

# PM

## Automatização de Moradia

PROJETO DE MESTRADO

**Rodrigo Vasco Vilhena de Mendonça Andrade Teixeira**

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - TELECOMUNICAÇÕES



UNIVERSIDADE da MADEIRA

*A Nossa Universidade*

[www.uma.pt](http://www.uma.pt)

fevereiro | 2020

# **Automatização de Moradia**

PROJETO DE MESTRADO

**Rodrigo Vasco Vilhena de Mendonça Andrade Teixeira**

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - TELECOMUNICAÇÕES

ORIENTAÇÃO

João Dionísio Simões Barros

## Resumo

A domótica é uma tecnologia responsável pelo controlo automático dos recursos de uma habitação. A domótica efetua a gestão integrada dos diversos equipamentos presentes numa habitação, seja esta residencial ou comercial. Utilizando e tirando vantagem dos diferentes e diversos meios eletrónicos e informáticos disponíveis atualmente para efetuar a gestão e automação dos recursos habitacionais.

Num sistema completo e funcional, efetua-se a conjugação de dois modos do sistema, o modo automático e o modo manual. Além desta gestão automática ou manual dos recursos habitacionais, o controlo da casa pode ser efetuado localmente e remotamente. O controlo remoto é possível através da utilização da *Internet* ou do próprio telemóvel do utilizador.

Nesta tese realiza-se um sistema capaz de efetuar o controlo local e remoto de um sistema domótico. Implementa-se uma arquitetura distribuída constituída por quatro PLCs S7-1200 para o controlo e gestão dos recursos domóticos. Recorre-se ao uso de diversos tipos de sensores para controlo e monitorização das diferentes funcionalidades da habitação, tais como o sistema de iluminação, sistema de aquecimento e arrefecimento, sistema de rega e portão automático, juntamente com os respetivos atuadores para efeitos de simulação. Para comando e controlo deste sistema utiliza-se uma aplicação *Android* para o telemóvel desenvolvida através do *software Android Studio*.

São realizados testes de simulação de diferentes cenários utilizando-se protótipos para cada uma das funcionalidades implementadas e utilizando-se a aplicação *Android* para gestão, monitorização e controlo local e remoto do sistema domótico. Para tal utiliza-se um telemóvel *smartphone* interligado ao sistema domótico e desenvolvido através de uma ligação por Wi-Fi.

Verifica-se o correto funcionamento do sistema domótico e sua interligação com a aplicação *Android* através da constante monitorização dos parâmetros de leitura dos recursos habitacionais, analisando-se a constante adaptação do sistema aos requisitos pretendidos pelo utilizador para a sua habitação através dos protótipos desenvolvidos para cada uma das funcionalidades implementadas.

**Palavras chave:** Domótica, Casa inteligente, PLC S7-1200, Sensores, Android Studio.

## Abstract

Home automation is a technology responsible for the automatic control of the housing resources. Home automation in order to perform the integrated management of the various equipment present in a home, whether it be residential or commercial. It uses and takes advantage of the different electronic and informatic systems present nowadays.

In a complete and functional system, two different modes of the system are combined, an automatic mode and a manual mode. In addition to this management of the housing resources, the control of the house can be performed locally and remotely. The remote control is possible through the use of the Internet or the user's own mobile phone.

In this thesis it was realized a complete system capable of local and remote control of a home. For this work we implemented a distributed architecture consisting of four S7-1200 PLCs to control and manage the various home automation resources. Various types of sensors were used to control and monitor the different functionalities of the house, such as light and lightness control, heating and cooling, presence, automatic gate and watering system. It was also used different actuators for simulation of the different house features. To command and control this system, an *Android* application was developed through the use of the Android Studio software.

Simulation tests of different scenarios were carried out using prototypes for each one of the implemented functionalities. Using the Android application for management, monitoring and local or remote control of the home automation system. For these simulation tests a smartphone with the corresponding application was used, connected to the home automation system developed through a Wi-Fi connection.

The correct functioning of the home automation system and its interconnection with the Android application was verified through the constant monitoring of the reading parameters of the housing resources and constant analysis of the system adaptation to the requirements intended by the user, through the prototypes developed for the implemented functionalities.

**Keywords:** Automation, Smart House, PLC S7-1200, Sensors, Android Studio.

## **Agradecimentos**

Um agradecimento especial ao meu orientador, professor Dionísio Barros, por todo o apoio prestado, motivação e conhecimentos transmitidos ao longo da realização do trabalho e ao longo do curso.

Um agradecimento aos meus colegas, Sérgio Rodrigues, Pedro Nunes, Iuri Viveiros, Rafael Velosa, Dino Vasconcelos, Duarte Alves e David Inácio pelo apoio prestado.

Agradeço ainda ao Engenheiro Filipe Santos pelo seu apoio ao longo do projeto e pela sua disponibilidade.

## **Lista de abreviaturas**

GSM - *Global System for Mobile Communications*

IR - *Infrared*

IDE - *Integrated Development Environment*

LCD - *Liquid Crystal Display*

LAD - *Ladder logic*

LDR - *Light Dependent Resistor*

LED - *Light-Emitting Diode*

PIR - *Passive Infrared*

PLC - *Programmable Logic Controller*

RF – *Radio Frequency*

SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*

SCL - *Structured Control Language*

SMS - *Short Messaging System*

# Índice

RESUMO .....	III
ABSTRACT .....	IV
AGRADECIMENTOS .....	V
LISTA DE ABREVIATURAS .....	VI
ÍNDICE .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. MOTIVAÇÃO .....	1
1.2. OBJETIVOS.....	1
1.3. ORGANIZAÇÃO DE CONTEÚDO .....	2
<b>2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>3</b>
2.1. DEFINIÇÃO.....	3
2.2. FUNCIONALIDADES .....	3
2.2.1. <i>Segurança</i> .....	3
2.2.2. <i>Conforto e qualidade de vida</i> .....	4
2.2.3. <i>Eficiência energética</i> .....	4
2.2.4. <i>Comunicação</i> .....	4
2.3. CONSTITUIÇÃO DE UM SISTEMA DOMÓTICO.....	5
2.4. TOPOLOGIAS DOS SISTEMAS DOMÓTICOS .....	5
2.4.1. <i>Topologia centralizada</i> .....	6
2.4.2. <i>Topologia descentralizada</i> .....	6
2.4.3. <i>Topologia distribuída</i> .....	7
2.5. LIGAÇÃO E CONTROLO EM REDE .....	8
2.5.1. <i>Bluetooth</i> .....	9
2.5.2. <i>Reconhecimento de voz</i> .....	9
2.5.3. <i>ZigBee</i> .....	10
2.5.4. <i>GSM</i> .....	11
2.5.5. <i>Internet/Wi-Fi</i> .....	12
2.6. TIPOS DE CONTROLADORES (PLCs).....	12
2.6.1. <i>PLC Fixado/Compacto/Integrado</i> .....	13
2.6.2. <i>PLC Modular</i> .....	14
2.6.3. <i>Tipos de controladores com base nas suas saídas</i> .....	15
2.6.3.1. <i>Saídas do tipo relé</i> .....	15
2.6.3.2. <i>Saídas através do uso de transístores</i> .....	16
2.6.3.3. <i>Saídas através do uso de Triacs</i> .....	17
2.6.3.4. <i>Saídas analógicas</i> .....	17
2.7. SENSORES.....	17
2.7.1. <i>Sensores de temperatura</i> .....	17
2.7.1.1. <i>Termopares</i> .....	18
2.7.1.2. <i>Termístores</i> .....	18
2.7.1.3. <i>Sensores de temperatura do tipo semiconductor</i> .....	19
2.7.1.4. <i>Sensores de medição de temperatura por IR</i> .....	19
2.7.2. <i>Sensores de humidade para o solo</i> .....	20
2.7.2.1. <i>Sensor de humidade volumétrico</i> .....	20
2.7.2.2. <i>Tensiómetro</i> .....	21
2.7.2.3. <i>Sensores de estado sólido</i> .....	21
2.7.3. <i>Sensores de presença</i> .....	22
2.7.3.1. <i>Sensor de movimento de infravermelhos (PIR)</i> .....	22

2.7.3.2.	Sensor de movimento ultrassónico .....	23
2.7.3.3.	Sensor de movimento micro-ondas .....	23
2.7.3.4.	Sensor de movimento tomográfico.....	23
2.7.3.5.	Sensor de movimento combinado .....	24
2.7.4.	<i>Sensores de luminosidade</i> .....	24
2.7.4.1.	Sensor de luminosidade foto-díodo .....	24
2.7.4.2.	Sensor de luminosidade LDR .....	24
2.8.	ATUADORES.....	25
2.9.	CONCLUSÕES .....	26
<b>3.</b>	<b>SISTEMA DOMÓTICO DESENVOLVIDO .....</b>	<b>27</b>
3.1.	CONTROLO LOCAL DO SISTEMA DOMÓTICO.....	28
3.1.1.	<i>Controlo local do interior da habitação</i> .....	28
3.1.2.	<i>Controlo local do exterior da habitação</i> .....	29
3.2.	CONTROLO REMOTO DO SISTEMA DOMÓTICO .....	31
3.2.1.	<i>Controlo remoto das diversas funcionalidades do sistema domótico</i> .....	31
3.2.2.	<i>Controlo remoto do sistema de iluminação</i> .....	32
3.2.3.	<i>Controlo remoto do sistema de aquecimento, arrefecimento e sistema de irrigação</i> .....	34
3.3.	CONCLUSÕES .....	35
<b>4.</b>	<b>ARQUITETURA DO SISTEMA DOMÓTICO .....</b>	<b>36</b>
4.1.	PLC S7-1200.....	36
4.1.1.	<i>TIA Portal</i> .....	37
4.1.1.1.	Estrutura de programação .....	37
4.1.1.2.	Tipos de dados .....	38
4.1.1.3.	Sinais analógicos e digitais .....	39
4.2.	FUNCIONALIDADES IMPLEMENTADAS .....	41
4.2.1.	<i>Sistema de temperatura ambiente</i> .....	42
4.2.1.1.	Controlo e gestão do sistema de temperatura ambiente da habitação.....	44
4.2.1.2.	Circuito e componentes utilizados para simulação da funcionalidade implementada .....	47
4.2.2.	<i>Sistema de rega</i> .....	48
4.2.3.	<i>Sistema de presença, iluminação e estores</i> .....	51
4.2.4.	<i>Sistema do portão elétrico</i> .....	56
4.3.	APLICAÇÃO ANDROID .....	60
4.3.1.	<i>Android Studio</i> .....	60
4.3.1.1.	Android Studio IDE .....	60
4.3.1.2.	Elementos de um projeto em Android Studio.....	61
4.3.1.3.	Moka7 .....	63
4.3.1.4.	Funcionalidades da biblioteca Moka7.....	63
4.3.1.5.	Comunicação <i>Android</i> e PLCs S7-1200 .....	64
4.3.1.6.	Interligação entre a aplicação <i>Android</i> e o PLC .....	66
4.3.2.	<i>Desenvolvimento da aplicação</i> .....	68
4.4.	CONCLUSÕES .....	72
<b>5.</b>	<b>ALGORITMOS IMPLEMENTADOS .....</b>	<b>73</b>
5.1.	TIA PORTAL .....	73
5.1.1.	<i>Sistema de temperatura</i> .....	73
5.1.2.	<i>Sistema de rega</i> .....	74
5.1.3.	<i>Sistema de iluminação</i> .....	75
5.1.4.	<i>Sistema de controlo do portão elétrico</i> .....	76
5.1.5.	<i>Sistema de estores</i> .....	77
5.2.	CONCLUSÕES .....	78
<b>6.</b>	<b>TESTES E RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>79</b>
6.1.	SISTEMAS DE HORÁRIO .....	79

6.2.	SISTEMA DE TEMPERATURA .....	80
6.3.	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO .....	84
6.4.	SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO, PRESENÇA E DE ESTORES .....	87
6.5.	SISTEMA DE PORTÃO ELÉTRICO.....	92
6.6.	CONCLUSÕES .....	93
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>94</b>
7.1.	CONCLUSÕES GERAIS .....	94
7.2.	TRABALHOS FUTUROS .....	97
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>- CIRCUITO COMPLETO UTILIZADO PARA O PLC1. ....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>- FLUXOGRAMA DESENVOLVIDO PARA O PROGRAMA EFETUADO PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA SALA. ....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>- TABELAS DE DADOS PLCS .....</b>	<b>103</b>

# Índice de figuras

Figura 2.1 – Exemplo de uma topologia centralizada [4].	6
Figura 2.2 – Exemplo de uma topologia descentralizada [4].	7
Figura 2.3 – Exemplo de uma topologia distribuída [4].	8
Figura 2.4 – Exemplo de um diagrama de blocos de um sistema domótico baseado numa ligação Bluetooth [8].	9
Figura 2.5 - Exemplo de um diagrama de blocos de um sistema domótico baseado numa ligação Bluetooth através de reconhecimento de voz [8].	9
Figura 2.6 - Exemplo de um diagrama de blocos de um sistema domótico baseado numa rede ZigBee [8].	10
Figura 2.7 - Exemplo de um diagrama de blocos de um sistema domótico baseado numa ligação GSM [8].	11
Figura 2.8 - Exemplo de um diagrama de blocos de um sistema domótico baseado numa ligação Internet/Wi-Fi [8].	12
Figura 2.9 – Exemplo de um PLC compacto [12].	13
Figura 2.10 – Exemplo de um PLC modular [12].	14
Figura 2.11 – Três categorias de PLC diferentes, pequeno, médio e grande [13].	15
Figura 2.12 – Exemplo de um diagrama de saídas de um PLC do tipo relé [12].	16
Figura 2.13 – Exemplo de um diagrama de saídas de um PLC do tipo transístor [12].	16
Figura 2.14 - Exemplo de um diagrama de saídas de um PLC do tipo Triac [14].	17
Figura 2.15 – Exemplo de um esquemático de um termopar [15].	18
Figura 2.16 – Exemplo de um termístor [18].	19
Figura 2.17 – Exemplo de um sensor de temperatura por infravermelhos [21].	19
Figura 2.18 – Exemplo de um sensor de humidade volumétrico TDT [22].	20
Figura 2.19 – Exemplo de um tensiómetro [22].	21
Figura 2.20 – Exemplo de um sensor de estado sólido [22].	22
Figura 2.21 – Exemplo de sensor de movimento infravermelhos [23].	22
Figura 2.22 – Exemplo de um sensor de movimento ultrassónico [23].	23
Figura 2.23 – Exemplo de um sensor de movimento micro-ondas [23].	23
Figura 2.24 – Exemplo de um sensor de movimento tomográfico [23].	24
Figura 2.25 – Exemplo de um foto-díodo [26].	24
Figura 2.26 – Exemplo de um LDR [27].	25
Figura 3.1- Ecrã principal.	27
Figura 3.2– a) Ecrã apresentado para controlo remoto. b) Ecrã apresentado para controlo local.	28
Figura 3.3 - Menus apresentados para controlo local da: a) Sala e cozinha; b) Quarto.	29
Figura 3.4 - Menus apresentados para controlo local do: a) Exterior; b) Portão elétrico	30
Figura 3.5 -Ecrã apresentado para: a) controlo remoto. b) Predefinições do sistema.	31
Figura 3.6 – Ecrã apresentado para controlo global da iluminação da habitação.	32
Figura 3.7 – Menus apresentados para controlo remoto da intensidade luminosa e estores: a) Da sala e cozinha; b) Do quarto.	33
Figura 3.8 - Menus apresentados para controlo remoto: a) Do sistema de arrefecimento e aquecimento; b) Do sistema de irrigação.	34
Figura 3.9 - Menu apresentado para controlo remoto portão elétrico.	35
Figura 4.1- PLC S7-1200 1212C DC/DC/DC [31].	36

Figura 4.2 - TIA Portal V14; 1 -Área de navegação; 2 – Configuração do dispositivo; 3 – Hardware; 4 – Configuração das propriedades do dispositivo. ....	37
Figura 4.3 - Estrutura organizacional por blocos do <i>software</i> TIA Portal. ....	38
Figura 4.4 - Conversão de variáveis analógicas.....	40
Figura 4.5 – Normalização do valor em bits.....	40
Figura 4.6 – Normalização do valor em bits para obtenção do valor real lido. ....	40
Figura 4.7 – Arquitetura distribuída dos PLCs e sua ligação à Internet. ....	41
Figura 4.8 – Funcionalidades distintas em cada um dos diferentes PLCs utilizados.....	41
Figura 4.9 – Configuração de IP do PLC responsável pelo controlo e gestão da temperatura da habitação.....	42
Figura 4.10 – LM35 à esquerda [32] e regulador de tensão XP IA2405D de 24 V para 5 V á direita [33].....	43
Figura 4.11 – Networks do PLC1 para controlo de temperatura. ....	43
Figura 4.12 – Leitura e normalização do valor de temperatura obtido através do sensor LM35 no PLC.....	44
Figura 4.13 – Parte da função de normalização da temperatura e cálculo da média deslizando. ....	44
Figura 4.14 –Parte do sistema de escada efetuado para ativação e desativação da leitura da temperatura por minuto. ....	45
Figura 4.15 – Bloco responsável pelo controlo automático e manual do sistema de temperatura. ....	46
Figura 4.16 – Placa de péltier utilizada para simulação do sistema de aquecimento e arrefecimento.....	47
Figura 4.17 – Esquema termoelétrico de uma placa de péltier para arrefecimento e aquecimento [35].....	47
Figura 4.18 – Relé ponte H (EP2-3N1S) utilizado para inversão da polaridade da alimentação da placa de péltier [36]. ....	48
Figura 4.19 – Circuito utilizado para simulação, monitorização e controlo do sistema de temperatura ambiente da habitação.....	48
Figura 4.20 – Sensor de humidade Seeed à esquerda [37] e regulador de tensão utilizado XP IA2405D à direita [33]. ....	49
Figura 4.21 - Leitura e correspondente normalização do valor de humidade obtido através do sensor Seeed. ....	49
Figura 4.22 - Bloco responsável pelo controlo automático e manual do sistema de irrigação. ....	50
Figura 4.23 - Circuito utilizado para simulação, monitorização e controlo do sistema de rega da habitação.....	51
Figura 4.24 – Sensor PIR Seeed à esquerda [38], regulador de tensão IA2405D a meio e o LDR à direita. ....	52
Figura 4.25 – Esquema utilizado para adaptar a saída digital dos sensores PIR à entrada digital do PLC.....	52
Figura 4.26 - Esquema utilizado para simulação do controlo e regulação da iluminação e estores manuais da habitação. ....	53
Figura 4.27 - Leitura e correspondente normalização do valor de luminosidade lido com o sensor LDR.....	53
Figura 4.28 - Bloco responsável pelo controlo automático e manual do sistema de iluminação, presença e estores. ....	54
Figura 4.29 – Controlo da iluminação através do uso de PWM.....	55
Figura 4.30 – Ativação do PWM da porta Q0.0.....	55

Figura 4.31 – Configuração do PWM da porta Q0.0. ....	55
Figura 4.32 – Atribuição da <i>tag</i> e controlo da saída. ....	56
Figura 4.33 – Componentes utilizados para controlar o portão elétrico. a) Micro Switch OMRON 5E4T85 [39]. b) Motor Parallax <i>PWM</i> DC [40]. c) sensor de infravermelhos, recetor e emissor. ....	57
Figura 4.34 – Esquema de montagem do portão elétrico. ....	57
Figura 4.35 – Leitura e normalização dos valores lidos do sensor de infravermelhos. ....	58
Figura 4.36 - Bloco responsável pelo controlo do portão elétrico.....	58
Figura 4.37 - Esquema para controlo e gestão do portão elétrico. ....	58
Figura 4.38 – Forma de onda necessária a aplicar no motor através das portas de saída do PLC para obtenção de rotação para a direita [41]. ....	59
Figura 4.39 - Forma de onda necessária a aplicar no motor através das portas de saída do PLC para obtenção de rotação para a esquerda [41]. ....	59
Figura 4.40 - Controlo do servo motor através do uso de <i>PWM</i> . ....	59
Figura 4.41 – Propriedades das portas Q0.0 e Q0.1 respetivamente. ....	60
Figura 4.42 – Ambiente de trabalho do <i>Android Studio IDE</i> . ....	61
Figura 4.43 – Manifest.xml de uma aplicação em <i>Android Studio</i> . ....	61
Figura 4.44 – Exemplo de atividades e <i>widgets</i> de uma aplicação em <i>Android</i> . ....	62
Figura 4.45 – Apresentação de um exemplo do elemento Generated Java. ....	62
Figura 4.46 – Apresentação das diferentes <i>Resources</i> de uma aplicação <i>Android</i> . ....	63
Figura 4.47 – Conjunto de classes presentes na biblioteca Moka7. ....	63
Figura 4.48 – Permissão necessária para permitir o acesso às bases de dados do exterior.....	65
Figura 4.49 – Exemplo de uma DB (base de dados). ....	65
Figura 4.50 – Código necessário para acesso ao PLC pretendido. ....	66
Figura 4.51 – Erro de exceção caso o acesso não tenha sido efetuado com sucesso.....	67
Figura 4.52 – Código desenvolvido para efeitos de escrita de variáveis das DB's através da aplicação desenvolvida em <i>Android Studio</i> . ....	67
Figura 4.53 – Correspondência das variáveis pretendidas a aceder através do código desenvolvido e apresentado anteriormente. ....	67
Figura 4.54 – Leitura do estado atual do aquecimento central e ar condicionado. ....	67
Figura 4.55 – Exemplo da utilização da leitura de variáveis para atualização de um <i>widget</i> . ....	68
Figura 4.56 – Exemplo de um dos tipos de <i>widget</i> utilizados para apresentação ao utilizador do estado atual do aquecimento central. ....	68
Figura 4.57 – Criação de um projeto em <i>Android</i> e importação das bibliotecas utilizadas para desenvolvimento da aplicação. ....	68
Figura 4.58 – Exemplo de um <i>menu</i> , <i>widgets</i> utilizados e propriedades de um <i>widget</i> . ....	69
Figura 4.59 - Propriedades de um <i>widget</i> do tipo <i>switch</i> . ....	70
Figura 4.60 – Atualização do <i>switch</i> com os valores do PLC. ....	70
Figura 4.61 – Propriedades de um <i>widget</i> do tipo EditText.....	71
Figura 4.62 - Propriedades de um <i>widget</i> do tipo <i>Button</i> . ....	71
Figura 5.1 – Fluxograma do sistema de temperatura ambiente da habitação. ....	73
Figura 5.2 – Fluxograma do sistema de irrigação da habitação. ....	75
Figura 5.3 – Fluxograma do sistema de controlo, presença e iluminação do quarto. ....	76
Figura 5.4 – Fluxograma do sistema do portão elétrico. ....	77
Figura 5.5 – Fluxograma do sistema de estores manual da habitação. ....	78
Figura 6.1 – Inserção de predefinições associadas ao PLC1 e correspondente ao horário. ....	79
Figura 6.2 – Inserção de predefinições associadas ao sistema de climatização. ....	80
Figura 6.3 – Aquecimento central ativado de acordo com o modo automático. ....	81

Figura 6.4 - Ar condicionado ativado de acordo com o modo automático. ....	81
Figura 6.5- Estabilização da temperatura ambiente. ....	82
Figura 6.6- Temperatura pretendida para o momento inserida através da aplicação. ....	82
Figura 6.7 – Sobreposição do controlo manual ao controlo automático. ....	83
Figura 6.8- Desativação do sistema automático de ar condicionado. ....	84
Figura 6.9 – Inserção de predefinições associadas ao sistema correspondente ao sistema de irrigação.....	84
Figura 6.10 – Sistema automático de irrigação em funcionamento. ....	85
Figura 6.11 – Desativação do sistema automático de irrigação.....	86
Figura 6.12 – Ativação do sistema manual de rega. ....	86
Figura 6.13 - Ativação do sistema de horário manual de rega. ....	87
Figura 6.14- Sistema automático de iluminação da sala.....	87
Figura 6.15- Sistema automático ativado. ....	88
Figura 6.16- Desativação do sistema automático de iluminação.....	89
Figura 6.17- Ativação manual da iluminação .....	89
Figura 6.18- Ativação dos estores e definição da quantidade de luminosidade pretendida para a iluminação da sala. ....	90
Figura 6.19- Ativação dos estores e definição da quantidade de luminosidade pretendida para a iluminação da sala. ....	90
Figura 6.20 - Inserção de predefinições associadas ao sistema correspondente ao sistema de climatização.....	91
Figura 6.21- Sistema total de iluminação, presença e estores para a iluminação do quarto. ....	91
Figura 6.22 – Abertura manual do portão elétrico. ....	92
Figura 6.23 – Abertura do portão elétrico efetuada com sucesso.....	92
Figura 6.24 – Fecho automático do portão elétrico e sua monitorização. ....	92
Figura 6.25 – Fecho automático cancelado devido à deteção de objetos.....	93

# 1. Introdução

## 1.1. Motivação

A automação de moradias ou domótica surge de modo a permitir uma utilização mais eficiente dos recursos energéticos, melhoria da qualidade de iluminação dos espaços interiores e exteriores das habitações, gestão apropriada do carregamento dos carros elétricos, integração dos sistemas de segurança e alarme, disponibilizando informação em tempo real dos diversos dispositivos ligados em rede, permitindo ainda o seu acesso remoto ou local aos diversos sensores e atuadores.

Neste trabalho pretende-se efetuar um sistema domótico que permita efetuar uma melhor gestão da energia proporcionando uma maior qualidade de vida ao seu utilizador através da automação de diversas funcionalidades tais como a climatização, iluminação e irrigação dos jardins de uma moradia.

## 1.2. Objetivos

Este trabalho tem como principais objetivos a realizar:

- Realizar a revisão bibliográfica sobre a constituição de um sistema domótico. Desde as suas diversas funcionalidades mais comuns, à sua arquitetura, topologias dos sistemas normalmente utilizados, tipos de ligação em rede geralmente utilizadas e tipos de controladores existentes e utilizados dependendo da situação em análise;
- Efetuar uma análise aos diversos tipos de sensores e atuadores geralmente utilizados para a monitorização e controlo de um sistema domótico;
- Realizar o desenvolvimento de um sistema domótico sendo o seu controlo efetuado através de uma aplicação móvel, podendo este controlo ser efetuado localmente ou remotamente através do uso da Internet;
- Efetuar a implementação de diversas funcionalidades normalmente utilizadas em um sistema domótico, através do uso de diversos sensores, atuadores e de controladores lógicos programáveis (PLCs). Funcionalidades tais como: o controlo da temperatura ambiente do espaço habitacional, da iluminação, do sistema de rega, estores e simulação de um sistema de presença, entre outras funcionalidades;
- Desenvolver a gestão remota e local das diversas funcionalidades através do uso da Internet. Neste trabalho tem-se ainda como objetivo o desenvolvimento e uso de uma aplicação em *Android* para controlo e gestão do sistema;
- Realizar protótipos das diferentes secções da habitação para efeitos de simulação e testes ao sistema domótico e aplicação móvel.

### 1.3. Organização de conteúdo

Esta dissertação encontra-se organizada em 7 capítulos. O primeiro capítulo, a Introdução, no qual apresenta a motivação e os objetivos da própria dissertação.

O segundo capítulo, revisão da bibliografia, no qual identifica-se quais os principais elementos constituintes de um sistema domótico, tipos de topologias de rede e de ligação de rede frequentemente utilizadas, quais as funcionalidades e benefícios de um sistema de domótica.

No capítulo três, sistema domótico desenvolvido, efetua-se a descrição do sistema tanto a nível da aplicação *Android* como a nível da automatização implementada, características do sistema implementado, suas funcionalidades e respetiva demonstração do funcionamento.

No capítulo quatro, arquitetura do sistema implementado, efetua-se a descrição do tipo de interface implementada, rede de PLCs utilizada e configurada e por fim indica-se o respetivo *hardware* utilizado para a concretização da implementação das diversas funcionalidades do sistema e seu controlo.

No capítulo cinco, algoritmos, são apresentados os algoritmos implementados em cada um dos diversos PLCs utilizados, respetiva configuração da rede de PLCs e revisão dos algoritmos utilizados para a elaboração da respetiva interface de controlo do sistema domótico.

No capítulo seis, testes e resultados, apresentam-se os testes efetuados e resultados obtidos em laboratório, tanto do funcionamento individual de cada um dos algoritmos implementados no sistema domótico tal como do funcionamento global do sistema.

No capítulo sete, conclusão, apresentam-se as conclusões retiradas da dissertação, sugerindo-se ainda a realização de trabalhos futuros.

## 2. Revisão da bibliografia

### 2.1. Definição

A domótica teve origem nos anos 80, surgindo inicialmente na França, visando o controlo e interligação de sistemas de iluminação, segurança e climatização [1].

A palavra em si surge do latim “Domus”, que significa casa, e da palavra Robótica, referente à parte de automação da habitação. A domótica é o resultado da junção de diversas tecnologias que permitem efetuar a gestão de diversos recursos habitacionais, comerciais ou industriais de forma automática. Numa perspetiva habitacional a domótica surge com o intuito de simplificar a vida quotidiana das pessoas, proporcionando maior conforto, qualidade de vida e segurança.

A domótica recorre ao uso de diversos dispositivos para automatização das rotinas e tarefas diárias a serem executadas dentro de um espaço habitacional ou industrial. Através de um sistema de domótica é possível efetuar-se o controlo e alteração de diversos parâmetros do sistema. Num espaço habitacional ter-se-á o ajuste de parâmetros tais como o ajuste da temperatura ambiente, iluminação, som, posição dos estores, luzes de presença, intensidade da iluminação, controlo e monitorização da quantidade de energia elétrica a ser gasta ou utilizada, eficiência energética entre outros [1].

Permite ainda efetuar o controlo e monitorização do espaço, localmente ou remotamente através do uso da Internet. Este controlo e monitorização é efetuado através do uso de serviços próprios que utilizam a Internet para receção e transmissão dos dados e parâmetros da habitação. Estes serviços podem ser, nomeadamente, aplicações *Mobile*, aplicações *web*, páginas HTML entre outros tipos de serviços que permitam a utilização da Internet para acesso e controlo dos diversos equipamentos presentes na habitação [1].

### 2.2. Funcionalidades

Um sistema domótico residencial ou comercial é constituído por diversas e inúmeras funcionalidades, estas funcionalidades são normalmente adequadas às necessidades e pretensões do utilizador, estando ainda obrigatoriamente de acordo com as características da habitação. Estas funcionalidades encontram-se normalmente divididas em quatro áreas distintas, sendo estas as seguintes [2]:

- Segurança;
- Conforto;
- Eficiência energética;
- Comunicação.

#### 2.2.1. Segurança

A segurança é um dos principais benefícios da domótica, seja do ponto de vista familiar seja do ponto de vista financeiro. Por exemplo o uso de sensores de presença instalados em uma residência. Estes sensores serão responsáveis por efetuar a deteção de intrusos. Sendo posteriormente efetuada a ativação do alarme através da automação do sistema. O sistema ainda é responsável por disponibilizar de forma imediata esta informação ao seu utilizador e por avisar de imediato os agentes necessários.

Outros tipos de sensores com grande impacto neste aspeto são os sensores que permitem efetuar a deteção de fugas de gás ou de água. Caso tal fuga seja detetada é

eliminada imediatamente através do controlo dos atuadores, avisando-se em seguida as autoridades para resolução do problema. Estes são alguns dos exemplos de segurança que podem ser fornecidos através da utilização de um sistema domótico.

### **2.2.2. Conforto e qualidade de vida**

A domótica vem também melhorar o nível de qualidade de vida dos seus utilizadores através da automação de determinadas funcionalidades de uma habitação tais como [2]:

- Controlo da luminosidade interior da habitação;
- Controlo automático do sistema de rega;
- Controlo da temperatura ambiente da habitação;
- Controlo da aberta e fecho dos estores de acordo com o pretendido pelo utilizador, entre outros tipos de melhorias de qualidade de vida.

### **2.2.3. Eficiência energética**

Entre os diversos benefícios da utilização de um sistema domótico, esta funcionalidade é a que mais sobressai aos olhos dos seus utilizadores. Alguns dos benefícios proporcionados por estes sistemas são os seguintes [2]:

- Controlo dos diversos dispositivos existentes interligados na rede elétrica da casa através do uso de uma aplicação, LCD (*Liquid Crystal Display*), Internet;
- Controlo da iluminação da casa através do uso de sensores de presença, sendo a iluminação ligada ou desligada de acordo com a movimentação dos habitantes em locais de passagem da habitação;
- Controlo individual de cada umas das diferentes luzes sendo a intensidade luminosa ajustada dependendo do nível de luminosidade presente dentro da habitação;
- Programação dos eletrodomésticos para funcionamento noturno onde as taxas de custo da eletricidade encontram-se mais baixas;
- Gestão das diferentes cargas elétricas através da criação de uma lista de prioridades para cada um dos momentos;
- Gestão das tarifas de energia elétrica, ativando ou desativando determinados dispositivos para funcionamento nos momentos em que as tarifas encontram-se mais reduzidas, entre outras vantagens.

### **2.2.4. Comunicação**

Um sistema domótico por sua vez fornece inúmeras vantagens a nível da interligação das diferentes tecnologias presentes na habitação e das telecomunicações, sendo, no entanto, necessário o uso de uma rede local de *internet* associada ao sistema, algumas das vantagens são as seguintes [2]:

- Fornece informação atual sobre a habitação a qualquer instante permitindo também o seu controlo remoto total, independentemente da localização do utilizador;
- Envio de alarmes e notificação ao proprietário e autoridades competentes caso necessário e programado para tal;
- Interligação e comunicação com todos os dispositivos e serviços eletrónicos incluídos no sistema.

### 2.3. Constituição de um sistema doméstico

A domótica ou automação residencial visa em efetuar a integração dos vários elementos funcionais de uma habitação através de um sistema composto por diversos dispositivos [3]. Estes dispositivos constituintes do sistema doméstico encontram-se classificados da seguinte forma [3]:

- Controladores – São dispositivos responsáveis por efetuar a gestão e controlo do sistema através da informação recebida dos sensores efetuando o posterior processamento e comando dos atuadores. A decisão dos controladores após todo o processamento da informação dos sensores depende da sua programação efetuada e/ou das solicitações requisitadas pelo utilizador através do uso de uma aplicação ou servidor.
- Atuadores – Estes dispositivos são os responsáveis por efetuar a ação solicitada pelo sistema ou pelo utilizador. Alguns dos exemplos de tipos de atuadores são motores responsáveis pela abertura ou fecho de uma janela ou portão elétrico, ventoinhas para efeitos de ventilação da habitação, alarmes de segurança, entre outros tipos de atuadores.
- Sensores – Os sensores são os dispositivos responsáveis por efetuar a monitorização dos valores e das diversas informações da habitação, tais como, temperatura, humidade do terreno para o sistema de rega, valores de luminosidade da habitação em cada uma das diferentes secções, etc. Sendo estes valores enviados continuamente para os respetivos controladores para efeitos de controlo das diferentes funcionalidades da habitação
- Interfaces – As interfaces são responsáveis por fornecer a informação atual ou dos estados anteriores ao utilizador. São ainda responsáveis por ser o *man in the middle* entre as diferentes funcionalidades do sistema doméstico e o utilizador. É através da interface que o utilizador efetua o envio de informação para os controladores para gestão e controlo de cada uma das diferentes funcionalidades do sistema de acordo com o pretendido pelo mesmo. Existem diferentes tipos de interface tais como aplicações para o telemóvel, ecrãs LCDs, *websites*, entre outros.
- Dispositivos específicos – Estes dispositivos são os elementos principais para o funcionamento global do sistema, são os dispositivos responsáveis por permitir o envio da informação entre os diversos dispositivos da rede, sendo necessários para efetuar tanto o controlo local como o controlo remoto do sistema doméstico. Alguns exemplos destes tipos de dispositivos são os: routers, telefones ou os modems.

### 2.4. Topologias dos sistemas domésticos

Num sistema doméstico ou de automação residencial, tal como em qualquer outro tipo de sistema de controlo, é necessário ter-se em conta os diferentes elementos de controlo que o sistema será responsável. Como tal é necessário ter-se em conta o tipo de arquitetura a considerar para a realização do sistema pretendido. Existem três tipos de arquiteturas ou topologias diferentes, a topologia centralizada, a topologia descentralizada e a topologia distribuída [2] [4] [5] [6] [7], tendo cada uma das diferentes topologias as suas vantagens e desvantagens sendo estas mencionadas nos subcapítulos posteriores.

### 2.4.1. Topologia centralizada

Numa arquitetura centralizada todos os componentes (sensores, atuadores e interface) encontram-se conectados a um sistema de controlo central. Num sistema domótico é o caso da utilização de apenas um PLC para efeitos de controlo do sistema global da residência.

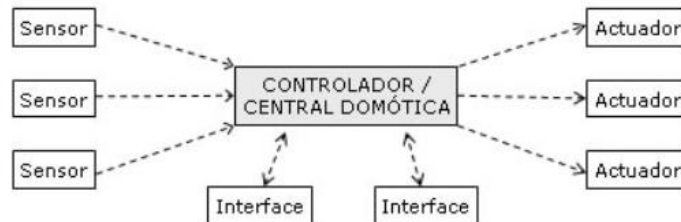


Figura 2.1 – Exemplo de uma topologia centralizada [4].

Vantagens:

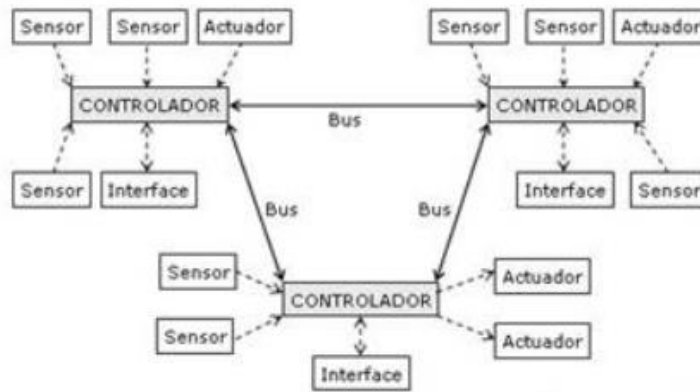
- Normalmente os sensores e atuadores utilizados são universais. Como tal a sua instalação e posterior utilização é consideravelmente mais simples do que os restantes sistemas. É também um sistema mais económico porque os sensores universais são consideravelmente mais baratos, e juntamente com o fato da utilização de apenas um controlador central para gestão e controlo total do sistema domótico;
- Um sistema centralizado é normalmente controlado através de interfaces que permitem o controlo remoto através da Internet e através de chamada telefónica.

Desvantagens:

- Dependendo da quantidade de sensores e atuadores implementados ocorre a presença de uma inúmera quantidade de cabos interligados no mesmo ponto o que faz com que este sistema central se torne um pouco limitado. Sendo ainda limitado também pelo número de portas presentes para leitura e controlo do controlador central;
- O maior problema deste tipo de topologia é a ocorrência de algum tipo de falha na unidade central da gestão e controlo deste sistema, caso tal aconteça todo o sistema domótico da habitação se encontra comprometido [4].

### 2.4.2. Topologia descentralizada

Neste tipo de topologia os diversos elementos do sistema encontram-se repartidos, estando ao mesmo tempo interligados entre si. Esta interligação ocorre através de um ou mais barramentos de dados, dependendo do tamanho do sistema. Tal ocorre de modo a se criar uma estrutura que permita efetuar a circulação dos dados entre os diversos controladores. Um exemplo de uma topologia descentralizada num sistema domótico é a utilização de diversos PLCs efetuando a partilha da informação dos seus vários elementos com os restantes controladores para monitorização e controlo do sistema domótico [4].



**Figura 2.2 – Exemplo de uma topologia descentralizada [4].**

Vantagens:

- Maior flexibilidade do sistema devido à utilização e distribuição de diversos controladores, permitindo assim uma expansão mais eficiente do sistema comparativamente com o sistema centralizado;
- Maior robustez devido à utilização de diversos controladores, em caso de falha apenas é afetado o funcionamento de um conjunto de elementos interligados ao controlador em que ocorreu a falha, dependendo da sua programação podendo, ou não comprometer o resto do sistema.

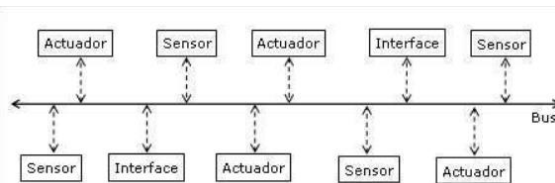
Desvantagens:

- Devido à utilização de diversos controladores distribuídos pela rede o custo deste sistema é significativamente mais elevado do que o mencionado anteriormente;
- Apesar de ser uma topologia descentralizada a comunicação é efetuada entre os diversos PLCs o que apesar de ser uma abordagem mais robusta a nível de fiabilidade comparativamente à topologia centralizada uma falha pode eventualmente acabar por afetar o sistema global [4].

### **2.4.3. Topologia distribuída**

Na topologia distribuída não é utilizado qualquer tipo de controlador central. Cada um dos controladores é responsável por uma determinada ação, não afetando o resto do sistema. No caso de um sistema doméstico este seria implementado através da utilização de diversos PLCs sendo cada um destes responsáveis por uma determinada funcionalidade ou ação, como por exemplo, o controlo de temperatura da habitação, o controlo do sistema de rega do terreno ou a regulação da quantidade de luz presente, entre outros tipos de sistemas [4].

Neste caso o barramento de dados é utilizado para efeitos de comunicação do utilizador com os controladores e dos controladores para os diversos atuadores.



**Figura 2.3 – Exemplo de uma topologia distribuída [4].**

Vantagens:

- Maior flexibilidade do sistema devido à utilização e distribuição de diversos controladores, sem qualquer tipo de comunicação entre os elementos da rede, possuindo assim uma maior imunidade a falhas comparativamente com as topologias anteriores. Uma falha num sistema deste tipo apenas afetará os elementos associados ao controlador onde se desenvolve a falha e não o sistema global;
- Maior robustez devido à utilização de diversos controladores ou interfaces utilizadas pelos utilizadores. Em caso de falha apenas é afetado o funcionamento de um conjunto de elementos interligados ao controlador em que ocorreu a falha, não comprometendo o resto do sistema;
- Permite a personalização da rede e dos seus controladores para cada uma das diferentes funcionalidades, oferecendo ainda uma melhoria significativa em tempo de resposta devido ao uso individual de um controlador para controlo de cada uma das funcionalidades.

Desvantagens:

- Custo significativamente elevado devido à utilização de diversos controladores distribuídos pela rede para controlo de cada uma das funcionalidades;
- Necessita de um maior tempo de planeamento devido à separação de funcionalidades por controlador dificultando a programação individual de cada um dos respetivos controladores ou interfaces utilizadas [4].

## 2.5. Ligação e controlo em rede

Diferentes técnicas de comunicação são utilizadas para transmissão e receção dos dados de informação da aplicação para os diferentes controladores e vice-versa. Na tabela 2.1 apresenta-se os diferentes tipos de sistemas utilizados para ligação e controlo em rede nestes tipos de sistemas domóticos e sua aplicação [8].

**Tabela 2-1 –Diferentes técnicas de controlo e aplicação [8].**

Sistema	Aplicação em tempo real
Bluetooth	Sim
Reconhecimento de voz	Sim
ZigBee	Sim
GSM	Não
Internet, Wi-Fi	Sim

### 2.5.1. Bluetooth

Um sistema de automação residencial baseado numa ligação em Bluetooth tem como base a utilização de um telemóvel *smartphone* e um controlador que disponha de acesso Bluetooth como por exemplo um Arduino interligado com os equipamentos da casa.

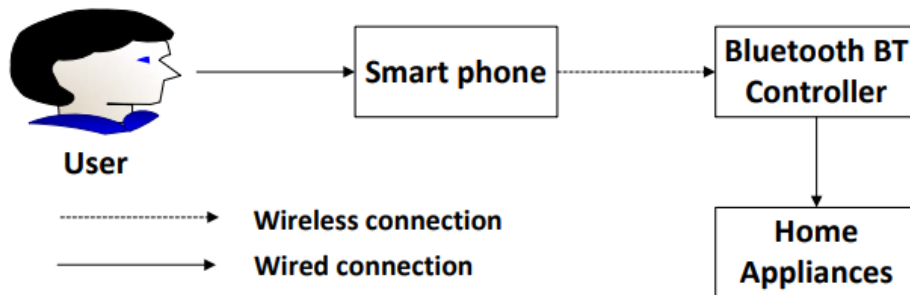


Figura 2.4 – Exemplo de um diagrama de blocos de um sistema doméstico baseado numa ligação Bluetooth [8].

A comunicação sem fios entre o controlador e o telemóvel é efetuada através da utilização da tecnologia Bluetooth. Neste sistema os eletrodomésticos encontram-se interligados ao controlador através da utilização de relés e outros tipos de acionamento. O telemóvel dispõe ainda da utilização de uma aplicação que permite efetuar o controlo dos aparelhos presentes na habitação. Normalmente um sistema deste género utiliza ainda a proteção do sistema através de senhas permitindo apenas a utilização dos utilizadores autorizados e fornecidos com a senha para acesso ao sistema.

Esta tecnologia tem a grande vantagem de ser facilmente instalada em qualquer habitação. No entanto, a principal desvantagem deste sistema é a grande limitação do alcance do controlador de Bluetooth [8].

