, deixando assim este tema, bastante importante, de lado, e que não é necessariamente verdade, como pode ser visível com o desenvolvimento deste projeto.

Toda a informação recolhida serviu também para definir os objetivos a atingir e para ser utilizada, como base, para o projeto desenvolvido.

O presente projeto é a concretização de esforços empreendidos, tais como, análise comparativa de aplicações de automação, ressaltando pontos fortes e fracos, experimentação de diferentes aplicações de automação, instalação e configuração da aplicação escolhida - openHAB, bem como criação de entidades, regras de automação e da comunicação de dispositivos físicos, superando as questões de sintaxe e lógica das linguagens de programação internas.

Optou-se pela utilização do openHAB como sistema supervisório com o objetivo de facilitar a interação em ambientes com uma grande variedade de dispositivos. Foi uma excelente oportunidade para trabalhar com uma nova ferramenta, aprendendo a usa-la e adquirindo novos conhecimentos sobre a mesma e de todas as funcionalidades que esta oferece.



Os resultados obtidos permitem concluir que o projeto desenvolvido apresenta claras vantagens relativamente ao uso do openHAB para automação de ambientes. Este facto deve-se ao conceito de introdução de capacidade de processamento de dados nos módulos do sistema, possibilitando assim a utilização de um protocolo de comunicação mais completo.

O modelo de dispositivo proposto pode ser uma solução viável para a aplicação em ambientes, onde se procura promover uma melhoria no conforto térmico e, também, utilizar as informações de consumo fornecidas, pelo dispositivo, para incentivar à redução do consumo energético.



### 14. Trabalho futuro

O sistema implementado corresponde a um protótipo e à concretização de uma proposta de arquitetura, na qual, a concretização dos objetivos propostos para este trabalho originou um conjunto de novas ideias para trabalhos futuros. Uma dessas ideias é a introdução de inteligência artificial.

O ramo da IA possui diversas abordagens ao tratar do tema dos agentes inteligentes.

A abordagem dedutiva, na qual o agente realiza as suas tarefas orientadas ao conhecimento que possui, concretizado por um conjunto de factos que podem derivar novos, a partir do uso de regras bem definidas. Os agentes baseados em conhecimento situam-se nesta abordagem.

A abordagem indutiva, na qual o agente recorre a uma extrapolação cujo modelo pode não ser verificado para alguns dos dados. A abordagem indutiva é representada pelo ramo da Aprendizagem Máquina, na qual estão os agentes de aprendizagem. Os agentes reflexivos são dos mais simples de serem implementados e respondem às alterações do ambiente sob a forma de condições.

Um agente reflexivo, possui um estado interno no qual ele tenta manterse a par do que acontece no ambiente em que atua. Este estado interno reflete as alterações que se verificaram no ambiente e é utilizado para representar a compreensão que o agente tem sobre o mundo. Esta compreensão do mundo é o que se chama de modelo. Um sistema de automação que guarde um histórico das modificações do ambiente pode ser um exemplo deste tipo de agente.

Um agente de aprendizagem é caracterizado por quatro componentes:

- Componente de desempenho é responsável por receber informações do ambiente e decidir a ação a ser desempenhada.
- Componente de aprendizagem é o responsável por melhorar o desempenho do agente.



- Componente de crítica avalia o desempenho do agente, contra um padrão determinado e indica o que deve ser feito para ser melhorado.
- Gerador de problemas permite ao agente explorar novas situações para melhorar o desempenho no longo prazo.

Os três tipos de agentes mencionados acima, poderão ser utilizados neste trabalho para melhorias e um aperfeiçoamento na implementação do sistema apresentado, na medida em que, utilizando IA, podemos conseguir, como foi referido neste relatório, prever despesas dentro da nossa habitação, que foi deixado em aberto, mas também a capacidade do sistema aprender os comportamentos e os hábitos do utilizador da habitação.

Achamos esta uma boa e interessante ideia para um trabalho futuro porque já temos acesso aos dados mais importantes e necessários para este tema e poderíamos ainda combinar com outros dados que seriam igualmente importantes e, então, seria interessante aplicar algoritmos de IA nestes dados, para fazer previsões de futuras despesas. Caso tivéssemos mais tempo, sem dúvida que iríamos seguir este caminho.

Surgiram também outras ideias para trabalhos futuros, tais como:

 Aproveitamento da capacidade do sistema desenvolvido para conceber uma ponte de ligação para outros sistemas de domótica.