### 2.5.2. Reconhecimento de voz

Um sistema de automação residencial baseado em reconhecimento de voz está ilustrado na seguinte Figura 2.5

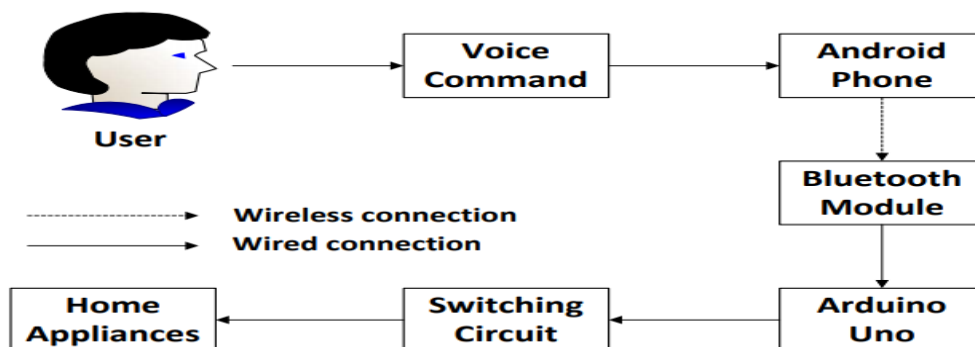


Figura 2.5 - Exemplo de um diagrama de blocos de um sistema doméstico baseado numa ligação Bluetooth através de reconhecimento de voz [8].

Esta arquitetura do sistema apresentado anteriormente consiste na utilização de um telemóvel *smartphone* conjuntamente com um Arduino UNO interligados entre um módulo Bluetooth. No entanto pode ser utilizado qualquer tipo de controlador ou controladores que contenham acesso Bluetooth ou módulos Bluetooth para acesso à tecnologia.

O controlo efetuado por reconhecimento de voz é feito através do telemóvel *smartphone*, seja o sistema operacional do telemóvel Android ou IOS. Qualquer um dos dois

possui uma função de reconhecimento de voz integrada. Como tal pode-se utilizar esta função para desenvolvimento de uma aplicação para o telemóvel com a capacidade de efetuar o controlo dos diversos eletrodomésticos através do comando de voz. A função da aplicação para o telemóvel neste caso seria a conversão dos comandos efetuados através da voz do utilizador em texto, sendo esta mensagem de texto descodificada posteriormente em comandos para serem enviados para o controlador através da ligação criada entre o telemóvel e o controlador por meio do módulo Bluetooth.

Este sistema, tal como o sistema anterior, apresenta a desvantagem de ter um alcance limitado pela tecnologia Bluetooth. No entanto este sistema pode ser expandido através da utilização da Internet em vez da tecnologia Bluetooth para efeitos de ligação ao controlador. Outra grande desvantagem deste sistema é o mal funcionamento do mesmo em ambientes ruidosos, devido à necessidade da correta interpretação dos comandos pretendidos pelo utilizador através da função de reconhecimento de voz do telemóvel [8] [9].

### 2.5.3. ZigBee

A Figura 2.6 apresenta um exemplo de um sistema de domótica sem fios baseado numa rede ZigBee. Este sistema consiste na utilização de três módulos principais, o módulo de microfone, o módulo controlador central e por fim o módulo dispositivo controlado.

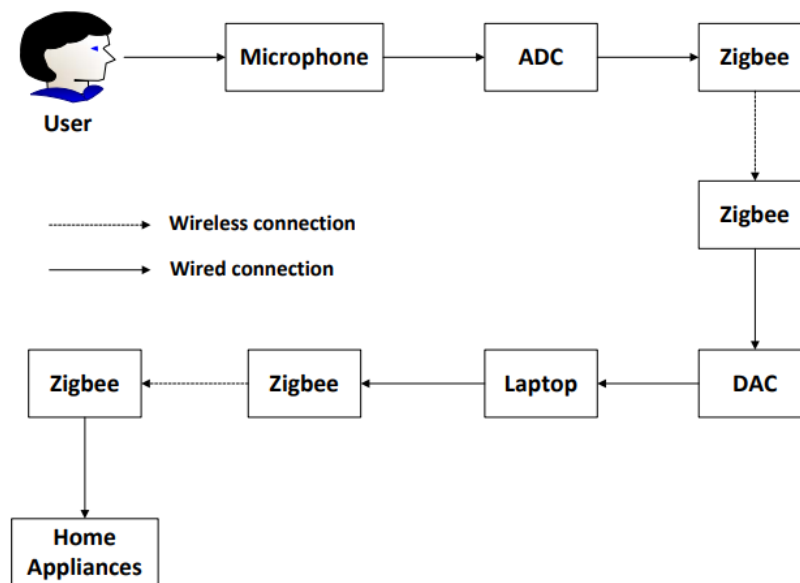


Figura 2.6 - Exemplo de um diagrama de blocos de um sistema domótico baseado numa rede ZigBee [8].

O módulo de microfone utiliza o protocolo ZigBee sendo, no entanto, o módulo controlador central baseado em um computador central. Neste sistema a função de reconhecimento de voz da Microsoft é utilizada, sendo a rede sem fios estabelecida utilizando-se módulos RF ZigBee de baixa potência devido à sua redução de custos. O sistema consiste na utilização de um microfone associado a um sistema que efetua a amostragem da voz, sendo esta amostragem posteriormente enviada através dos diversos nós ZigBee para o computador central. O computador central, através da função de reconhecimento de voz, efetua a descodificação da mensagem de voz recebida e envia novamente através dos nós ZigBee a ação necessária a efetuar no respetivo controlador, responsável pela respetiva funcionalidade pretendida a aceder.

Através dos estudos efetuados a este sistema verificou-se que o sistema conseguia efetuar o reconhecimento de voz em 80% dos casos. Tendo como principais desvantagens a presença do ruído ambiente e a limitação na gama dos 40 metros de distância do microfone até ao computador central responsável por efetuar a decodificação da mensagem de voz. Posteriormente a estes 40 m torna-se muito difícil a decodificação correta da mensagem de voz, isto, caso não exista linha de transmissão sem obstáculos entre o microfone e o computador central através dos diferentes nós ZigBee [8] [10].

#### 2.5.4. GSM

Um sistema domótico que utiliza a tecnologia GSM para efeitos de ligação e controlo consiste numa arquitetura semelhante apresentada na Figura 2.7.

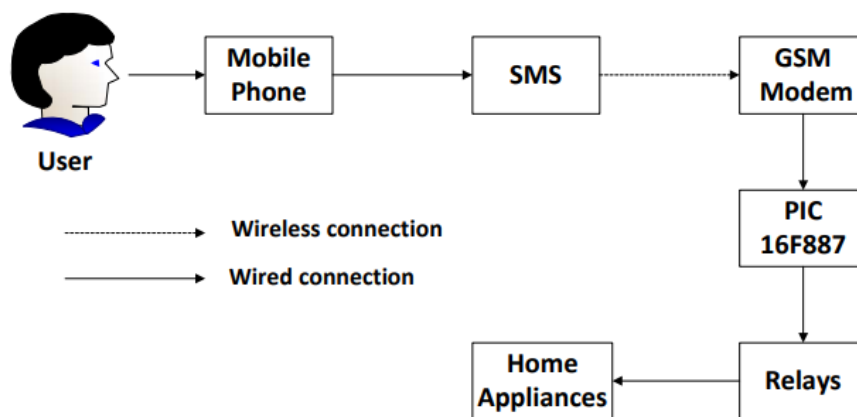


Figura 2.7 - Exemplo de um diagrama de blocos de um sistema domótico baseado numa ligação GSM [8].

O sistema anterior consiste num modem GSM (*Global System for Mobile Communications*), um controlador central para distribuição da informação dependendo da arquitetura da rede (neste caso do diagrama da Figura 2.7 o Microcontrolador PLC16F887), e um telemóvel *smartphone*. Este sistema utiliza o modem GSM para controlo dos aparelhos elétricos através de solicitações efetuadas pelo *smartphone* sob a forma de SMS (*Short Message Service*). O microcontrolador PLC16F887, interligado com o modem GSM é utilizado para efetuar a leitura, decodificação e comando pretendido através da SMS recebido pelo modem GSM. A comunicação entre o modem GSM e o PLC neste caso é efetuado através do protocolo RS232, possibilitando assim a comunicação série entre os dois. Sendo todo o processo de envio e receção de comandos processados em questão de segundos.

Uma das grandes vantagens deste tipo de sistema é a disponibilização do estado atual dos eletrodomésticos ao utilizador por SMS através de *smartphones* em qualquer parte do mundo devido à ampla cobertura da tecnologia GSM. De notar ainda que após testes efetuados ao sistema ponderado anteriormente obteve-se uma precisão de decodificação e controlo sem erros superior a 98% [8].

### 2.5.5. Internet/Wi-Fi

A arquitetura de um sistema domótico baseado na tecnologia Internet/Wi-Fi consiste na utilização de um *smartphone*, da própria Internet, da passagem da informação enviada pelo *smartphone* através da firewall presente no router permitindo a sua entrada. O respetivo router é responsável por efetuar o envio da informação recebida para o respetivo controlador sendo neste caso considerado um Arduino Uno com um Shield de Ethernet para efeitos de ligação ao router. Após receção dos dados os eletrodomésticos da habitação são controlados através de relês e dispositivos de acionamento interligados entre os eletrodomésticos e o controlador (sendo neste caso o Arduino Uno), efetuando-se a sua ativação ou desativação, tal como apresentado na Figura 2.8.

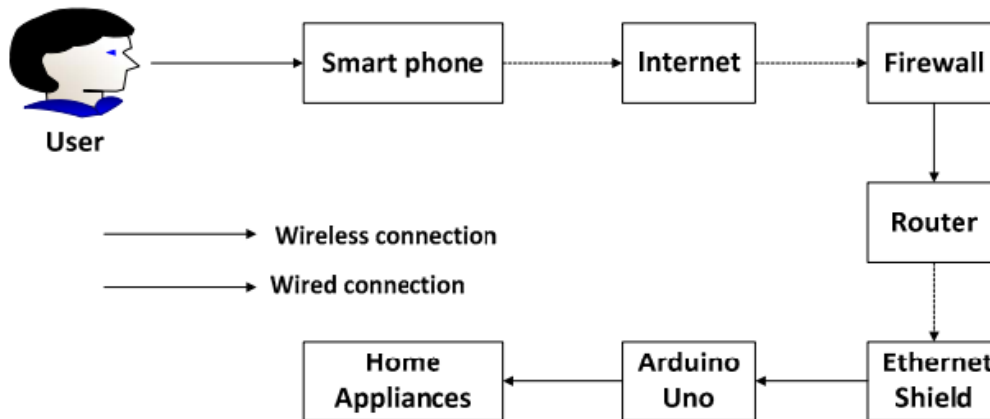


Figura 2.8 - Exemplo de um diagrama de blocos de um sistema domótico baseado numa ligação Internet/Wi-Fi [8].

Este tipo de sistema é tipicamente utilizado com o objetivo de permitir aos utilizadores autorizados efetuar o controlo e monitorização remota dos eletrodomésticos e estado atual das diferentes funcionalidades presentes na habitação através da utilização de um *smartphone* compatível com a tecnologia Wi-Fi, 3G, 4G e respetiva aplicação para monitorização e controlo remoto. Este sistema é composto por diferentes módulos, os módulos responsáveis pela interface de *hardware* e o módulo de *gateway* doméstico. A função deste módulo de *gateway* é fornecer a tradução dos dados entre a Internet, o router e o controlador respetivo, neste caso o Arduino Uno. Os respetivos módulos de interface de *hardware* são as interfaces responsáveis pelo controlo dos atuadores e pela monitorização dos diferentes sensores presentes na habitação. Este tipo de sistema tem normalmente a capacidade de efetuar o controlo de eficiência de energia tais como a ativação ou desativação das tomadas elétricas, iluminação, sistemas de segurança, aquecimento, ar condicionado, entre outros. Para o sistema de monitorização é utilizado o uso de sensores de corrente, humidade, temperatura, entre outros [8].

### 2.6. Tipos de controladores (PLCs)

Um controlador lógico programável ou PLC, é um computador robusto em que é possível efetuar o desenvolvimento da programação apropriada para efeitos de automação. Estes controladores permitem efetuar a automatização de diversos processos, máquinas ou mesmo linhas de produção. Um PLC recebe informação através do uso de sensores ou de dispositivos ligados às suas entradas analógicas ou digitais. Após a receção destes dados, o PLC efetua o processamento dos mesmo de acordo com o programa desenvolvido para a automação apropriada, após este processamento ser efetuado o PLC toma a ação devida sobre as suas saídas com base no programa desenvolvido [11].

Os PLCs são controladores bastante flexíveis, podendo-se efetuar a monitorização de dados em tempo real, iniciar ou interromper processos automaticamente, efetuar a geração de alarmes caso seja detetada alguma falha em qualquer um dos dados lidos à sua entrada, entre outras inúmeras funcionalidades.

Os tipos de PLCs utilizados para execução e desenvolvimento de sistemas de automatização, sejam estes domóticos ou industriais, podem ser classificados de acordo com alguns parâmetros [12].

Existem duas categorias principais de PLCs:

- PLCs Fixados/Integrados/Compactos;
- PLCs Modulares.

Podendo, no entanto, ser possível criar uma combinação de diversos tipos de PLCs por fabricante, ou mesmo criar um sistema domótico utilizando-se diversos PLCs de fabricantes diferentes. Esta última solução oferece uma maior flexibilidade do sistema domótico desenvolvido.

### 2.6.1. PLC Fixado/Compacto/Integrado

O tipo de PLC apresentado na Figura 2.9 é nomeado de PLC compacto/fixado ou integrado. Neste tipo de PLC as entradas e saídas são integradas com o microcontrolador. Ou seja, todas as saídas, entradas, sistema de alimentação, comunicação, entre outras funcionalidades, são integradas no PLC, sendo estas determinadas pelo próprio fabricante. Uma das principais desvantagens deste tipo de PLC é não ser possível expandir as entradas e saídas ou mesmo efetuar a junção de outros módulos a este tipo de equipamento que pudessem vir a permitir funcionalidades extras. Atualmente alguns fabricantes tal como a *Siemens* permitem a ligação adicional de alguns módulos de expansão de portas de entrada e saída analógicas ou digitais a este tipo de PLC integrado [12].

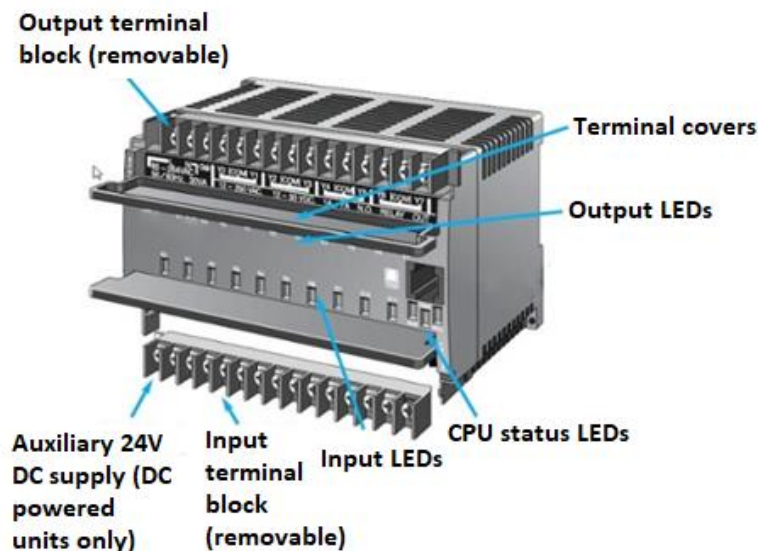


Figura 2.9 – Exemplo de um PLC compacto [12].

## 2.6.2. PLC Modular

O PLC modular como apresentado na Figura 2.10 é um tipo de PLC que permite a expansão do sistema através do uso de diversos módulos, sendo daí o termo modular.

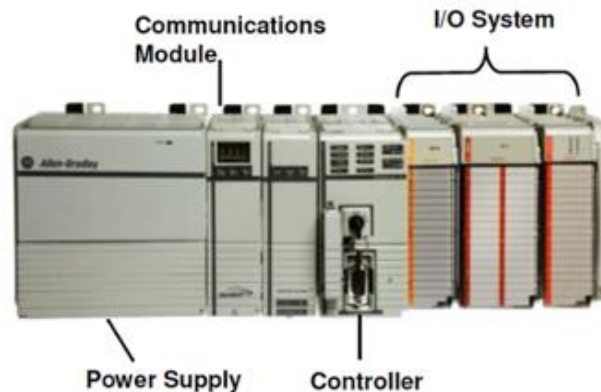


Figura 2.10 – Exemplo de um PLC modular [12].

Os diversos módulos existentes oferecem ao PLC recursos adicionais, como por exemplo o aumento do número de portas de entrada ou de saída do PLC, integração de módulos *Bluetooth*, módulos GSM, entre outros tipos de recursos adicionais. Os PLCs modulares são de fácil utilização, visto que cada um dos componentes é independente dos demais.

Num sistema composto por PLC modulares o módulo de alimentação, de comunicação, de entradas e saída, entre outros, são todos separados do módulo microcontrolador, ou seja, é necessário efetuar a ligação manual entre os diversos módulos e o microcontrolador (PLC) para criação de um sistema completo [12].

### Vantagens dos PLCs modulares:

- Maior escalabilidade e flexibilidade devido à utilização e possibilidade de inserção de diferentes módulos, seja para obtenção de mais entradas e saídas seja de funcionalidades extras;
- Maior facilidade na detecção de falhas visto que cada função do sistema é separada por cada um dos diferentes módulos constituintes;
- Maior quantidade de memória visto estes serem capazes de obter expansões para uma capacidade de armazenamento muito superior do que nos PLCs integrados.

### Desvantagens dos PLCs modulares:

- Maior custo comparativamente aos PLCs integrados devido à necessidade de diversos módulos para obtenção de um sistema completo e funcional;
- Requer conhecimento das ligações efetuadas pelo(s) criador(es) do sistema para efeitos de *troubleshooting* ou averiguação de falhas do sistema [12].

Os PLCs modulares encontram-se divididos em três categorias com base no seu tamanho de memória e seu número de entradas/saídas, como pode ser observado na Figura 2.11.



**Figura 2.11 – Três categorias de PLC diferentes, pequeno, médio e grande [13].**

Os PLCs mais pequenos são normalmente projetados como uma unidade compacta e robusta sendo normalmente colocados ao lado do equipamento a ser controlado. Este tipo de PLC é utilizado para substituição de relés, contadores e temporizadores. É um tipo de PLC limitado a nível de programação utilizando uma lista de instruções lógica ou linguagem LAD (diagramas de ladder ou diagrama de escada) como sua programação [13].

Normalmente os PLCs mais utilizados na indústria são os de tamanho médio, estes PLCs permitem a inserção de diversos módulos de *plug-in*. Contém ainda cerca de centenas de entradas e saídas com a possibilidade de adicionar-se mais recursos caso seja necessário. Normalmente num PLC deste género os módulos de comunicação são fornecidos pelo PLC em si e não por um módulo à parte.

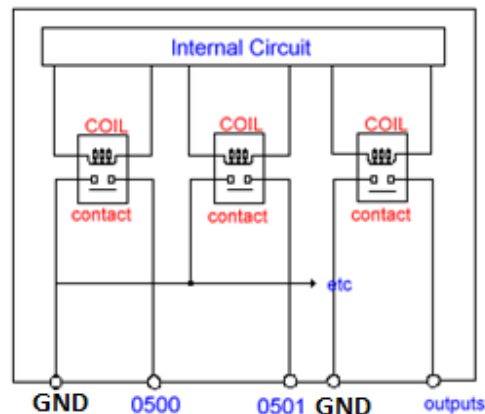
Por fim tem-se os PLCs normalmente utilizados para os sistemas de controlo, supervisão e aquisição de dados SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), sistemas de controlo distribuídos, etc. Estes PLCs fornecem uma maior quantidade de memória e uma enorme quantidade de recursos de entradas/saídas comparativamente com o anterior. No caso deste PLC podem ser utilizadas diversos tipos de linguagens de programação, desde o LAD, SCL (*Structured Control Language*) entre outros. Permitindo assim a criação e desenvolvimento de funções complexas para controlo e monitorização de processos [13].

### **2.6.3. Tipos de controladores com base nas suas saídas**

Por sua vez os PLCs podem ainda ser categorizados pelas suas saídas. Originalmente as saídas dos PLCs eram do tipo relé. Ou seja, as saídas de um PLC consistiam em um interruptor eletromecânico, em que o PLC efetuava sua a ativação ou desativação, para controlo dos diversos dispositivos automatizados, de acordo com o código programado e desenvolvido no PLC. Atualmente existem outros métodos de comutação das saídas, nomeadamente através do uso de transístores.

#### **2.6.3.1. Saídas do tipo relé**

As saídas do tipo relé são adequadas à ativação ou desativação de dispositivos tanto de corrente alternada como de corrente contínua. Este tipo de saída funciona através da passagem de corrente nas bobinas (COIL) do relé para ativação do mesmo, como se pode observar na Figura 2.12.



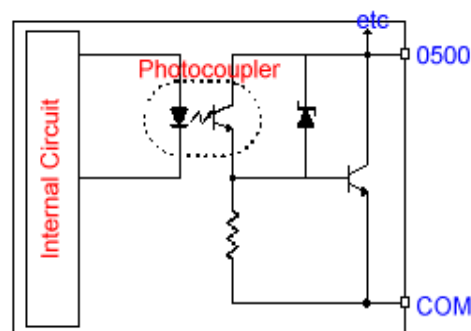
**Figura 2.12 – Exemplo de um diagrama de saídas de um PLC do tipo relé [12].**

A passagem de corrente através da bobine presente e no relé cria um campo magnético na mesma, atraindo-se assim os contactos metálicos do relé ativando a saída do PLC.

No entanto, um dos problemas principais do uso de relés é o desgaste mecânico que ocorre quando utilizados para operações de comutação repetitivas. Este tipo de saída é mais adequada para o uso de operações de comutação de baixa frequência, como por exemplo a ativação de um dispositivo de funcionamento contínuo tal como uma televisão ou a ativação de um motor [12].

### 2.6.3.2. Saídas através do uso de transístores

Os transístores são dispositivos semicondutores utilizados para efeitos de comutação e utilização em microprocessadores de escala micro ou nano. Visto que nos transístores nenhum componente é mecânico ou móvel é possível efetuar uma comutação mais rápida do que no sistema por relés. Na Figura 2.13 encontra-se o esquemático de uma saída de um PLC composta por transístores [12].



**Figura 2.13 – Exemplo de um diagrama de saídas de um PLC do tipo transístor [12].**

Como se pode observar na Figura 2.13, nas saídas do tipo transístor existe um fotoacoplador que isola o circuito “exterior” do circuito interno do PLC. Quando este tipo de saída do PLC é ativada o circuito interno liga o fotoacoplador, aplicando uma tensão no LED da parte emissora do fotoacoplador. Tal faz com o que o LED emita luz sendo a parte receptora do fotoacoplador responsável por identificar esta luminosidade e permitir que a corrente flua para a base do transístor [14].

Esta corrente liga a base do transístor de saída à saída 0500 como se pode observar na Figura 2.13. Como tal qualquer que seja o dispositivo que se encontre conectado entre a saída 0500 e o COM será ativado. Por sua vez quando se pretende que o dispositivo seja desativado o circuito interno desliga o LED do fotoacoplador fazendo com que o LED pare

de emitir luz e como tal a parte recetora do fotoacoplador não receberá qualquer tipo de luminosidade fazendo com que a passagem de corrente seja interrompida e desligando-se assim o dispositivo [14].

### 2.6.3.3. Saídas através do uso de Triacs

Os Triacs são componentes eletrônicos normalmente utilizados em aplicações de controlo de potência AC. São dispositivos capazes de efetuar a comutação de elevadas tensões e elevados níveis de corrente. Como tal isto torna os Triacs ideais para o uso em várias aplicações em que se encontra necessário efetuar a troca de potência [14].

Na Figura 2.14 é apresentado um exemplo de diversas saídas de um PLC utilizando os Triacs na comutação.

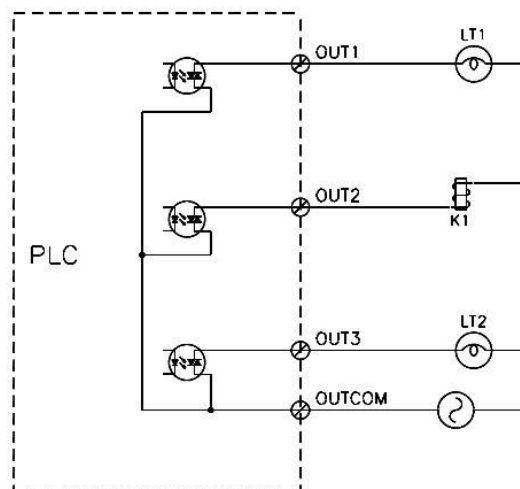


Figura 2.14 - Exemplo de um diagrama de saídas de um PLC do tipo Triac [14].

### 2.6.3.4. Saídas analógicas

Os tipos de saída dos PLCs mencionados anteriormente são projetados para efeitos de comutação. Ou seja, apenas operam em duas condições: ativado ou desativado. No entanto por vezes é necessário efetuar o controlo da velocidade de determinados dispositivos em modo contínuo tal como motores ou turbinas. Para tal utilizam-se as saídas analógicas dos PLCs, manipulando-se a tensão e ou corrente, frequência, *duty cycle*, forma de onda de saída, para se efetuar o tipo de controlo desejado sobre o dispositivo pretendido.

## 2.7. Sensores

Nesta secção serão mencionados os diversos tipos de sensores que podem ser utilizados para a implementação de um sistema doméstico. Estes sensores são uma parte crucial da implementação deste tipo de sistema para a monitorização da habitação e obtenção de dados para processamento de modo a efetuar-se o controlo da mesma.

### 2.7.1. Sensores de temperatura

A temperatura é um dos parâmetros ambientais mais frequentemente medidas. Tal ocorre devido ao fato da maioria dos sistemas físicos, eletrônicos, químicos, mecânicos e mesmo biológicos sejam afetados pela temperatura. Sendo o seu funcionamento mais eficiente dentro de uma determinada gama de temperatura [15].

A medição do nível de temperatura pode ser efetuada de diversas formas, seja através do contato direto com a fonte de aquecimento a medir ou medida de forma remota através da utilização da energia irradiada pela fonte. Atualmente existe uma grande diversidade de sensores de temperatura no mercado, como por exemplo:

- Termopares;
- Termístores;
- Sensores de temperatura do tipo semicondutor;
- Sensores de medição de temperatura através de infravermelhos (IR).

### 2.7.1.1. Termopares

Um termopar é um tipo de sensor de temperatura composto por, pelo menos, dois tipos de materiais unidos de modo a formar duas junções como ilustrado na figura 2.15.

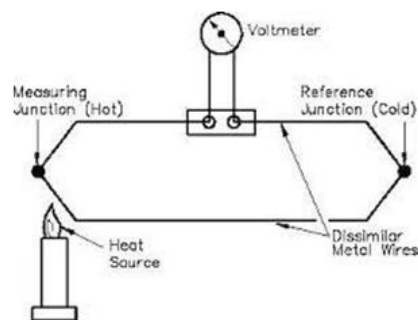


Figura 2.15 – Exemplo de um esquemático de um termopar [15].

Como se pode observar uma das junções do termopar encontra-se ligada a um corpo cuja temperatura deve ser medida, sendo esta referida como a junção quente ou de medição. A outra junção encontra-se ligada a um corpo cuja temperatura é conhecida, esta junção é referida de junção fria ou de referência. Ou seja, o termopar efetua a medição da temperatura desconhecida da junção quente através da comparação da temperatura de referência da junção fria. Ao existir uma diferença de temperatura entre as duas extremidades, uma pequena tensão elétrica é gerada. Esta tensão é medida e utilizada para indicar a temperatura medida. O seu funcionamento é baseado em três efeitos diferentes, o efeito de Seebeck, o efeito de Peltier e por fim o efeito de Thomson [16].

- Efeito de Seebeck – O efeito de Seebeck afirma que quando dois metais diferentes são unidos em duas junções uma força eletromotriz é gerada nas duas extremidades. A quantidade de força eletromotriz gerada é diferente para diferentes combinações dos metais.
- Efeito de Peltier – O efeito de Peltier refere que quando dois metais diferentes são unidos de modo a formar duas extremidades a força eletromotriz é gerada dentro do circuito devido à diferença de temperatura das duas junções do circuito.
- Efeito de Thomson – Por fim o efeito de Thomson diz que quando dois metais diferentes são unidos, formando duas extremidades, o potencial elétrico existe no circuito devido ao gradiente de temperatura ao longo de todo o comprimento dos condutores dentro do circuito.

### 2.7.1.2. Termístores

Os termístores são dos dispositivos mais usados na medição de temperatura. Os termístores são resistores cujo valor muda com a temperatura. Na maioria dos metais a

resistência aumenta com a temperatura. Os termístores respondem negativamente à temperatura. A sua resistência diminui com o aumento da temperatura. Como a resistência dos termístores depende da temperatura estes podem ser ligados no circuito elétrico para medição da temperatura [17]. Estes dispositivos são normalmente feitos de cerâmica como materiais semicondutores. São compostos principalmente por óxido de manganês, níquel e cobalto, sendo as suas resistividades de 100  $\Omega$  a 450 K $\Omega$ /cm. Como a resistividade dos termístores é elevada, a medição da resistência do circuito para medição da temperatura é facilmente efetuada. Encontrando-se o exemplo de um termístor na Figura 2.16.



Figura 2.16 – Exemplo de um termístor [18].

### 2.7.1.3. Sensores de temperatura do tipo semicondutor

Existem diversos tipos de sensores de temperatura semicondutores onde a resposta à variação da temperatura é dada da seguinte forma:

- Tensão de saída – tensão de saída linear e baixa impedância de saída;
- Corrente de saída – corrente à saída linear e impedância elevada;
- Saída digital – conjunto de sensor e conversor analógico-digital integrado num só chip. Normalmente utilizados em microprocessadores;
- Resistência de saída – aproveitamento das propriedades dos semicondutores consoante o aumento da temperatura;
- Temperatura de diodo – tipos de sensores mais baratos exigindo calibração e corrente estável à sua entrada para obtenção de resultados precisos. Ao ser fornecida corrente a tensão que percorre o diodo diminui aproximadamente 1 a 2 mV/°C. Através desta variação obtém-se a temperatura através do diodo [19].

### 2.7.1.4. Sensores de medição de temperatura por IR

Um sensor de temperatura por infravermelhos, como apresentado na Figura 2.17, é um dispositivo que efetua a medição da temperatura através da medição da radiação de infravermelhos emitida por um objeto [20].



Figura 2.17 – Exemplo de um sensor de temperatura por infravermelhos [21].

O seu princípio de funcionamento tem como base a radiação de um corpo negro, segundo a qual qualquer material com uma temperatura acima do zero absoluto possui

moléculas em movimento. Quanto maior for a temperatura maior é a agitação das moléculas. Por sua vez estas moléculas emitem radiação infravermelha à medida que se movimentam, emitindo mais radiação quanto mais quente o material.

Esta luz infravermelha pode ser focada, refletida ou absorvida como luz visível. Este tipo de sensor utiliza uma lente para focar a luz infravermelha de um determinado objeto num detetor com o nome de “termopilha”. A função da termopilha é efetuar a absorção da radiação infravermelha e efetuar a conversão para calor. Este componente fica mais quente ao absorver a energia infravermelha. Sendo o excesso de calor convertido num sinal elétrico que por sua vez é transmitido a um detetor que efetua a deteção da temperatura do objeto medido [20].

### **2.7.2. Sensores de humidade para o solo**

Um sensor de humidade deteta, mede e informa a humidade do solo. Existem três tipos principais de sensores de humidade, sendo cada um deles diferente na maneira como efetuam as medições e determinam os níveis e humidade do solo. Consecutivamente cada um dos diferentes tipos contém vantagens e desvantagens de acordo com as suas propriedades específicas [22].

#### **2.7.2.1. Sensor de humidade volumétrico**

Os sensores volumétricos de humidade do solo efetuam a medição diretamente da quantidade de água presente no solo. São a categoria de sensores que possui mais tipos de sensores, desde sondas de humidade de neutrões, sensores de dissipação de calor e sensores dielétricos comuns. Os sensores dielétricos efetuam a medição da constante dielétrica do solo, uma propriedade elétrica que é dependente da quantidade de humidade do solo, estando apresentado um exemplo de um sensor de humidade volumétrico apresentado na Figura 2.18.



**Figura 2.18 – Exemplo de um sensor de humidade volumétrico TDT [22].**

Devido à tecnologia utilizada, estes sensores são os sensores de humidade de solo mais caros. Na sua instalação é necessário calibrar para o tipo de solo individualmente, tornando-se a sua instalação um processo complexo. No entanto, são os sensores mais precisos. Normalmente são utilizados em ambientes de pesquisa ou de agricultura de alto valor onde a velocidade e precisão justificam o custo do equipamento.

### 2.7.2.2. Tensiómetro

Os tensiómetros são sensores de humidade do solo que medem a tensão entre as partículas do solo e moléculas de água. Para que as plantas acedam à água é necessário que excedam a tensão de modo a afastar as moléculas de água das partículas do solo e das suas raízes. O potencial matricial do solo ou a leitura da tensão da humidade do solo indica o quanto a planta necessita para a extração da água.

Um tensiómetro é um tubo vertical cheio de água com uma ponta porosa, sendo que esta é inserida no solo dentro das profundidades recomendadas, o solo retira água da ponta porosa do tubo selado criando vácuo. Os solos secos criam um vácuo mais forte, visto que as moléculas de água são mais difíceis de extrair do que as partículas do solo, tal como o apresentado na Figura 2.19 [22].



Figura 2.19 – Exemplo de um tensiómetro [22].

Os tensiómetros são equipamentos relativamente simples e baratos. São de fácil utilização visto que os dados lidos não necessitam de ser processados. No entanto, este tipo de sensor necessita de uma maior manutenção. Este tipo de sensor funciona melhor quando instalados em terrenos que mantêm um nível de humidade relativamente constante, visto que apenas conseguem operar dentro de determinados níveis de sucção, tornando-os inúteis em condições de solo seco.

### 2.7.2.3. Sensores de estado sólido

Os tipos mais comuns de sensores de humidade de solo de estado sólido são blocos de gesso e sensores de matriz granular. Este tipo de sensor utiliza dois eléctrodos para medição da resistência eléctrica no solo. Quanto mais água existir no solo mais reduzida será a resistência eléctrica visto que a corrente eléctrica passa através da água. Com menos água maior será resistência. Após a medição da resistência eléctrica, a tensão da água é calculada para determinar a humidade no solo. Estes sensores são a opção mais barata para monitorização da humidade no solo, não requerendo qualquer tipo de calibração. No entanto, necessitam de ser instalados corretamente e substituídos periodicamente, à medida que o gesso se dissipa [22]. Um exemplo de sensor de estado sólido encontra-se apresentado na Figura 2.20.



Figura 2.20 – Exemplo de um sensor de estado sólido [22].

### 2.7.3. Sensores de presença

Um sensor de movimento é um dispositivo que deteta objetos em movimento, geralmente utilizado para deteção de pessoas. Este tipo de sensor é frequentemente utilizado como um componente de um sistema que executa uma tarefa ou alerta associado a um determinado movimento em uma ou várias zonas específicas. Estes sensores, como tal são um componente essencial a nível de segurança, controlo doméstico, eficiência energética, controlo automatizado de iluminação entre outras aplicações.

Existem vários tipos de sensores de movimento disponíveis no mercado, nomeadamente, o sensor de movimento PIR (*passive infrared*), ultrassónico, micro-ondas, tomográfico e o combinado, sendo que cada um tem as suas vantagens e desvantagens.

#### 2.7.3.1. Sensor de movimento de infravermelhos (PIR)

O sensor de movimento de infravermelhos passivo é composto por um material de filme piroelétrico fino, que responde à radiação infravermelha emitindo à sua saída uma tensão ou corrente correspondente. Estes tipo de sensor é económico e de pouco consumo, sendo normalmente utilizado em situações de alarmes internos [23]. Na Figura 2.2.1 encontra-se um exemplo de um sensor PIR para deteção de movimento. O sensor apresentado gera à sua saída uma determinada tensão quando é detetado algum tipo de movimento.



Figura 2.21 – Exemplo de sensor de movimento infravermelhos [23].

O seu método de funcionamento consiste no fato de todos os objetos emitirem alguma radiação, sendo que quanto mais quente o corpo se encontra mais radiação é emitida. A saída de um sensor PIR é normalmente um sinal digital simples. Se o sensor detetar algum movimento normalmente retorna impulsos a nível alto de tensão à saída que permanece durante um determinado período que pode ser ajustado. Caso não tenha detetado nenhum tipo de movimento devolve um sinal baixo de tensão (0V) [24]. É ainda chamado de passivo visto que não emite luz para obtenção das medições efetuadas.

### 2.7.3.2. Sensor de movimento ultrassónico

Um sensor ultrassónico utiliza uma frequência elevada de som para medição da distância entre determinados objetos, o seu funcionamento é semelhante a um sonar [25].



Figura 2.22 – Exemplo de um sensor de movimento ultrassónico [23].

Um sensor de movimento ultrassónico tal como o apresentado na Figura 2.22, consiste num dispositivo transceptor (dispositivo que efetua a combinação de um transmissor e um recetor), capaz de efetuar a emissão e deteção das ondas ultrassónicas. O sensor emite um impulso sonoro sendo que quando colide com um objeto sólido esta onda é refletida. O transceptor utiliza um temporizador para determinação de quanto tempo é que o impulso demora para retornar calculando-se assim a distância do sensor ao objeto detetado. Este sensor tem aplicação neste contexto do ponto de vista em que se a onda sonora retornou atrasada é um indicativo de que existe movimento em determinada área ou secção. Este tipo de sensor é altamente sensível provocando a deteção de falsos alarmes [25].

### 2.7.3.3. Sensor de movimento micro-ondas

Este tipo de sensor é em tudo idêntico ao sensor mencionado anteriormente, sendo que neste caso, este é responsável pela geração de impulsos de ondas micro-ondas, calculando-se posteriormente a reflexão das mesmas através da colisão com os objetos. Determinando-se assim se os objetos encontram-se em movimento ou não. Este tipo de sensor tem uma precisão elevada, mas de consumo elevado [23].



Figura 2.23 – Exemplo de um sensor de movimento micro-ondas [23].

### 2.7.3.4. Sensor de movimento tomográfico

Novamente com o mesmo princípio de funcionamento que o sensor de movimento ultrassónico e o de micro-ondas, este sensor gera ondas rádio e efetua a deteção de quando estas ondas são perturbadas pela colisão com um objeto. No entanto, estas ondas são capazes de passar por paredes e por determinados objetos. São normalmente colocas de forma a criar uma rede de ondas rádio para cobrir uma grande área. Estes tipos de sensores de movimento tomográfico, tal como o apresentado na Figura 2.4, são de custo elevado sendo normalmente utilizados em armazéns, unidades de armazenamento e em outras situações que necessitem de um elevado nível de segurança [23].



Figura 2.24 – Exemplo de um sensor de movimento tomográfico [23].

#### 2.7.3.5. Sensor de movimento combinado

Alguns tipos de detetores de movimento, utilizam diferentes sensores para a diminuição de falsos alarmes. Estes sensores só ativam o alarme quando ambos os tipos de sensores efetuam a deteção de movimento. Um exemplo de um sensor de movimento combinado é a utilização de um sensor duplo de micro-ondas e PIR, a sua configuração inicial será a utilização do sensor PIR visto este sensor ter um consumo de energia muito mais baixo. Quando este sensor efetua a deteção de movimento o sensor de micro-ondas é ativado, se este último sensor efetuar a deteção de movimento também o alarme será gerado [23].

#### 2.7.4. Sensores de luminosidade

Os sensores de luminosidade têm diversas aplicações. A aplicação uso mais comum é o controlo da luminosidade do ecrã dos telemóveis e tablets. Tal é efetuado através do uso de sensores de luminosidade para ajuste do brilho do dispositivo. Se o dispositivo detetar que se encontra em um local escuro o brilho do ecrã é diminuído para economizar a bateria do dispositivo. Outra aplicação comum dos sensores de luminosidade é o controlo automático nas habitações, automóveis ou mesmo postes de iluminação. O sensor neste caso é utilizado para ativação da iluminação quando a iluminação ambiente se encontra abaixo de um determinado nível definido no programa do controlador. Este sensor tem inúmeras aplicações a nível da agricultura, segurança, eficiência energética, etc.

Existem dois tipos de sensores de luminosidade, os foto-díodos e as fotoresistências mais conhecidos como LDR (*Light Dependent Resistor*).

##### 2.7.4.1. Sensor de luminosidade foto-díodo

Quando os feixes de luz atingem um foto-díodo este efetua a dispersão de eletrões, causando o fluxo de uma corrente elétrica. Quanto mais intensa for a luminosidade maior será o fluxo da corrente elétrica, como tal efetua-se a medição da luminosidade da luz através da medição da corrente pelo efeito criado pelo foto-díodo, como o apresentado na Figura 2.25.



Figura 2.25 – Exemplo de um foto-díodo [26].

##### 2.7.4.2. Sensor de luminosidade LDR

Outro tipo de sensor de luminosidade normalmente utilizado é a fotoresistência ou LDR (ver na Figura 2.26). Uma fotoresistência é um dispositivo em que a sua resistência

depende da quantidade de luz, ou seja, quanto maior for a intensidade de luz presente maior será a resistência da fotoresistência e quanto menor for a intensidade da luz menor será a sua resistência. A vantagem deste tipo de sensor relativamente ao foto-díodo é que os LDR são muito mais eficientes a nível de custo apesar de serem muito menos precisos. Este tipo de sensor é normalmente utilizado para comparação de níveis de luz relativos ou para efeitos de conhecimento se uma determinada luz se encontra acesa ou apagada.



Figura 2.26 – Exemplo de um LDR [27].

## 2.8. Atuadores

Os PLCs podem efetuar o controlo de diversos tipos de atuadores, tais como o ar condicionado, o aquecimento central, a luminosidade da habitação, o sistema de rega, o sistema de segurança, geração de alarme, entre outros. Normalmente o controlo da maioria dos atuadores é efetuado através do uso de relés (*ON* e *OFF*), ativando-se ou desativando-se os sistemas ou dispositivos através da ativação ou desativação do relé [28].

O relé é utilizado para controlo de um circuito ou dispositivo que fornece tensões ou correntes elevadas utilizando-se um sinal de baixa potência. Quando uma pequena corrente elétrica flui através da bobine do relé, a bobine terá uma força eletromagnética fazendo com que o comutador seja conduzido. A quantidade de tensão e corrente necessária para ativação do relé depende do tipo de relé utilizado e do fabricante.

É possível, no entanto, efetuar-se a classificação dos atuadores utilizados de acordo com o tipo de energia utilizada, sendo esta classificação a seguinte [29]:

- Atuadores hidráulicos: este tipo de atuador consiste num motor de fluído que utiliza energia hidráulica para operação mecânica. O movimento do fluído é linear, rotacional ou oscilatório, fornecendo um movimento mecânico correspondente. Um atuador hidráulico pode exercer uma grande quantidade de binário, mas com aceleração limitada [30];
- Atuadores Pneumáticos: um atuador pneumático efetua a conversão da energia do ar ou de um determinado gás em alta pressão num movimento rotacional ou linear. A força produzida é elevada, produzida através de uma diferença de pressão muito pequena, sendo utilizada principalmente em aplicações de resposta rápida [30];
- Atuadores elétricos/eletromagnéticos: este tipo de atuador utiliza a energia elétrica como fonte de energia, sendo esta utilizada para efeitos de controlo de motores, válvulas, sistemas de carregamento, sistemas de aquecimento, entre outros dispositivos [30];
- Atuadores mecânicos: por fim os atuadores mecânicos são atuadores que efetuam a utilização de uma fonte de energia externa para controlar remotamente ou atuar sobre um mecanismo secundário. A orientação do movimento de saída pode ser linear ou rotativa sendo esta especificada pelas propriedades do mecanismo secundário ou do atuador em si. O atuador mecânico tem mais fiabilidade que os atuadores do tipo eletromagnético [30].

## 2.9. Conclusões

Um sistema domótico engloba diversas funcionalidades a nível de segurança, conforto, eficiência energética e comunicação.

Um sistema domótico é constituído por vários componentes tais como, controladores, atuadores, sensores, interfaces e dispositivos específicos. As topologias mais comuns utilizadas em sistemas domóticos são a topologia centralizada, topologia descentralizada e a topologia distribuída.

Existem diversas técnicas de transmissão e receção de dados entre a aplicação e os diferentes controladores. As técnicas mais comuns a serem utilizadas para ligação em rede dos sistemas domóticos são através de Bluetooth, Reconhecimento de Voz, ZigBee, GSM e Internet ou Wi-Fi.

O PLC é um computador robusto em que é possível efetuar o desenvolvimento da programação apropriada para os efeitos de automação. Estes controladores permitem automatizar inúmeros processos, máquinas ou mesmo linhas de produção.

Os sensores são uma parte fundamental da monitorização do sistema e processamento dos dados adquiridos. Os tipos de sensores mais comuns são os sensores de temperatura, de humidade, de presença e os sensores de luminosidade. Já ao nível de atuadores existem inúmeros tipos: hidráulicos, pneumáticos, elétricos, eletromagnéticos e mecânicos.

### 3. Sistema domótico desenvolvido

Neste capítulo apresenta-se o sistema domótico desenvolvido, as suas funcionalidades e demonstração da sua utilização e controlo. Sendo o seu funcionamento, algoritmos implementados, arquitetura e *hardware* utilizados para desenvolvimento e implementação referido e descrito nos capítulos posteriores a este.

Todo o sistema domótico desenvolvido e suas funcionalidades são controlados localmente ou remotamente, através da aplicação *Android* criada. Neste capítulo efetua-se a descrição das diversas funcionalidades implementadas tendo em base a aplicação desenvolvida através do *software Android Studio*.

Ainda neste capítulo, são apresentadas as funcionalidades implementadas, e apresenta-se, um pequeno tutorial de como utilizar a aplicação desenvolvida para controlo do sistema domótico desenvolvido.

Inicialmente, ao se abrir a aplicação são apresentadas duas opções, tal como apresentado na Figura 3.1 e apresentadas no ecrã: a opção do controlo remoto da habitação ou o controlo local da mesma.

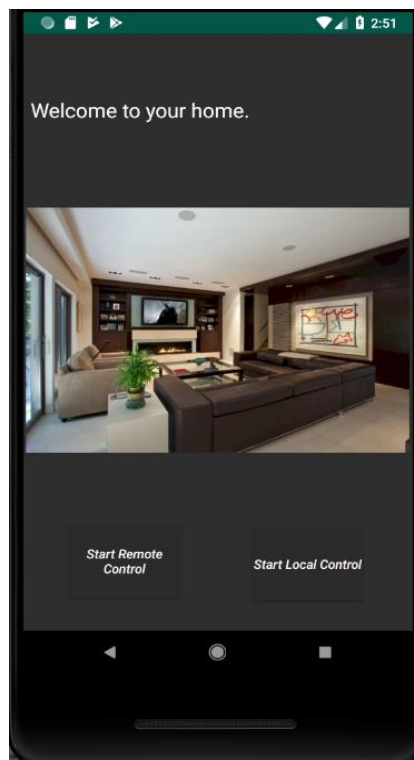
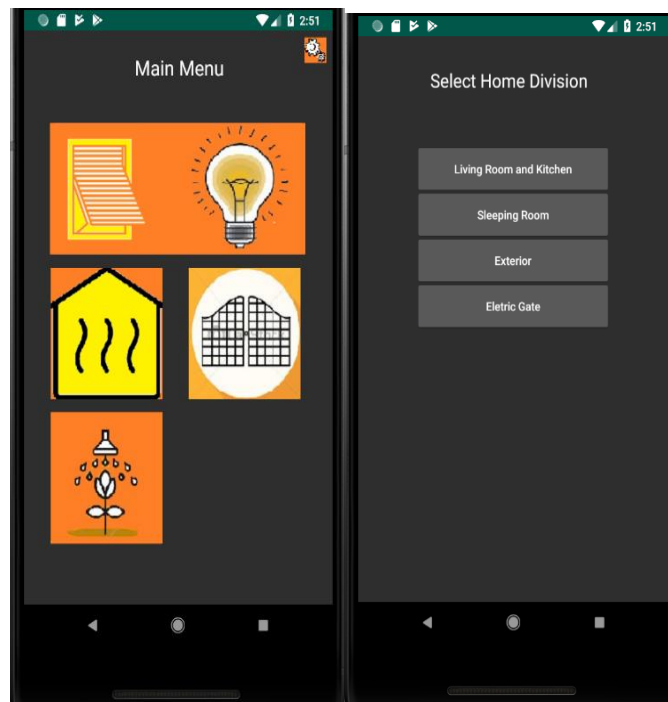


Figura 3.1- Ecrã principal.

Após escolhida a opção são apresentados os seguintes ecrãs e dependendo da escolha efetuada (Figura 3.2).



a)

b)

**Figura 3.2– a) Ecrã apresentado para controlo remoto. b) Ecrã apresentado para controlo local.**

Como apresentado na Figura 3.2, o controlo remoto é efetuado através da seleção da funcionalidade que se pretende controlar, sendo posteriormente apresentados novos ecrãs com as respetivas opções de controlo da habitação e respetivo sistema domótico. As funcionalidades implementadas neste sistema domótico são as seguintes:

- Controlo da temperatura ambiente (aquecimento e arrefecimento central), automático e manual;
- Controlo dos estores e iluminação da habitação, automático e manual;
- Controlo do portão elétrico, de abertura manual por questões de segurança;
- Controlo do sistema de rega, automático e manual.

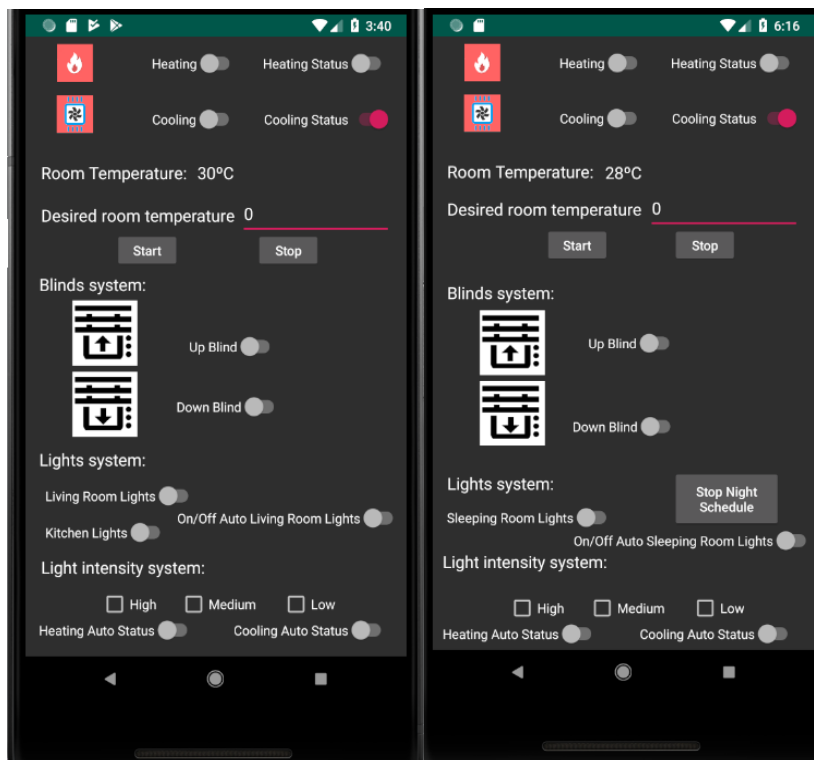
O controlo local, no entanto, é efetuado através da seleção da secção da habitação que se pretende controlar, sendo posteriormente apresentado um ou mais novos ecrãs com as diversas opções de controlo, referentemente à secção selecionada.

### **3.1. Controlo local do sistema domótico**

Neste subcapítulo apresentam-se as funcionalidades de controlo local do sistema domótico criado através da aplicação desenvolvida e sua respetiva demonstração.

#### **3.1.1. Controlo local do interior da habitação**

Começa-se inicialmente por criar um menu genérico para o controlo das secções interiores da habitação com funcionalidades de controlo de temperatura, iluminação e dos estores. Na Figura 3.3 a) encontra-se apresentado o menu criado para controlo local da sala e cozinha considerando-se que estes se encontram na mesma divisão da casa. A Figura 3.3 b) apresenta o respetivo menu criado para controlo do quarto.



a)

b)

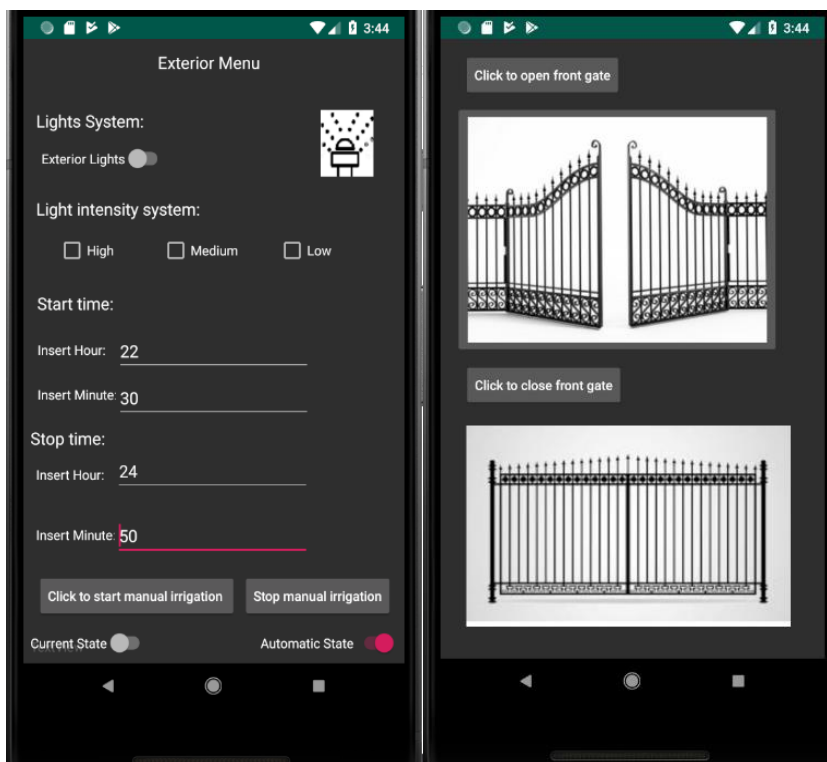
**Figura 3.3 - Menus apresentados para controlo local da: a) Sala e cozinha; b) Quarto.**

Ao seleccionar-se uma destas secções da habitação todos os campos de controlo e de visualização do estado atual do sistema domótico são atualizados imediatamente. Verificando-se imediatamente o estado atual do aquecimento central ou arrefecimento central da habitação, temperatura ambiente da habitação, temperatura ambiente definida no momento pelo utilizador, quais as luzes que se encontram ligadas ou desligadas e se o seu modo automático encontra-se ativado ou desativado, qual o seu nível de intensidade de luz definida pelo utilizador anteriormente. Se nenhum destes campos se encontrar “Checked” significa que o modo automático do controlo de iluminação encontra-se a definir a intensidade luminosa da iluminação da habitação. Por fim, verifica-se o modo automático do aquecimento central ou arrefecimento central encontra-se ativo ou não.

Através destes menus, é possível ativar-se ou desativar-se o aquecimento ou arrefecimento manualmente através dos botões *switch* *Heating* e *Cooling* e por sua vez verificar o estado atual do sistema de aquecimento e arrefecimento através dos botões *Heating Status* e *Cooling Status*. É possível ativar ou desativar o modo automático do sistema através dos botões *Heating Auto Status* e *Cooling Auto Status* individualmente. Verifica-se ainda nestes mesmos botões *switch* o estado atual do modo automático dos dois modos de controlo de temperatura. Por fim, é possível ainda determinar qual a intensidade de luz pretendida nestas divisões da casa.

### 3.1.2. Controlo local do exterior da habitação

Posteriormente, implementa-se os menus e as opções de controlo para a iluminação do exterior da habitação, sistema de irrigação e portão elétrico, estando os ecrãs apresentados na Figura 3.4.



a)

b)

**Figura 3.4 - Menus apresentados para controlo local do: a) Exterior; b) Portão elétrico**

Ao seleccionar-se esta secção da habitação todos os campos de controlo e de visualização do estado atual do sistema domótico são atualizados. Verifica-se imediatamente o estado atual do sistema de irrigação, se as luzes exteriores se encontram ligadas ou desligadas, qual o nível de intensidade de luz definida pelo utilizador anteriormente. Se nenhum destes campos se encontrar “*Checked*” significa que o modo automático do controlo de iluminação encontra-se a definir a intensidade luminosa do exterior da habitação. Por fim, verifica-se se o modo automático do sistema de rega encontra-se ativo ou não.

Através do menu referente ao controlo local do exterior como se pode observar através da Figura 3.4 é possível ativar a iluminação exterior através do botão *switch Exterior Lights*, efetuar o controlo de intensidade da luz e por sua vez verificar o estado atual através das *CheckBoxes* presentes.

Efetua-se também a ativação ou desativação do modo automático do sistema de irrigação através do botão *Automatic State*. Verifica-se neste mesmo botão *switch* o estado atual do sistema automático. Por fim, se desejado pelo proprietário da habitação, é possível ainda efetuar a irrigação manual através da inserção dos parâmetros dos campos de hora inicial e final, minuto inicial e final, pressionando-se o botão *Start manual irrigation*, inicia-se a rega manual, para efetuar a paragem da rega é necessário pressionar o botão *Stop manual irrigation*. Ao se efetuar a inserção destes parâmetros marca-se assim um horário de rega extra desejado, este apenas ocorre uma vez, se for pretendido voltar a repetir é necessário voltar-se a inserir os parâmetros e carregar no botão mencionado anteriormente. Tal acontece visto que existe um menu de predefinições onde se insere o horário habitual de rega, sendo este o horário regular que prevalece no sistema, sendo este horário inserido através do menu de predefinições. Este menu mencionado posteriormente neste mesmo capítulo.

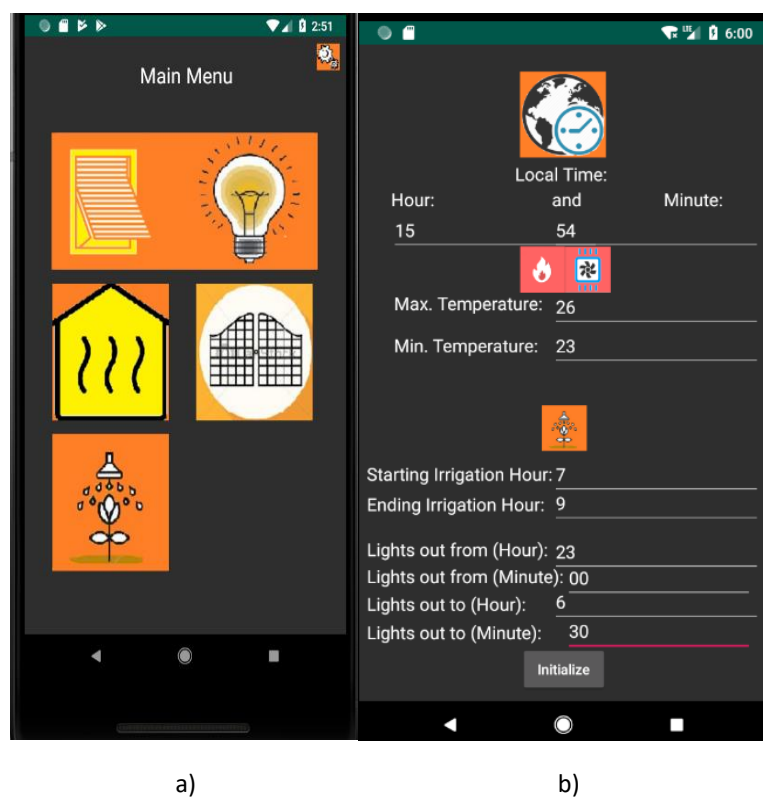
Já o menu presente na Figura 3.4 b) encontra-se apresentado o menu para controlo do portão elétrico da habitação. A abertura do portão é efetuada através do botão *Click to open front gate* sendo o resto do processo efetuado automaticamente. No entanto, em caso de emergência ou se for da vontade do proprietário fechar o portão imediatamente esta opção é disponibilizada através do botão *Click to close front gate*.

### 3.2. Controlo remoto do sistema doméstico

Nesta secção apresenta-se as funcionalidades de controlo remoto do sistema doméstico criado através da aplicação desenvolvida e a sua respetiva demonstração.

#### 3.2.1. Controlo remoto das diversas funcionalidades do sistema doméstico

Na Figura 3.5 apresenta-se as diferentes funcionalidades do controlo remoto do sistema doméstico criado através da aplicação desenvolvida e sua respetiva demonstração.



**Figura 3.5 -Ecrã apresentado para: a) controlo remoto. b) Predefinições do sistema.**

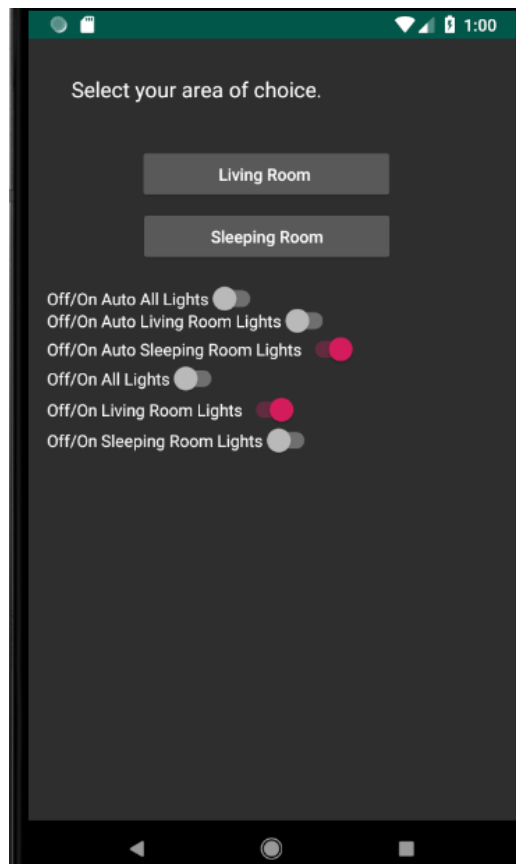
Começa-se inicialmente por criar um menu intuitivo e de fácil interação para controlo remoto das diferentes funcionalidades da habitação. Este menu encontra-se apresentado na Figura 3.5 a).

Visto ser necessário a inserção de alguns parâmetros para automatização do sistema cria-se um menu de predefinições apresentado na Figura 3.5 b). O menu pode ser acedido através do botão localizado no canto superior direito no menu principal para controlo remoto.

Neste menu de predefinições encontram-se a inserção de alguns parâmetros tais como a hora e minuto atual para atualização do sistema doméstico, inserção da temperatura mínima e temperatura máxima pretendida na habitação, o horário pretendido para início e fim da rega e por fim a introdução do horário noturno pretendido para a desativação da iluminação do quarto durante a noite.

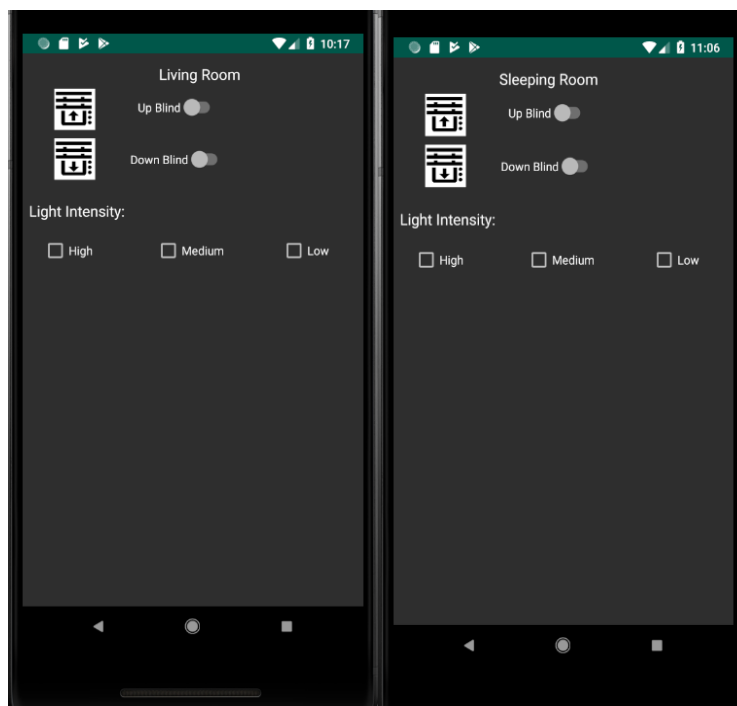
### 3.2.2. Controlo remoto do sistema de iluminação

Após efetuada a seleção da opção de controlo de iluminação e de estores da habitação é apresentado o menu da Figura 3.6.



**Figura 3.6 – Ecrã apresentado para controlo global da iluminação da habitação.**

Neste menu encontram-se as opções de ativação ou desativação do controlo automático ou manual da iluminação da habitação, de cada uma das divisões. Cada um destes botões são atualizados automaticamente ao abrir este menu, indicando o estado atual da iluminação da habitação. Esta ativação ou desativação pode ser efetuada individualmente, de cada uma das diferentes secções da habitação, ou efetuada através do corte ou ativação geral da iluminação da habitação. Apresenta-se ainda dois botões que permitem efetuar a seleção da divisão interior da casa que se pretende aceder e respetivo controlo de algumas funcionalidades relativamente à iluminação e estores implementados. Selecionando-se a divisão interior da casa pretendida a aceder obtém-se um dos menus representados na Figura 3.7.



a)

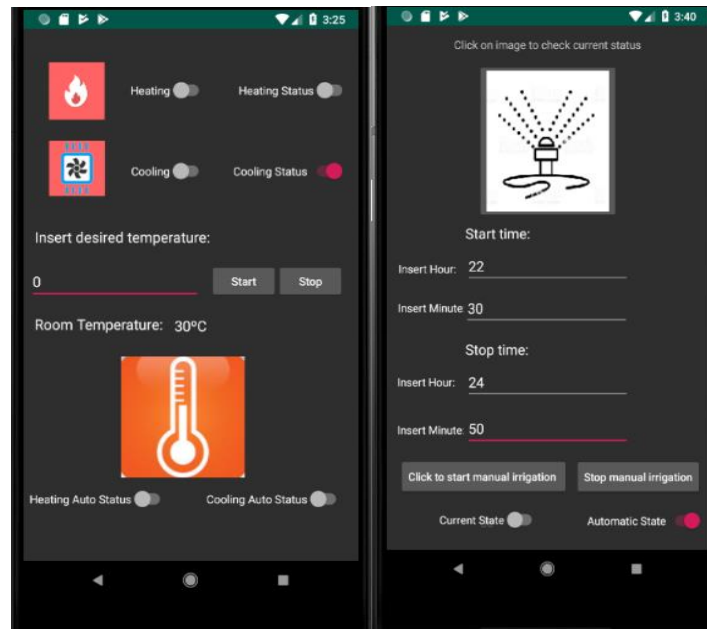
b)

**Figura 3.7 – Menus apresentados para controlo remoto da intensidade luminosa e estores: a) Da sala e cozinha; b) Do quarto.**

Através destes menus anteriormente ilustrados são apresentadas as opções de controlo relativamente aos estores e controlo de luminosidade manual de cada uma das secções respetivamente. Pode-se controlar a intensidade luminosa manualmente através dos botões de “CheckBox”, selecionando uma das opções de intensidade máxima *High*, intensidade intermédia *Medium* e a intensidade mínima de luz *Low*.

### 3.2.3. Controlo remoto do sistema de aquecimento, arrefecimento e sistema de irrigação

Prosseguindo-se para o sistema de aquecimento ou arrefecimento e sistema de irrigação desenvolvido para este sistema domótico. Ao se efetuar a seleção dos mesmos através do menu inicial apresentado anteriormente na Figura 3.1, obtém-se os seguintes menus com as seguintes opções de controlo apresentados na Figura 3.8.



a)

b)

**Figura 3.8 - Menus apresentados para controlo remoto: a) Do sistema de arrefecimento e aquecimento; b) Do sistema de irrigação.**

Tal como mencionado anteriormente, relativamente ao nível de controlo local do interior da habitação e relativamente ao sistema de temperatura, selecionando-se esta funcionalidade todos os campos de controlo e de visualização do estado atual do sistema domótico são atualizados imediatamente. Verifica-se no menu o estado atual do aquecimento central ou arrefecimento central da habitação, temperatura ambiente da habitação e temperatura ambiente definida no momento pelo utilizador. Sendo todo o posterior procedimento para a configuração do pretendido menu por parte do utilizador, igual ao apresentado anteriormente no ponto 3.1.1.

Relativamente ao controlo remoto do sistema de irrigação, este é bastante semelhante à funcionalidade apresentada que permite efetuar o controlo local do exterior da habitação. Este menu apresenta menos funcionalidades que o menu apresentado anteriormente. No entanto, as funcionalidades apresentadas neste menu constam no menu de controlo exterior da habitação, funcionando de forma idêntica ao apresentado anteriormente no ponto 3.1.2.

Já a Figura 3.9 apresenta o menu para controlo remoto do portão elétrico da habitação, sendo este igual e com as mesmas funcionalidades ao menu apresentado anteriormente no ponto 3.1.2.

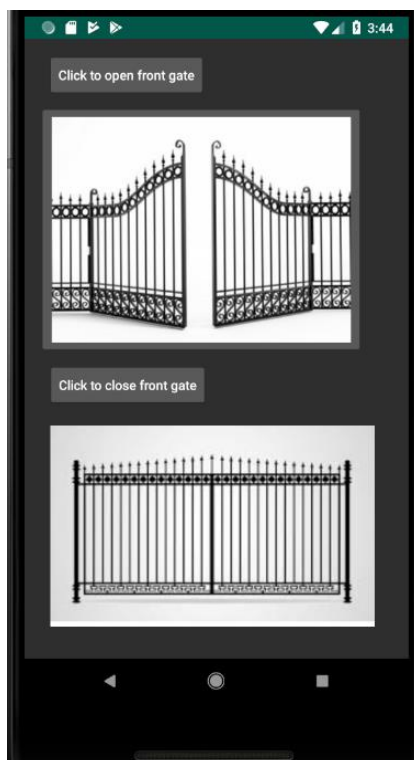


Figura 3.9 - Menu apresentado para controlo remoto portão eléctrico.

### 3.3. Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as diferentes *interfaces* e *menus* desenvolvidos para a aplicação *mobile*, sendo esta aplicação utilizada para controlo do sistema domótico através da utilização da mesma através de um telemóvel *smartphone*. São também apresentadas as funcionalidades implementadas neste sistema domótico, mostrando-se os diferentes *menus* para o controlo e gestão remota e local dos sistemas de temperatura ambiente, iluminação e estores da habitação, sistema de rega e portão de entrada eléctrico.

Descreveu-se a diversa utilização entre os diferentes *menus* apresentados para o controlo remoto e o controlo local do sistema. Os *menus* associados ao controlo remoto encontram-se estruturados para efetuar-se a seleção da funcionalidade pretendida a controlar. Ou seja, neste modo efetua-se o controlo direto das diferentes funcionalidades implementadas. Já os *menus* apropriados para o controlo local encontram-se designados para efetuar-se a seleção da secção da habitação que se pretende controlar. Sendo apresentadas as diferentes funcionalidades presentes nas secções pretendidas.

Apresenta-se no capítulo 4 a arquitetura do sistema domótico implementado desde a sua configuração à programação das diferentes funcionalidades implementadas e desenvolvimento da aplicação *Android* criada.

## 4. Arquitetura do sistema doméstico

Neste capítulo apresenta-se a arquitetura do sistema doméstico e grande parte do seu desenvolvimento. Neste sistema doméstico foram implementadas diversas funcionalidades distintas em cada um dos PLCs utilizados. Optou-se pela utilização de diversos PLCs devido ao número de portas analógicas e portas de saída exigidas para o desenvolvimento deste sistema. Como tal optou-se por um sistema doméstico tendo em base uma arquitetura distribuída. Posteriormente a este passo procedeu-se ao desenvolvimento da aplicação *Android* para controlo remoto e local das diversas funcionalidades controladas através da utilização dos PLCs.

A nível de *hardware*, nos controladores lógicos programáveis, utilizou-se quatro PLCs S7-1200, sendo cada um dos PLCs responsável pelo controlo de uma ou mais funcionalidades do sistema doméstico. Utilizou-se as saídas e entradas digitais e analógicas de cada um dos PLCs para o controlo e monitorização constante das diferentes funcionalidades implementadas. O restante do *hardware* e circuitos utilizados para implementação, simulação e verificação do controlo das diferentes funcionalidades implementadas serão apresentados ao longo deste capítulo.

A nível de *software* utilizou-se o *software* da Siemens, STEP 7 Professional (Tia Portal), para configuração dos diversos PLCs utilizados e o *Android Studio* para elaboração e desenvolvimento da aplicação *Android*.

### 4.1. PLC S7-1200

O PLC S7-1200 é um controlador modular compacto, escalonável e flexível tornando-o ideal para uma vasta diversidade de aplicações, proporcionando soluções compactas e inteligentes. Este PLC fornece ainda uma interface PROFINET integrada para programação, diagnóstico, ligação HMI e comunicação CPU a CPU. Ainda referindo-se ao PLC em si existem vários módulos conectáveis, tais como módulos de sinais digitais ou analógicos de entrada ou saída, módulos de comunicação *serial*, de GSM, GPRS, RS232 entre outros módulos existentes [11].

Neste trabalho apenas utilizou-se a versão S7-1200 1212C DC/DC/DC (referência 6ES7 212-1AE40-0XB0). Este PLC necessita de uma tensão de alimentação de 24V, contém oito entradas digitais de 24V, duas entradas analógicas de 10V e seis saídas digitais com uma tensão de saída máxima de 24V, (Figura 4.1). As portas analógicas e digitais são utilizadas para receção e tratamento dos dados obtidos através dos sensores utilizados.



Figura 4.1- PLC S7-1200 1212C DC/DC/DC [31].

### 4.1.1. TIA Portal

A programação e configuração dos autômatos S7-1200 é feita através do *software* STEP 7 Professional (TIA Portal). Esta aplicação permite a configuração, programação, controlo e monitorização de um ou mais autômatos quando se encontram ligados em rede. A simulação e diagnóstico dos inúmeros controladores do fabricante *Siemens* é realizada na aplicação integrada e também permite a programação dos vários monitores de *interface* disponibilizadas pelo fabricante [11].

Este *software* permite a programação dos autômatos em três tipos diferentes de linguagens de programação:

- LAD (*Ladder logic*) – LAD é uma linguagem de programação gráfica, sendo a sua representação baseada em diagramas de circuitos.
- FBD (*Function Block Diagram*) – FBD é uma linguagem de programação gráfica baseada na utilização de símbolos lógicos utilizados na álgebra booleana.
- SCL (*Structured control language*) – SCL é uma linguagem de programação de alto nível baseada em Pascal.

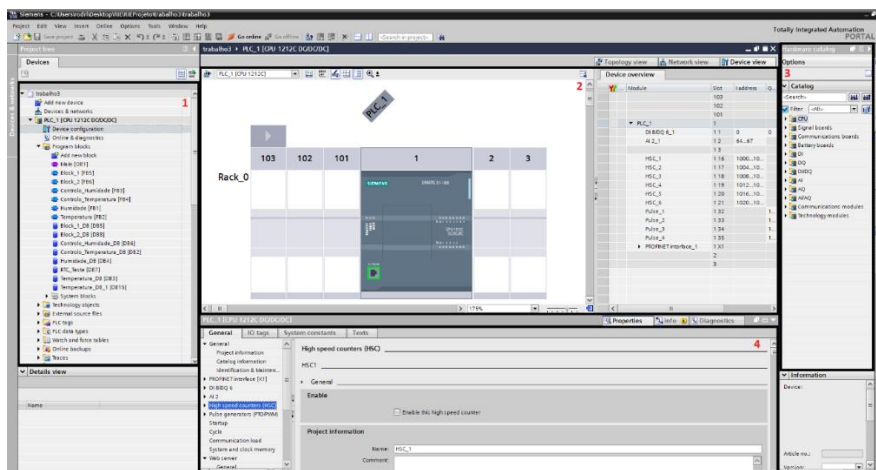
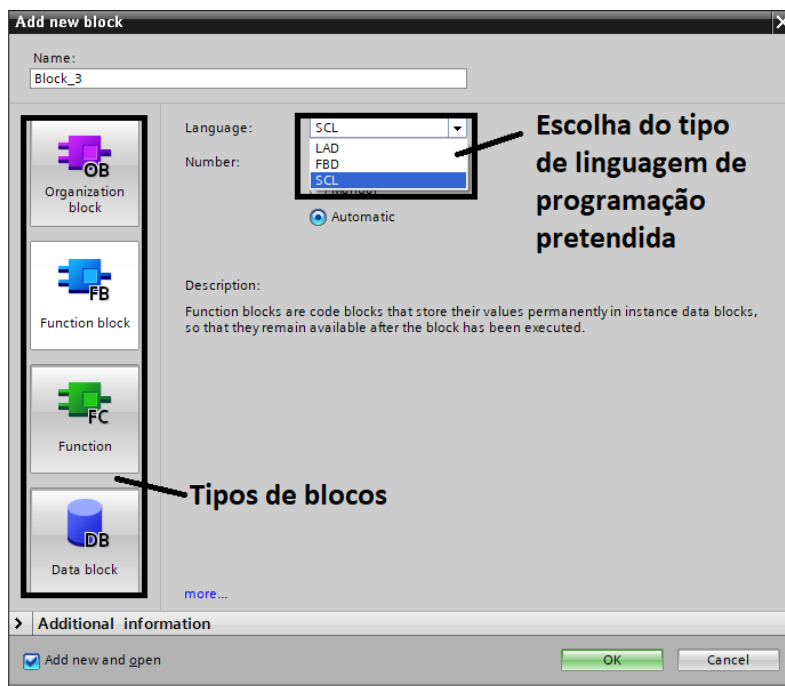


Figura 4.2 - TIA Portal V14; 1 - Área de navegação; 2 – Configuração do dispositivo; 3 – Hardware; 4 – Configuração das propriedades do dispositivo.

Através da figura 4.2, como se pode observar, o *software* TIA Portal fornece inúmeras e diversas funcionalidades de controlo, programação, diagnóstico e de configuração sobre o PLC pretendido, estando algumas das diversas funções apresentadas nesta figura.

#### 4.1.1.1. Estrutura de programação

O TIA Portal fornece uma programação baseada em blocos, podendo esta estrutura ser visualizada na Figura 2.4 através da “Área de navegação”. O bloco principal e mais importante desta estrutura é o bloco *Main* (OB), este bloco é executado sequencialmente e responsável pela execução do(s) respetivo(s) programa(s) pretendido(s). O bloco necessita de conter todos os comandos, blocos de programação pretendidos e todas as funcionalidades que devem de ser executados para o correto e pretendido funcionamento do PLC programado. Na seguinte Figura 4.3 é apresentado o menu de seleção do tipo de linguagem de programação pretendida e o tipo de bloco a utilizar.



**Figura 4.3 - Estrutura organizacional por blocos do software TIA Portal.**

Os restantes blocos, como apresentados na Figura 4.3, são dados pelos nomes de FB (*function block*) e de DB (*data block*).

A DB é um bloco de dados que efetua a reserva de espaço de memória do PLC para atribuição de variáveis de dados. A DB pode ser local ou uma DB global. A DB local é associada a um bloco FB específico, enquanto que a DB global pode ser acedida por todos os blocos existentes.

O bloco FB é um bloco com um determinado espaço de memória reservado, ou seja, é um bloco que contém os seus próprios dados. Quando é utilizado no bloco *Main* do PLC é necessário efetuar a associação de variáveis através de uma DB global. Como tal os blocos para programação e configuração das diversas funcionalidades podem ser implementados através dos blocos FB, FC ou mesmo programadas diretamente no bloco *Main*. A programação destes blocos para o controlo e monitorização das respetivas funcionalidades pretendidas pode ser efetuada em LAD, SCL ou FBD.

#### **4.1.1.2. Tipos de dados**

Os tipos de dados são utilizados na especificação do tamanho de um determinado elemento de dados. Cada parâmetro de instrução suporta, no mínimo, um tipo de dados e alguns parâmetros suportam vários tipos de dados. No programa TIA Portal ao se manter o cursor sobre o campo de parâmetro de uma determinada instrução consegue-se visualizar qual os tipos de dados suportados por um determinado parâmetro [11].

Tem-se, no entanto, vários tipos de parâmetros. Um parâmetro formal é o identificador de uma instrução que marca a localização dos dados a serem utilizados por essa mesma instrução, como por exemplo uma entrada analógica do PLC a ser utilizada numa instrução de soma (*ADD*).

Um parâmetro real, no entanto, é o local da memória que contém os dados a serem utilizados pela instrução como por exemplo uma variável localizada na memória do PLC que guarda ou utiliza um determinado valor (ex: %MD40). Ao especificar-se, no entanto,

um parâmetro real, este deve ser especificado através da utilização de uma *Tag* ou de um valor absoluto do endereço de memória.

As *Tags* associam um nome simbólico a um determinado tipo de dados com uma determinada localização de memória e valor de *offset*, podendo ou não possuir algum tipo de comentário associado a esta variável. As *Tags* podem ser criadas através do editor de *Tags* do PLC ou através do editor de interface de um determinado bloco (OB, FC, FB ou DB). Todos os tipos de dados, exceto “*String*”, encontram-se disponíveis no editor de *Tags* do PLC. O tipo de dados “*String*” apenas se encontra disponível no editor de interface dos blocos. Pode-se inserir um valor de uma determinada constante para os parâmetros de entrada desejados de determinadas instruções se pretendido.

Os tipos de dados permitidos pelo PLC encontram-se apresentados na Tabela 4.1.

**Tabela 4-1 - Tipos de dados de bits e de sequências de bits [11].**

Data type	Bit size	Number type	Number range	Constant examples	Address examples
Bool	1	Boolean	FALSE or TRUE	TRUE, 1,	I1.0 Q0.1 M50.7 DB1.DBX2.3 Tag_name
		Binary	0 or 1	0, 2#0	
		Octal	8#0 or 8#1	8#1	
		Hexadecimal	16#0 or 16#1	16#1	
Byte	8	Binary	2#0 to 2#11111111	2#00001111	IB2 MB10 DB1.DBB4 Tag_name
		Unsigned integer	0 to 255	15	
		Octal	8#0 to 8#377	8#17	
		Hexadecimal	B#16#0 to B#16#FF	B#16#F, 16#F	
Word	16	Binary	2#0 to 2#1111111111111111	2#1111000011110000	MW10 DB1.DBW2 Tag_name
		Unsigned integer	0 to 65535	61680	
		Octal	8#0 to 8#17777	8#170360	
		Hexadecimal	W#16#0 to W#16#FFFF, 16#0 to 16#FFFF	W#16#F0F0, 16#F0F0	
DWord	32	Binary	2#0 to 2#11111111111111111111111111111111	2#111100001111111100 001111	MD10 DB1.DBD8 Tag_name
		Unsigned integer	0 to 4294967295	15793935	
		Octal	8#0 to 8#3777777777	8#74177417	
		Hexadecimal	DW#16#0000_0000 to DW#16#FFFF_FFFF, 16#0000_0000 to 16#FFFF_FFFF	DW#16#F0FF0F, 16#F0FF0F	

#### 4.1.1.3. Sinais analógicos e digitais

Um sinal analógico é um sinal contínuo no tempo. O sinal analógico pode representar uma quantidade variável. Como por exemplo em um sinal de áudio analógico. A tensão instantânea do sinal varia continuamente com a pressão das ondas sonoras. Um sinal digital, no entanto, é uma representação de uma sequência de valores discretos que apenas podem assumir um número finito de valores ou de estados lógicos, sendo neste o caso o valor “1” (10 V) ou “0” (0 V).

Um sinal analógico consiste num sinal em que se efetua o registo do seu valor dentro de um determinado intervalo de valores. Estes valores são posteriormente convertidos em valores de tensão ou de corrente elétrica. Um exemplo desta técnica é por exemplo, a temperatura, obtendo-se valores entre 0° e 50°. Estes valores de temperatura podem ser convertidos em um intervalo de valores de tensão de 0 a +10 V. As tensões ou valores de corrente são interligados a um módulo que efetua a digitalização do sinal, sendo neste caso o PLC S7-1200.

O PLC S7-1200 fornece sinais de entrada ou de saída que representam um valor de tensão ou de corrente num determinado intervalo. Este intervalo varia entre 0 a 10 V a nível de tensão e entre 0 a 20 mA de corrente. Ao se obter estes valores de entrada no PLC os

valores que se obtêm pelos módulos são valores inteiros que variam de 0 a 27648, representa o valor nominal positivo. O intervalo de corrente é de -27648 a 27648 tal como ilustrado na Figura 4.4.

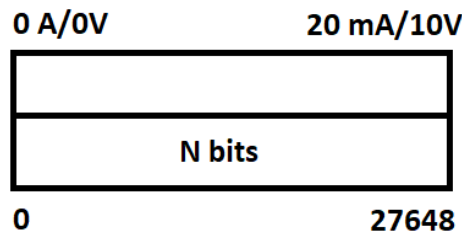


Figura 4.4 - Conversão de variáveis analógicas.

A leitura dos sinais analógicos é efetuada através das portas analógicas do S7-1200. Os sinais analógicos são armazenados num endereço de memória. No S7-1200 tem-se duas portas analógicas, a porta analógica AI0 e a porta analógica AI1. Os valores são lidos em formato de *WORD*, sendo o seu endereçamento efetuado através das seguintes nomenclaturas %IW64 e %IW66 no *software* TIA Portal.

O valor de entrada é normalizado para os valores permitidos pelo S7-1200, como mencionado anteriormente, tal é efetuado através do bloco NORM\_X tal como apresentado na Figura 4.5.

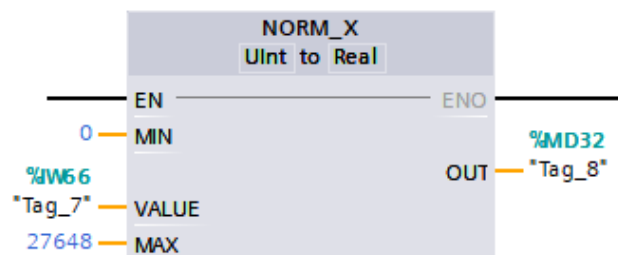


Figura 4.5 – Normalização do valor em bits.

Após o passo de normalização é necessário efetuar-se a passagem do valor normalizado para o valor efetivamente recebido e lido através da porta de entrada do PLC. Para tal utiliza-se o bloco (SCALE\_X), neste bloco para definir o valor mínimo e o seu valor máximo. Guardando este valor numa variável na base de dados do PLC (%MD34), estando este bloco apresentado na Figura 4.6.

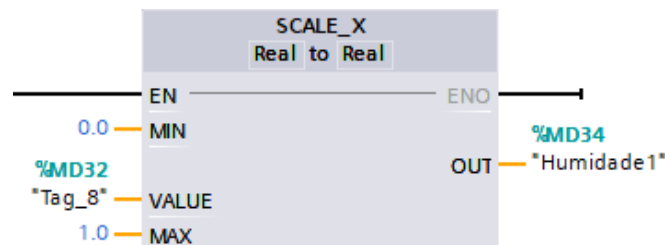


Figura 4.6 – Normalização do valor em bits para obtenção do valor real lido.

Na Figura 4.6, efectua-se a leitura de um sensor de humidade Seed. O sensor de humidade tem um valor de tensão de saída em solo seco, de 0 a 300 mV, em solo húmido, de 300 a 700 mV e na água de 700 a 950 mV. Define-se o mínimo para 0 V e o máximo de leitura de 1 V. A normalização de 0 a 27648, encontrando-se numa escala de 0 a 1V. Guarda-se posteriormente o valor obtido numa variável global do programa para posterior processamento e análise do valor armazenado.

## 4.2. Funcionalidades implementadas

Foram implementadas diversas funcionalidades agrupadas em quatro PLCs diferentes, formando-se assim uma arquitetura distribuída de PLCs. A arquitetura pode ser observada nas figuras 4.5 e 4.6. As funcionalidades implementadas foram as seguintes:

- Controlo e gestão remota e local do sistema de temperatura ambiente;
- Controlo e gestão remota e local do sistema de iluminação e estores;
- Controlo e gestão remota e local do sistema de rega;
- Controlo do sistema remoto e local de portão automático.

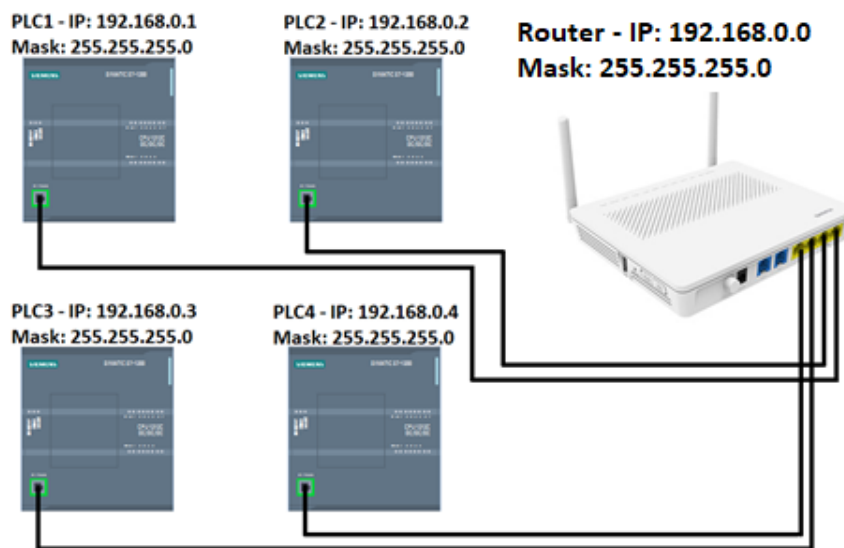


Figura 4.7 – Arquitetura distribuída dos PLCs e sua ligação à Internet.