### 15. Referencias

- [1] MIGUEZ, Alessandro. Assistência à autonomia no domicílio com integração de Automação e Inteligência Artificial. Porto: Universidade Fernando Pessoa, 2017
- [2] NUNES, Renato. Domótica presente e futuro. Lisboa : Instituto Superior Técnico/INESC-ID.
- [3] CARDOSO, Breno. DESENVOLVIMENTO DE UMA TOMADA CONECTADA COM AUTODIAGNÓSTICO PARA A INTERNET DAS COISAS. Joinville : Universidade federal de Santa Catarina, 2018
- [4] CARVALHO, Rui; GUERREIRO, Rui; GOMES, Bernardo. Domótica: Principais protocolos e apresentação do EIB. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2004
- [5] BOAVENTURA, Daniel. AUTOMAÇÃO COM OPENHAB DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO HÍBRIDA VISANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Brasília : Universidade de Brasilia, 2016
- [6] SANZ, Laura; HERA, Alberto. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE EN SERVICIOS Y DISPOSITIVOS DOMÓTICOS. Madrid: ETSIT Universidade Politécnica de Madrid, 2003.
- [7] PAOLO, Garau; MASSIMILIANO, Casciello; ROBERTO, Melis. LA DOMOTICA. TESINA DI PROGETTAZIONE DI SISTEMI DISTRIBUITI. Cagliari : Universita' Degli Studi di Cagliari, 2005
- [8] ELSENPETER, Robert; VELTE, Toby. Build Your Own Smart Home. California: The McGraw-Hill Companies, 2003. ISBN 0-07-223013-4.
- [9] OpenHAB. OpenHAB, a. URL https://www.openhab.org/.
- [10] OpenHAB. OpenHAB Architecture Overview, b. URL <a href="https://github.com/">https://github.com/</a> openhab/openhab1-addons/wiki/images/architecture.png.
- [11] OpenHAB. OpenHAB-github, c. URL https://github.com/openhab/openhab
- [12] Portal da Construção Sustentável. Inquérito realizado em Portugal Continental sobre o conforto térmico em casa. Portugal, 2017
- [13] Expresso. Um frio de morte vive dentro de casa. Portugal, 2019
- [14] ENVIESTUDOS. Qual a importância do conforto térmico nos locais de trabalho. Portugal, 2017



# ANEXOS



# **LOGBOOK**

### Semana 2 (18.02.20 e 20.02.20)

 Reunião com o professor Alessandro com o objetivo de especificar o problema e as ideias principais do projeto.

### Semana 3 (27.02.20)

- Adaptação ao programa que irá ser utilizado ao longo do projeto (openHAB);
- Esclarecimento de dúvidas, com o orientador, sobre este mesmo programa.

### Semana 4 (3.03.20 e 5.03.20)

- Continuação da preparação do projeto, como por exemplo configurações do openHAB;
- Aquisição dos itens necessários para este projeto (Arduíno, vários sensores e tomadas que monitorizam o consumo energético).

### Semana 5 (10.03.20 e 12.03.20)

 Depois de ambientados ao openHAB, inicializou-se o estudo sobre persistência (bases de dados) para que seja possível guardar todos os valores dos utilizadores para que, no futuro, seja possível prever alguns valores.

### Semana 6 (17.03.20 e 19.03.20)

- Reunião com o professor Alessandro para esclarecimento de dúvidas sobre persistência;
- Continuação da configuração das bases de dados;
- Inicialização do processo de guardar dados obtidos através de tomadas de monitorização de consumos e sensores.



### Semana 7 (24.03.20 e 26.03.20)

- Estudo sobre regras do openHAB (estas regras são um ficheiro que contêm condições como, por exemplo, se um determinado o consumo estiver demasiado elevado -> desligar ou enviar algum tipo de notificação. Este exemplo é um simples exemplo pois, no futuro, poderá envolver inteligência artificial);
- Primeiros testes de regras do openHAB.

### Semana 8 (31.03.20 e 02.04.20)

- Reunião com o professor Alessandro para esclarecimento de dúvidas e planeamento da próxima etapa do projeto;
- Elaboração de diagramas de casos de uso de diversas situações reais que irão ser abordadas no projeto;
- Decisão da primeira situação real que iremos começar a resolver na próxima semana.

### Semana 9 (07.04.20 e 09.04.20)

- Reunião com o professor Alessandro para esclarecimento de dúvidas, sobre os diagramas;
- Nova elaboração de diagramas de casos de uso;
- Testes de comunicação openHAB Arduíno.

### Semana 10 (14.04.20 e 16.04.20)

- Finalização do diagrama de caso de uso, relativo ao que o nosso sistema pretende fazer e/ou implementar;
- Testes de comunicação openHAB Arduíno, relacionados com o primeiro caso de uso.

### Semana 11 (21.04.20 e 23.04.20)

- Reunião com o professor Paulo Rurato para mostrar o desenvolvimento do projeto;
- Reunião com o professor Alessandro para mostrar o desenvolvimento do projeto e esclarecer dúvidas sobre o mesmo;
- Testes de comunicação openHAB Arduíno, relacionados os casos de uso.



### Semana 12 (28.04.20 e 30.04.20)

- Inicio da elaboração de regas e condições de como os componentes se devem comportar, de modo a se adaptarem a diversas situações, descritas nos casos de uso;
- Inicio do planeamento das estratégias a ser usadas na apresentação e elaboração do relatório final;
- Testes de comunicação openHAB Arduíno, relacionados os casos de uso.

### Semana 13 (05.05.20 e 07.05.20)

- Reunião com o professor Alessandro para mostrar o desenvolvimento do projeto e esclarecer dúvidas sobre o mesmo;
- Elaboração de regas e condições de como os componentes se devem comportar, de modo a se adaptarem a diversas situações, descritas nos casos de uso;
- Planeamento das estratégias a ser usadas na apresentação e elaboração do relatório final, relativo ao orçamento energético;
- Início da realização de rules para automatizar a casa (ligar/desligar atuadores).