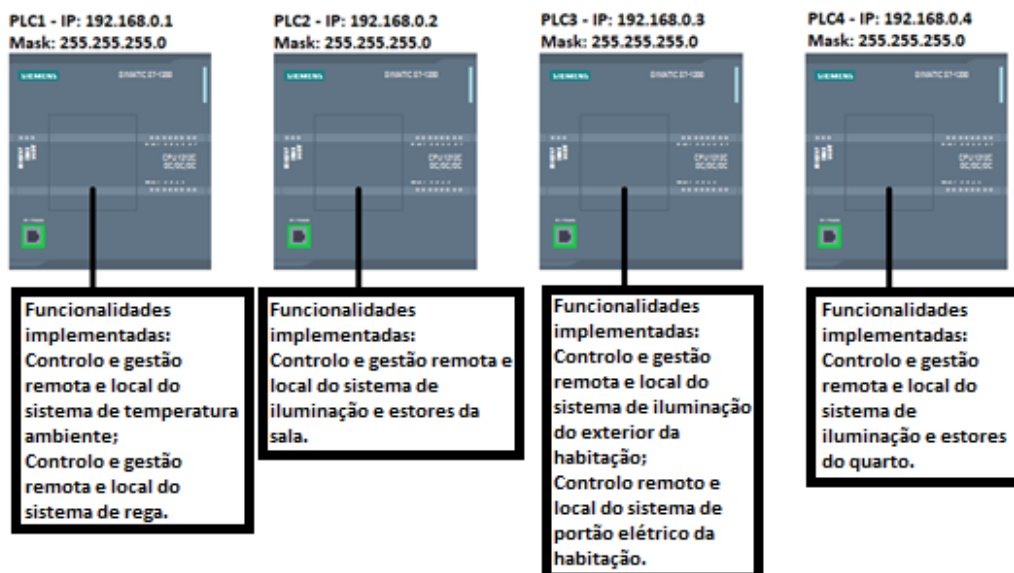


Figura 4.8 – Funcionalidades distintas em cada um dos diferentes PLCs utilizados.

#### 4.2.1. Sistema de temperatura ambiente

O primeiro sistema desenvolvido e implementado foi o sistema responsável pelo controlo e gestão da temperatura ambiente da habitação.

Esta funcionalidade é a funcionalidade mais comum a ser encontrada nas diversas habitações. Esta funcionalidade torna a habitação num espaço mais confortável.

Faz-se a configuração do endereço IP do PLC para acesso ao PLC através da aplicação *Android*. Esta aplicação utiliza a Internet para interligação com o sistema, para efeitos de gestão e controlo remoto e local do sistema. A Figura 4.9 mostra como efetuar a configuração do endereço IP do PLC utilizado.

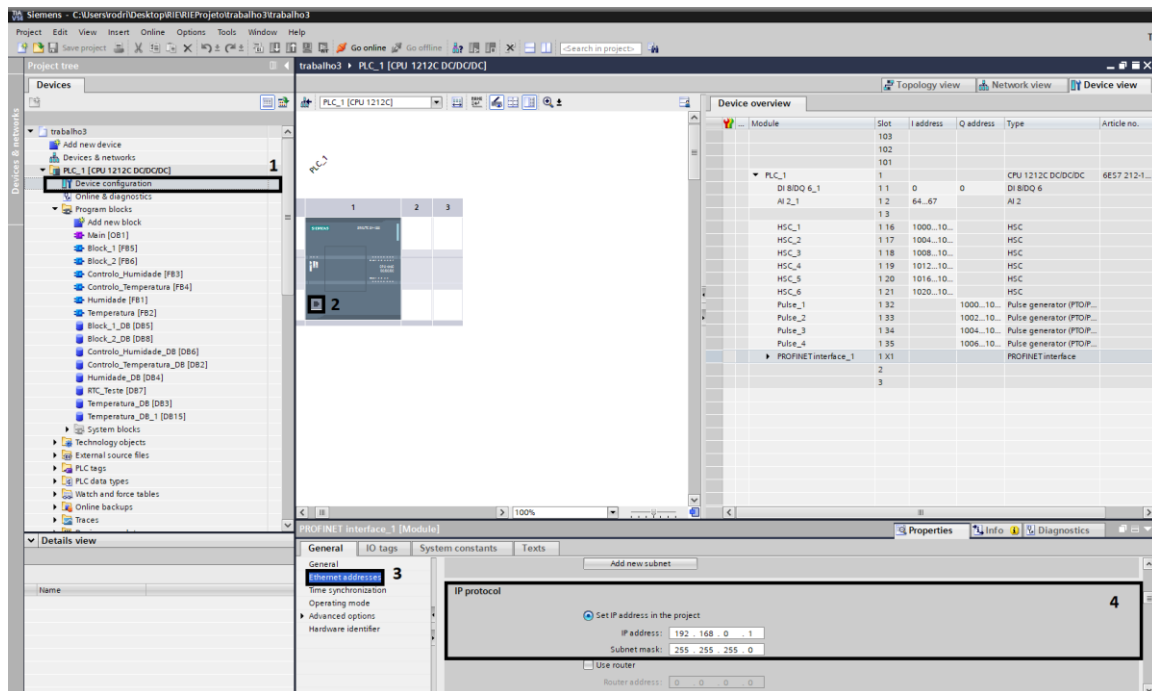


Figura 4.9 – Configuração de IP do PLC responsável pelo controlo e gestão da temperatura da habitação.

Através da propriedade da configuração do dispositivo (passo 1) fornecida através do *software* TIA Portal, e ao se pressionar a porta PROFINET do PLC selecionado na criação deste projeto (passo 2), acede-se às propriedades de *internet* (passo 3), introduzindo o IP desejado e a sua máscara de rede (passo 4). Todos os PLCs nesta arquitetura desenvolvida necessitam de se encontrar na mesma sub-rede (192.168.0.xx) e com a mesma máscara de rede, como apresentado na Figura 4.9. Esse procedimento é necessário para efeitos de comunicação, receção e envio de dados entre os diversos PLCs e a aplicação desenvolvida, para o controlo e monitorização completa do sistema.

Posteriormente à configuração de IP efectua-se uma pesquisa para se escolher o sensor a utilizar na medição da temperatura ambiente. Optou-se pelo sensor de temperatura LM35 [32], apresentado na figura 4.10.



*Network* contém o “Block\_1”, esta *Network* é responsável pela configuração do horário local, pela sua leitura e atualização contínua do sistema de horário ao longo da execução do programa.

A segunda *Network*, contém o bloco “Temperatura”, tal como o seu nome indica é responsável pela gestão e controlo da temperatura ambiente da habitação. A terceira *Network* é uma outra funcionalidade implementada neste mesmo PLC, responsável pela gestão e controlo do sistema de rega da habitação.

Os blocos, mencionados e todos os blocos implementados nos diversos PLC’s foram desenvolvidos através do uso de programação LAD ou SCL.

#### 4.2.1.1. Controlo e gestão do sistema de temperatura ambiente da habitação

Para obtenção do valor de temperatura, através do sensor de temperatura utilizado (LM35), ligou-se a saída do sensor à entrada analógica %IW64 do PLC. Através da alteração da tensão de saída do sensor, consoante o nível de temperatura medido em graus Celsius, obtido o valor da temperatura atual no PLC. A tensão de saída do sensor é recebida à entrada da porta analógica %IW64 do PLC, sendo posteriormente efetuada a sua normalização e conversão para o valor da temperatura real medido pelo sensor. A normalização do valor de tensão recebida é efetuada através dos blocos NORM\_X e do bloco SCALE\_X, mencionados anteriormente, está representado na Figura 4.12.



Figura 4.12 – Leitura e normalização do valor de temperatura obtido através do sensor LM35 no PLC.

A medição do valor instantâneo da temperatura através do sensor não é a forma mais adequada tendo em conta as variações constantes da temperatura devido a fatores externos. Como tal, cria-se um sistema que calcula a média dos valores medidos ao longo do tempo, em 1 minuto neste caso. Cria-se um sistema, através de blocos LAD, que implementam esta função, apresentado na Figura 4.13.

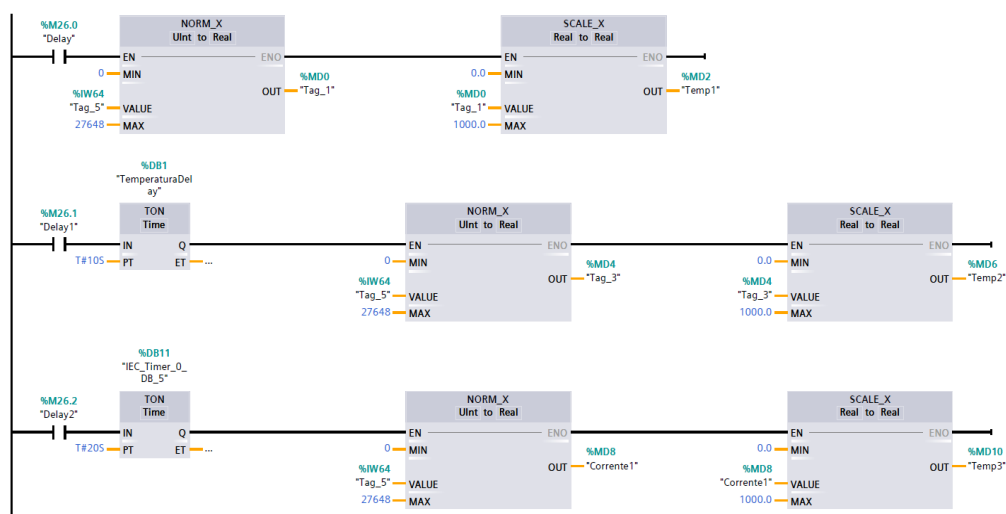


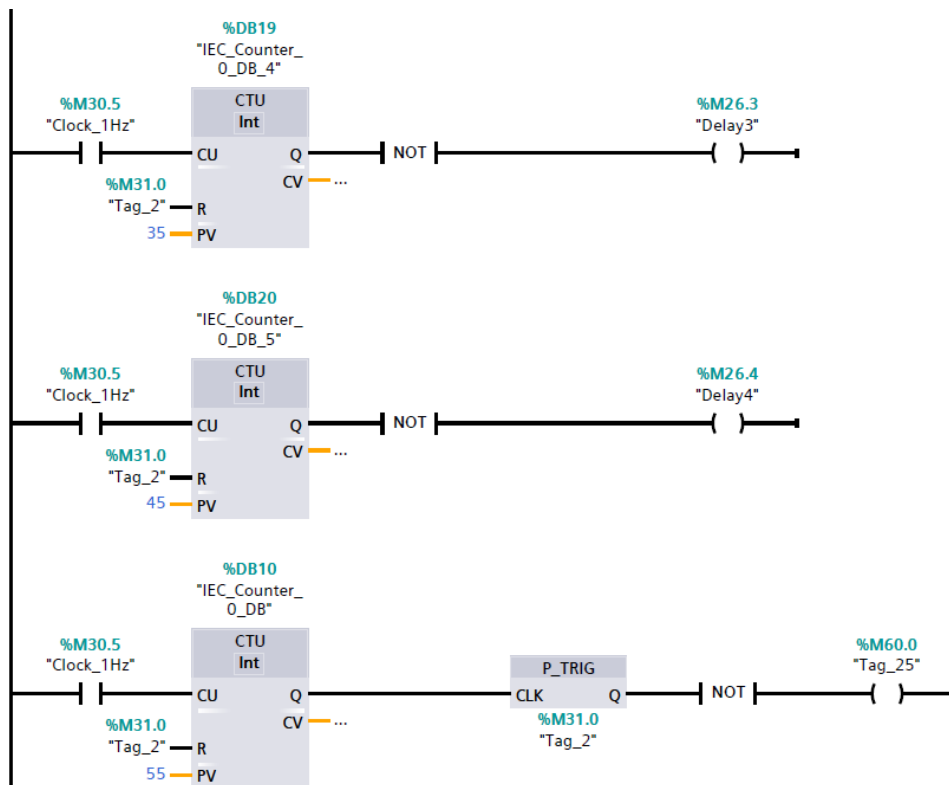
Figura 4.13 – Parte da função de normalização da temperatura e cálculo da média deslizante.

A Figura 4.13 contém uma parte da função do sistema de virgula flutuante implementado. Esta função efetua a leitura de seis valores diferentes de temperatura ao longo

de um minuto. Para tal utiliza-se as marcas de “Delay”, estas marcas funcionam como um interruptor que assume o estado de uma variável armazenada dentro de uma base de dados global. Esta variável é modificada para “TRUE” ou “False” ao longo do programa. Estas marcas são utilizadas para ativação e desativação dos diferentes blocos de leitura da temperatura ao longo do programa. Estas marcas são responsáveis por efetuar a ativação e desativação dos blocos de “TON Time” para geração de um *delay* incrementado de 10 s em 10 s, efetuando-se assim a medição de seis valores de temperatura ao longo de um minuto.

As marcas são inicialmente inicializadas com o valor “TRUE” para efetuar-se as diversas leituras ao longo de um minuto. Após efetuar-se a leitura das amostras de temperatura é efetuada a média deslizante através de um bloco criado em SCL. A leitura da temperatura é desativada através da inibição da marca, atribuindo-se o valor “FALSE”. Após efetuada a média deslizante através da soma dos diversos valores de temperatura obtida e a sua divisão por seis (número de medições efetuadas), obtém-se o valor médio da temperatura. Com o valor médio da temperatura o programa efetua o controlo e gestão desejado de acordo com o que é configurado pelo utilizador.

Após este procedimento ter sido efetuado a marca é novamente ativada e todo o procedimento anterior volta a repetir-se. A ativação desta marca é efetuada através do programa da Figura 4.14.

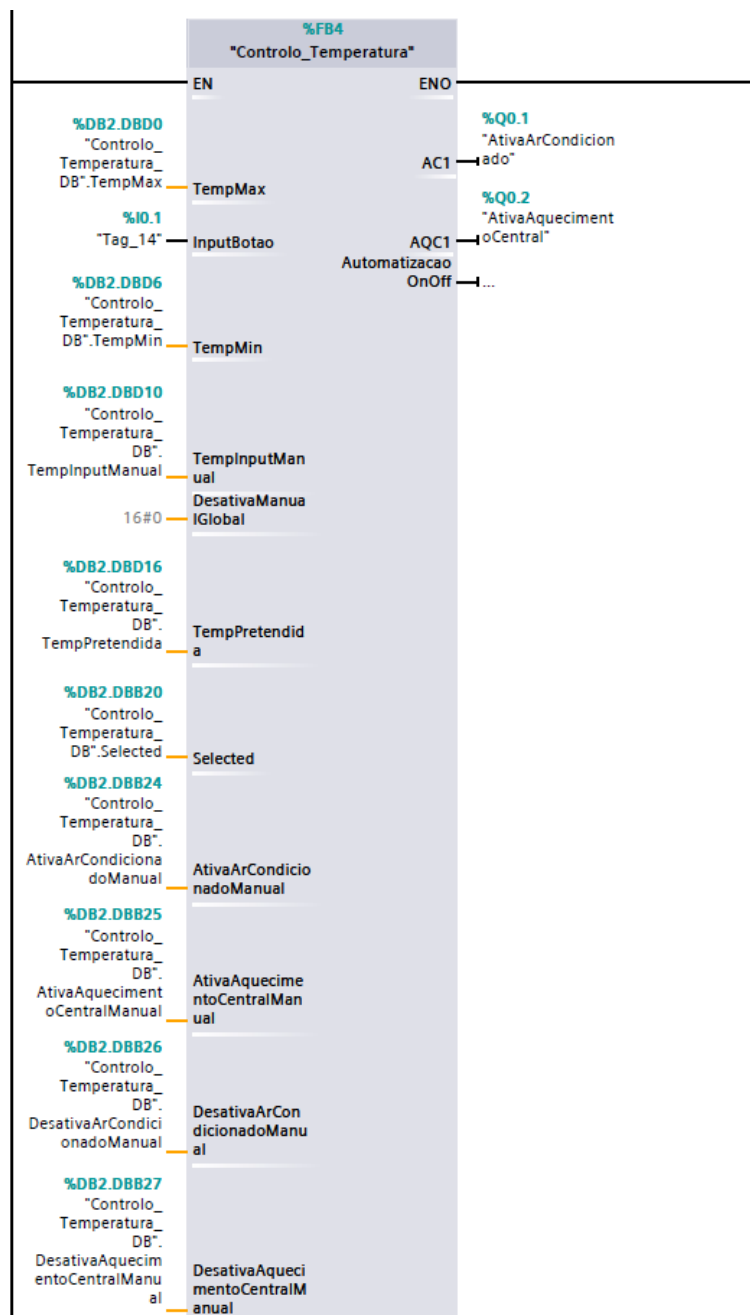


**Figura 4.14 –Parte do sistema de escada efetuado para ativação e desativação da leitura da temperatura por minuto.**

O sistema da Figura 4.14 anteriormente é responsável por efetuar a desativação e ativação das marcas “Delay”, utilizando-se um relógio de frequência de 1 Hz. Este *clock* é responsável pela contagem dos 0 aos 55 s do bloco contador, após a contagem dos 55s é ativado o bloco P\_TRIG, desativando-se as marcas de “Delay”. Posteriormente a esta desativação, as marcas voltam ao estado ativo para nova leitura dos valores de temperatura. Todo o procedimento mencionado é executado para as diversas marcas de “Delay”, respetivamente aos 5/15/25/35/45/55 segundos. Sendo as leituras efetuadas aos 0/10/20/30/40/50 segundos.

Este procedimento ilustrado é utilizado na reinicialização dos contadores de tempo (TON Time), presentes na figura 4.14, de modo a realizar novas leituras da temperatura ambiente da habitação, a cada minuto.

Depois de testado o correto funcionamento do sistema de leitura de temperatura passou-se à programação do bloco responsável pelo controlo e gestão da temperatura ambiente da habitação, seja esta efetuada localmente ou remotamente. Este bloco foi desenvolvido com base em programação SCL, conforme ilustrado na Figura 4.15.



**Figura 4.15 – Bloco responsável pelo controlo automático e manual do sistema de temperatura.**

No bloco, representado na Figura 4.15, são implementados dois tipos de controlo do sistema de temperatura: o modo automático e o modo manual.

No modo automático é necessário efetuar as predefinições da temperatura ambiente pretendidas pelo utilizador. O processo restante é completamente autónomo, sem

necessidade de intervenção do utilizador. Neste modo é necessário o utilizador definir a temperatura máxima e mínima pretendidas para a habitação, sendo posteriormente a temperatura mantida entre esses valores limite. Tal é efetuado através da constante leitura da temperatura, através do sensor, e da ativação ou desativação do ar condicionado ou do aquecimento central da habitação.

O modo manual, no entanto, como indica é ativado remotamente ou localmente através do uso da aplicação desenvolvida na plataforma *Android*. O modo manual permite efetuar a ativação ou desativação do sistema de aquecimento ou do ar condicionado, a ativação ou desativação do sistema automático e a definição da temperatura ambiente pretendida pelo utilizador no momento, sendo esta predominante sobre o sistema automático até a desativação desta função pelo utilizador. Em todo e qualquer instante é possível efetuar a verificação da temperatura ambiente da habitação, estado atual do sistema automático e também verificação do estado atual do ar condicionado ou aquecimento central. O algoritmo responsável pelo controlo da temperatura encontra-se apresentado e analisado no subcapítulo 5.1.1.

#### 4.2.1.2. Circuito e componentes utilizados para simulação da funcionalidade implementada

Para efeitos de simulação deste sistema e para obtenção do aquecimento e arrefecimento centralizado utilizou-se uma placa de péltier [34], estando este atuador presente na seguinte Figura 4.16.



Figura 4.16 – Placa de péltier utilizada para simulação do sistema de aquecimento e arrefecimento.

A placa de péltier aquece ou arrefece dependendo do sentido da corrente, ou tensão aplicada. Tal acontece devido ao uso de semicondutores do tipo P e do tipo N tal como ilustrado na figura 4.17.

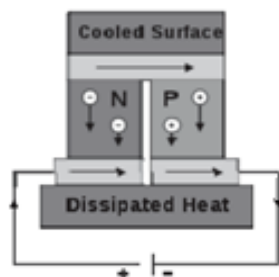


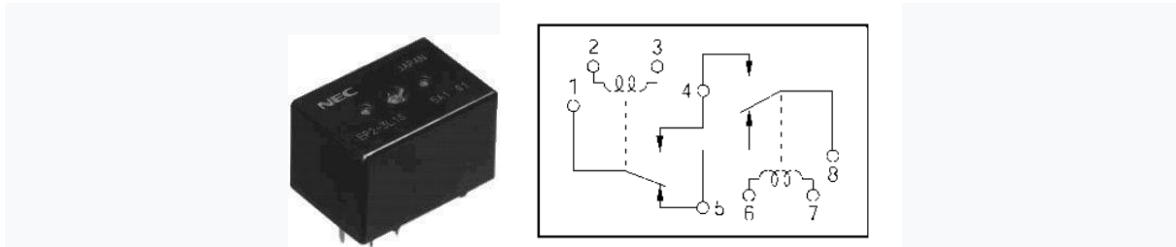
Figura 4.17 – Esquema termoelétrico de uma placa de péltier para arrefecimento e aquecimento [35].

A placa de péltier é composta por dois substratos cerâmicos diferentes, formando-se assim uma “sanduíche” de inúmeros pares de semicondutores do tipo P e do tipo N. Estes pares são ligados eletricamente em série e termicamente em paralelo [35].

À medida que a corrente flui entre os diversos pares é estabelecido um novo equilíbrio dentro dos materiais. A corrente trata o semicondutor do tipo P como uma junção

quente que necessita de ser arrefecida e o semiconductor do tipo N como uma junção fria que necessita de ser aquecida. A direção da corrente determinará se um determinado semiconductor tipo P ou N irá arrefecer ou aquecer. Ao reverter-se a polaridade mudará os lados de quente e frio.

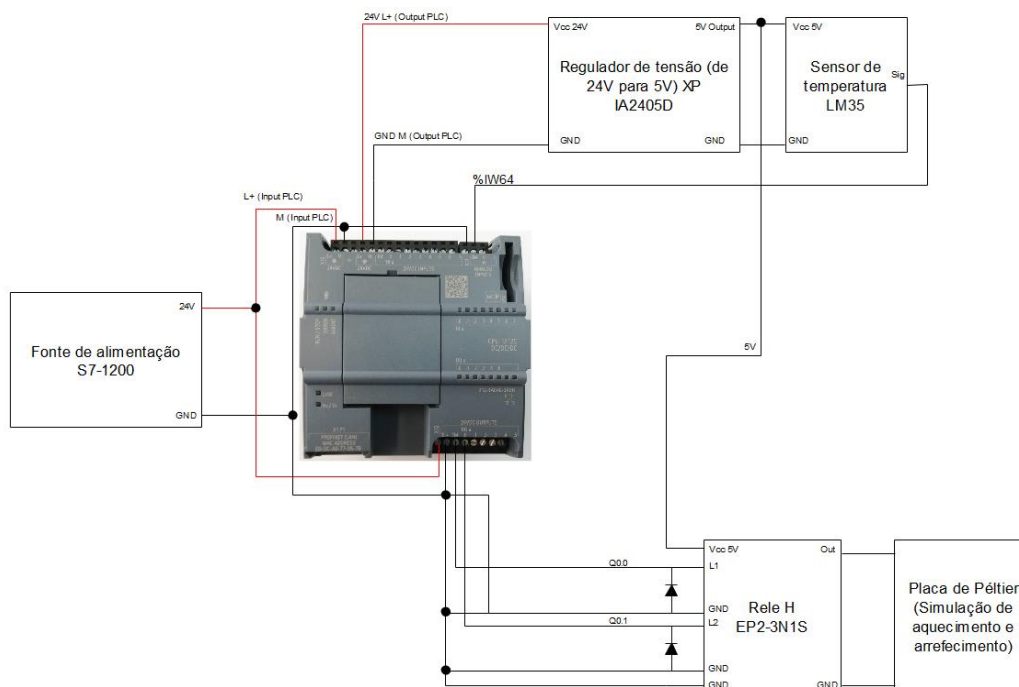
Para a inversão da polaridade da alimentação da placa de peltier recorre-se ao uso de um relé do tipo ponte H como apresentado na Figura 4.18.



**Figura 4.18 – Relé ponte H (EP2-3N1S) utilizado para inversão da polaridade da alimentação da placa de peltier [36].**

Como se pode observar através da magnetização das bobinas entre os pinos 2 e 3 ou 6 e 7 obtém-se uma polaridade à saída positiva ou negativa entre os terminais 1 e 8. Utiliza-se as saídas do PLC, Q0.0 e Q0.1, para controlo da magnetização das respetivas bobinas. Obtém-se assim a polarização correta para o aquecimento ou arrefecimento através da placa de peltier dependendo do pretendido pelo programa ou utilizador.

O esquemático para controlo, monitorização e simulação deste sistema de controlo de temperatura encontra-se representado na Figura 4.19.



**Figura 4.19 – Circuito utilizado para simulação, monitorização e controlo do sistema de temperatura ambiente da habitação.**

#### 4.2.2. Sistema de rega

No mesmo PLC S7-1200 (PLC1), implementa-se o controlo, monitorização e gestão do sistema de irrigação. O objetivo principal deste sistema é o fornecimento de água de modo eficiente, verificando-se constantemente o nível de humidade do solo e activando o sistema de irrigação em conformidade com o nível de humidade do solo.

A verificação do nível de humidade no terreno é feita com um sensor de humidade Seeed apresentado na Figura 4.20.

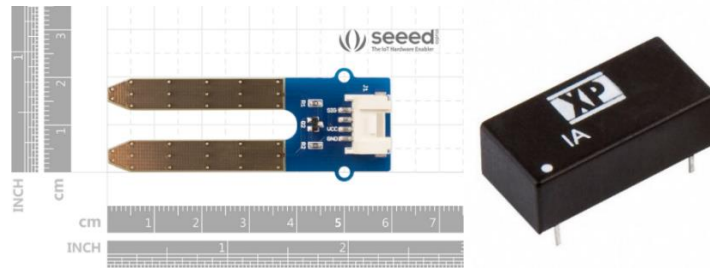


Figura 4.20 – Sensor de humidade Seeed à esquerda [37] e regulador de tensão utilizado XP IA2405D à direita [33].

O sensor de humidade Seeed utilizado para o desenvolvimento do sistema de controlo e gestão do sistema de irrigação funciona com uma tensão operacional de 3,3 a 5 V e corrente de 35 mA. Proporcionando uma tensão de saída de 0 a 300 mV em solo seco, de 300 a 700 mV em solo húmido e por fim um valor de tensão à saída de entre 700 a 950 mV na presença de água.

Através do conhecimento previamente adquirido sobre este sensor liga-se o mesmo à entrada analógica IA1 do S7-1200, %IW66. O sensor de humidade é alimentado através do regulador de tensão utilizado para o sensor de temperatura, regulador XP IA2405D, estando o esquema completo para este PLC presente no Anexo A.

Implementa-se no *software* TIA Portal o procedimento de leitura dos valores de humidade do sensor. Ou seja, utiliza-se os blocos de normalização dos valores efetuando-se a correspondência do valor lido à entrada analógica do PLC entre os 0 a 27648. Utiliza-se o bloco SCALE\_X responsável por fornecer o valor lido à porta de entrada do PLC, convertendo o valor mínimo do sensor 0 V para o valor 0 bits e o valor de 1 V, na presença total de apenas água, para o valor numérico 27648, conforme mostra a Figura 4.21.

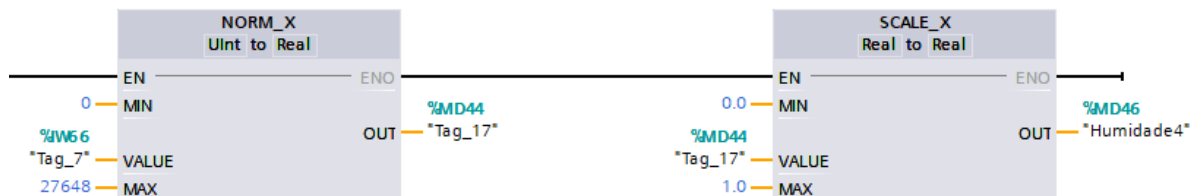
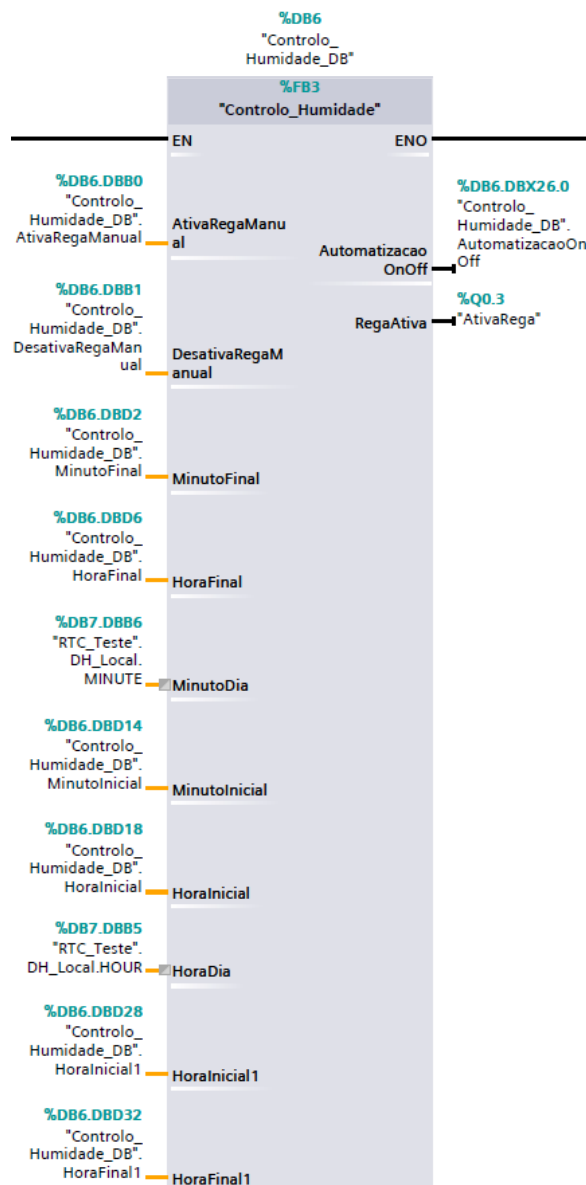


Figura 4.21 - Leitura e correspondente normalização do valor de humidade obtido através do sensor Seeed.

Após a implementação e testes efetuados ao sistema de leitura do valor da humidade passou-se à programação de um bloco em SCL para controlo automático e manual do sistema de irrigação e apresentado na figura 4.22.

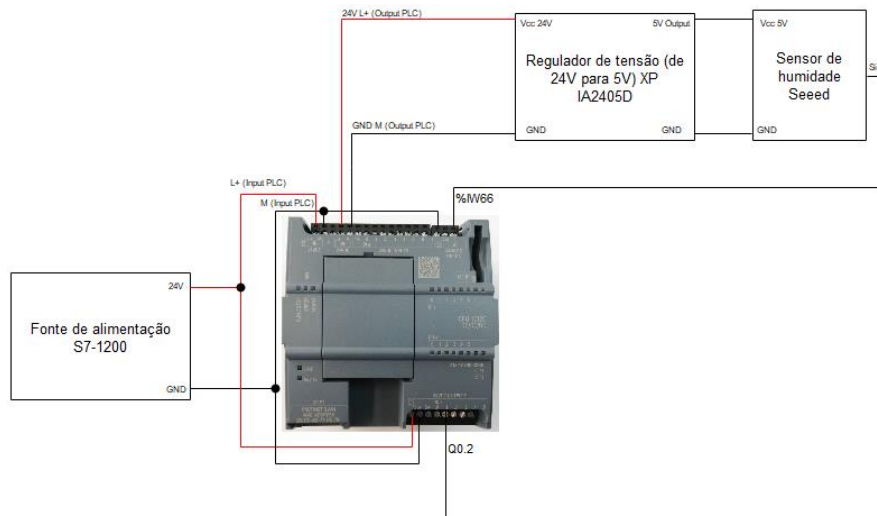


**Figura 4.22 - Bloco responsável pelo controlo automático e manual do sistema de irrigação.**

No modo automático é necessário efetuar uma pré configuração inicial do sistema. Neste caso é necessário efetuar a configuração do horário pretendido de rega, ou seja, definir uma hora inicial e uma hora final para o sistema de irrigação entrar em funcionamento. Ao chegar à hora inicial de irrigação pretendida o sistema efetua a verificação do nível de humidade do solo. Caso o solo se encontre seco o sistema de irrigação é ativado até o solo se encontrar húmido ou passar da hora final inserida pelo utilizador.

No modo manual é permitido efetuar a marcação de um horário temporário para o sistema de rega ou ativação no próprio momento, sendo necessário, no entanto, a posterior desativação. É possível em qualquer momento verificar o estado atual do sistema de rega e o estado automático do sistema. O algoritmo responsável pelo controlo do sistema de rega é apresentado e analisado no subcapítulo 5.1.2.

O esquema desenvolvido para testar o sistema encontra-se apresentado na figura 4.23.



**Figura 4.23 - Circuito utilizado para simulação, monitorização e controlo do sistema de rega da habitação.**

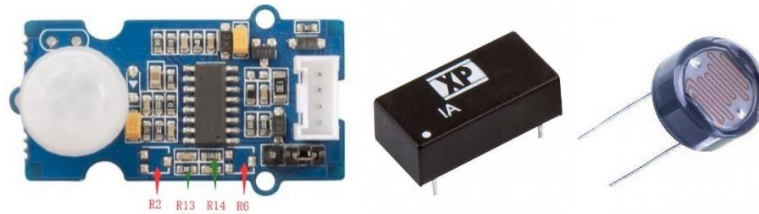
### 4.2.3. Sistema de presença, iluminação e estores

As funcionalidades dos sistema de presença, iluminação e de estores foram implementados em três PLC's S7-1200 diferentes, nomeadamente, um PLC responsável pelo controlo e gestão do sistema de iluminação do quarto, outro responsável pelo controlo do sistema da sala e cozinha e por fim um responsável pelo controlo da zona exterior da habitação.

Começou-se por efetuar a atribuição dos endereços de IP a cada um dos PLC's (192.168.0.2 é o responsável pela sala e cozinha, 192.168.0.3 pela iluminação exterior e 192.168.0.4 pela iluminação do quarto). O último PLC S7-1200, com o endereço de IP 192.168.0.3, é responsável também pelo controlo do portão automático da casa, sendo esta última funcionalidade mencionada seguidamente.

Na implementação do sistema de presença foram utilizados três sensores de movimento. Cada sensor está associado a uma divisão da habitação. Utilizou-se um sensor de movimento PIR Seeed da Grove [38], apresentado na Figura 4.24, para efeitos de deteção de movimento e posterior atuação do PLC sobre a iluminação da secção da habitação. Este sensor de movimento utiliza infravermelhos para detetar objetos até um alcance de 3 metros com intervalo periódico. Este intervalo periódico pode ser ajustado até um máximo de 25 s. O intervalo periódico mínimo é de 1s, sendo este o seu intervalo predefinido, sendo o máximo possível de 25 s. É possível ajustar o alcance do sensor de 0.1 m a 6 m de distância. O alcance predefinido é de 3 m de distância.

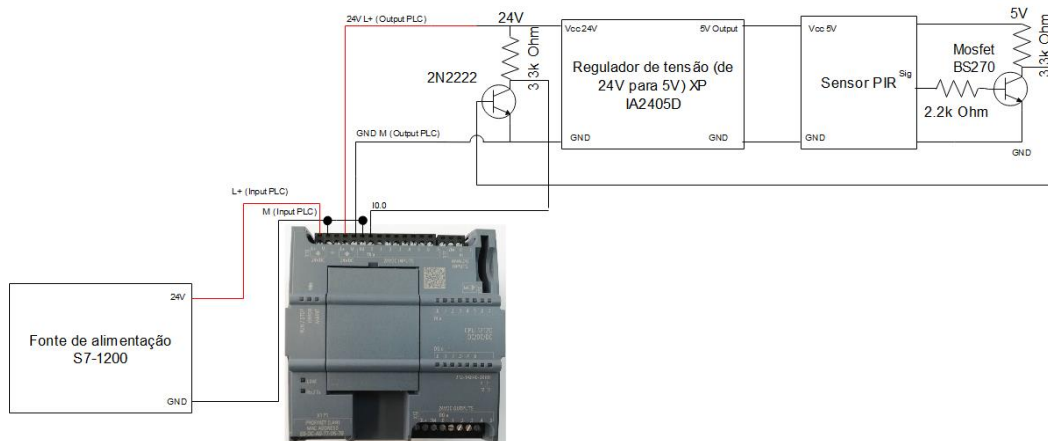
O sistema de controlo de iluminação da habitação, utiliza um sensor LDR (Light Dependent Sensor), apresentado na Figura 4.24, para controlo da intensidade luminosa das lâmpadas ativas através do sensor de movimento. Cria-se assim um sistema de eficiência energética com a diminuição da intensidade da luz consoante o nível de luz presente nas diferentes secções da habitação.



**Figura 4.24 – Sensor PIR Seeed à esquerda [38], regulador de tensão IA2405D a meio e o LDR à direita.**

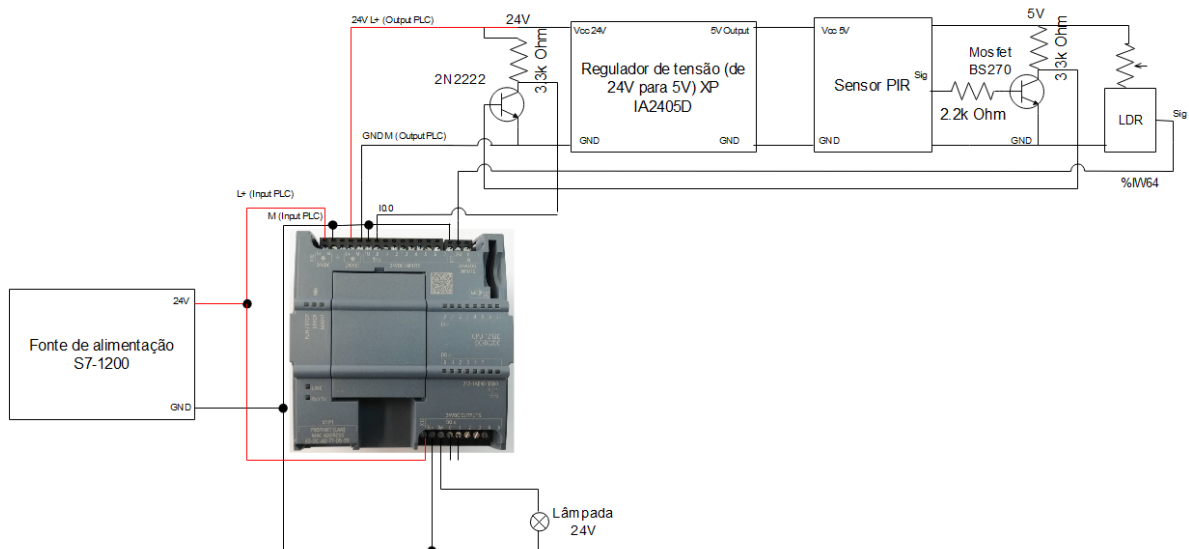
O ajuste do intervalo periódico é feito através do potenciómetro presente em R2 ilustrado na Figura 4.24 e o ajuste do alcance do sensor através de R6. Para o desenvolvimento desta funcionalidade trabalha-se com os valores predefinidos de fábrica, ou seja, com um intervalo periódico de leitura de 1s e com um alcance máximo de 3m de distância.

O controlo dos estores é feito manualmente. Utiliza-se a tensão de 5V para alimentação dos diversos sensores PIR e os sensores LDR. Os sensores PIR têm uma tensão de saída que varia entre 5 a 0 V: 5 V durante 10 s quando detetam movimento e 0 V quando não é detetado movimento. A leitura no PLC do estado do sensor PIR é feito numa porta digital. As portas digitais do PLC detetam um “1” lógico quando detetam 24V e um 0 quando detetam 0V à sua entrada. Para criação deste sistema de *ON* e *OFF* de 0 a 24 V através de um *ON* e *OFF* de entre 0 a 5 V implementa-se o circuito representado na Figura 4.25.



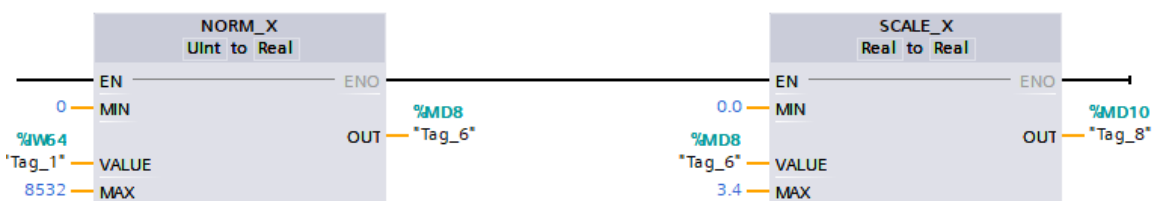
**Figura 4.25 – Esquema utilizado para adaptar a saída digital dos sensores PIR à entrada digital do PLC.**

Após a verificação experimental do funcionamento do circuito da Figura 4.25. O LDR e circuito de condicionamento é ligado ao PLC para controlo do nível de luminosidade presente em determinada secção da habitação. Interliga-se com o sistema da Figura 4.25 o sensor LDR e juntou-se o respetivo atuador (lâmpada de 24 V). Representa-se na Figura 4.26 o circuito resultante.



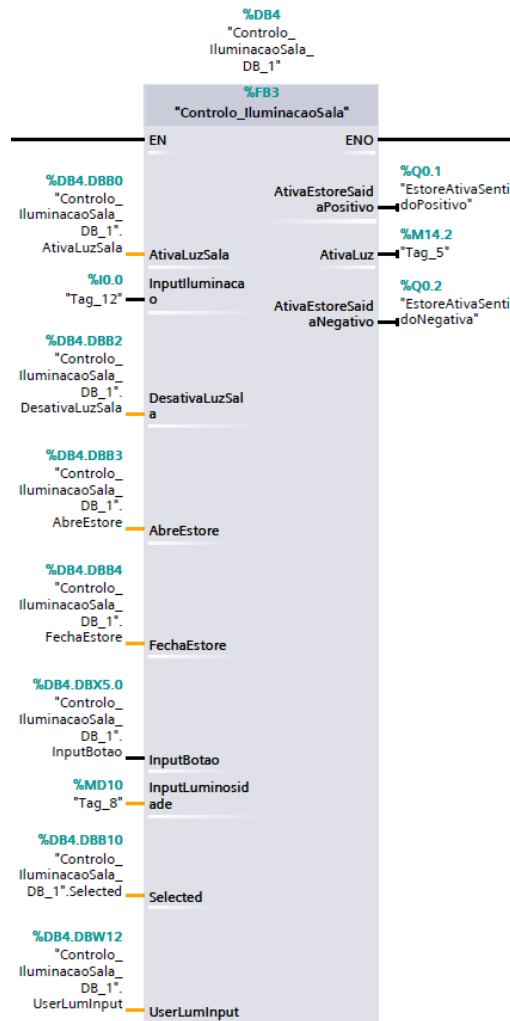
**Figura 4.26 - Esquema utilizado para simulação do controlo e regulação da iluminação e estores manuais da habitação.**

A leitura dos valores de intensidade luminosa, fez-se através do sensor de LDR, como ilustrado na Figura 4.27.



**Figura 4.27 - Leitura e correspondente normalização do valor de luminosidade lido com o sensor LDR.**

Procedeu-se então à programação do bloco SCL, responsável pelo controlo automático e manual do sistema de iluminação, presença e estores da habitação, sendo este bloco apresentado na Figura 4.28.

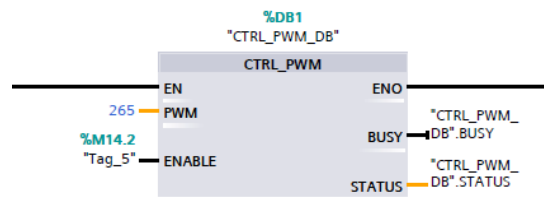


**Figura 4.28 - Bloco responsável pelo controlo automático e manual do sistema de iluminação, presença e estores da sala.**

No caso do funcionamento automático deste sistema não é necessário efetuar qualquer tipo de pré configuração. O sensor PIR ao efetuar a deteção de movimento envia um sinal de 24 V para a porta de entrada do autómato I0.0. Após deteção do movimento ser efetuada, e recebida pelo PLC, o sensor de luminosidade entra em funcionamento. Sendo a partir deste momento a luminosidade constantemente monitorizada. Dependendo do nível de luminosidade o PLC actua na lâmpada com uma determinada tensão através da porta de saída Q0.0 do PLC. Através do uso de *PWM* para controlo da tensão de saída da porta. O brilho da lâmpada é ajustado consoante o nível de luminosidade na secção da habitação. Posteriormente, quando o sensor deixar de detetar a presença ou a movimento o controlo do brilho da iluminação é automaticamente desativado.

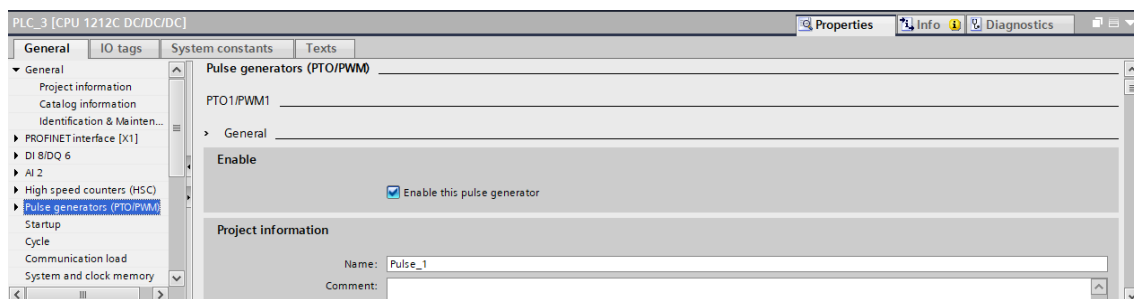
Tal como em todos os sistemas anteriores, o modo manual apenas é ativado caso o utilizador o pretenda. No modo manual é possível ativar a iluminação de uma determinada secção da habitação, controlar manualmente a quantidade de iluminação pretendida em cada uma das diferentes secções, controlar manualmente a abertura e fecho dos estores e ativar ou desativar o controlo automático deste sistema. É possível ainda a qualquer momento verificar o estado atual do sistema de iluminação e o estado automático sendo o algoritmo responsável pelo controlo da temperatura apresentado e analisado no subcapítulo 5.1.3.

O controlo da tensão aplicada à lâmpada, fez-se através da porta Q0.0 do PLC, é efetuado alternando-se o *duty cycle* desta porta digital de saída. Esta porta de saída tem uma tensão máxima de 24 V. Para ajustar esta tensão utiliza-se um sistema de *PWM*. Usa-se o bloco LAD de *PWM*, representado na Figura 4.29, para ajustar o *duty cycle*.



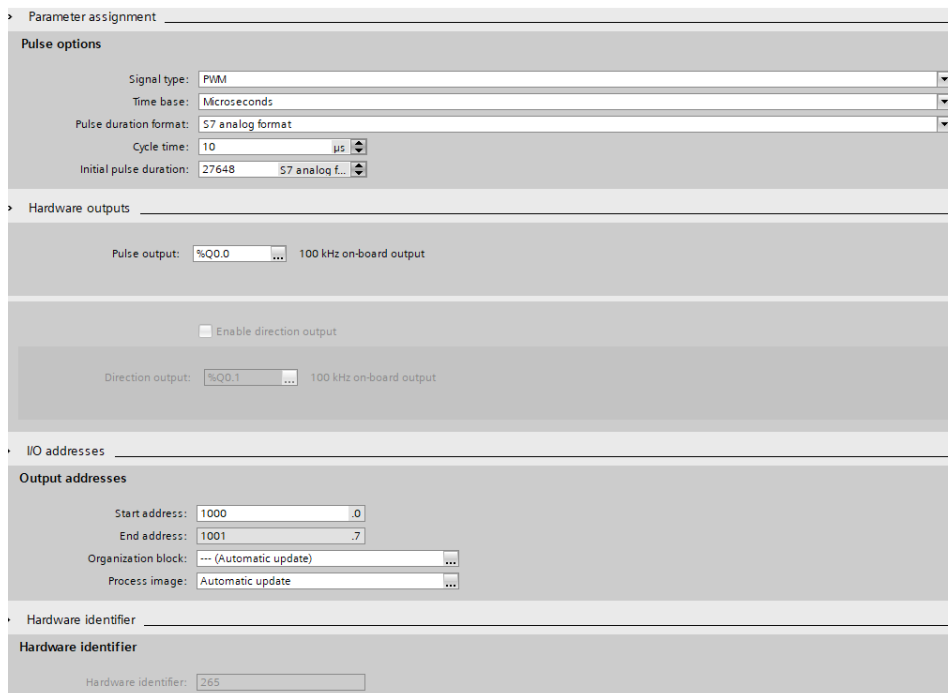
**Figura 4.29 – Controlo da iluminação através do uso de PWM.**

No bloco de controlo da porta PWM, representado na Figura 4.29, a entrada *ENABLE* é ativada através da utilização de uma marca. Neste bloco LAD de comando da porta Q0.0, através de PWM, é necessário efetuar a seguinte ativação no *software* Tia Portal (ver Figura 4.30).



**Figura 4.30 – Ativação do PWM da porta Q0.0**

Na Figura 4.30 mostra-se como é feita a ativação do *PWM* na porta Q0.0 através da configuração dos parâmetros no PLC. Nesse menu é necessário configurar o *PWM* da porta Q0.0, tal como ilustrado na Figura 4.31.



**Figura 4.31 – Configuração do PWM da porta Q0.0.**

Nas opções da Figura 4.31 seleciona-se o tipo de sinal PWM que se pretende á saída da porta. Posteriormente introduz-se o tempo de base, sendo as opções fornecidas por este PLC em milissegundos ou em microssegundos. Para o formato da duração do impulso existem quatro opções diferentes:

- Hundredths - Esta opção permite efetuar o controlo da duração do impulso através do uso de uma escala entre 0 a 100. O valor 100 corresponde a um *duty cycle* de 100% e 0 um *duty cycle* de 0%;
- Thousandths – Esta opção permite efetuar o controlo da duração do impulso através do uso de uma escala entre 0 a 1000, sendo que 1000 representa um *duty cycle* de 100% e 0 um *duty cycle* de 0%;
- Ten thousandths – Esta opção permite efetuar o controlo da duração do impulso através do uso de uma escala entre 0 a 10000, sendo 10000 um *duty cycle* de 100% e 0 um *duty cycle* de 0%;
- S7 analog format - Esta opção permite efetuar o controlo da duração do impulso através do uso de uma escala entre 0 a 27648, sendo 27648 um *duty cycle* de 100% e 0 um *duty cycle* de 0%;

No menu da Figura 4.31, seleciona-se a duração do impulso inicial, sendo este dependente do tipo de formato pretendido. Após a configuração do bloco *PWM*, o formato e tempo de base, escolhe-se qual das portas de saída do PLC S7-1200 que pretende-se configurar com estas propriedades e o seu endereço. Neste caso utilizou-se a porta Q0.0 para tal efeito com o endereço 1000. O endereço da porta é necessário para a atribuição da *tag* na base de dados do PLC e posterior manipulação da forma de onda à saída do bloco CTRL\_PWM, conforme mostra na Figura 4.32.



```
Tag_11      Word      %QW1000
"Tag_11" := 20000;
"Tag_11" := 13374;
```

**Figura 4.32 – Atribuição da *tag* e controlo da saída.**

Na Figura 4.32, atribuiu-se o nome “Tag\_11” à porta de saída Q0.0 através do endereço anterior (1000). No programa, em código SCL, pode-se atribuir o *duty cycle* pretendido, manipulando a forma de onda à saída da porta Q0.0. Nesta porta a formatação é do tipo S7 Analog format, ou seja, o valor pode variar entre 0 e 27648. Sendo o valor 20000 a representação de um *duty cycle* de 72% obtendo-se assim uma tensão média de saída de 17,28 V ( $24\text{ V} \cdot 0,72$ ), reduzindo-se o brilho da lâmpada associada neste caso. E um *duty cycle* de 48% através da atribuição dos 13374 obtendo-se uma tensão média de saída de 11,52 V, diminuindo-se ainda mais o brilho.

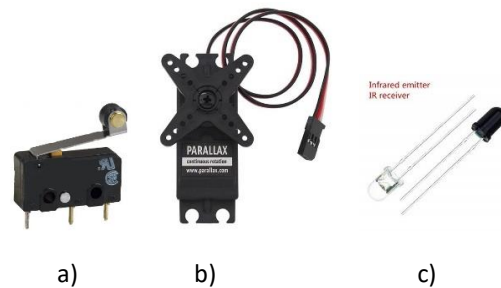
No entanto, para a porta começar a emitir este tipo de onda é necessário ainda activar o *Enable* no bloco CTRL\_PWM, caso contrário a saída não apresenta qualquer tipo de onda. Neste caso utilizou-se esta manipulação para obter uma redução ou aumento do valor médio da tensão fornecida à lâmpada e para controlar o brilho em função da quantidade de luminosidade presente na habitação.

#### **4.2.4. Sistema do portão elétrico**

A implementação do sistema do portão elétrico é feita no PLC4 S7-1200 com o endereço de IP 192.68.0.3. Este PLC é responsável pela funcionalidade do portão elétrico e pela iluminação exterior. A automação da iluminação exterior segue o mesmo procedimento

que o implementado no PLC2, responsável pelo controlo e iluminação da sala de estar e cozinha.

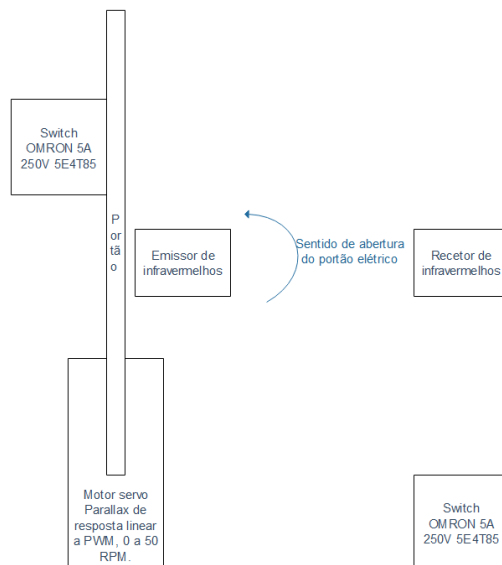
Na implementação do sistema do portão elétrico foram utilizados dois micro switches para a deteção da abertura completa do portão e fecho. Utilizou-se um sensor de infravermelhos, recetor e emissor para a deteção de objetos ou pessoas, impedindo o fecho do portão com obstáculos pelo meio. Na automação da funcionalidade da iluminação exterior foram utilizados sensores PIR. No caso do exterior da habitação não se efetuou a regulação da intensidade luminosa do atuador, como tal não se recorreu ao uso de sensores do tipo LDR. Os componentes utilizados no controlo do portão elétrico encontram-se apresentados na Figura 4.33.



**Figura 4.33 – Componentes utilizados para controlar o portão elétrico. a) Micro Switch OMRON 5E4T85 [39]. b) Motor Parallax PWM DC [40]. c) sensor de infravermelhos, recetor e emissor.**

Os dois micro *switches* são ativados de acordo com a abertura ou fecho do portão. O estado dos interruptores é enviado ao PLC pelas portas digitais I0.1 e I0.2. A ordem de comando da abertura do portão elétrico é dada pelo utilizador. Após a abertura estar completa o micro switch de fim da abertura é ativado. O PLC recebe essa indicação de abertura do portão e efetua uma contagem de 5 s para começar o procedimento de deteção de obstáculos e fecho do portão. Passados os 5 s o PLC faz a leitura do sensor de infravermelhos e fecha o portão. Se for detetado algum obstáculo iniciar-se-á novamente a abertura total do portão e repete-se o processo de fecho.

O esquema com a localização dos *switches*, infravermelhos e motor Parallax para rotação do portão está representado na Figura 4.30.



**Figura 4.34 – Esquema de montagem do portão elétrico.**

A leitura do sensor de infravermelhos faz-se na entrada analógica AI0, no endereço %IW64 do PLC. A leitura e normalização é do sensor é apresentada na Figura 4.35.

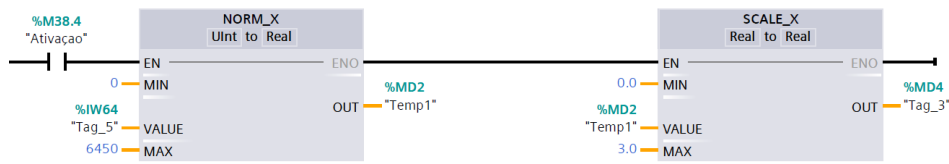


Figura 4.35 – Leitura e normalização dos valores lidos do sensor de infravermelhos.

O bloco de SCL para controlo do sistema do portão elétrico, mostra-se na Figura 4.36.

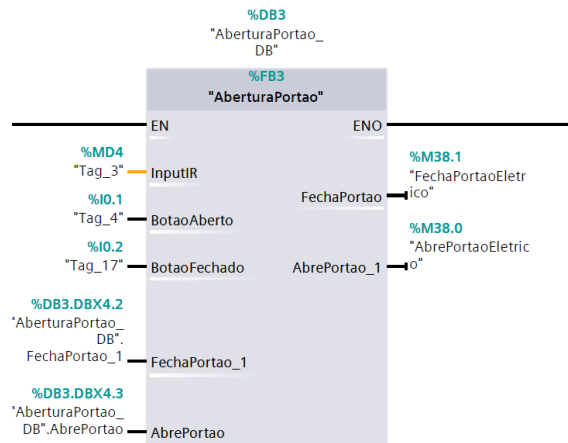


Figura 4.36 - Bloco responsável pelo controlo do portão elétrico.

Este bloco, tal como mencionado anteriormente, é responsável por efetuar o controlo do portão elétrico através da leitura dos *switches* e sensor de infravermelhos. Faz a contagem de tempo até começar a efetuar o fecho do portão e também controla a velocidade do motor Parallax, utilizado na rotação do portão elétrico, o algoritmo correspondente a este bloco encontra-se apresentado e analisado no subcapítulo 5.1.4.

O esquemático de ligação do sistema de abertura e fecho do portão encontra-se apresentado na figura 4.37.

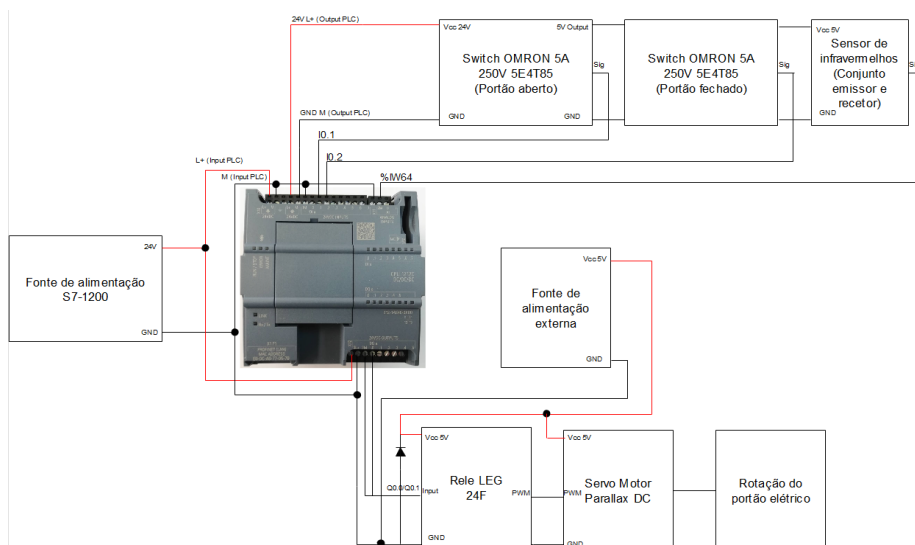
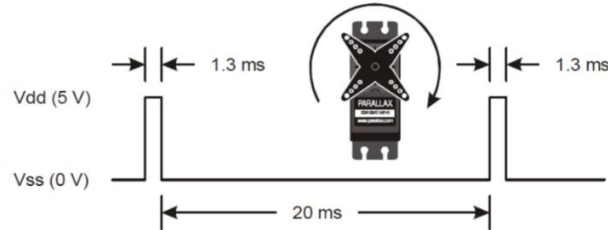
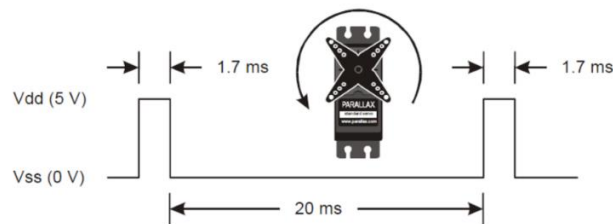


Figura 4.37 - Esquema para controlo e gestão do portão elétrico.

A abertura do portão faz-se manualmente, através do comando remoto do utilizador na aplicação Android. Utilizou-se o motor servo Parallax de resposta linear PWM para efetuar-se a rotação do portão para simulação da abertura e fecho do portão elétrico. Os sinais de comando PWM para controlo do sentido de rotação deste motor servo estão representados nas Figura 4.38 e 4.39.



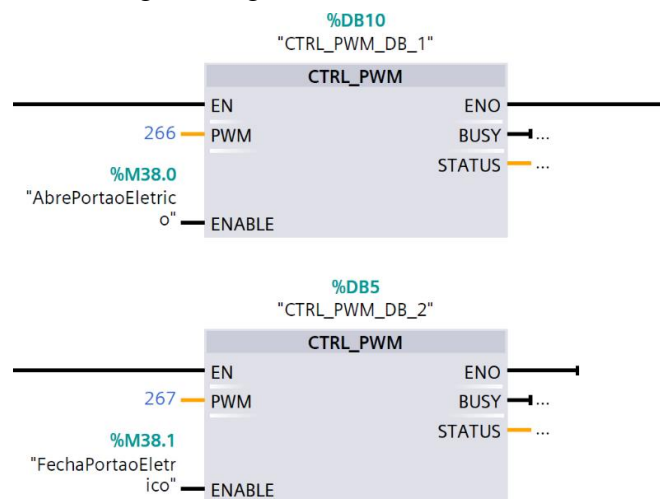
**Figura 4.38 – Forma de onda necessária a aplicar no motor através das portas de saída do PLC para obtenção de rotação para a direita [41].**



**Figura 4.39 - Forma de onda necessária a aplicar no motor através das portas de saída do PLC para obtenção de rotação para a esquerda [41].**

Este motor necessita ainda de uma corrente de 50 mA para uma tensão de alimentação de 5V, o que é feito com uma fonte de alimentação externa. A alimentação do motor é feita através de um relé comandado pelo PLC. O sentido de rotação do motor é definido nas portas Q0.0 e Q0.1, configuradas no modo *PWM*.

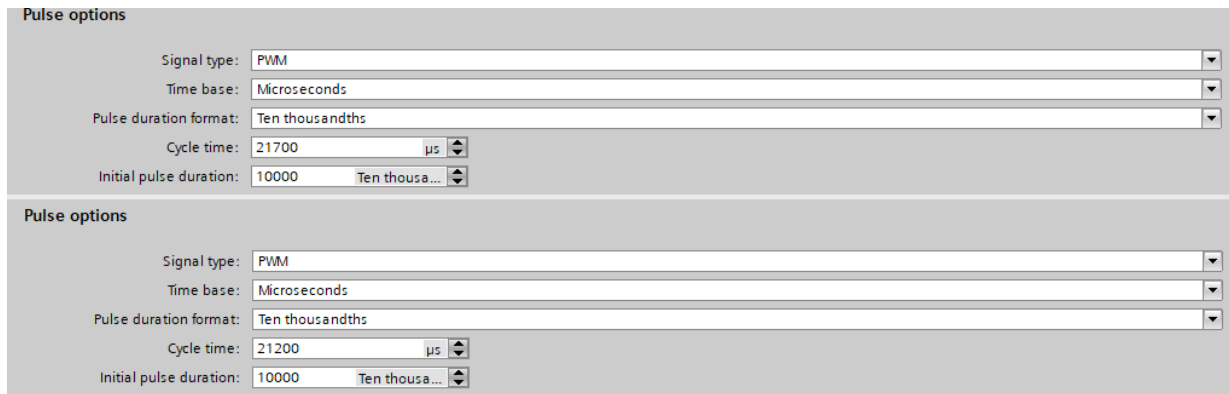
O procedimento de criação da forma de onda necessária para controlo do motor encontra-se apresentado na seguinte figura 4.40.



**Figura 4.40 - Controlo do servo motor através do uso de *PWM*.**

Tal como ilustrado na Figura 4.40 utiliza-se o mesmo procedimento da regulação das lâmpadas. Os identificadores 266 e 267 referem-se às portas de saída Q0.0 e Q0.1, respetivamente.

Para obtenção dos tempos de ciclos pretendidos foram definidos os parâmetros apresentados na Figura 4.41.



**Figura 4.41 – Propriedades das portas Q0.0 e Q0.1 respetivamente.**

Através dos parâmetros anteriores obtém-se uma forma de onda com uma duração de impulso de 21,7 ms e outra de 21,3 ms como pretendido para efeitos de rotação do motor. Após a obtenção deste tipo de onda é necessário configurar (manipulação do *duty cycle* da onda) para obter 1,7 ou 1,3 ms no estado *ON* e os restantes 20 ms no estado *OFF* dependendo da orientação do motor pretendida.

### 4.3. Aplicação Android

Para controlo e monitorização do sistema domótico desenvolvido foi criada uma aplicação em *Android*. O programa foi desenvolvido *software Android Studio*. Neste capítulo explica-se o desenvolvimento da aplicação criada.

#### 4.3.1. Android Studio

O *Android Studio* é um ambiente de desenvolvimento integrado, IDE (*Integrated Development Environment*), utilizado no desenvolvimento de programas para a plataforma *Android*. O *Android Studio* foi anunciado a 16 de Maio de 2013 na conferência Google I/O. O *Android Studio* é uma ferramenta completamente gratuita sob a licença da Apache 2.0.

É um *software* baseado no *software* IntelliJ IDEA de *JetBrains*, ferramenta desenvolvida especificamente para *Android*. Encontra-se disponível para Windows, Mac OS X e Linux, substituindo a Eclipse Android Development Tools ou ATD como a IDE primária da Google para desenvolvimento de aplicações *Android*.

##### 4.3.1.1. Android Studio IDE

A estrutura desenvolvida pela Google para o IDE do *software Android Studio*, é ilustrado na Figura 4.42. A figura apresenta os diversos menus e barras de ferramentas, estruturas constituintes do projeto, os seus componentes e suas propriedades.

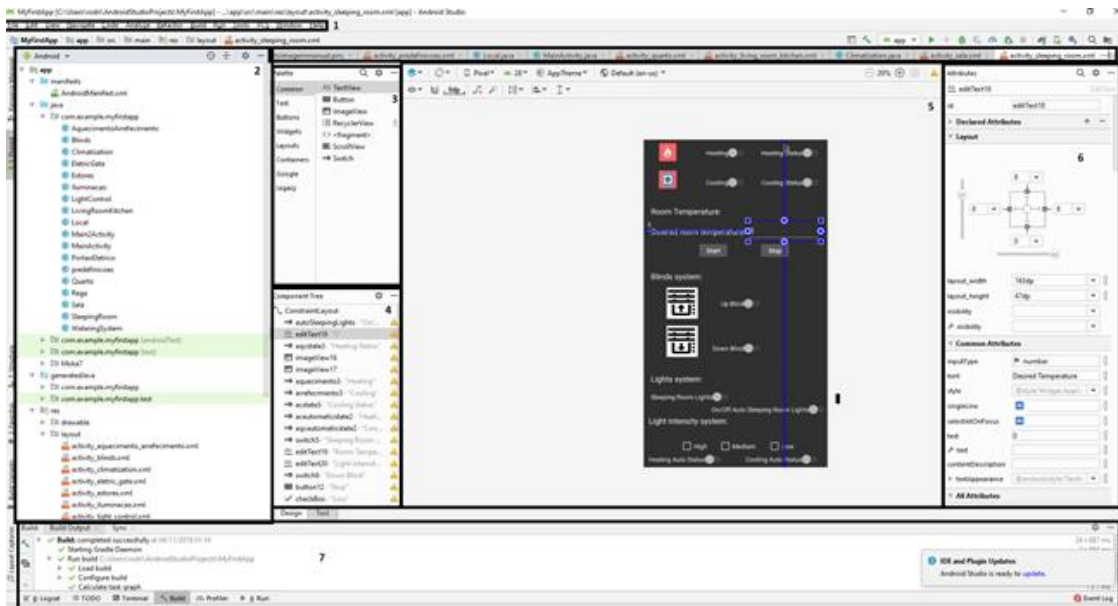


Figura 4.42 – Ambiente de trabalho do *Android Studio IDE*.

### 4.3.1.2. Elementos de um projeto em *Android Studio*

A estrutura de uma aplicação desenvolvida em *Android* é composta pelos seguintes elementos principais:

- Manifests (*AndroidManifest.xml*);
- Java;
- Generated Java;
- Resources.

O ficheiro *AndroidManifest.xml* (ver Figura 4.43) contém os parâmetros essenciais de um projeto em *Android*, contendo o nome do projeto, o tema da aplicação utilizado, as permissões associadas ao projeto, as atividades presentes no projeto, as próprias *intents* entre outros aspetos fundamentais de um projeto desenvolvido em *Android*.

```

1  <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2  <manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
3  package="com.example.myfirstapp">
4
5      <uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
6
7      <application
8          android:allowBackup="true"
9          android:icon="@mipmap/ic_launcher"
10         android:label="@string/app_name"
11         android:roundIcon="@mipmap/ic_launcher_round"
12         android:supportRtl="true"
13         android:theme="@style/AppTheme">
14         <activity android:name=".ElectricGate"></activity>
15         <activity android:name=".Blinds" />
16         <activity android:name=".LightControl" />
17         <activity android:name=".Climatization" />
18         <activity android:name=".WateringSystem" />
19         <activity android:name=".SleepingRoom" />
20         <activity android:name=".LivingRoomKitchen" />
21         <activity android:name=".Local" />
22         <activity android:name=".Quarto" />
23         <activity android:name=".Sala" />
24         <activity android:name=".predefinicoes" />
25         <activity android:name=".Estores" />
26         <activity android:name=".Iluminacao" />
27         <activity android:name=".Rega" />
28         <activity android:name=".ApocimentoArrefecimento" />
29         <activity android:name=".PortaElectrica" />
30         <activity android:name=".MainActivity" />
31         <activity android:name=".MainActivity" />
32         <intent-filter>
33             <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
34
35             <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
36         </intent-filter>
37     </activity>
38 </application>
39 </manifest>

```

Figura 4.43 – *Manifest.xml* de uma aplicação em *Android Studio*.

Numa aplicação *Android* existem diversas atividades. A atividade principal, está no primeiro menu apresentado ao utilizador da aplicação. Cada uma das atividades da aplicação pode iniciar uma outra atividade para execução de ações diferentes através do uso das *intents*. As *intents* permitem efetuar a solicitação de uma outra componente da aplicação.

Por exemplo, a atividade principal de uma aplicação de *email* pode mostrar no menu principal a caixa de entrada do *email*. A partir do menu principal podem ser iniciados os outros menus ou atividades para diversas tarefas, como abrir ou enviar os *emails* pretendidos.

Uma atividade em *Android* é composta pelo código Java, para efetuar a tarefa pretendida pelo utilizador, e também pelo seu *layout* ou xml correspondente, onde são colocados os diversos *widgets* (botões de toggle, switch, imagens, entre outros). Os *widgets* são programados através do código Java, para apresentar e executar as tarefas pretendidas pelo utilizador sob a forma de um menu interativo e simples de utilizar.

Na classe Java encontram-se as diversas classes do projeto, as classes importadas, neste caso a biblioteca Moka7 (ver Figura 4.44) para comunicação com os PLCs S7-1200, assim como as diversas atividades do projeto programadas pelo próprio utilizador.



Figura 4.44 – Exemplo de atividades e *widgets* de uma aplicação em *Android*.

O elemento de *Generated Java*, da Figura 4.45, é responsável pela compilação da aplicação criada. A simulação e testes à aplicação criada foram inicialmente efetuados através da utilização de um simulador de telemóvel escolhido através deste mesmo *software*. Escolhe-se a versão de *Android*, resolução de ecrã, DPIs (*Dots Per Inch*), entre outros parâmetros.

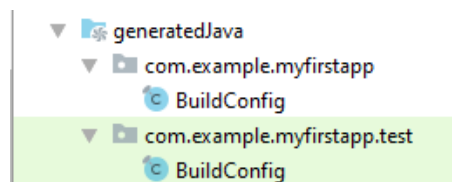
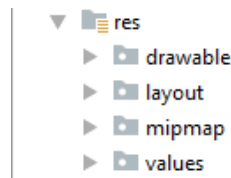


Figura 4.45 – Apresentação de um exemplo do elemento *Generated Java*.

O elemento com o nome *Resources* é responsável por todos os recursos presentes nos diversos menus apresentados ao utilizador apresentado na Figura 4.46 através da pasta *res*.



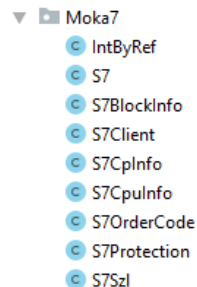
**Figura 4.46 – Apresentação das diferentes *Resources* de uma aplicação *Android*.**

O elemento *Resources* encontra-se separado em quatro pastas diferentes como observado na figura 4.46, sendo nesta aplicação apenas utilizado três destes elementos:

- *Drawable* – elemento responsável por conter todas as imagens utilizadas e incluídas no projeto desenvolvido;
- *Layout* – este elemento contém todos os *layouts* das diversas atividades criadas para apresentação ao utilizador, ou seja, é o responsável pelas interfaces apresentadas ao utilizador dos diferentes menus implementados e criados através de código Java;
- *Values* – este elemento por sua vez contém as cores, as *strings* utilizadas e estilos utilizados na aplicação desenvolvida.

#### 4.3.1.3. Moka7

Para comunicar entre a aplicação desenvolvida e os diversos PLC S7-1200 utiliza-se uma biblioteca dada pelo nome de Moka7, ver Figura 4.47. Esta biblioteca é uma importação do Snap7 client, compartilhando do mesmo licenciamento. Esta biblioteca consiste numa implementação Java pura do protocolo S7. A biblioteca é implementada como um conjunto de classes de código-fonte. Ela é utilizada no projeto desenvolvido em Java para comunicação com os PLCs S7.



**Figura 4.47 – Conjunto de classes presentes na biblioteca Moka7.**

As principais características desta biblioteca são:

- Código Java padrão sem qualquer tipo de dependências;
- Multiplataforma total, permite ligar os PLCs através de um adaptador Ethernet capaz de executar uma JVM (*Java Virtual Machine*);
- Cabeçalhos de protocolo desenvolvidos e compactados para melhorar o desempenho;
- Classe auxiliar para acesso a todos os tipos de S7 sem qualquer tipo de conflito com a convenção Little-Big indian.

#### 4.3.1.4. Funcionalidades da biblioteca Moka7

A biblioteca Moka7 fornece diversas funções essenciais para o desenvolvimento da aplicação *Android*, nomeadamente a comunicação com os PLCs. Torna possível o envio de dados, receção e atualização da aplicação e PLCs. Na Tabela 4.2, 4.3 e 4.4 descrevem-se as funções da biblioteca Moka7 para o desenvolvimento da aplicação.

**Tabela 4-2 – Funções Administrativas.**

Função	Funcionalidade
ConnectTo	Efetua a ligação de um objeto cliente a um PLC.
SetConnectionType	Define o tipo de ligação ao PLC (PG/OP/S7BASIC).
SetConnectionParams	Efetua a definição do endereço local e TSAP remoto para efeitos da ligação ao PLC.
Connect	Efetua a ligação de um objeto cliente a um PLC que contenha parâmetros implícitos.
Disconnect	Termina a ligação do objeto cliente ao PLC.

Os métodos descritos na Tabela 4.2 permitem controlar o comportamento de um objeto cliente

**Tabela 4-3 – Funções responsáveis pela entrada e saída de dados.**

Função	Funcionalidade
ReadArea	Efetua a leitura de uma área de dados de um PLC.
WriteArea	Efetua a escrita em uma determinada área de dados de um PLC.

A Tabela 4.3 refere-se às funções de escrita e leitura dos dados de um PLC, acedendo a uma área de dados de um PLC.

**Tabela 4-4 – Funções de escrita e leitura dos dados presentes nos PLC's.**

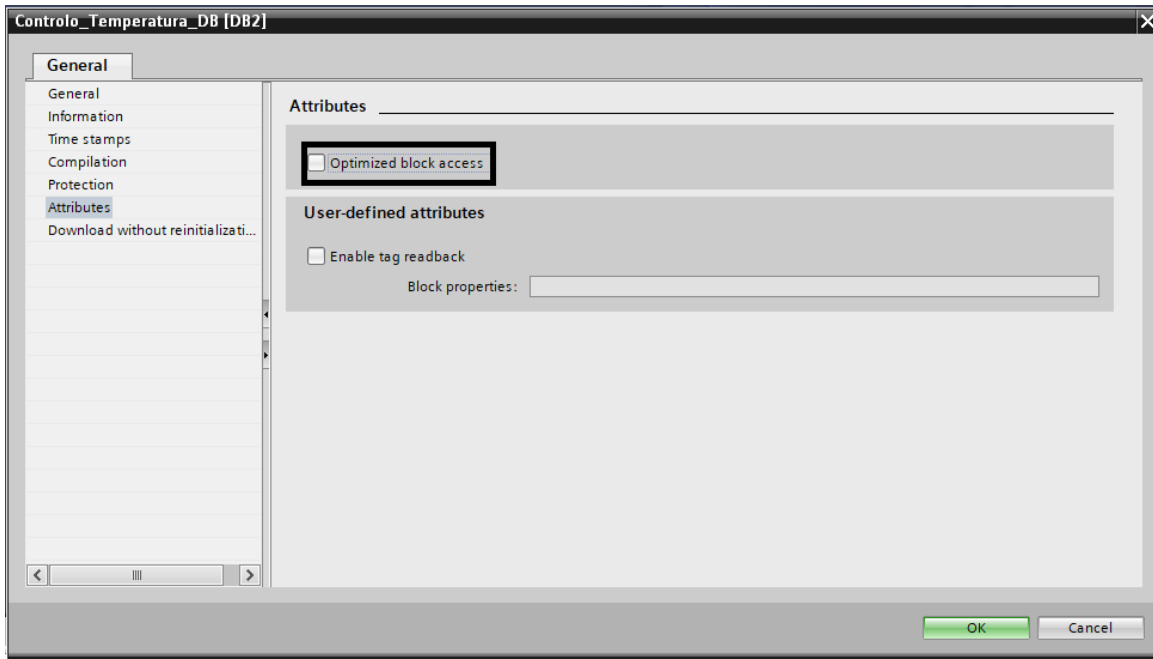
Função	Funcionalidade
Get/SetBitAt	Efetua a leitura e escrita de um <i>bit</i> numa determinada área de dados de um PLC através de um <i>buffer</i> de <i>bytes</i> .
Get/SetWordAt	Efetua a leitura e escrita de uma palavra de <i>bits</i> numa determinada área de dados de um PLC através de um <i>buffer</i> de <i>bytes</i> .

A tabela 4.4 faz referência às funções utilizadas de *Read* e *Write* para leitura e escrita dos dados em um ou vários PLC's.

#### **4.3.1.5. Comunicação *Android* e PLCs S7-1200**

De forma a estabelecer a ligação entre a aplicação desenvolvida e os diversos PLCs S7-1200 é necessário realizar um procedimento sequencial. Após a importação da biblioteca

Moka7, desenvolve-se o procedimento sequencial e lógico para a realização da ligação entre a aplicação *Android Studio* e os PLCs. Começou-se por efetuar o endereçamento IP a cada PLC através do *software* TIA Portal como explicado anteriormente, na secção 4.2, sobre o desenvolvimento das funcionalidades implementadas. Como a leitura e escrita de dados nos PLCs S7-1200 é feita através da utilização das DBs, criadas anteriormente através do código implementado nos PLCs, é necessário alterar as propriedades desses blocos. Na Figura 4.48 mostra-se a configuração dos diversos parâmetros incluídos nessas bases de dados, de forma remota.



**Figura 4.48 – Permissão necessária para permitir o acesso às bases de dados do exterior.**

Uma DB é uma base de dados com os diversos parâmetros dos PLCs. Esses parâmetros são as variáveis globais, sinais de entrada e saída, entre outros, como ilustrado na Figura 4.49.

Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
Input									
TempMax	Real	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
InputBotao	Bool	4.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TempMin	Real	6.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TempInputManual	Real	10.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DesativaManualGlobal	Byte	14.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TempPretendida	Real	16.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Selected	Byte	20.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Output									
AC1	Bool	22.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AQC1	Bool	22.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AutomatizacaoOnOff	Bool	22.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
InOut									
AtivaArCondicionado...	Byte	24.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AtivaAquecimentoCe...	Byte	25.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DesativaArCondiciona...	Byte	26.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DesativaAquecimento...	Byte	27.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Static									
TemperaturaMedia	Real	28.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**Figura 4.49 – Exemplo de uma DB (base de dados).**

Na figura 4.49 apresenta-se uma das diversas DBs presentes num PLC. Esta DB é responsável pelos dados relativamente ao controlo e monitorização da temperatura da habitação. Para acesso a esta DB, através da aplicação em *Android*, é necessário efetuar a ligação ao PLC através do endereço de IP, aceder à respetiva DB, presente no PLC, e identificar o parâmetro a aceder através da posição do parâmetro nesta DB.

O endereçamento IP dos diferentes PLCs, deve estar na mesma sub-rede que o telemóvel. É necessário importar e utilizar a biblioteca Moka7 através do *software Android Studio*, para poder realizar a aplicação e comunicar com os diversos PLCs.

#### 4.3.1.6. Interligação entre a aplicação Android e o PLC

Para comunicação com o PLC é necessário a utilização de uma função assíncrona de ligação ao PLC desejado. Neste exemplo utiliza-se a função associada ao controlo da temperatura da habitação, a função de ligar o aquecimento central da habitação. Começa-se por declarar a função de aquecimento (Aquece), e da função de chamada de ligação ao PLC. De notar que a parte referente ao aquecimento e arrefecimento desta chamada encontra-se associada à atividade ou menu de chamada da função. A função de chamada de ligação ao PLC nomeadamente a função `PlcReader2().execute(“”)`.

```
public void Aquece() {
    new AquecimentoArrefecimento.PlcReader2().execute("");
}

public class PlcReader2 extends AsyncTask<String, Void, String> {
    String ret;
    String ret1;

    @Override

    protected String doInBackground(String... params) {
        try {
            client.SetConnectionType(S7.S7_BASIC);
            int res = client.ConnectTo( Address: "192.168.0.1", Rack: 0, Slot: 1); //S7-1200
            if (res == 0) {
```

Figura 4.50 – Código necessário para acesso ao PLC pretendido.

Na função `Aquece()` define-se o tipo de ligação ao PLC, S7-1200. A ligação através da sub-rede é no modo ligação S7\_Basic. Em alternativa poderia ser uma ligação PG ou OP, dependendo do tipo de ligação com o PLC. De notar que as funções começam com a palavra *cliente*, por ser uma classe fornecida pela biblioteca Moka7 (*Snap7 client*) para utilização das suas diversas funções.

Posteriormente a este passo passa-se à ligação com o PLC. Define-se qual é o IP do PLC que pretende-se aceder (neste caso o PLC com o endereço 192.168.0.1), qual a sua Rack e o Slot, ambos definidos no sistema doméstico, através do *software* TIA Portal. Faz-se a comunicação com o PLC e se a variável `res` retornar o valor 0 significa que a comunicação foi estabelecida com sucesso e procede-se à escrita ou leitura dos parâmetros da base de dados. A ligação ao PLC termina após a escrita e a leitura dos dados pretendidos. Caso a ligação não tenha sido efetuada com sucesso o utilizador é notificado. Nesse caso a tentativa de ligação é terminada, tal como apresentado no código na Figura 4.51.

```

    } else {
        ret = "ERR: " + S7Client.ErrorText(res);
    }
    client.Disconnect();
} catch (Exception e) {
    ret = "EXC: " + e.ToString();
    Thread.interrupted();
}
return "executed";
}
}

```

Figura 4.51 – Erro de exceção caso o acesso não tenha sido efetuado com sucesso.

```

S7.SetBitAt(DATAWRITE1, Pos: 0, Bit: 0, Value: false); //Escrita de um bit a false;
client.WriteArea(S7.S7AreaDB, DBNumber: 2, Start: 24, Amount: 1, DATAWRITE1); //Escrita na DB2 do PLC 192.168.0.1 na posição 24;
S7.SetBitAt(DATAWRITE2, Pos: 0, Bit: 0, Value: true); //Escrita de um bit a true;
client.WriteArea(S7.S7AreaDB, DBNumber: 2, Start: 20, Amount: 1, DATAWRITE2); //Escrita na DB2 do PLC 192.168.0.1 na posição 20;
S7.SetBitAt(DATAWRITE, Pos: 0, Bit: 0, Value: true); //Escrita Bit Botao Programa de Teste PLC5
client.WriteArea(S7.S7AreaDB, DBNumber: 2, Start: 25, Amount: 1, DATAWRITE); //Escrita Botao Programa de Teste PLC5

```

Figura 4.52 – Código desenvolvido para efeitos de escrita de variáveis das DBs através da aplicação desenvolvida em *Android Studio*.

A Figura 5.52 mostra o código para efetuar a escrita em duas variáveis diferentes, que constam numa das bases de dados do PLC na DB2. As posições na DB são a 24 e 20. Utiliza-se a função “SetBitAt” porque ambas estas variáveis contém o tipo de dados *byte*. A última escrita a *true* na posição 25.

Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Write...	Visible in...	Setpoint	Comment
Input									
TempMax	Real	0.0	0.0						
InputOn	Bool	4.0	0.0						
TempMin	Real	4.0	0.0						
TempInputManual	Real	10.0	0.0						
DesativaManualGlobal	Byte	14.0	16#0						
TempPreferida	Real	16.0	0.0						
Selected	Bool	20.0	0.0						
Output									
AC1	Bool	22.0	0.0						
AQCI	Bool	23.1	0.0						
AutomacaoOnOff	Bool	23.2	0.0						
Input									
AtivaArCondicionada	Byte	24.0	16#0						
AtivaAquecimentoCe	Byte	25.0	16#0						
DesativaArCondiciona	Byte	26.0	16#0						
DesativaAquecimento	Byte	27.0	16#0						
Static									
TemperaturaMedia	Real	28.0	0.0						

Figura 4.53 – Correspondência das variáveis pretendidas a aceder através do código desenvolvido e apresentado anteriormente.

Ao escrever os três bits nos seus respetivos parâmetros, faz-se a desativação manual do ar condicionado pondo a variável “AtivaArCondicionado” a *false*, na posição 24.0 da base de dados responsável pelo controlo de temperatura. Ativa-se o modo manual da temperatura ambiente da habitação através da variável “Selected”, valor a *true*, na posição 20.0 da mesma DB e por fim ativa-se o aquecimento central através da posição 25.0.

Faz-se a leitura para verificar se o aquecimento central está ativo como pretendido. Depois faz-se o *update* dos menus da aplicação com esta funcionalidade, mostrando ao utilizador que o aquecimento central encontra-se ativo (ver Figura 4.54).

```

res = client.ReadArea(S7.S7AreaDB, DBNumber: 2, Start: 22, Amount: 1, data); // Leitura de um bit na DB2 do PLC 192.168.0.1 na posição 22;
ret = "" + S7.GetBitAt(data, Pos: 0, Bit: 1); //Atribuição da leitura efetuada para uma variável para pós processamento dos dados;
res = client.ReadArea(S7.S7AreaDB, DBNumber: 2, Start: 22, Amount: 1, data); // Verificar Bloco de Notas
ret1 = "" + S7.GetBitAt(data1, Pos: 0, Bit: 0); //+S7.GetFloatAt(data,0); Verificar Bloco de Notas

```

Figura 4.54 – Leitura do estado atual do aquecimento central e ar condicionado.

O código da Figura 4.54 faz a leitura das variáveis na DB do PLC. O resultado é apresentado através da variável *ret*. Verifica-se que o procedimento é idêntico ao de escrita, substituindo a função *S7.SetBitAt* pela função *S7.GetBitAt* para efeitos de leitura.

Ainda relativamente à escrita ou leitura entre a aplicação *Android* e os PLCs, programa-se a aplicação para que os diversos menus mostrem em tempo real os dados da habitação. Este *update* automático da aplicação é efetuado com os parâmetros das diferentes bases de dados dos PLCs. A atualização é feita ao abrir a aplicação, ao navegar entre os diferentes menus da aplicação ou quando o utilizador seleciona uma determinada ação. O código da Figura 4.55 mostra como é efetuada a atualização dos diferentes *widgets* em cada um dos *menus*.

```
Switch AC = (Switch) findViewById(R.id.arrefecimento);
Switch Aqc = (Switch) findViewById(R.id.aqcstate);
Switch Ac = (Switch) findViewById(R.id.acstate);
if (ret.equals("true")) {
    Aqc.setChecked(true);
} else {
    Aqc.setChecked(false);
```

Figura 4.55 – Exemplo da utilização da leitura de variáveis para atualização de um *widget*.

Na Figura 4.55 mostra-se um exemplo da atualização dos diversos botões de *Switch* apresentados no ecrã da Figura 4.56. Atualiza-se o menu apresentado ao utilizador. Caso o aquecimento se encontre ativo o botão *switch* “*aqcstate*”, responsável por indicar ao utilizador o estado atual do aquecimento, é atualizado para o estado ativo. Esta atualização é sempre realizada tendo em conta as leituras efetuadas aos respetivos parâmetros do PLC, como se mostra na Figura 4.56. Ao longo de todo o programa são efetuados estes tipos de atualização para *update* dos respetivos *menus* do sistema domótico desenvolvido.