### Semana 14 (12.05.20 e 14.05.20)

- Reunião com o professor Paulo Rurato para mostrar o desenvolvimento do projeto;
- Elaboração de regas e condições de como os componentes se devem comportar, de modo a se adaptarem a diversas situações, descritas nos casos de uso, para automatização de ambientes.
- Continuação da realização de rules para automatizar a casa (ligar/desligar atuadores).

### Semana 15 (19.05.20 e 21.05.20)

- Elaboração de regas e condições de como os componentes se devem comportar, de modo a se adaptarem a diversas situações, descritas nos casos de uso, para automatização de ambientes.
- Continuação da realização de rules para automatizar a casa (ligar/desligar atuadores).



### Semana 16 (26.05.20 e 28.05.20)

- Finalização da elaboração de regas e condições de como os componentes se devem comportar, de modo a se adaptarem a diversas situações, descritas nos casos de uso, para automatização de ambientes.
- Inicio da elaboração do web site, relativo ao orçamento energético, para amostra de dados.
- Planeamento das estratégias a ser usadas na apresentação e elaboração do relatório.

### Semana 17 (02.06.20 e 04.06.20)

- Reunião com o professor Alessandro para mostrar o desenvolvimento do projeto e esclarecer dúvidas sobre o mesmo.
- Finalização do web site, relativo ao orçamento energético, para amostra de dados.
- Finalização das estratégias a ser usadas na apresentação e do relatório.

### Semana 18 (09.06.20 e 11.06.20)

- Reunião com o professor Alessandro para mostrar o projeto, no seu estado final.
- Finalização do relatório.
- Preparação da apresentação.

### Semana 19 (16.06.20 e 18.06.20)

- Reunião com o professor Alessandro para ajustes finais do projeto;
- Apresentação do projeto desenvolvido.



# Tarefas planeadas

	<b>®</b>	Nome	Duração	Início	Fim	Antecessores	Nomes dos Recursos
1		⊟Comunicação	6,875 dias	18-02-2020 9:00	26-02-2020 17:00		
2	Ö	Especificação do problema	1,875 dias	18-02-2020 9:00	19-02-2020 17:00		João Coelho;Pedro Mota
3	Ö	Definição das ideias principais a abordar	5 dias	20-02-2020 8:00	26-02-2020 17:00	2	João Coelho;Pedro Mota
4	Ö	⊟Planeamento	11 dias	27-02-2020 8:00	12-03-2020 17:00	1	
5	Ö	Recolha de informação	4 dias	27-02-2020 8:00	03-03-2020 17:00	3	João Coelho;Pedro Mota
6	Ö	Ambientação ao software utilizado - openHAB	4,875 dias	03-03-2020 9:00	09-03-2020 9:00	5	João Coelho;Pedro Mota
7	Ö	Aquisição dos itens necessários para a elaboração do projeto	3,875 dias	09-03-2020 9:00	12-03-2020 17:00	6	João Coelho;Pedro Mota
8		⊟Modelização	16 dias	12-03-2020 9:00	03-04-2020 9:00	4	
9	Ö	Estudo sobre persistência	6,875 dias	12-03-2020 9:00	20-03-2020 9:00	7	João Coelho;Pedro Mota
10	O	Estudo sobre regas do openHAB	6,875 dias	23-03-2020 9:00	31-03-2020 17:00	9	João Coelho;Pedro Mota
11	O	Elaboração de diagramas de casos de uso	5,875 dias	30-03-2020 9:00	03-04-2020 9:00	10	João Coelho;Pedro Mota
12		⊟Construção	50,875 dias	03-04-2020 9:00	12-06-2020 17:00	8	
13	Ö	Configurações do openHAB	13 dias	03-04-2020 9:00	22-04-2020 9:00	11	João Coelho;Pedro Mota
14	O	Configurações da base de dados	17,125 dias	17-04-2020 8:00	06-05-2020 17:00	13	João Coelho;Pedro Mota
15	Ö	Elaboração de regras e condições dos itens	29 dias	30-04-2020 8:00	02-06-2020 17:00	14	João Coelho;Pedro Mota
16	O	Elaboração do website	18 dias	27-05-2020 8:00	12-06-2020 17:00	15	João Coelho;Pedro Mota
17		⊟Testes	43,875 dias	03-04-2020 9:00	03-06-2020 17:00		
18	Ö	Testes de comunicação openHAB-arduino	22 dias	03-04-2020 9:00	05-05-2020 9:00	11	João Coelho;Pedro Mota
19	O	Testes das regras	22,125 dias	05-05-2020 8:00	03-06-2020 17:00	18	João Coelho;Pedro Mota
20		⊡Desdobragem	1 dia	19-06-2020 8:00	19-06-2020 17:00	17	
21	Ö	Apresentação	1 dia	19-06-2020 8:00	19-06-2020 17:00		João Coelho;Pedro Mota



# Gráfico de Gantt