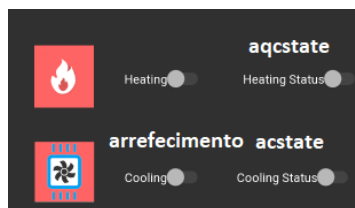


Figura 4.56 – Exemplo de um dos tipos de *widget* utilizados para apresentação ao utilizador do estado atual do aquecimento central.

### 4.3.2. Desenvolvimento da aplicação

As funções são desenvolvidas no elemento Java ao iniciar-se um novo projeto. O *software* executa a criação de um ficheiro Java Class designado de *Main Activity*. Começa-se inicialmente, por efetuar a importação da biblioteca Moka7 e as outras bibliotecas necessárias como mostra a Figura 4.57.

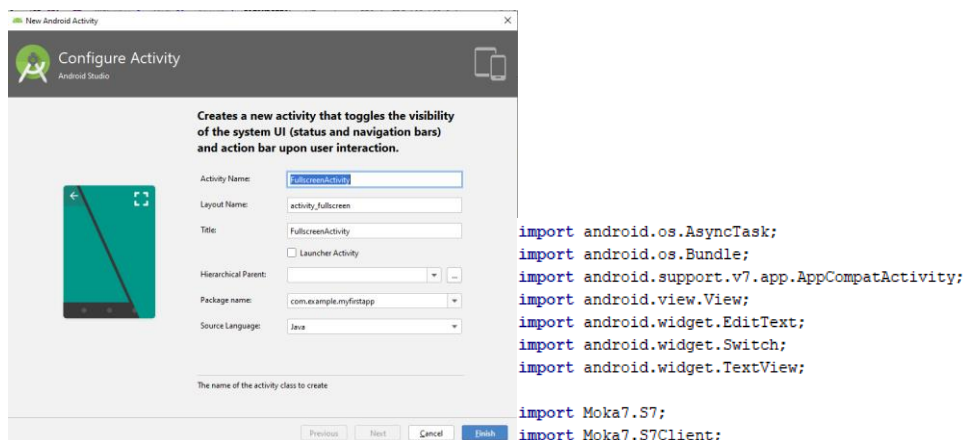
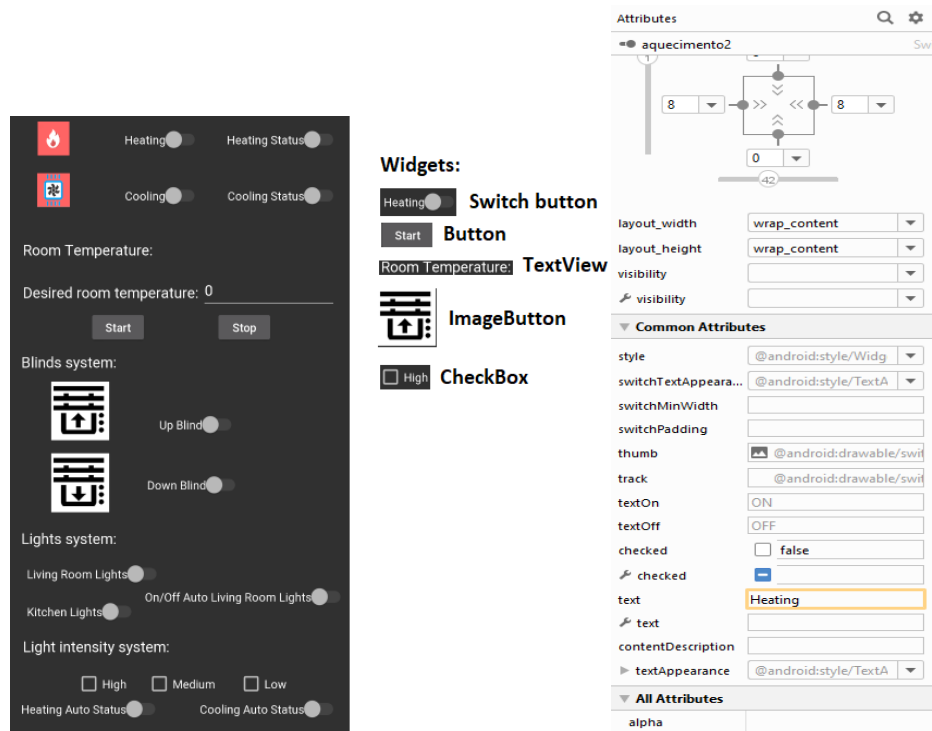


Figura 4.57 – Criação de um projeto em *Android* e importação das bibliotecas utilizadas para desenvolvimento da aplicação.

A importação AsyncTask é necessária para efeitos de leitura e escrita de variáveis nos PLCs, sendo esta uma tarefa assíncrona. As importações View, EditText, Switch e TextView permitem usar este tipo de *widgets*. A importação da biblioteca Moka7 é para realizar a comunicação com os PLCs S7-1200.

Faz-se o *design* da aplicação através da utilização dos diversos *widgets* proporcionados pelo *software*. Criam-se assim as interfaces ou menus de utilização apresentados ao utilizador. Na Figura 4.58 apresenta-se um dos menus criados, responsável pelo controlo da sala e da cozinha da habitação.



**Figura 4.58 – Exemplo de um menu, widgets utilizados e propriedades de um widget.**

Cada *widget* disponibilizado através do *software* contém uma lista de diversos parâmetros, como ilustrado na Figura 4.58. Estes parâmetros diferem de acordo com o tipo de *widget* utilizado. São adicionadas funções associadas ao *widget*.

Para efeitos de explicação dos diferentes procedimentos na utilização de cada um dos *widgets*, utilizar-se-à a Figura 4.58. Seguindo sequencialmente os diferentes tipos de *widgets*, explicando o procedimento de como é efetuada a sua programação de modo a se obter a utilização pretendida.

Começa-se com a explicação e demonstração do procedimento efetuado para utilização de um *widget* do tipo *Switch*. Este *widget* funciona como um botão *toggle*, ou seja, com o botão para a esquerda executa uma função e com o botão para a direita outra determinada função. Neste caso o *Switch* é utilizado para ativar ou desativar o estado manual do aquecimento da habitação. Para a esquerda o sistema manual é desativado pelo utilizador e para a direita é ativado pelo próprio utilizador. Este botão pode ainda ser utilizado para mostrar o estado atual do sistema manual de aquecimento, podendo assim servir também de indicador de estado.

Na Figura 4.59 mostra-se os atributos de um *widget* do tipo *Switch*. Mostra-se como efetuar a utilização deste *Switch* para execução das funções, ativação ou desativação do sistema manual de aquecimento da habitação.

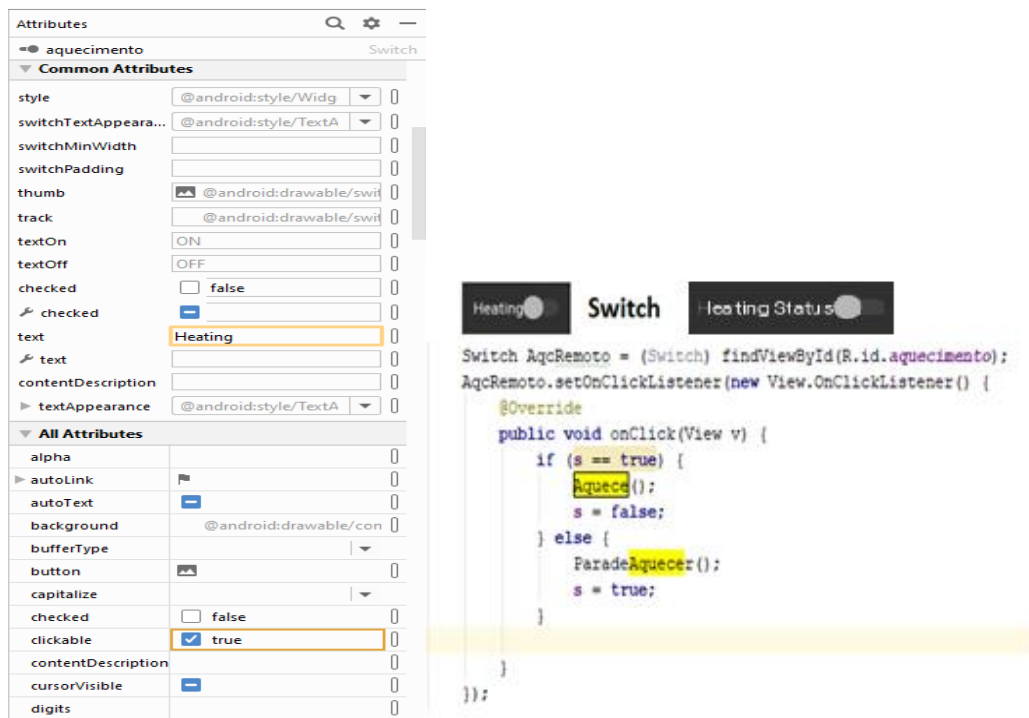


Figura 4.59 - Propriedades de um widget do tipo switch.

Identifica-se o widget inserido no layout da atividade, através do seu id (aquecimento). Atribui-se uma identificação (neste caso AqcRemoto) ao longo da programação no ficheiro xml. Utiliza-se uma função chamada OnClickListener para atuar nos *clicks* deste botão. Seguidamente, define-se as funções para os dois estados do botão. Utiliza-se uma variável booleana para identificar o estado atual do Switch. Se a variável encontrar-se a *false* significa que o sistema manual encontra-se ativo, ou seja, se o botão for pressionado o sistema é desativado. Caso contrário, quando o botão é pressionado, o sistema é ativado, invocando as funções *Aquece()* e *ParadeAquecer()*, respetivamente.

Para o Switch mostrar o estado atual é efetuado o procedimento de leitura das variáveis do PLC, através da biblioteca Moka7, ao longo do programa. Após efetuada a leitura dos respetivos parâmetros é efetuado o procedimento do programa da Figura 4.60.

```

Switch Aqc1 = (Switch) findViewById(R.id.aquecimento);
if (ret3.equals("true")) {
    Aqc1.setChecked(true);
    y = true;
} else {
    Aqc1.setChecked(false);
}
}

```

Figura 4.60 – Atualização do switch com os valores do PLC.

A variável *ret3* contém o parâmetro do aquecimento manual. Caso esteja ativo utiliza-se a função *setChecked* a *true*, caso contrário a *false*, alterando assim o estado do switch apresentado ao utilizador.

O widget do tipo *editText* permite a inserção de parâmetros através da aplicação. Este tipo de widget pode ser utilizado apenas para apresentação de texto como apresentado na Figura 4.61 (Insert desired temperature) ou para inserção de texto, algarismos, caracteres, etc. Para a apresentação de texto utiliza-se a lista de atributos identificando o texto a apresentar.

Na introdução de parâmetros utiliza-se a lista de atributos, para descrever-se o tipo de texto a introduzir e o seu tipo de dados permitido. Neste caso são números para ativação

do sistema de aquecimento ou arrefecimento manual, tendo em base a temperatura inserida pelo utilizador.

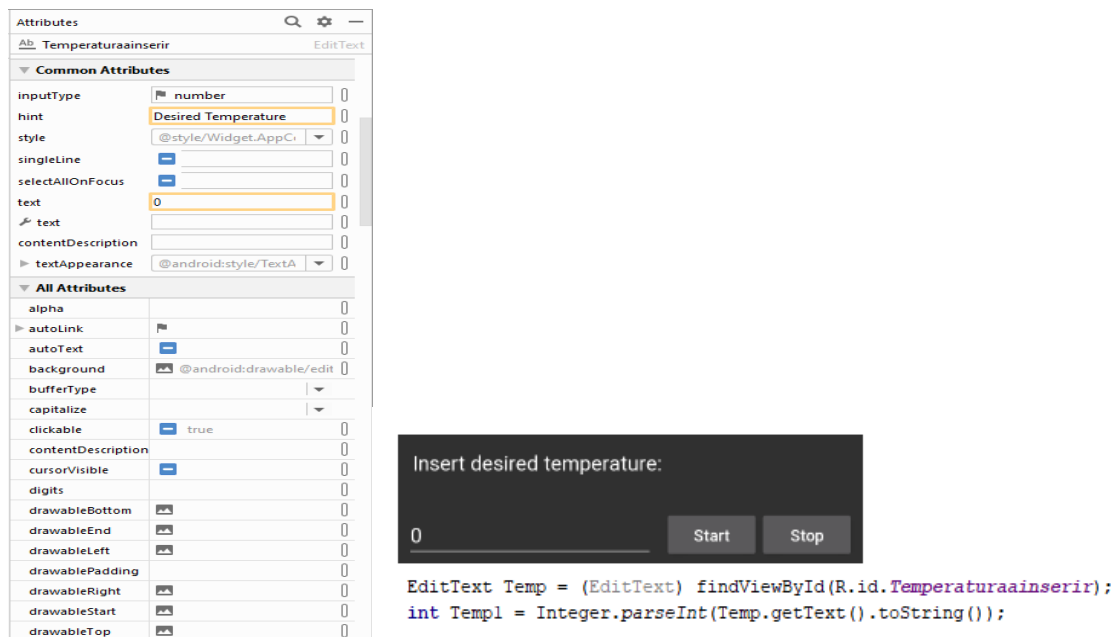


Figura 4.61 – Propriedades de um widget do tipo EditText.

Depois da definição destes parâmetros é necessário ler o valor inserido pelo utilizador. Como tal, identifica-se o *widget* utilizado no *layout* desta atividade, sendo o id deste “Temperaturaainserir”. Converte-se a *string* para um valor inteiro e envia-se o valor de temperatura para o PLC responsável pelo controlo da temperatura. Esta conversão é necessária visto que apesar de o utilizador inserir um número a aplicação em si processa este número como uma *string* e o PLC necessita de obter um valor inteiro.

Na Figura 4.62 mostra-se um exemplo da utilização de um *widget* do tipo *Button* e como utilizá-lo para efetuar a chamada de uma função. Este *Button* efetua a ativação do sistema mencionado anteriormente através do *widget* editText, inserindo o valor de temperatura pretendida para o preciso instante. É necessário pressionar o botão *Start* para posterior ativação e o botão *Stop* para desativação do controlo de temperatura manual por parte do utilizador.

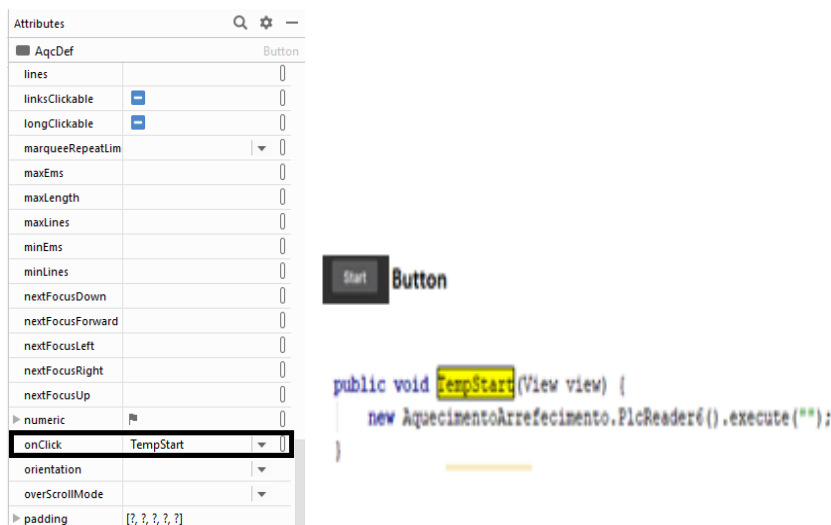


Figura 4.62 - Propriedades de um widget do tipo Button.

Na Figura 4.62 mostra-se a utilização do *Button Start*, responsável por iniciar o controlo manual da temperatura da habitação. Insere-se a temperatura desejada na habitação através do *editText* e carrega-se no botão *Start*.

Para iniciar o controlo manual da temperatura é necessário usar a função *TempStart* e aceder ao PLC. Estabelece-se a ligação ao PLC e acede-se aos parâmetros de monitorização e controlo da temperatura desejada na habitação, inserida manualmente pelo utilizador, através de um *EditText* (“Desired Room Temperature: 0”) presente no menu apresentado na Figura 4.61.

A função *TempStart* (*View view*) é associada à lista de parâmetros e propriedades do *Button* é responsável por efetuar a monitorização do botão. Quando o botão encontra-se pressionado esta função é ativada. O botão *Stop*, ilustrado na Figura 4.61, é responsável por efetuar a paragem do controlo do sistema manual da temperatura da habitação.

#### 4.4. Conclusões

As funcionalidades implementadas neste sistema domótico incluem o controlo dos sistemas de temperatura ambiente, iluminação e estores da habitação, sistema de rega e portão de entrada elétrico.

A arquitetura do sistema domótico desenvolvido baseou-se numa arquitetura distribuída. Para o desenvolvimento deste sistema utilizou-se quatro controladores programáveis lógicos da Siemens S7-1200 1212C DC/DC/DC. A programação dos PLCs foi efetuada através do software TIA Portal. As programações dos algoritmos implementados foram desenvolvidas nas linguagens SCL e LAD, sendo os algoritmos apresentados no capítulo 5.

Através da leitura e obtenção dos dados e também através dos algoritmos desenvolvidos são tomadas decisões por parte do autómato, atuando num determinado dispositivo de acordo com os dados obtidos e pelo que é pretendido pelo utilizador.

Para controlo remoto e local do sistema domótico desenvolveu-se uma aplicação *Android*, recorrendo-se à utilização da biblioteca Moka7. Através do uso desta biblioteca e desenvolvimento dos diferentes *menus*, de acordo com as diversas funcionalidades e diferentes modos de controlo (local ou remoto), desenvolveu-se uma aplicação de controlo para o sistema domótico. Criaram-se *menus* intuitivos de controlo local e remoto das diferentes funcionalidades ao utilizador.

No anexo C encontra-se uma tabela com as diferentes variáveis de entrada e saída necessárias a aceder através da utilização das respetivas bases de dados e interligação à *internet*, para cada um dos PLCs utilizados.

## 5. Algoritmos implementados

Nesta secção apresenta-se e descreve-se os algoritmos implementados para controlo e monitorização do sistema domótico nos respetivos PLCs S7-1200.

### 5.1. Tia Portal

#### 5.1.1. Sistema de temperatura

Na Figura 5.1 apresenta-se o fluxograma desenvolvido e utilizado para controlo e monitorização do sistema de temperatura da habitação.

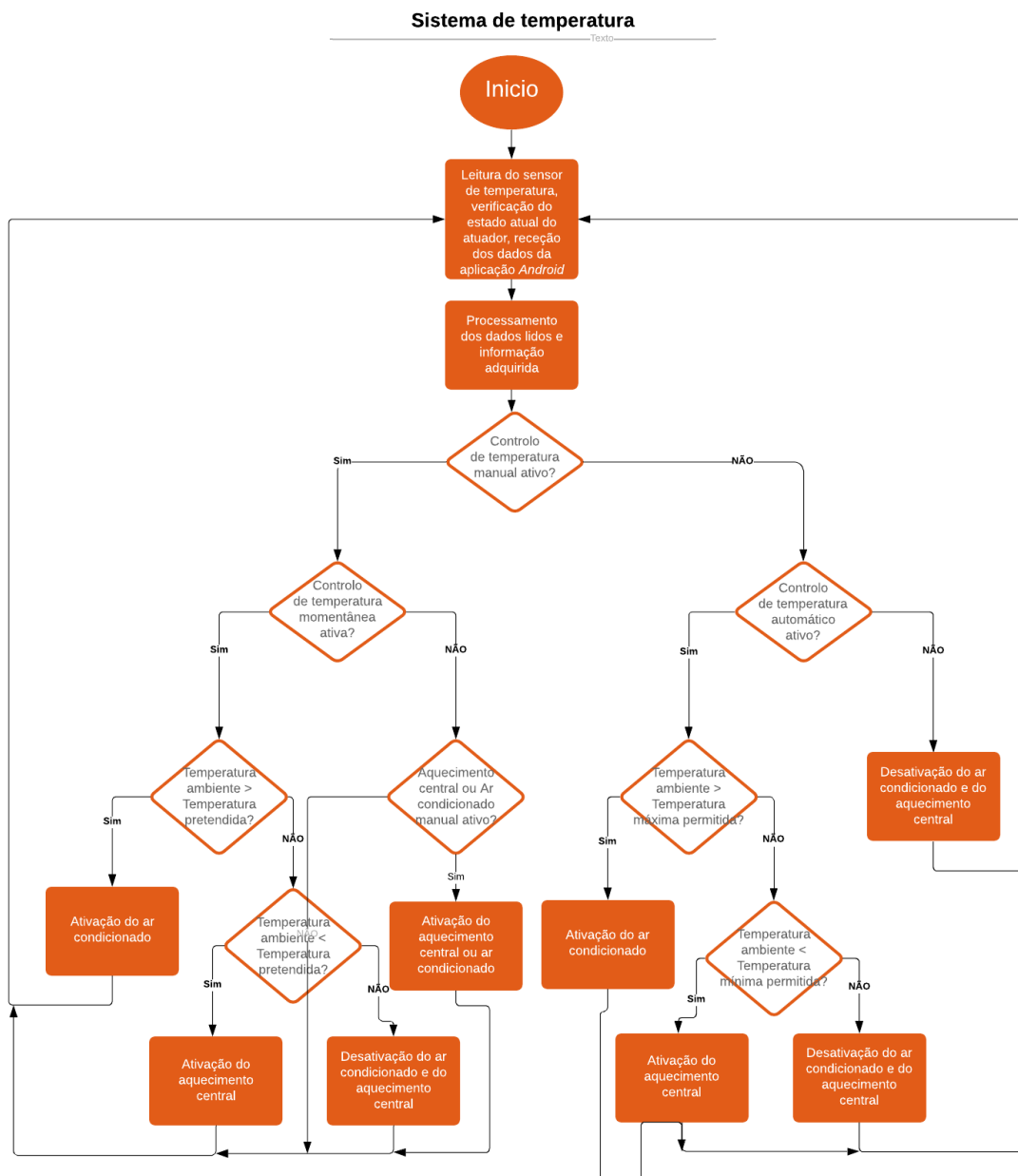


Figura 5.1 – Fluxograma do sistema de temperatura ambiente da habitação.

O PLC recebe diversos dados através da aplicação *Android*, tal como a temperatura máxima e mínima pretendida, para predefinição da habitação.

Caso o controlo manual esteja ativo este modo sobrepõe-se ao controlo automático do sistema. O controlo manual é ativado ou através da ativação manual do ar condicionado ou aquecimento central ou fixando uma temperatura ambiente para a habitação.

O controlo automático é utilizado quando o controlo manual não se encontra ativo e o próprio sistema automático permanece ativado pelo utilizador.

Caso o controlo manual se encontre desativado e o sistema automático ativado o sistema faz a leitura da temperatura através da utilização do sensor de temperatura LM35. Se a temperatura estiver entre a temperatura máxima e temperatura mínima pretendida pelo utilizador não é acionado nem o aquecimento nem o arrefecimento central. No entanto, se a temperatura estiver acima da temperatura máxima definida o ar condicionado é ativado ou se a temperatura se encontrar inferior à temperatura mínima o aquecimento central é ativado.

Relativamente à leitura da temperatura, esta é efetuada através do uso do sensor LM35 ligado à porta %IW64 do PLC. Sendo a ativação do ar condicionado efetuado através da porta Q0.1 e do aquecimento central através do uso da porta Q0.2 do PLC.

### **5.1.2. Sistema de rega**

No sistema de irrigação o PLC recebe os dados necessários a ser predefinidos através da aplicação *Android* do horário de rega, com a hora inicial e a hora final do horário de rega pretendido.

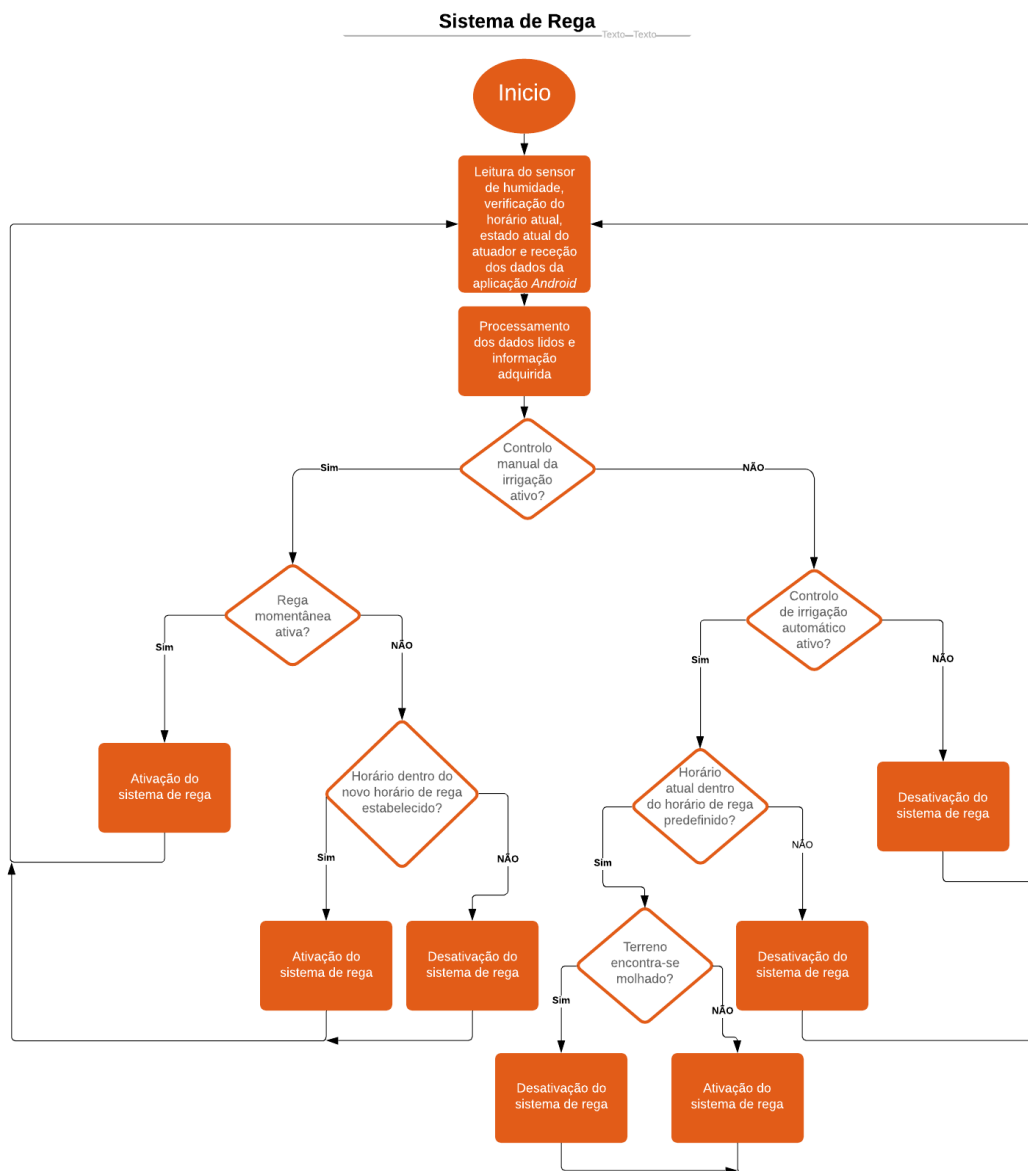
O controlo manual pode ser ativado de duas formas distintas, pela ativação instantânea do sistema (não sendo verificado o nível de humidade do solo), através da aplicação, ou definindo um horário manual de rega, fora do horário predefinido pelo utilizador, através da utilização da aplicação *Android*.

O PLC verifica o horário atual e a compara com o horário pretendido pelo utilizador. Caso o horário atual encontre-se dentro do horário fixado pelo utilizador o sistema de rega é ativado até que o horário atual ultrapasse a hora final de rega. Quando o horário atual ultrapassar a hora final de irrigação o sistema de rega tal como o controlo manual será desativado.

O controlo automático do sistema efetua o procedimento de verificação e comparação do horário atual com o horário predefinido para horário de rega. Caso esta verificação seja efetuada com sucesso através da comparação entre a hora atual e a hora inicial e final definida pelo utilizador. Nesse horário verifica-se o nível de humidade presente no terreno através do uso do sensor de humidade Seeed.

Caso a quantidade de humidade medida indique que o terreno contém humidade suficiente a rega não é efetuada. Caso tal não seja verificado e o horário esteja dentro do horário de rega estabelecido o sistema de rega é ativado. O sistema encontrar-se-á ativo até que o horário atual do PLC ultrapasse a hora final de rega ou até que o terreno se encontre suficientemente húmido.

A análise relativamente à quantidade de humidade é efetuada através do uso do sensor Seeed ligado à porta %IW66 do PLC, entrada analógica AI1. A ativação do sistema de rega usa a porta Q0.3 do PLC. A Figura 5.2 mostra o fluxograma do sistema de rega.



**Figura 5.2 – Fluxograma do sistema de irrigação da habitação.**

### 5.1.3. Sistema de iluminação

O sistema de iluminação controla através do PLC a iluminação da habitação com os comandos definidos pelo utilizador através da aplicação *Android*.

O controlo manual da iluminação faz-se pela ativação da iluminação da secção da habitação e pela atribuição da quantidade de intensidade luminosa. No caso dos diferentes sistemas de iluminação é possível efetuar o controlo da luminosidade e ativação manual da zona exterior da habitação, do quarto e também da sala.

No caso do controlo da iluminação do quarto criou-se uma funcionalidade a mais comparativamente aos restantes sistemas de iluminação. No caso do quarto criou-se a funcionalidade de um horário noturno para que a luz não seja ativada automaticamente dentro de um determinado horário definido pelo utilizador.

Com o sistema automático ativo é efetuada a verificação constante do sensor de movimento PIR Seeed. Caso seja efetuada a deteção de movimento é lida a quantidade de luminosidade dentro da secção em que a deteção de movimento foi efetuada. A luz é posteriormente ativada com uma determinada quantidade luminosa, sendo esta dependente do valor de intensidade luminosa lida dentro da secção da habitação.

A luz é ativada através da porta Q0.0. O ajuste da luminosidade é feito com a variação do *duty cycle* da saída digital PWM. Através da saída PWM ajusta-se o valor médio da tensão para comandar a intensidade da iluminação, o algoritmo do sistema de iluminação da sala e cozinha encontra-se apresentado no Anexo B, sendo o procedimento da zona exterior da habitação o mesmo.

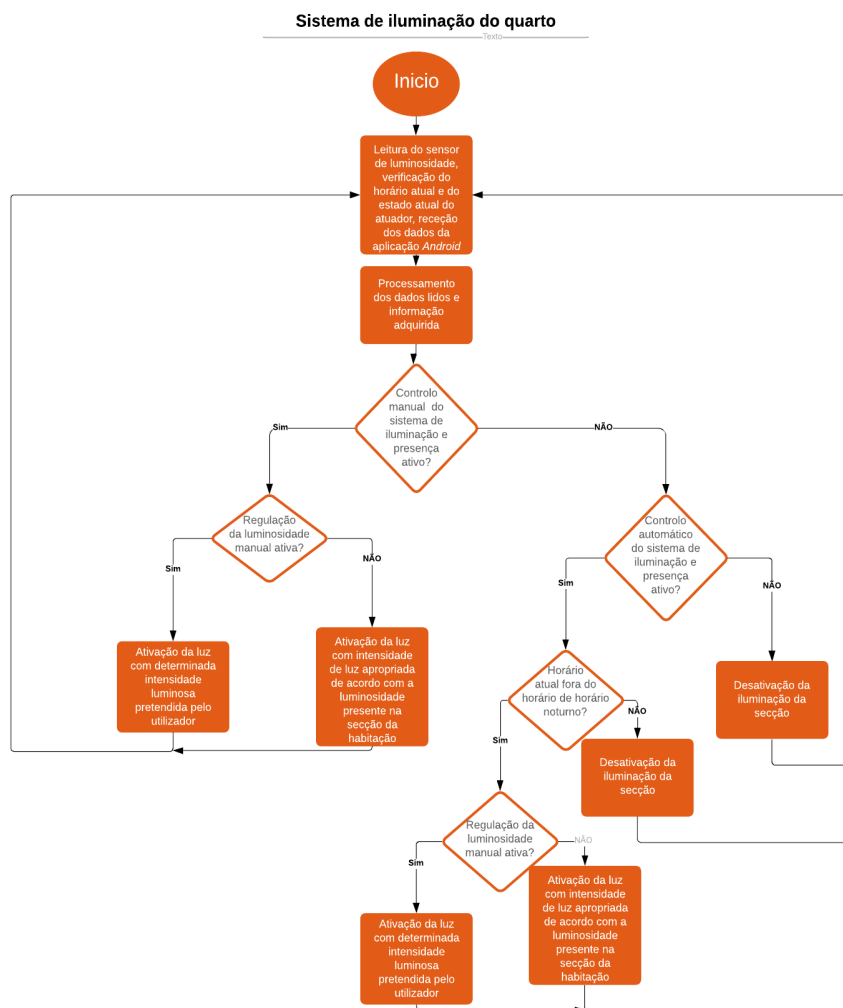


Figura 5.3 – Fluxograma do sistema de controlo, presença e iluminação do quarto.

#### 5.1.4. Sistema de controlo do portão elétrico

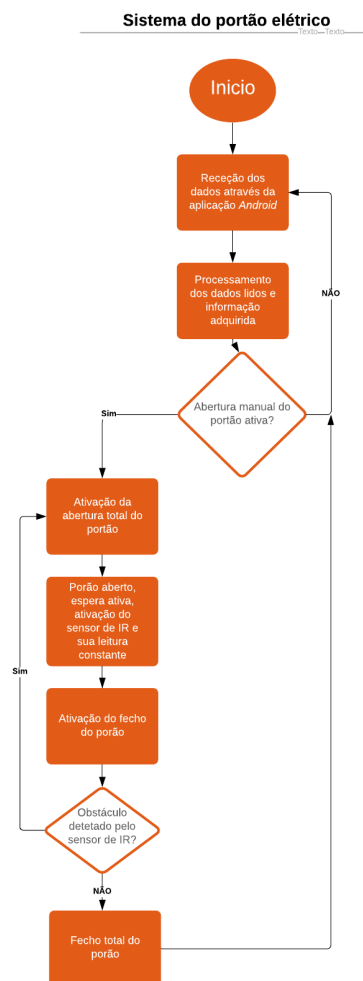
No sistema do portão elétrico o PLC recebe o comando de abertura pela aplicação *Android*.

Quando o PLC recebe o pedido de abertura do portão elétrico activa a porta de saída Q0.0 do PLC. Posteriormente a este passo, e quando a abertura total do portão é concluída, esta informação é enviada para o PLC através da utilização de um *switch* de pressão ligado à porta I0.1 do PLC. Quando esta informação é recebida pelo PLC inicia-se o processo de

fecho do portão elétrico. Após um período de espera ativa o sensor de infravermelhos faz a deteção de obstáculos na trajetória de fecho do portão. Neste período de espera ativa, com a duração de 60 s o PLC efetua o fecho do portão e faz a leitura do sensor de IR.

O período de 60 s é definido como o tempo máximo que o portão pode demorar a fechar se não existir obstáculos. Se for detetado algum obstáculo o PLC abre o portão novamente e repete o procedimento de fecho do portão. Este procedimento acontece até que o portão seja efetivamente fechado e que essa informação seja transmitida ao PLC pelo *switch* de pressão ligado diretamente à porta I0.2 do PLC.

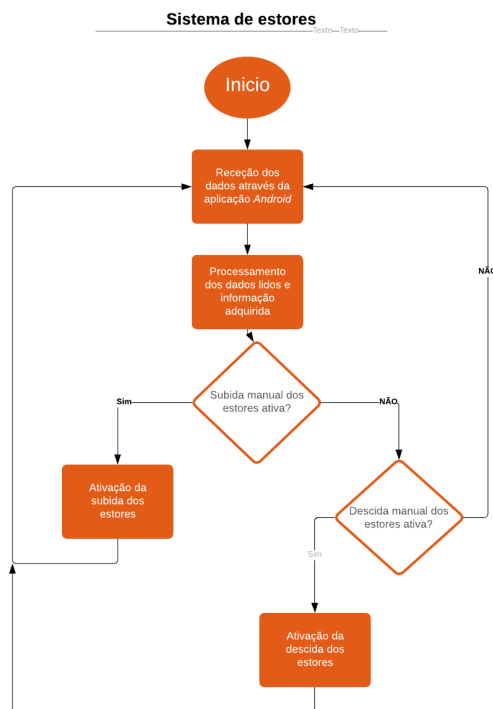
O comando do portão é feito pelas portas Q0.1 (abertura) e Q0.2 (fecho) com as formas de onda PWM necessárias para a abertura e fecho. A Figura 5.4 mostra o fluxograma com o algoritmo de controlo do portão elétrico.



**Figura 5.4 – Fluxograma do sistema do portão elétrico.**

### 5.1.5. Sistema de estores

O controlo manual dos estores recebe a ordem dada pelo utilizador, para subir ou descer os estores pela aplicação *Android*. O fluxograma de comando dos estores está representado na Figura 5.5.



**Figura 5.5 – Fluxograma do sistema de estores manual da habitação.**

## 5.2. Conclusões

O controlo manual da temperatura é ativado caso o utilizador pretenda efetuar a ativação manual do aquecimento central ou do arrefecimento central. O utilizador pode optar por definir uma temperatura de referência para o instante. Já o modo automático ajusta a temperatura na habitação automaticamente. Para o modo automático a temperatura pretendida é definida através das predefinições do sistema utilizando-se a aplicação *Android*. Os comandos manuais das funcionalidades se sobrepõem aos sistemas automáticos.

O sistema de rega manual pode ser ativado através da ativação instantânea da rega ou da definição de um determinado horário. Já o modo automático verifica a necessidade de rega todos os dias, de acordo com o horário definido pelo utilizador e de acordo com o nível de humidade presente no terreno.

O modo de iluminação do sistema automático é ativado de acordo com a leitura efetuada pelos sensores de presença e de luminosidade das secções da habitação. É possível ativar a iluminação manualmente e definir a quantidade de luz pretendida para a secção pelo utilizador.

O sistema desenvolvido para o portão elétrico e também para os estores, é de ativação manual. Devido a questões de segurança o sistema do portão elétrico efetua a deteção de objetos. A abertura do portão elétrico é efetuada manualmente, sendo a rotina de fecho efetuada manualmente ou automaticamente. Os testes efetuados ao sistema doméstico desenvolvido estão apresentados no capítulo 6.

## 6. Testes e resultados obtidos

Neste capítulo apresentam-se os testes experimentais e os resultados obtidos a cada uma das funcionalidades implementadas. Os testes são efetuados de acordo com as funcionalidades por PLC, ou seja, no PLC1 com o endereço 192.168.0.1 testa-se as funcionalidades de climatização e o sistema de rega da habitação, no PLC2 (192.168.0.2) o controlo de luminosidade da sala de estar, sistema de presença e controlo manual de estores, no PLC3 (192.168.0.3) o controlo de luminosidade do quarto, sistema de presença e controlo manual de estores e no PLC4 (192.168.0.4) o sistema de portão elétrico e sistema exterior da habitação.

Para efeitos de apresentação de resultados utiliza-se um simulador de *Android*. Este simulador é disponibilizado através do *software Android Studio*. O simulador permite efetuar, enviar e receber dados dos diferentes PLCs, testando-se a reacção e os efeitos provocados nos diversos sistemas de controlo projetados em cada um dos PLCs.

Para além destes testes, para proporcionar uma melhor apresentação, recorre-se também ao uso de um telemóvel com um sistema operativo *Android* para testar a aplicação desenvolvida e o funcionamento do sistema.

### 6.1. Sistemas de horário

No primeiro PLC implementa-se a climatização da habitação e controlo do sistema de irrigação da habitação.

Faz-se as pré-configurações associadas aos sistemas de climatização e de irrigação da habitação, como se pode observar na Figura 6.1.

The image shows two side-by-side screenshots. The left screenshot is from the 'RTCTeste' configuration window in a software development environment. It displays a table of parameters for PLC1, including static and dynamic data types like DTL, USInt, and Word, with their respective offsets, start values, and monitor values. The right screenshot is from an Android mobile application interface. It shows a 'Local Time' display with 'Hour: 5' and 'Minute: 52'. Below this, there are temperature controls: 'Max. Temperature: 25' and 'Min. Temperature: 21'. Further down, it shows irrigation settings: 'Starting Irrigation Hour: 21' and 'Ending Irrigation Hour: 12'. There are also 'Lights out' settings: 'Lights out from (Hour): 0', 'Lights out from (Minute): 30', 'Lights out to (Hour): 6', and 'Lights out to (Minute): 30'. An 'Initialize' button is at the bottom.

Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value	Retain
Static					
DH_Local	DTL	0.0	DTL#1970-01-01-0...	DTL#1970-01-01-0...	
YEAR	USInt	0.0	1970	1970	
MONTH	USInt	2.0	1	1	
DAY	USInt	3.0	1	1	
WEEKDAY	USInt	4.0	5	5	
HOURL	USInt	5.0	0	5	
MINUTE	USInt	6.0	0	53	
SECOND	USInt	7.0	0	30	
NANOSECOND	UDInt	8.0	0	382_175_000	
RV_Local	Word	12.0	16#0	16#0000	
DHE_Local	DTL	14.0	DTL#1970-01-01-0...	DTL#1970-01-01-0...	
YEAR	USInt	14.0	1970	1970	
MONTH	USInt	16.0	1	1	
DAY	USInt	17.0	1	1	
WEEKDAY	USInt	18.0	5	5	
HOURL	USInt	19.0	0	5	
MINUTE	USInt	20.0	0	52	
SECOND	USInt	21.0	0	0	
NANOSECOND	UDInt	22.0	0	0	
RVE_Local	Word	26.0	16#0	16#0000	
RTC_LocalTime	Word	28.0	16#0	16#0000	
Set	Bool	30.0	false	FALSE	
DayNight	Bool	30.1	false	FALSE	

Figura 6.1 – Inserção de predefinições associadas ao PLC1 e correspondente ao horário.

A Figura 6.1 mostra como são inseridos os horários no sistema de automação. Os parâmetros em DHE\_Local apresentam os parâmetros enviados para o PLC através da aplicação. Os parâmetros DH\_Local representam o horário atual. Ou seja, introduz-se os parâmetros de hora e data, sendo estes posteriormente processados e atualizados a cada ciclo de processamento que passa sendo apresentados e actualizados através deste parâmetro DH\_Local. Permitindo assim actualizar-se constantemente a hora e data deste PLC.

O conhecimento da hora atual e da data atual é uma funcionalidade necessária e importante no algoritmo de controlo da iluminação ou deteção de presença da habitação, tal como para o controlo do sistema de irrigação da habitação e climatização.

## 6.2. Sistema de temperatura

Na Figura 6.2 apresenta-se a base de dados correspondente ao sistema de controlo de temperatura e definição dos parâmetros de temperatura máxima e temperatura mínima pretendidas para a habitação.

	Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value
1	Input				
2	TempMax	Real	0.0	0.0	25.0
3	InputBota o	Bool	4.0	false	FALSE
4	TempMin	Real	6.0	0.0	21.0
5	TempInputManual	Real	10.0	0.0	0.0
6	DesativaManualGlobal	Byte	14.0	16#0	16#00
7	TempPretendida	Real	16.0	0.0	0.0
8	Selected	Byte	20.0	16#0	16#00
9	Output				
10	AC1	Bool	22.0	false	TRUE
11	AQC1	Bool	22.1	false	FALSE
12	Automatizac aoOnOff	Bool	22.2	false	FALSE
13	InOut				
14	AtivaArCondicionado...	Byte	24.0	16#0	16#00
15	AtivaAquecimentoCe...	Byte	25.0	16#0	16#00
16	DesativaArCondiciona...	Byte	26.0	16#0	16#00
17	DesativaAquecimento..	Byte	27.0	16#0	16#00
18	Static				
19	TemperaturaMedia	Real	28.0	0.0	25.90213

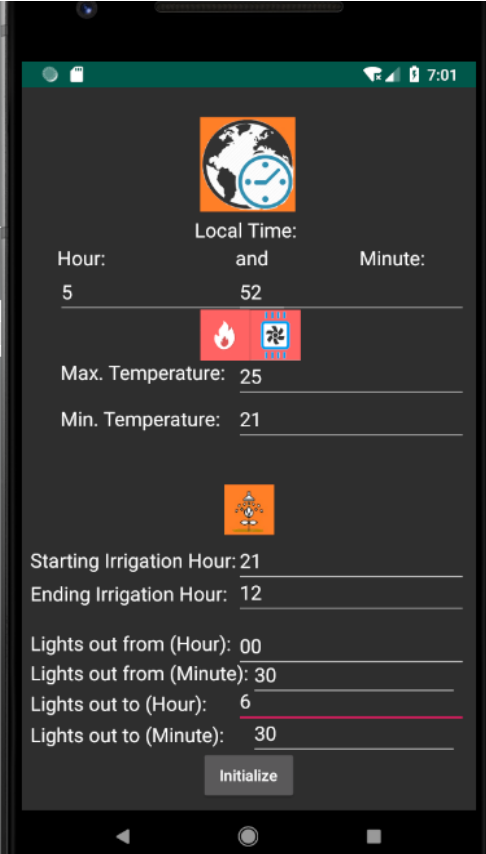
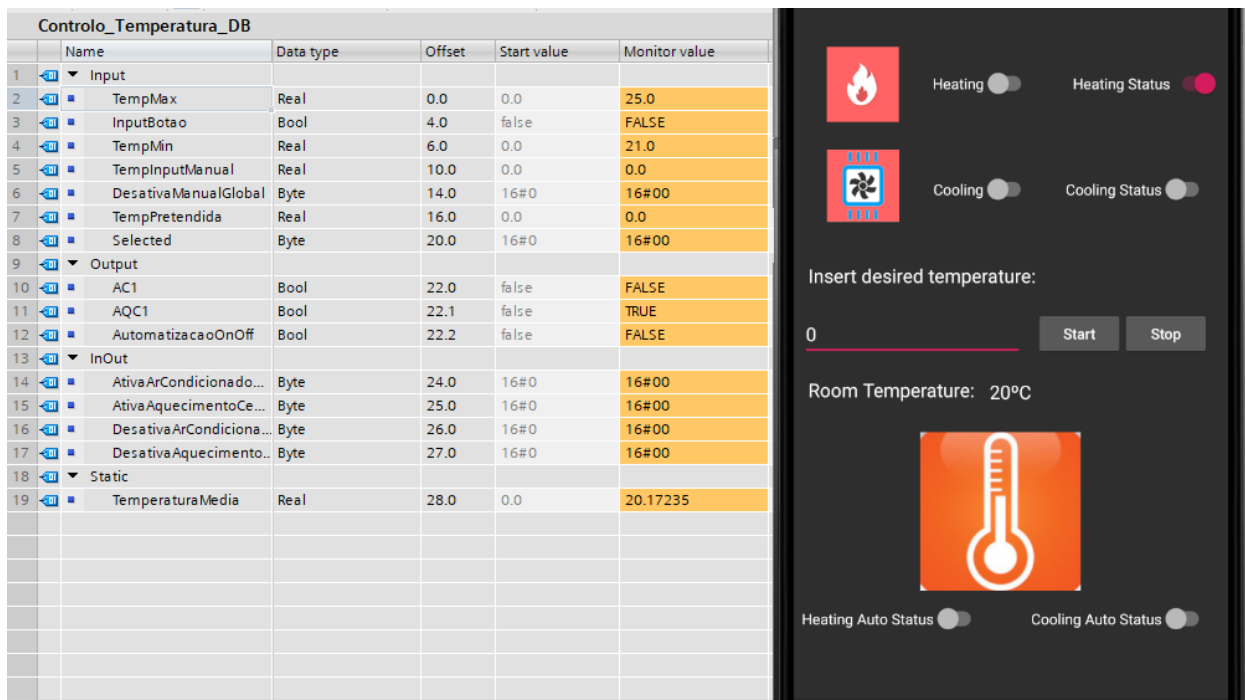


Figura 6.2 – Inserção de predefinições associadas ao sistema de climatização.

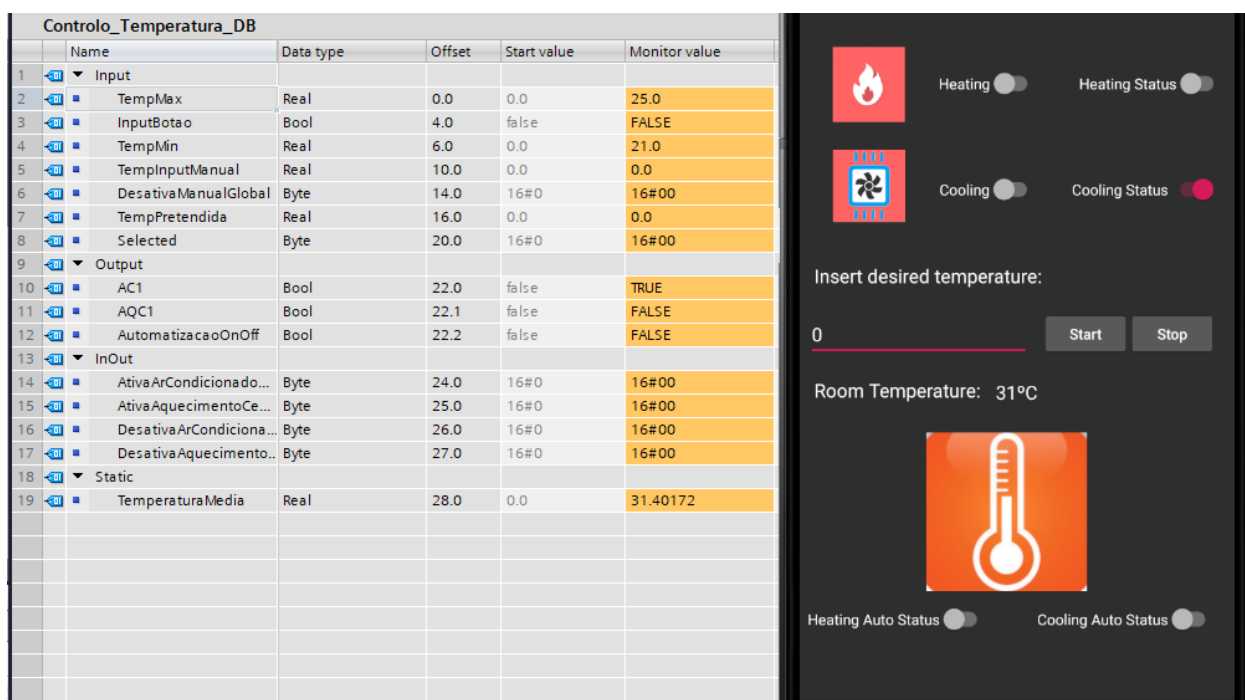
Define-se a temperatura máxima a 25 °C e a temperatura mínima pretendida a 21 °C. Estes dados são enviados através da aplicação *Android* para a base de dados associada ao respetivo sistema. Como se pode observar através da figura anterior o valor máximo de 25 °C e o valor mínimo de 21 °C são associados corretamente às variáveis “TempMax” e “TempMin” e a respetiva temperatura ambiente de 25,9 °C através da variável “TemperaturaMédia”.

Na Figura 6.3 o sistema de aquecimento central encontra-se ativo. Tal acontece devido ao fato do sistema automático se encontrar ativo e o valor da temperatura ambiente ser inferior à temperatura mínima definida pelo utilizador ativado o aquecimento central. O aquecimento central fica ativo até a temperatura ambiente atingir o valor de temperatura máximo definido pelo utilizador.



**Figura 6.3 – Aquecimento central no modo automático.**

A Figura 6.4 apresenta o caso em que a temperatura ambiente é superior à temperatura máxima, ativando, automaticamente, o ar condicionado. O ar condicionado permanecerá ativo até a temperatura da habitação igualar a temperatura mínima desejada. Quando esta igualdade acontece o ar condicionado é desativado.



**Figura 6.4 - Ar condicionado ativado no modo automático.**

Na Figura 6.5 apresenta-se o caso da estabilização da temperatura, ou seja, a temperatura encontra-se dentro dos parâmetros máximos e mínimos estabelecidos. Como tal tanto o ar condicionado e o aquecimento central estão desligados.

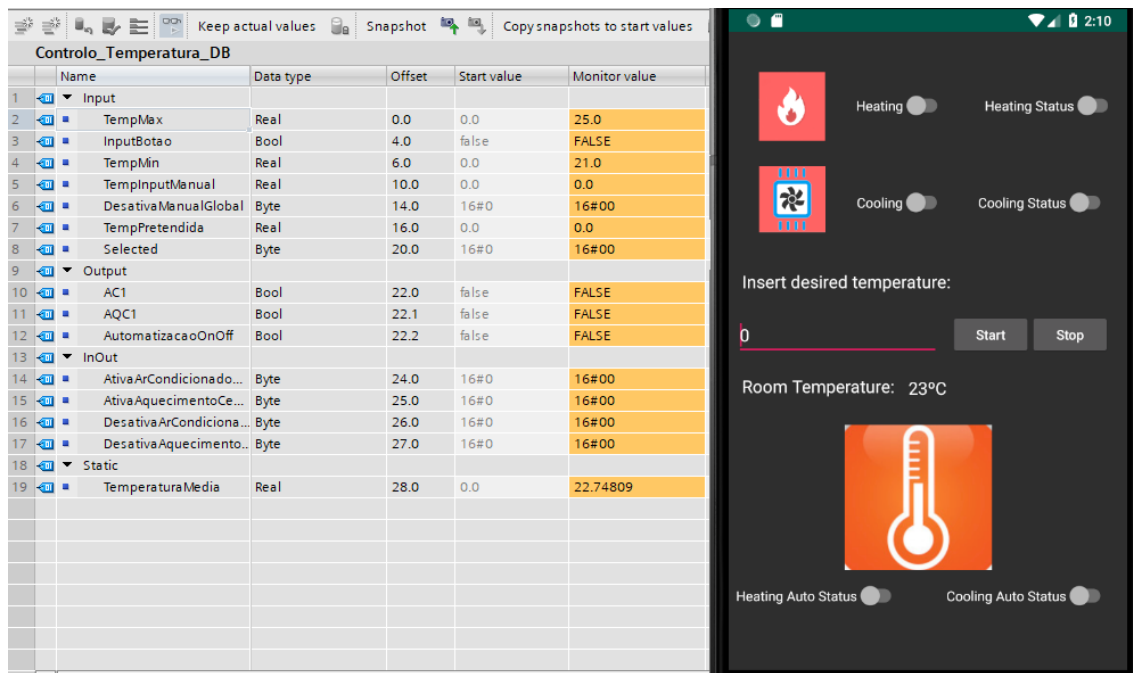


Figura 6.5- Estabilização da temperatura ambiente.

Na Figura 6.6 apresenta-se o caso de se pretender uma determinada temperatura momentânea. Inseriu-se uma temperatura momentânea de 30 °C, com esta inserção a temperatura de referência passa para 30 °C até a opção de Stop apresentada na aplicação ser pressionada duas vezes. A primeira vez que a opção STOP é pressionada é efetuada a desativação da temperatura momentânea pretendida, mas não desativa o ar condicionado ou aquecimento central. Na segunda vez que esta opção é pressionada procede à desativação e o controlo de temperatura volta ao modo automático.

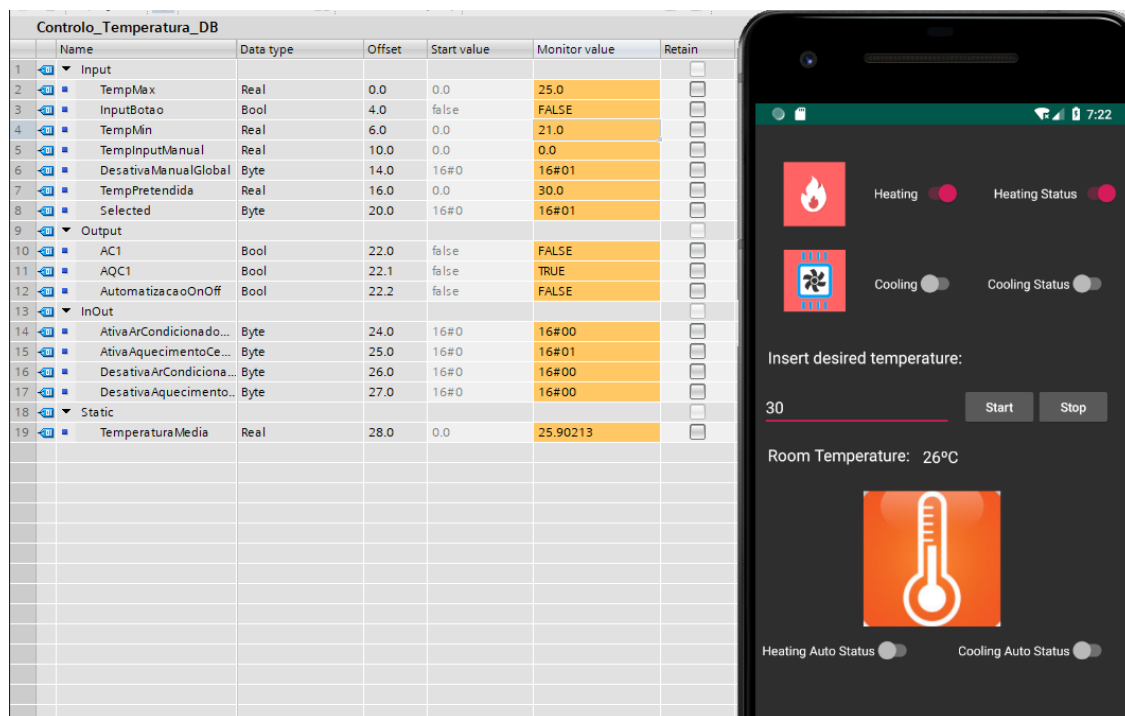
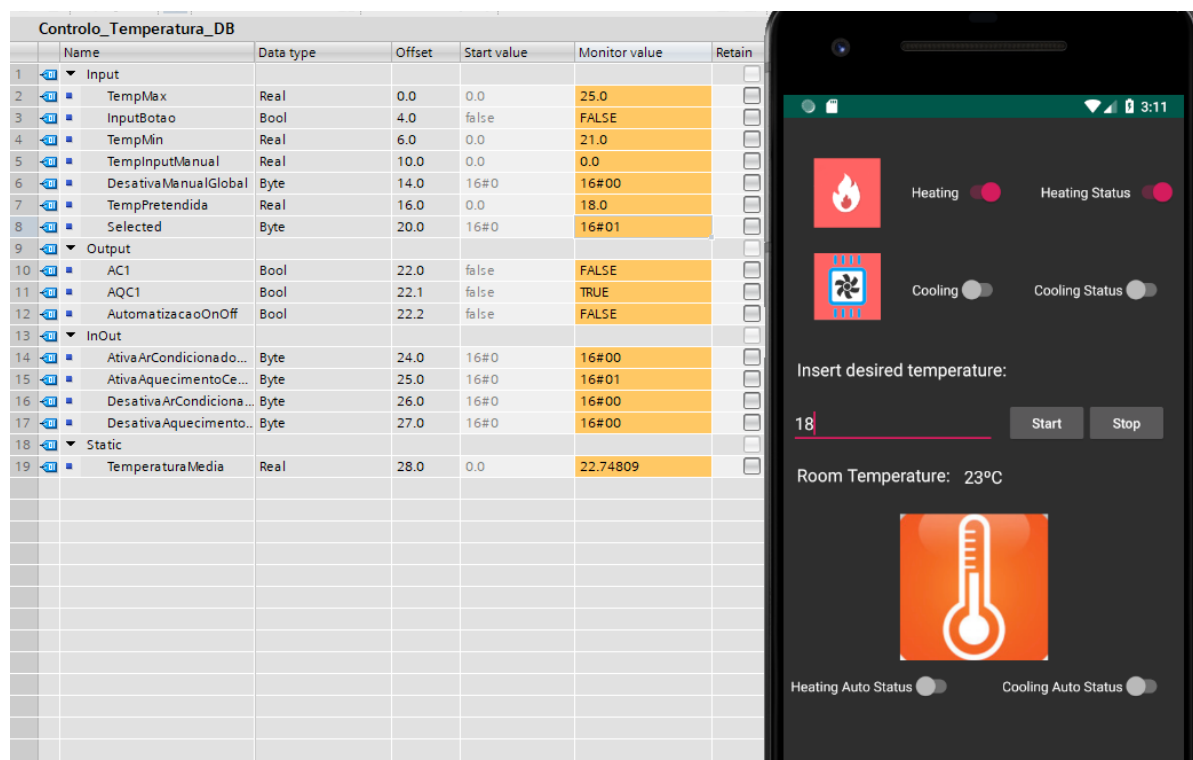


Figura 6.6- Temperatura pretendida para o momento inserida através da aplicação.

A automação da temperatura permite o controlo da temperatura da habitação através do modo automático. No modo automático a temperatura varia entre o valor mínimo e máximo. O sistema também permite definir uma temperatura de referência para um preciso momento.

Enquanto a opção de fixação da temperatura de referência estiver ativa não é possível efetuar-se a ativação ou desativação manual do aquecimento ou do ar condicionado. Esta ativação ou desativação manual é fornecida através dos botões de “Heating” para o aquecimento central e de “Cooling” para o ar condicionado. Na Figura 6.7 mostra-se a sobreposição.



**Figura 6.7 – Sobreposição do controlo manual ao controlo automático.**

Na Figura 6.7 verifica-se que a temperatura ambiente encontrava-se dentro dos parâmetros estabelecidos para os valores máximos e mínimos de temperatura. Ativa-se manualmente o aquecimento central através do botão “Heating”. Na aplicação é atualizado o estado “Heating Status”.

O mesmo procedimento é efetuado com o ar condicionado. Quando o controlo manual é desativado o sistema automático voltou a efetuar o controlo da temperatura da habitação se o sistema automático estiver ativo.

A desativação ou ativação do sistema automático é feita através dos botões de “Heating/Cooling Auto Status”. Estes botões servem tanto para verificação do estado atual do sistema automático quanto para desativação e ou ativação dos mesmos. Quando este botão se encontra para a direita significa que o sistema automático encontra-se ativo e quando se encontra para a esquerda significa que o sistema automático correspondente encontra-se desativado, conforme pode ser visto na Figura 6.8.

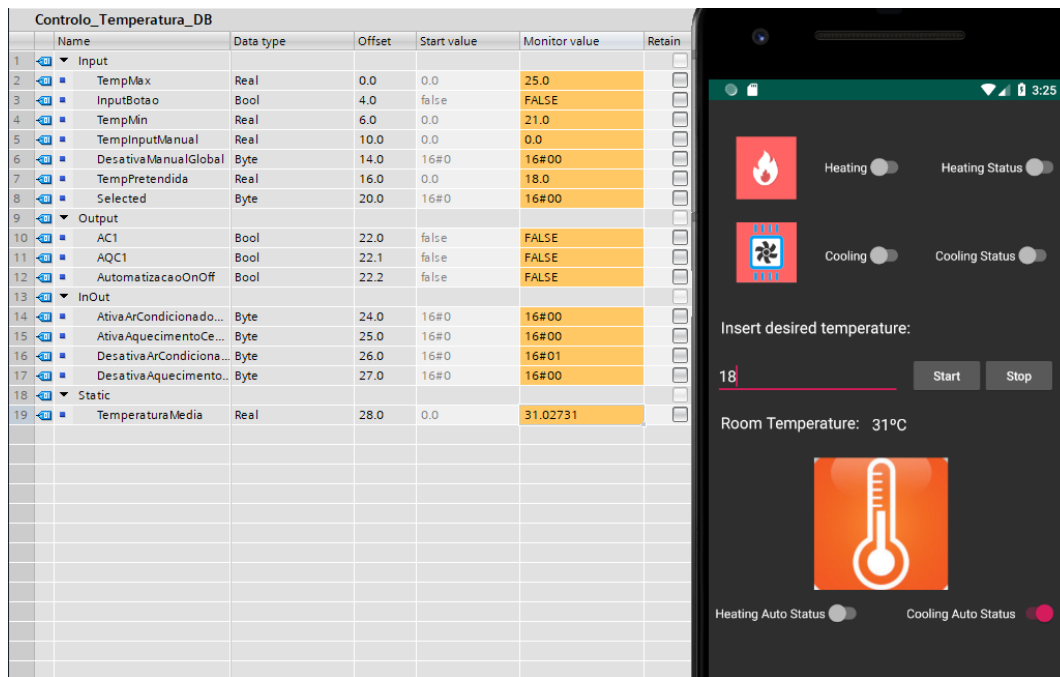


Figura 6.8- Desativação do sistema automático de ar condicionado.

Na Figura 6.8 observa-se que a temperatura ambiente da habitação encontra-se acima à temperatura máxima pretendida pelo utilizador (25 °C). No entanto, como o sistema automático de ar condicionado encontra-se desativo este não é ativado automaticamente. O mesmo acontece também com o aquecimento central.

### 6.3. Sistema de irrigação

No PLC1 encontra-se ainda a funcionalidade de irrigação da habitação. Os parâmetros de predefinição deste sistema são a inserção da hora e data atual e o horário de rega definido através da aplicação *Android* (ver Figura 6.9).

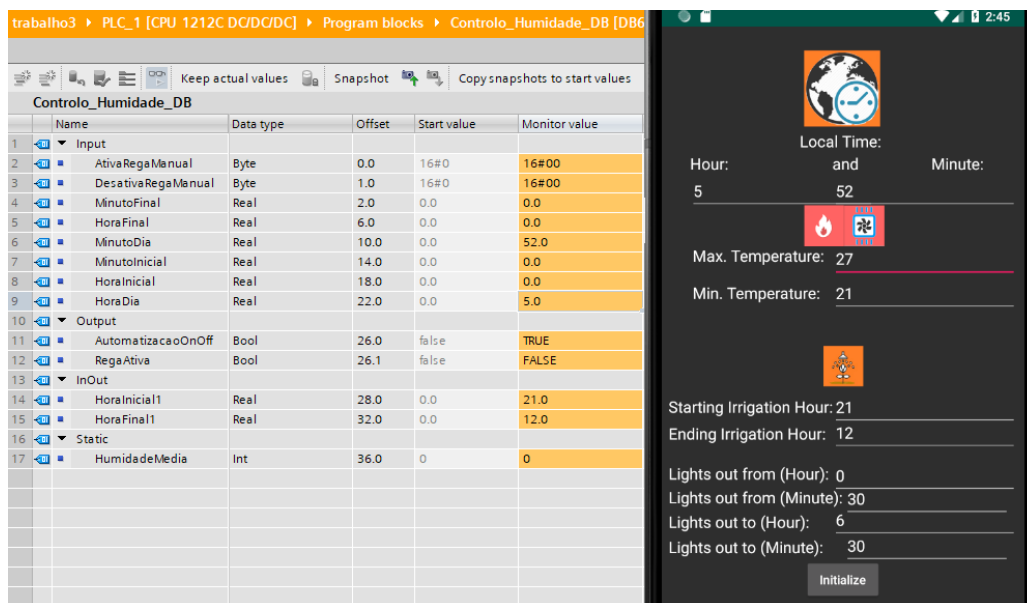


Figura 6.9 – Parâmetros de predefinições associadas ao sistema correspondente ao sistema de irrigação.

Como se pode observar na Figura 6.9, o horário de rega é das 21:00 até ao 12:00 do dia seguinte. Esses parâmetros estão definidos através das variáveis “HoraInicial1” e

“HoraFinal1”. A hora e minuto do dia estão na mesma base de dados através das variáveis “HoraDia” e “MinutoDia”.

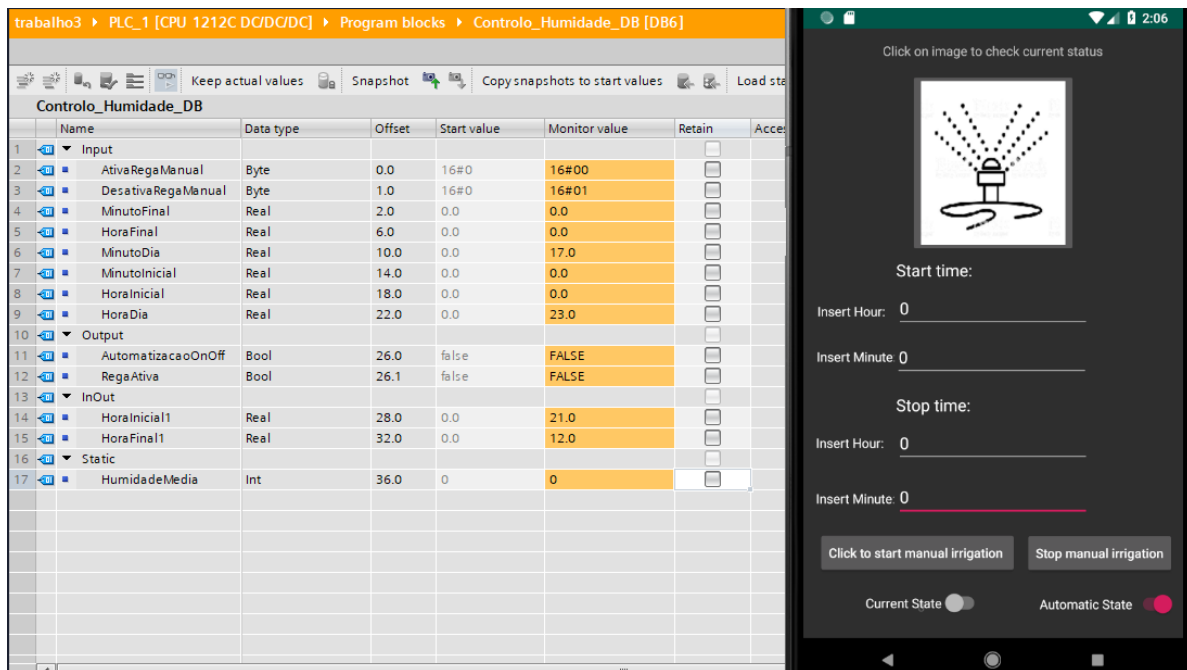
Na figura 6.10 é apresentado o comportamento automático do sistema de rega quando a hora inicial de rega é alcançada. Quando a hora inicial de rega é alcançada o sensor de humidade Sreed da Groove mede o valor da humidade do terreno. Caso o terreno não se encontre suficientemente húmido o nível de humidade medido será baixo. A tensão à saída do sensor é proporcional ao nível de humidade do terreno. O nível de humidade indica se é necessário regar ou não o terreno. A leitura da tensão de saída do sensor de humidade utiliza a porta analógica %IW64 do PLC, entrada analógica do PLC A11.

A ativação do sistema de rega faz-se pela variável “RegaAtiva” na base de dados do PLC, e na aplicação *Android* através do botão “Current State”.

Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value
1	Input			
2	Ativa Rega Manual	Byte	0.0	16#00
3	Desativa Rega Manual	Byte	1.0	16#00
4	MinutoFinal	Real	2.0	0.0
5	HoraFinal	Real	6.0	0.0
6	MinutoDia	Real	10.0	15.0
7	MinutoInicial	Real	14.0	0.0
8	HoraInicial	Real	18.0	0.0
9	HoraDia	Real	22.0	23.0
10	Output			
11	AutomatizacaoOnOff	Bool	26.0	false
12	RegaAtiva	Bool	26.1	false
13	InOut			
14	HoraInicial1	Real	28.0	0.0
15	HoraFinal1	Real	32.0	0.0
16	Static			
17	HumidadeMedia	Int	36.0	0

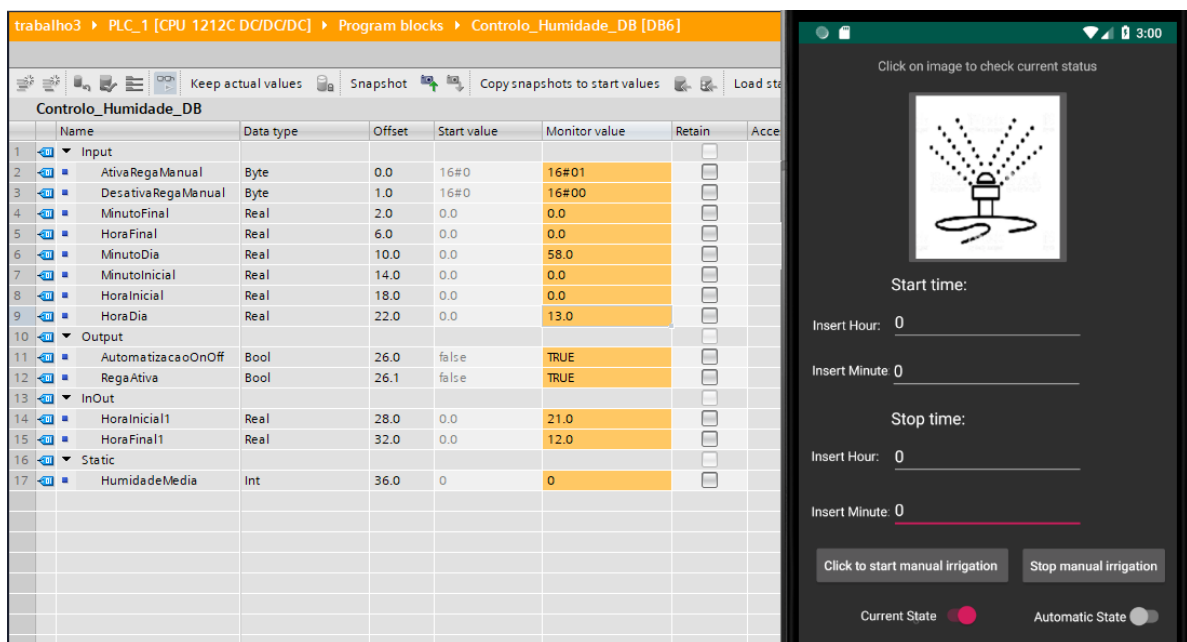
**Figura 6.10 – Sistema automático de irrigação em funcionamento.**

Na Figura 6.11 mostra-se a desativação do sistema automático através do botão “Automatic State”. Pressionando este botão o sistema automático de rega é desativado, deixando apenas em funcionamento o modo manual. No modo manual, Figura 6.11, apesar do horário do PLC encontrar-se dentro do horário do sistema de rega automático e a humidade do terreno encontrar-se a aproximadamente 0 (terreno seco) o sistema de rega não é ativado.



**Figura 6.11 – Desativação do sistema automático de irrigação.**

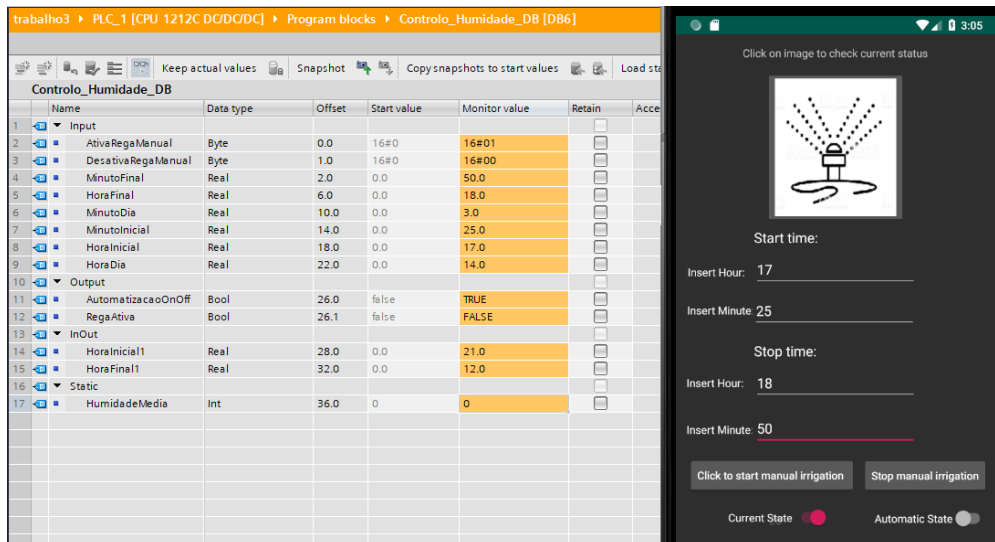
A ativação do sistema manual de rega pode ser feita dois modos. O modo instantâneo, apresentado na Figura 6.12, e o sistema manual de rega feito através da introdução da adição de mais um horário de rega para o dia atual ou dia seguinte.



**Figura 6.12 – Ativação do sistema manual de rega.**

Como se pode observar na Figura 6.12 o sistema de rega encontra-se ativado. Para ativar o sistema de rega manual é necessário o envio dos diversos parâmetros a 0 e depois pressionar o botão de “start”. Depois de enviar os dados da aplicação para o PLC este ativa instantaneamente o sistema de rega. Neste modo o nível de humidade do terreno não é controlado. O sistema é desativado apenas quando o utilizador pressionar o botão de “stop”.

Na Figura 6.13 apresenta-se o exemplo da inserção de mais um horário de rega pretendido para o dia ou para o dia seguinte, dependendo do horário inserido.



**Figura 6.13 - Ativação do sistema de horário manual de rega.**

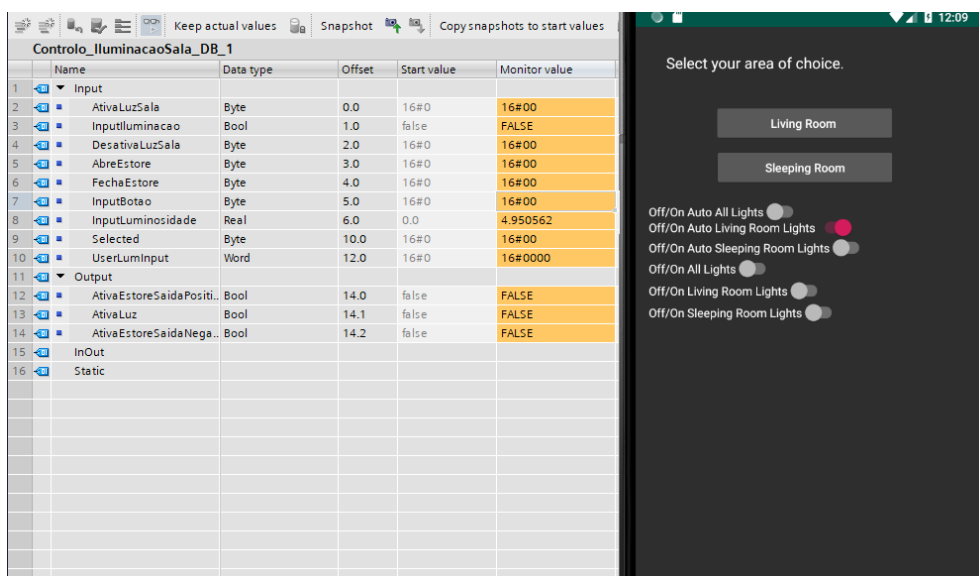
Após inserir estes dados e pressionar o botão “start” estes dados são enviados para o PLC. O PLC efetua a ativação do sistema de rega quando este horário de rega se encontrar dentro do horário do PLC, tal como no sistema automático.

Quando tal acontecer o sistema ativa o sistema de rega sendo desativado quando o ultrapassar o horário de rega definido. Depois da rega ter ultrapassado o horário manual inserido pelo utilizador é automaticamente desativo. Ou seja, este horário é utilizado apenas uma vez.

Neste exemplo o botão de “stop” efetua a desativação do novo horário de rega manual inserido, desativando o sistema de rega caso o mesmo se encontre ativo dentro do horário e eliminando o mesmo dos dados do PLC.

#### 6.4. Sistemas de iluminação, presença e de estores

Na Figura 6.14 observa-se a base de dados responsável pelo sistema de iluminação, presença e de estores da sala e do quarto.



**Figura 6.14- Sistema automático de iluminação da sala.**

Como se pode observar na Figura 6.14 o sistema automático do controlo de iluminação e de presença da sala de estar encontram-se ativos. Tal pode ser visualizado e controlado através da opção de *Off/On Auto Living Room Lights* na aplicação *Android*.

Este controlo pode ativar ou desativar o sistema automático de iluminação da sala. O mesmo acontece com a opção de ativação e desativação da iluminação manual através da opção apresentada *Off/On Living Room Lights*.

A Figura 6.15 apresenta o cenário de identificação de movimento na sala de estar. A variável “InputIluminação”, assume o valor “True” quando o sensor PIR deteta movimento. Após a deteção de movimento é ativada a iluminação no modo automático. A ativação da iluminação pode ser observada através da variável “AtivaLuz”.

A regulação da luminosidade da iluminação depende da luminosidade ambiente. O valor medido através do sensor de luminosidade, é guardado na variável “InputLuminosidade”. A regulação do valor médio, PWM, é feita através da porta de saída Q0.0 ajustando-se a intensidade de brilho da iluminação.

The image shows two side-by-side screenshots. The left screenshot is from a PLC software interface (likely SIMATIC Manager) displaying a data table for 'Controlo\_IluminacaoSala\_DB\_1'. The table has columns for Name, Data type, Offset, Start value, and Monitor value. The right screenshot is from an Android application showing a control interface with buttons for 'Living Room' and 'Sleeping Room', and several toggle switches for light control.

	Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value
1	Input				
2	AtivaLuzSala	Byte	0.0	16#0	16#00
3	InputIluminacao	Bool	1.0	false	TRUE
4	DesativaLuzSala	Byte	2.0	16#0	16#00
5	AbreEstore	Byte	3.0	16#0	16#00
6	FechaEstore	Byte	4.0	16#0	16#00
7	InputBotao	Byte	5.0	16#0	16#00
8	InputLuminosidade	Real	6.0	0.0	4.134435
9	Selected	Byte	10.0	16#0	16#00
10	UserLumInput	Word	12.0	16#0	16#0000
11	Output				
12	AtivaEstoreSaidaPositi.	Bool	14.0	false	FALSE
13	AtivaLuz	Bool	14.1	false	TRUE
14	AtivaEstoreSaidaNega.	Bool	14.2	false	FALSE
15	InOut				
16	Static				

**Figura 6.15- Sistema de iluminação automático ativado.**

A Figura 6.16 mostra a desativação do sistema automático de iluminação e deteção de presença na sala. Faz-se a desativação através do botão “*Off/On Auto Living Room Lights*”. Dando indicação ao PLC, como se pode observar através da base de dados apresentada na seguinte Figura 6.16.

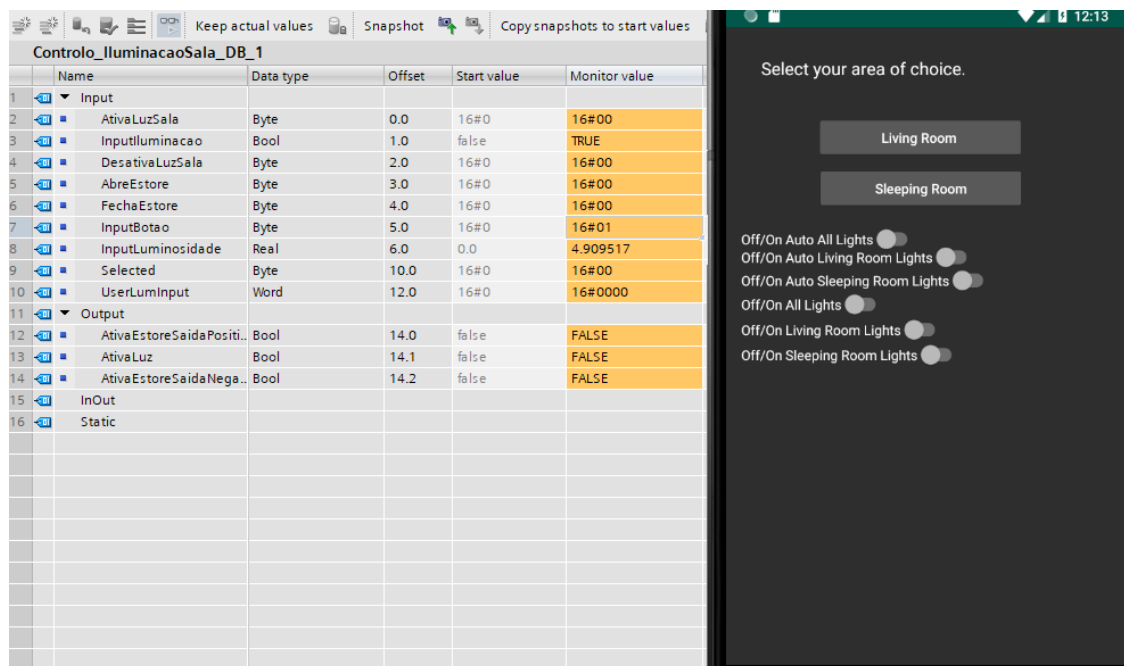


Figura 6.16- Desativação do sistema automático de iluminação.

Na Figura 6.16 o sensor de movimento PIR deteta movimento, ativando a variável “InputIluminação” a *true*, no entanto, a iluminação não é ligada porque o sistema de iluminação automático está desativado. Verifica-se que a saída Q0.0, ligada à variável “AtivaLuz” tem o valor *false*.

Na Figura 6.17 apresenta-se a opção de ativação da luz manual através do botão “Off/On” *Living Room Lights*. A base de dados mostra que a iluminação encontra-se ativada.

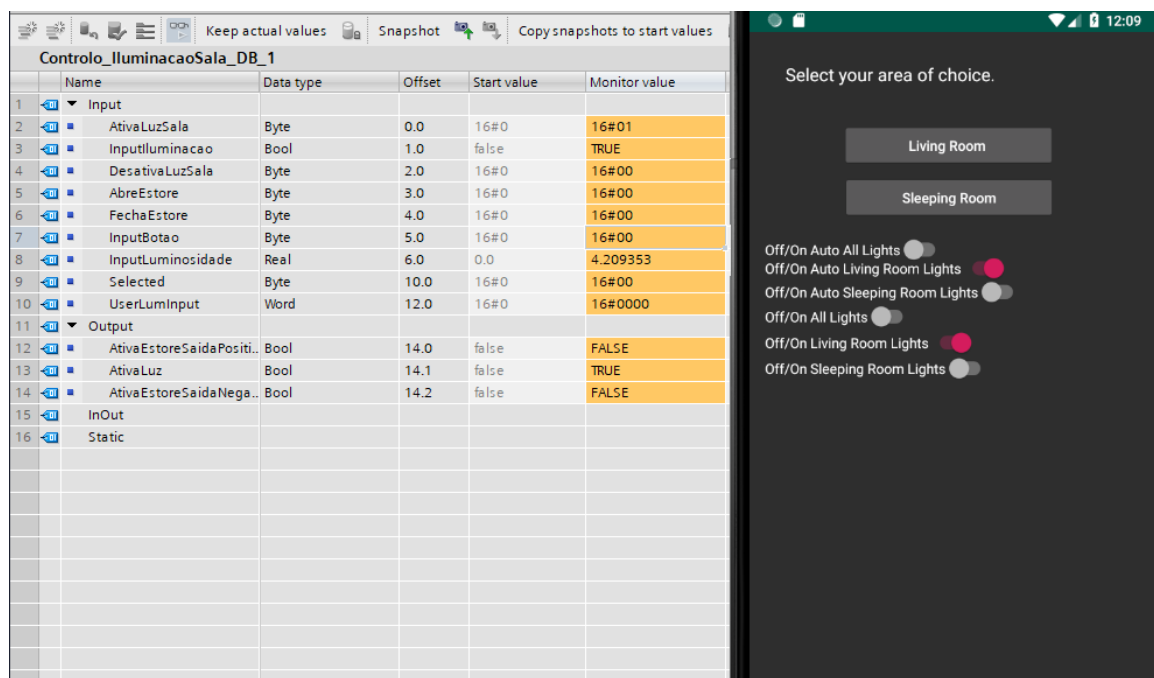
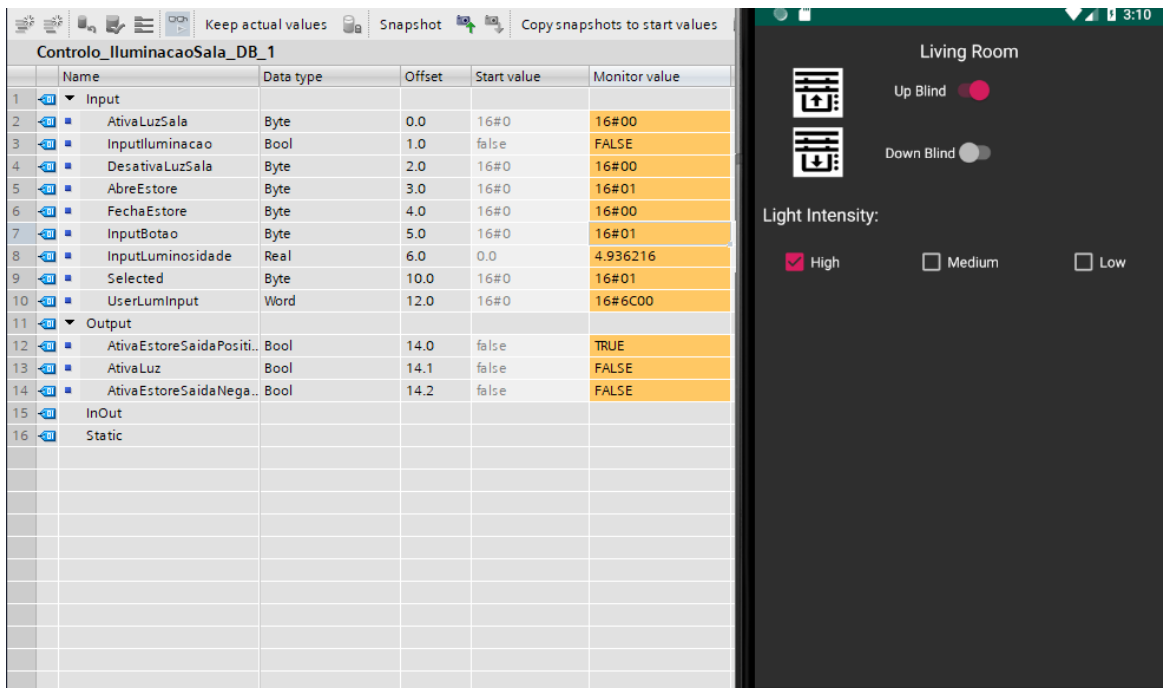


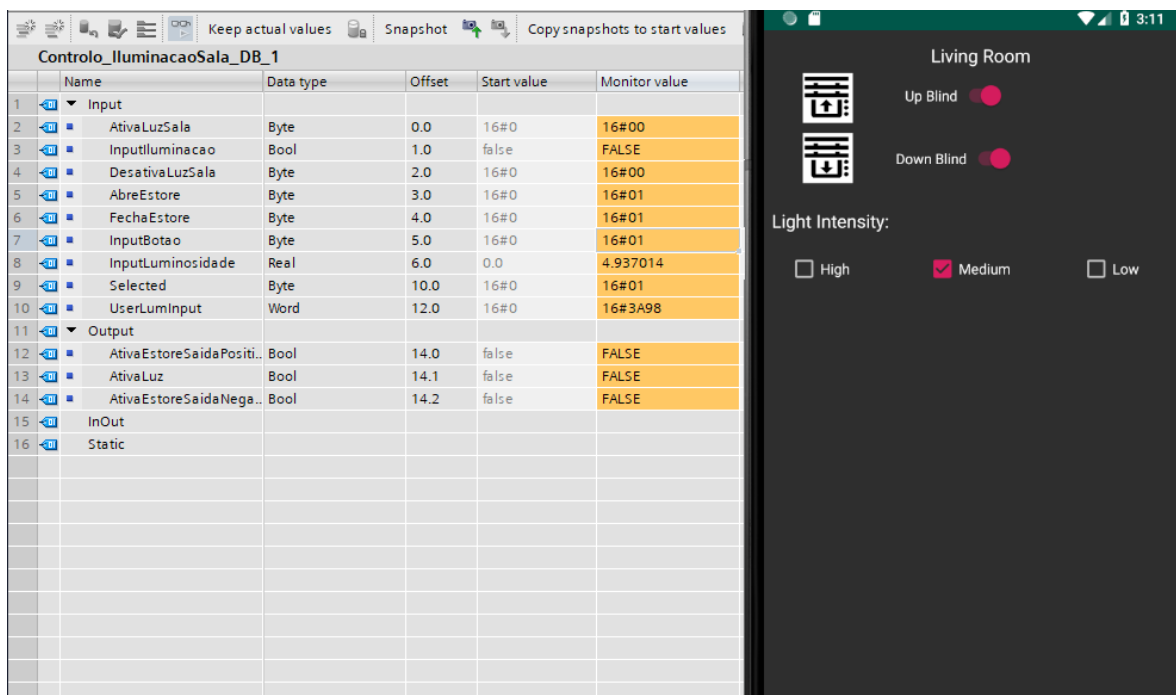
Figura 6.17- Ativação manual da iluminação

As Figuras 6.18 e 6.19 apresentam a ativação e ou desativação dos estores. A subida dos estores faz-se através da opção “Up Blind” e a descida “Down Blind”. O *menu* apresentado tem a opção de regulação manual da intensidade luminosa das lâmpadas da habitação.



**Figura 6.18-** Ativação dos estores e definição da quantidade de luminosidade pretendida para a iluminação da sala.

A Figura 6.19 apresenta o resultado obtido ao se efetuar a pressão da subida e da descida do estore ao mesmo tempo. Nesse caso o motor elétrico é desativado. Esta acção desativa as variáveis na base de dados AtivaEstoreSaídaPositivo/Negativo. Apesar do controlador receber a informação da subida e descida manual do estore o sistema desativa ambas as saídas para efeitos de segurança do motor elétrico do estore.



**Figura 6.19-** Ativação simultânea da opção de subida e descida do estore.

Na Figura 6.20 mostra-se os dados para a predefinição do sistema. Estes parâmetros definem o horário pretendido pelo utilizador para que o sistema de iluminação direcionado para o quarto seja desativo, nomeadamente o horário de descanso do utilizador.

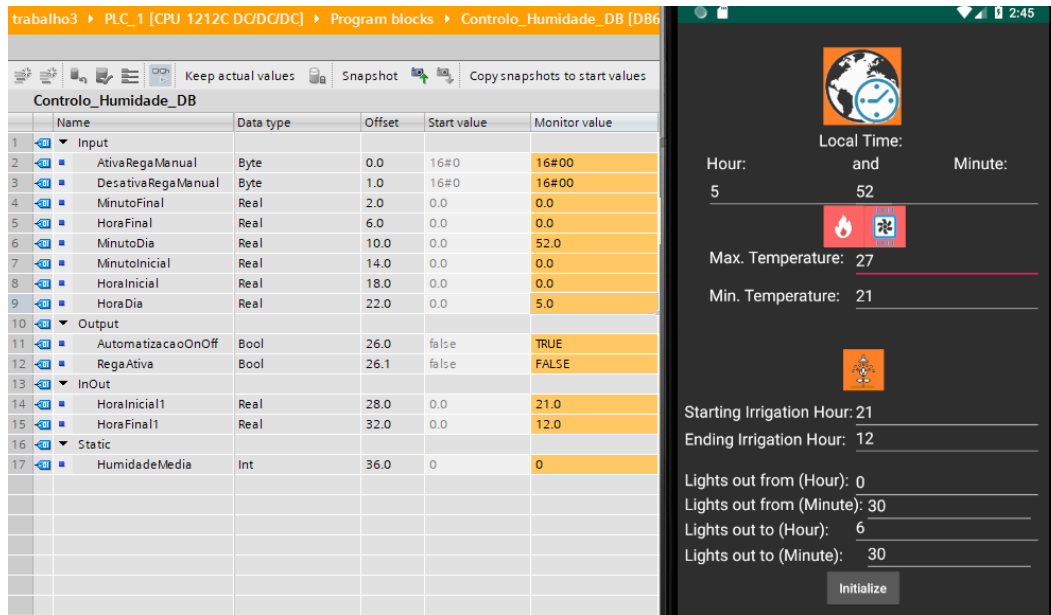


Figura 6.20 - Inserção de predefinições do sistema de iluminação do quarto.

Já na Figura 6.21 apresenta-se um dos *menus* para controlo local. Mostra-se as funcionalidades do quarto, controlo de temperatura, iluminação, estores, intensidade de luminosa e possibilidade de desativação do horário noturno definido pelo utilizador.

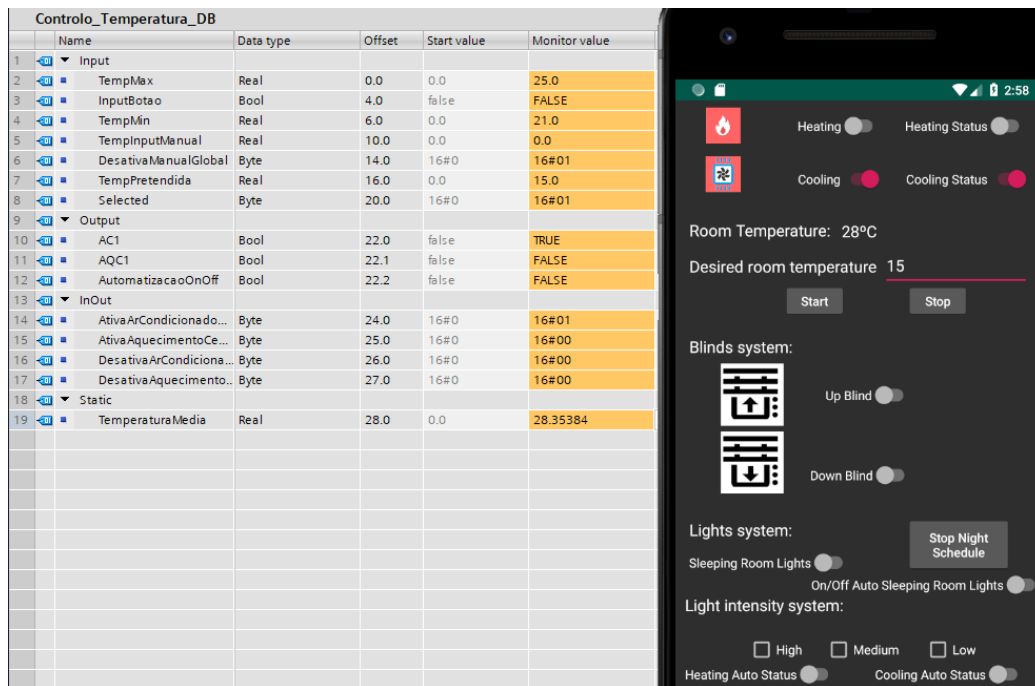


Figura 6.21- Sistema total de iluminação, presença e estores para a iluminação do quarto.

## 6.5. Sistema de portão elétrico

A abertura do portão elétrico da habitação é por ativação manual, através da aplicação *Android*, tal como apresentado na Figura 6.22.

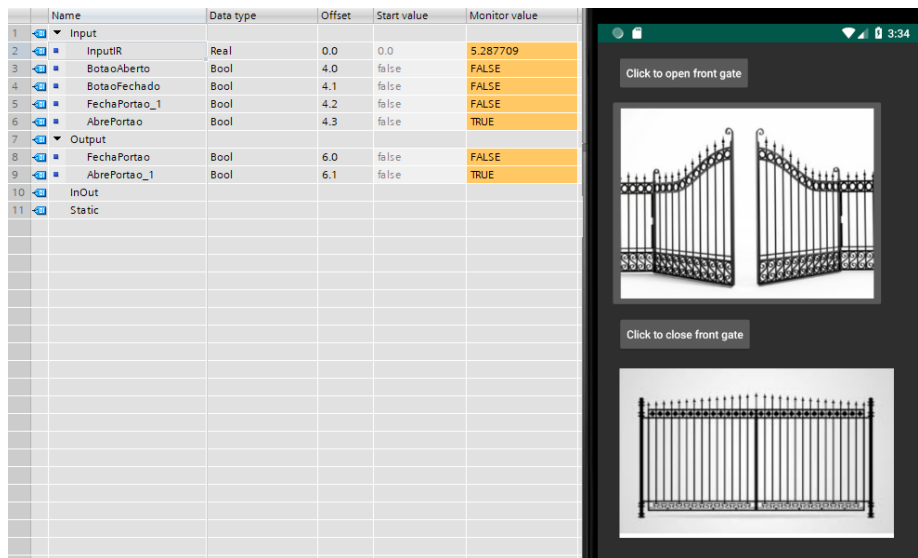


Figura 6.22 – Abertura manual do portão elétrico.

A variável “AbrePortao”, indica que o portão encontra-se a ser aberto e a variável “AbrePortao\_1” ativa o bloco responsável pelo comando PWM do motor, definindo o sentido de rotação para a abertura do portão. Na Figura 6.23 verifica-se a abertura total do portão elétrico ativando a entrada I0.1 associada à variável “BotãoAberto”.

AberturaPortao_DB										
	Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
1	Input									
2	InputR	Real	0.0	0.0	6,431564	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	BotaoAberto	Bool	4.0	false	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	BotaoFechado	Bool	4.1	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	FechaPortao_1	Bool	4.2	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	AbrePortao	Bool	4.3	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Output									
8	FechaPortao	Bool	6.0	false	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	AbrePortao_1	Bool	6.1	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 6.23 – Abertura do portão elétrico.

Esta entrada I0.1 encontra-se associada ao *switch* que indica a abertura do portão concluída. Quando o portão faz a rotação total de abertura este *switch* de pressão é pressionado, obtendo-se assim 24 V à entrada da porta I0. Ativando-se a variável associada a esta entrada “BotaoAberto” a true. O PLC ao receber esta informação inicia o procedimento de fecho do portão. Este procedimento encontra-se explicado nas Figuras 6.24 e 6.25.

<input checked="" type="checkbox"/>	InputR	Real	0.0	0.0	8,149442	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	BotaoAberto	Bool	4.0	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	BotaoFechado	Bool	4.1	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	FechaPortao_1	Bool	4.2	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	AbrePortao	Bool	4.3	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Output									
<input checked="" type="checkbox"/>	FechaPortao	Bool	6.0	false	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	AbrePortao_1	Bool	6.1	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 6.24 – Visualização das variáveis de fecho automático do portão elétrico.

Após a abertura completa do portão o PLC inicia o procedimento de fecho. É iniciado um contador de 60 s sendo este o tempo máximo para a rotina executar o fecho do portão se não existir obstáculos detetados. O bloco de controlo PWM para rotação de fecho do portão

é ativado e é lido o sensor de infravermelhos para detecção de obstáculos. Se existir algum obstáculo durante o fecho do portão esta rotina é reiniciada.

A Figura 6.24 apresenta o caso em que o fecho do portão é iniciado e não são detetados qualquer tipo de obstáculos. Como tal, a variável responsável por ativar o bloco de PWM encontra-se ativa “FechaPortao”. Esta variável é desativada se for detetado um obstáculo ou se o *switch* de pressão, com a indicação de fecho concluído for ativado.

O *switch* de fecho do portão está associado à porta I0.2 do PLC e correspondentemente à variável “BotaoFechado” na base de dados do PLC.

Já na figura 6.25 mostra-se o caso com ativação do sensor de infravermelhos, com a detecção de um obstáculo. Quando o sensor de infravermelhos efetua a detecção de um obstáculo o portão volta a abrir o portão. Depois executa a rotina de fecho do portão.

AberturaPortao_DB										
	Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
1	Input									
2	InputIR	Real	0.0	0.0	0.1424581	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	BotaoAberto	Bool	4.0	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	BotaoFechado	Bool	4.1	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	FechaPortao_1	Bool	4.2	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	AbrePortao	Bool	4.3	false	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Output									
8	FechaPortao	Bool	6.0	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	AbrePortao_1	Bool	6.1	false	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 6.25 – Fecho automático cancelado devido à detecção de obstáculos.

## 6.6. Conclusões

Foram feitos testes ao sistema domótico desenvolvido e à aplicação Android. Os testes foram efetuados de acordo com as funcionalidades de cada um dos controladores, analisando-se a resposta da automação de acordo com diferentes cenários. Para os diferentes testes apresentados e criação dos diferentes cenários utilizou-se a aplicação *Android* desenvolvida, os protótipos apresentados no capítulo 4 e algoritmos de automação apresentados no capítulo 5.

## 7. Conclusões e trabalhos futuros

Neste capítulo apresenta-se as conclusões da concretização deste trabalho e sugere-se trabalhos futuros.

### 7.1. Conclusões gerais

A domótica é o resultado da junção de diversas tecnologias que permitem a gestão de diversos recursos habitacionais, comerciais ou industriais de forma automática. Surgiu com o intuito de simplificar o quotidiano das pessoas, proporcionando um maior nível de conforto, qualidade de vida e segurança. A domótica recorre ao uso de diversos dispositivos para automatização das rotinas e tarefas diárias, sendo possível a sua alteração através do uso de uma ou várias aplicações desenvolvidas para controlo e configuração do sistema desenvolvido. Através desta aplicação é possível fazer o controlo e monitorização do espaço em que o sistema se encontra de forma local ou remota através do uso da Internet.

Um sistema domótico é composto por diversas funcionalidades a nível de segurança, conforto, eficiência energética e comunicação. A segurança é um dos principais benefícios da domótica, seja do ponto de vista familiar ou do ponto de vista financeiro, podendo auxiliar na deteção de intrusos dentro de um determinado espaço. Contribui para um maior conforto na vida dos seus utilizadores através de algumas funcionalidades tais como o controlo automático da luminosidade interior, controlo da temperatura ambiente, entre outros parâmetros. A eficiência energética pode ser melhorada por um sistema domótico através da gestão das diferentes cargas elétricas, controlo da radiação de luminosidade de cada luz ou controlo dos diferentes dispositivos interligados à rede elétrica.

Um sistema domótico fornece inúmeras vantagens a nível de interligação de diferentes tecnologias e das telecomunicações, seja através do fornecimento da informação em tempo real ao seu utilizador, envio de alarmes e notificações ao proprietário e autoridades competentes, etc.

Um sistema domótico é constituído por controladores, atuadores, sensores, interfaces e por dispositivos específicos. Existem três tipos de topologias mais comuns utilizados em sistemas domóticos: a topologia centralizada, topologia descentralizada e a topologia distribuída.

Na topologia centralizada todos os componentes do sistema domótico encontram-se interligados a um sistema de controlo central. Já numa topologia descentralizada os controladores do sistema encontram-se repartidos. A interligação é criada através do uso de um ou mais barramentos de dados permitindo a comunicação entre os diversos equipamentos do sistema. A topologia distribuída é oposta à topologia centralizada. Nesta topologia cada uma das diferentes ações é executada por um controlador diferente.

Existem diferentes técnicas de comunicação para transmissão e receção de dados entre a aplicação e os diferentes controladores. As técnicas mais comuns para ligação em rede dos sistemas domóticos são através de *Bluetooth*, *Reconhecimento de Voz*, *ZigBee*, *GSM* e através da Internet ou *Wi-Fi*. Nas técnicas através de *Bluetooth*, *Reconhecimento de Voz*, *GSM* e de Internet ou *Wi-Fi* é utilizado um telemóvel *smartphone* para controlo do sistema. No entanto, numa ligação criada por *ZigBee* não é necessário a utilização de um telemóvel, sendo necessário, no entanto a utilização de um microfone interligado a um dispositivo central que utilize o protocolo *ZigBee* para posterior envio da informação.

O controlador lógico programável ou PLC é um computador robusto em que é possível efetuar o desenvolvimento da programação apropriada para os efeitos de automação. Estes controladores permitem automatizar inúmeros processos, máquinas ou

mesmo linhas de produção. São controladores bastante flexíveis, como tal, existem diversos tipos de PLCs para execução e desenvolvimento de sistemas de automatização. Existem duas categorias principais de PLCs, os integrados/fixados/compactos e os modulares. Dentro destas duas categorias existem ainda diferentes tipos de controladores programáveis lógicos de acordo com os seus tipos de saída, do tipo relé, transístores ou através do uso de Triacs.

Os sensores são uma parte crucial para a monitorização do sistema e processamento dos dados adquiridos. Os tipos de sensores mais comuns a utilizar são os sensores de temperatura, de humidade, de presença e os sensores de luminosidade. Já ao nível de atuadores podem ser utilizados inúmeros tipos de atuadores sejam estes hidráulicos, pneumáticos, elétricos, eletromagnéticos e mesmo mecânicos.

O sistema domótico desenvolvido é capaz de ser controlado localmente ou remotamente. A aplicação desenvolvida para o telemóvel *smartphone* contém ambas as opções e menus apropriados para os diferentes modos de controlo. O controlo remoto é efetuado através da seleção da funcionalidade pretendida. Ou seja, através deste modo efetua-se o controlo direto das diferentes funcionalidades implementadas. Já no controlo local efetua-se a seleção da secção da habitação pretendida a controlar, sendo apresentado as diferentes funcionalidades presentes em determinada secção pretendida.

A arquitetura do sistema domótico desenvolvido baseou-se numa arquitetura distribuída. Utilizou-se quatro controladores programáveis lógicos da *Siemens S7-1200 1212C DC/DC/DC*. Cada PLC é responsável por uma ou mais funcionalidades do sistema domótico. O S7-1200 é um controlador modular compacto, escalonável e flexível adequado para o desenvolvimento deste projeto. A programação dos PLCs foi feita no *software TIA Portal*. Através deste *software* programou-se os autómatos para a monitorização dos diversos sensores utilizados através das suas portas de entrada.

Através dos dados obtidos e dos algoritmos desenvolvidos estes dados são processados e tomada uma decisão por parte do autómato, atuando num determinado dispositivo de acordo com os dados obtidos através dos sensores e pelo que é pretendido pelo utilizador. As programações dos algoritmos relativamente ao autómato foram desenvolvidas nas linguagens SCL e LAD.

As funcionalidades implementadas para este sistema domótico incluem o controlo e gestão remota e local dos sistemas de temperatura ambiente, iluminação e estores da habitação, sistema de rega e portão de entrada elétrico.

Desenvolveu-se uma aplicação em *Android* para interligação com o sistema domótico desenvolvido através dos autómatos S7-1200. Para tal recorreu-se à utilização da biblioteca Moka7. Esta biblioteca permite o acesso às diversas bases de dados presentes nos autómatos, permitindo a sua leitura e escrita de dados através da aplicação *Android*. Através do uso desta biblioteca e desenvolvimento dos diferentes menus, de acordo com as diversas funcionalidades e diferentes modos de controlo (local ou remoto), desenvolveu-se uma aplicação de controlo para o sistema domótico. Criaram-se *menus* intuitivos de controlo local e remoto das diferentes funcionalidades ao utilizador.

Abordou-se os diferentes algoritmos das funcionalidades implementadas nos diferentes controladores. Na automatização da climatização implementou-se a opção de controlo manual, controlo automático ou uma junção dos dois sistemas. O controlo manual da temperatura tal como o próprio indica apenas é ativado caso o utilizador pretenda efetuar a ativação manual do aquecimento central ou do arrefecimento central. O utilizador pode optar por definir uma temperatura de referência pretendida para o momento. Já o modo automático ajusta a temperatura na habitação automaticamente. A temperatura é definida nas

predefinições do sistema através da utilização da aplicação. Os comandos manuais das funcionalidades se sobrepõem aos sistemas automáticos.

O sistema de rega contém o modo automático e o modo manual de controlo. O modo manual pode ser ativado de duas maneiras distintas. Através da ativação instantânea da rega ou da definição de um determinado horário que apenas prevalece para o dia atual ou para o próximo dia, dependendo do horário inserido. O modo automático verifica a necessidade de rega todos os dias, de acordo com o horário definido pelo utilizador e de acordo com o nível de humidade presente no terreno.

O modo de iluminação do sistema automático é ativado de acordo com a leitura efetuada pelos sensores de presença e de luminosidade de uma secção da habitação. É possível activar a iluminação manualmente e também definir a quantidade de luz pretendida pelo utilizador.

O sistema desenvolvido para o portão elétrico e também para os estores, é de ativação manual. Devido a questões de segurança o sistema do portão elétrico desenvolve a deteção de objetos. A abertura do portão elétrico é efetuada manualmente, no entanto a rotina de fecho é efetuada manualmente ou automaticamente. Quando o fecho é automático, ao longo de todo o procedimento de fecho do portão é ativada e iniciada uma rotina para deteção de objetos. Caso seja detetado algum tipo de objeto perante o sensor é iniciada uma nova rotina de abertura completa do portão. No entanto, em situações de emergência o fecho manual do portão pode ser ativado através da aplicação desenvolvida. Neste caso o fecho do portão é efetutado de imediato e o mais rápido possível. Ou seja, o procedimento de deteção de objetos não é efetutado.

Foram feitos testes ao sistema doméstico desenvolvido e à aplicação *Android*. Os testes foram efetuados de acordo com as funcionalidades de cada um dos controladores. Analisou-se a resposta da automação de acordo com diferentes cenários.

Para os testes apresentados e para criação dos diferentes cenários utilizou-se a aplicação *Android*. Utilizou-se um simulador de *Android* proporcionado através do *software Android Studio*. Testou-se o controlo manual e automático do sistema desenvolvido e das diversas funcionalidades. Posteriormente aos testes efetuados e verificação do correto funcionamento das funcionalidades implementadas efetuou-se novamente os mesmos testes, sendo desta vez utilizado um telemóvel *Android*.

A interligação entre o telemóvel e o sistema doméstico desenvolvido foi efetuada através da utilização de um *router*. Nestes últimos testes efetuados monitorizou-se e verificou-se a correta receção e envio dos diversos dados entre os diferentes controladores, telemóvel e utilização da aplicação *Android*.

Efetuiu-se com sucesso as pré-configurações associadas aos sistemas de climatização, rega e de horário noturno da habitação através da aplicação *Android*. Verificou-se a constante monitorização e controlo da temperatura ambiente da habitação e correspondente resposta do sistema doméstico ao cenário apresentado. Verificando-se o correto funcionamento do sistema desenvolvido para quando a temperatura ambiente encontrava-se superior ou inferior à temperatura pretendida ou aos limites definidos pelo utilizador. Verificou-se também os controlos manuais do sistema de temperatura, tais como a ativação e desativação manual do sistema de aquecimento e arrefecimento da habitação

No sistema de rega verificou-se o controlo do nível de humidade do terreno, os controlos manuais sobre a ativação da rega da habitação e também do modo automático do sistema de rega. Verificando-se o correto funcionamento do sistema para quando o modo

automático se encontrava ativo e dentro de um horário definido para rega do terreno, se o terreno não estivesse húmido o suficiente.

Efetuuou-se a ativação e desativação completa e parcial de todas a iluminação da habitação, verificando-se o controlo total sobre a iluminação da habitação. Novamente verificou-se a leitura dos sensores de presença e de luminosidade para correta ativação da iluminação através do modo automático e ajuste de luminosidade da lâmpada ativada de acordo com a luminosidade da secção da habitação. Relativamente aos estores efetuou-se a ativação manual da abertura e fecho dos estores.

Relativamente ao portão elétrico confirmou-se a sua rotina de abertura e de fecho. Inicialmente ativou-se a abertura do portão, confirmando-se após o começo da sua rotina de fecho a ativação do sensor de IR e sua leitura. Verificando-se posteriormente os dois cenários possíveis, o caso de existir algum tipo de obstáculo em que o portão volta à sua rotina de abertura de portão e posteriormente dá início à rotina de fecho e no cenário em que não existe qualquer tipo de obstáculo. Em ambos os cenários obteve-se a resposta pretendida por parte do autómato.

## **7.2. Trabalhos futuros**

Como evolução deste trabalho sugere-se implementações a nível de controlo do carregamento dos carros elétricos, controlo e manipulação da eficiência energética da habitação consoante os seus recursos habitacionais. De notar que seria de interesse a criação de um sistema de adaptação constante e automática de acordo com o seu utilizador através do uso de *software* de inteligência artificial para análise e processamento das diversas rotinas dos seus utilizadores consoante os diversos fatores externos desde o clima, iluminação, humidade entre outros, conjugando-se ainda o controlo dos recursos através do uso do controlo de voz e de gestos.

## Referências

- [1] R. BUNEMER, "Domótica Assistiva Utilizando Sistemas," [Online]. Available: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265887/1/Bunemer\\_Ricardo\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265887/1/Bunemer_Ricardo_M.pdf).
- [2] S. Hernaski, "Introdução TCC," [Online]. Available: <http://www.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/145.pdf>. [Accessed 03 01 2020].
- [3] L. P. d. Araújo, "Domótico Automação da casa," [Online]. Available: <http://slideplayer.com.br/slide/281409/>. [Accessed 03 01 2020].
- [4] P. Rea, "Domótica en la vivienda," [Online]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos93/domotica-vivienda/domotica-vivienda.shtml>. [Accessed 03 01 2020].
- [5] "Sistemas domóticos ¿Qué son y qué tipos existen?," Mi Casa Inteligente, [Online]. Available: <https://micasainteligente.site/domotica/sistemas-domoticos>. [Accessed 03 01 2020].
- [6] "Home automation system design: the basics," Embedded, 06 2014. [Online]. Available: <https://www.embedded.com/home-automation-system-design-the-basics/>. [Accessed 03 01 2020].
- [7] M. Jerabandi, "A Review on Home Automation System," in *Research Scholar, School of C & IT*, Bengaluru, Karnataka, India , 2017.
- [8] A. R. Muhammad Asadullah, "An Overview of Home Automation Systems," 2016.
- [9] S. S. S. C. R. T. and A. B. , "Design of an Intelligent Voice Controlled Home Automation System," *International Journal of Computer Applications* , 07 2015.
- [10] H. A. G. S. G. and S. M. , "Voice Recognition Based," *2011 4th International Conference on Mechatronics (ICOM)*, pp. 1-6, 2011.
- [11] SIEMENS, "SIMATIC S7-1200 Programmable controller System Manual," 04 2012. [Online]. Available: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att\\_106119/v1/s71200\\_system\\_manual\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf). [Accessed 16 02 2020].
- [12] "BASICPLC," [Online]. Available: <https://basicplc.com/different-types-of-plc/>. [Accessed 16 01 2020].
- [13] "What is a PLC System – Different Types of PLCs with Applications," Eletronics Projects Focus, [Online]. Available: <https://www.elprocus.com/programmable-logic-controllers-and-types-of-plcs/>. [Accessed 17 01 2020].
- [14] "PLC Output Types," instrumentationtools, [Online]. Available: <https://instrumentationtools.com/plc-output-types/>. [Accessed 17 01 2020].
- [15] H. Khemani, "Temperature Sensors - Types, Working & Operation," Eletronics Projects Focus, [Online]. Available: <https://www.elprocus.com/temperature-sensors-types-working-operation/>. [Accessed 05 01 2020].

- [16] "What is a Thermocouple & How Does it Work? Principle of Working of Thermocouple," Bright Hub Engineering, [Online]. Available: <https://www.brighthubengineering.com/manufacturing-technology/53682-what-is-a-thermocouple-how-thermocouple-works/>. [Accessed 05 01 2020].
- [17] H. Khemani, "What are Thermistors? How Thermistors Work?," Bright Hub Engineering, [Online]. Available: <https://www.brighthubengineering.com/hvac/53511-how-a-thermistor-works/>. [Accessed 06 01 2020].
- [18] "Termistor NTC 10K ohm Faixa de -55 a 125°C," FILIPEFLOP, [Online]. Available: <https://www.filipeflop.com/produto/termistor-ntc-10k-ohm/>. [Accessed 01 07 2020].
- [19] J. Ardizzoni, "ESD Diode Doubles as Temperature Sensor," AnalogDialogue, [Online]. Available: <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/esd-diode-doubles-as-temperature-sensor.html>. [Accessed 07 01 2020].
- [20] "The Working Principle and Applications of Infrared Thermometers," AZoSensors, [Online]. Available: <https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=356>. [Accessed 07 01 2020].
- [21] "Infrared Thermometer - MLX90614," Sparkfun, [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/9570>. [Accessed 07 01 2020].
- [22] L. Buchen, "3 TYPES OF SOIL MOISTURE SENSORS - WHICH IS BEST FOR YOU?," TRELLIS, 11 12 2017. [Online]. Available: <https://mytrellis.com/blog/smstypes>. [Accessed 07 01 2020].
- [23] "What are Motion Sensors And How Do They Work," Eletronics Projects Focus, [Online]. Available: <https://www.elprocus.com/working-of-different-types-of-motion-sensors/>. [Accessed 08 01 2020].
- [24] "Sensor de infravermelhos passivo (PIR)," Network of Excellence Robotic & Mechatronics Homelab Community, [Online]. Available: [http://home.roboticlab.eu/pt/examples/sensor/ir\\_passive](http://home.roboticlab.eu/pt/examples/sensor/ir_passive). [Accessed 08 01 2020].
- [25] "O que é um sensor ultrassônico," mecânica industrial, [Online]. Available: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/598-o-que-e-um-sensor-ultrassonico/>. [Accessed 01 08 2020].
- [26] VISHAY, [Online]. Available: [https://www.tme.eu/pt/details/bpw21r/fotodiodos/vishay/?brutto=1&currency=EUR&gclid=CjwKCAiA6vXwBRBKEiwAYE7iS7U8Mo4admOrUCfkSRAaDTMvAEBen7d4QVxSoVuLezFpltwa9BhCaxoCF\\_8QAvD\\_BwE](https://www.tme.eu/pt/details/bpw21r/fotodiodos/vishay/?brutto=1&currency=EUR&gclid=CjwKCAiA6vXwBRBKEiwAYE7iS7U8Mo4admOrUCfkSRAaDTMvAEBen7d4QVxSoVuLezFpltwa9BhCaxoCF_8QAvD_BwE). [Accessed 15 01 2020].
- [27] "PTROBOTICS ESPECIALISTAS EM COMPONENTES ELECTRÓNICOS," [Online]. Available: [https://www.ptrobotics.com/opticos/593-ldr-light-controlled-resistor.html?gclid=CjwKCAiA6vXwBRBKEiwAYE7iSzPet\\_dm6klLUQjvZ4vNRYkTigLyBVQtFzlti7YL1P\\_gA147xCs-xoCvVwQAvD\\_BwE](https://www.ptrobotics.com/opticos/593-ldr-light-controlled-resistor.html?gclid=CjwKCAiA6vXwBRBKEiwAYE7iSzPet_dm6klLUQjvZ4vNRYkTigLyBVQtFzlti7YL1P_gA147xCs-xoCvVwQAvD_BwE). [Accessed 15 01 2020].
- [28] R. Khalaf, A. Mohammed and E. Essa, "Controlling Smart Home Activities Using IoT," *IEEE*, 03 05 2019.
- [29] "BASICPLC," BASICPLC, 13 November 2019. [Online]. Available: <https://basicplc.com/plc-actuators-and-output-devices/>.

- [30] "Guide to Actuator - types," Automation Forum, November 2018. [Online]. Available: <https://automationforum.in/t/guide-to-actuator-types/5130>.
- [31] "SIEMENS 6ES7214-1AG40-0XB0," TME, [Online]. Available: [https://www.tme.eu/pt/details/6es7214-1ag40-0xb0/controladores-plc/siemens/?brutto=1&currency=EUR&gclid=Cj0KCCQiAkKnyBRDwARIsALtXe7jvcXgAlmhBsjuUY5KQMAUsBZ-1Ga-BX0UI1UdeSSEvsEzxEeXps38aAqWaEALw\\_wcB](https://www.tme.eu/pt/details/6es7214-1ag40-0xb0/controladores-plc/siemens/?brutto=1&currency=EUR&gclid=Cj0KCCQiAkKnyBRDwARIsALtXe7jvcXgAlmhBsjuUY5KQMAUsBZ-1Ga-BX0UI1UdeSSEvsEzxEeXps38aAqWaEALw_wcB). [Accessed 2020 02 18].
- [32] "ALLDATASHEET," [Online]. Available: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1188696/TGS/LM35.html>. [Accessed 25 01 2020].
- [33] XP Power, "1W IA Series," [Online]. Available: [https://pt.mouser.com/datasheet/2/942/SF\\_IA-1508596.pdf](https://pt.mouser.com/datasheet/2/942/SF_IA-1508596.pdf). [Accessed 25 01 2020].
- [34] "Módulo termoelétrico Peltier 20x20x3.5mm 3.75V 4A 7W - TEC1-03104," Mauser, [Online]. Available: [https://mauser.pt/catalog/product\\_info.php?cPath=324\\_838&products\\_id=096-7356](https://mauser.pt/catalog/product_info.php?cPath=324_838&products_id=096-7356).
- [35] G. Yadav, A. Gupta, S. Kumar and H. P. Singh, "Peltier Module for Refrigeration and Heating using embedded system". *International Conference on Recent Developments in Control, Automation and Power Engineering (RDCAPE) 2015*.
- [36] NEC/TOKIN, "AUTOMOTIVE RELAYS," [Online]. Available: [https://br.mouser.com/datasheet/2/212/relay\\_ep2\\_ep1\\_e-820457.pdf](https://br.mouser.com/datasheet/2/212/relay_ep2_ep1_e-820457.pdf). [Accessed 25 01 2020].
- [37] Mauser, "Módulo Grove - Sensor de humidade - Sseed," [Online]. Available: [https://mauser.pt/catalog/product\\_info.php?products\\_id=096-6621](https://mauser.pt/catalog/product_info.php?products_id=096-6621). [Accessed 25 01 2020].
- [38] Mauser, "Módulo Grove - Sensor de movimento PIR - Sseed," [Online]. Available: [https://mauser.pt/catalog/product\\_info.php?cPath=324\\_2683\\_2675&products\\_id=096-6609](https://mauser.pt/catalog/product_info.php?cPath=324_2683_2675&products_id=096-6609). [Accessed 26 01 2020].
- [39] "Door Interlock Switch," [Online]. Available: <https://www.datasheetarchive.com/pdf/download.php?id=7cbb583ab921d627a740c1aa80479463e4732a&type=P&term=omron%25205E4%2520T85>. [Accessed 01 27 2020].
- [40] Mouser, "Parallax CA, CC e servomotores Planilha de dados," [Online]. Available: [https://pt.mouser.com/Parallax/Electromechanical/Motors-Drives/AC-DC-Servo-Motors/Datasheets/\\_/N-uwj6?P=1z13qcq](https://pt.mouser.com/Parallax/Electromechanical/Motors-Drives/AC-DC-Servo-Motors/Datasheets/_/N-uwj6?P=1z13qcq). [Accessed 27 01 2020].
- [41] PARALLAX, "Parallax Continuous Rotation Servo (#900-00008)," [Online]. Available: <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/900-00008-Continuous-Rotation-Servo-Documentation-v2.2.pdf>.
- [42] B. Turner, "Best home automation systems of 2019," TechRadar, 13 Maio 2019. [Online]. Available: <https://www.techradar.com/best/best-home-automation-systems>. [Accessed 4 Agosto 2019].

## Anexo A - Circuito completo utilizado para o PLC1.

Para o controlo, monitorização e simulação do sistema de rega da habitação utilizou-se o seguinte esquema apresentado na figura A.2.

O PLC1 como referido ao longo deste projeto é responsável pelas funcionalidades de monitorização e controlo da temperatura ambiente da habitação e do sistema de rega da mesma, como tal, neste anexo apresenta-se o esquemático total do circuito elaborado para este PLC, figura A.3.

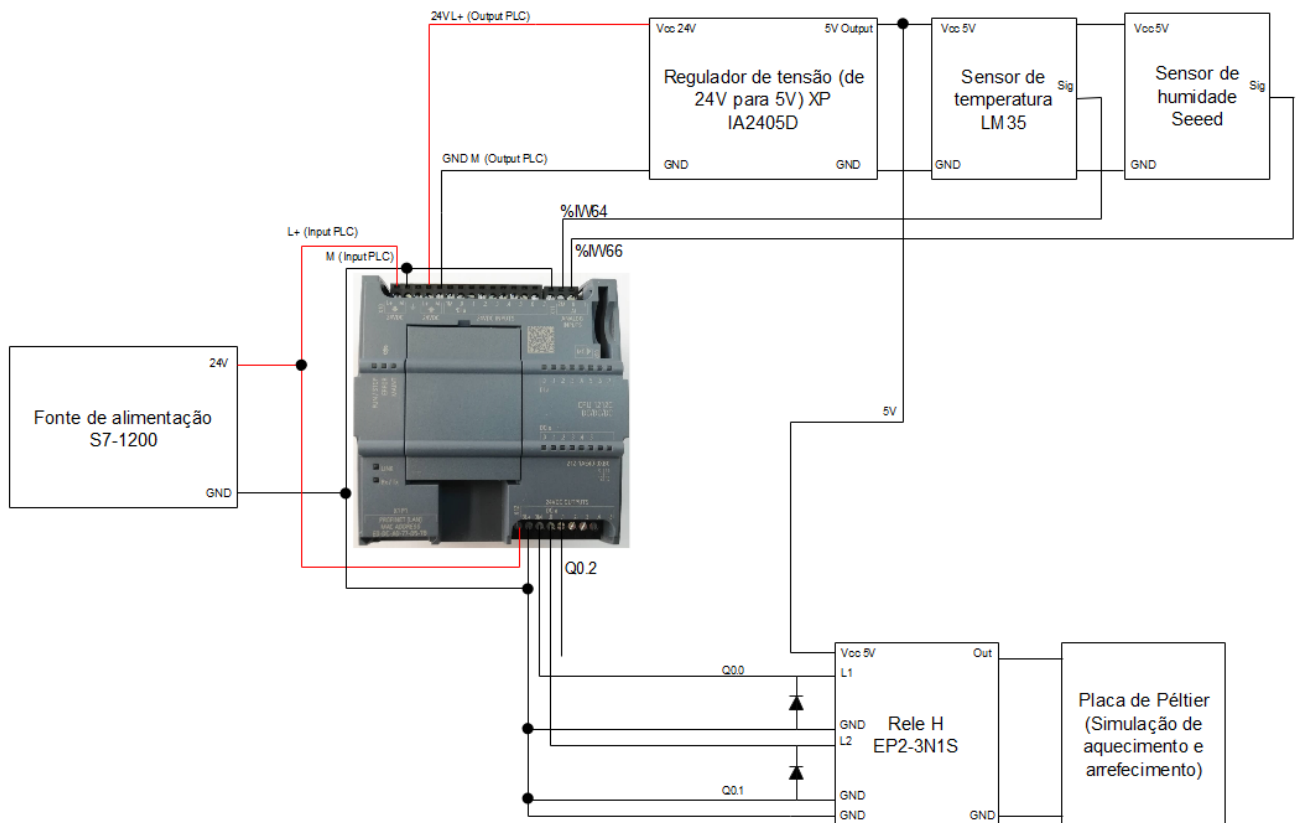


Figura A.1 - Circuito utilizado e elaborado para o PLC1.

## Anexo B - Fluxograma desenvolvido para o programa efetuado para o sistema de iluminação da sala.

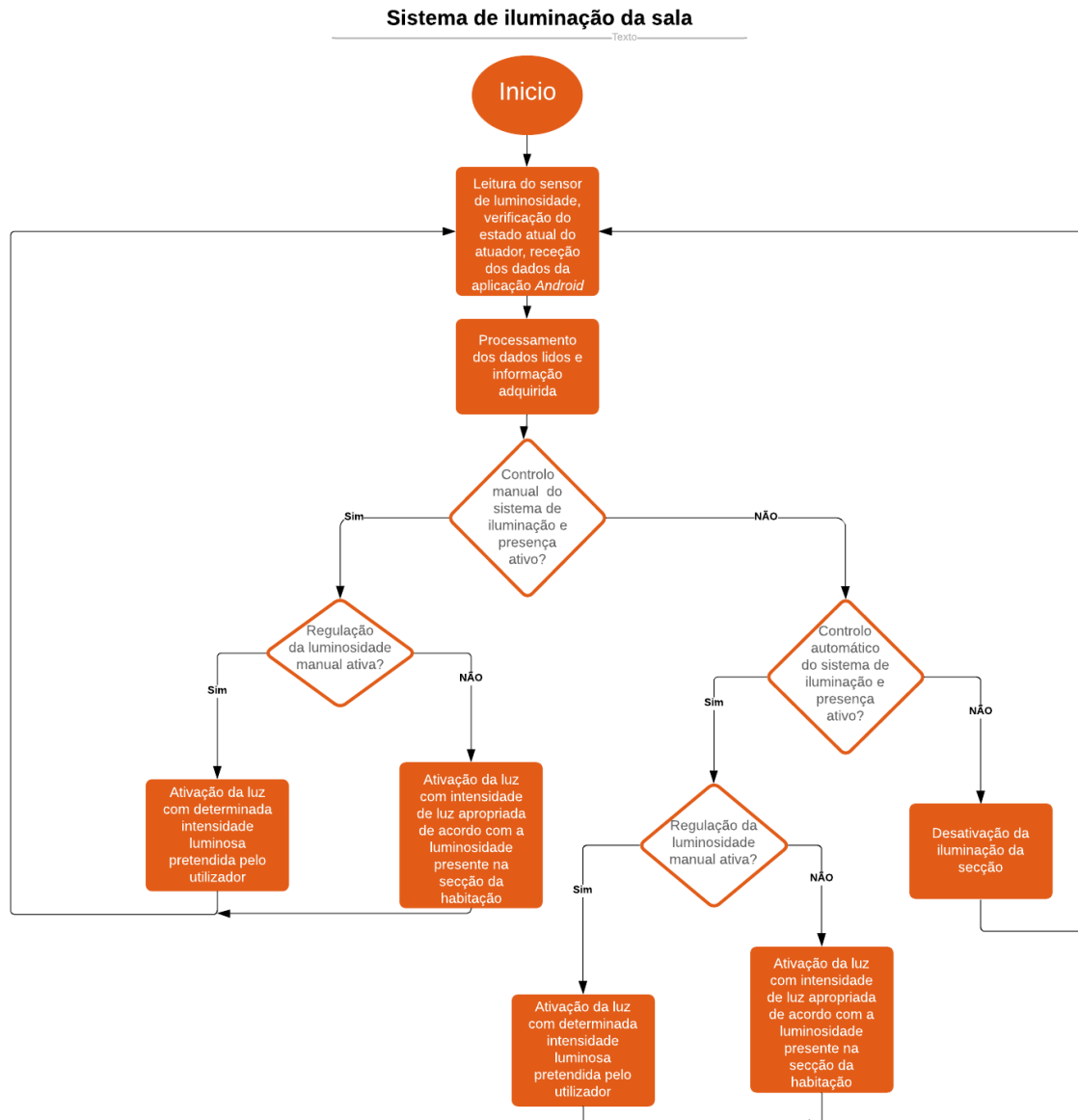


Figura B.1 – Fluxograma desenvolvido para o sistema de iluminação da sala.

## Anexo C - Tabelas de dados PLCs

Neste anexo C apresentam-se sobre o formato de tabelas as diferentes bases de dados e principais entradas e saídas de cada um dos PLCs.

As variáveis de horário são obtidas através de uma base de dados criada em separado das funcionalidades com *update* automático do horário.

**Tabela C.1 – Bases de dados e variáveis de entrada e saída do PLC1.**

PLC1 (192.168.0.1) – Funcionalidades de climatização e rega			
Bases de dados (DBs)			
Controlo da temperatura [DB2]		Controlo de humidade [DB6]	
Entradas	Saídas	Entradas	Saídas
Leitura do sensor LM35 (AI0.0)	Ativação do ar condicionado (Q0.0)	Leitura do sensor Seeed (AI0.1)	Ativação da rega (Q0.3)
Temperatura mínima da habitação (DB2.DBD6)	Ativação do aquecimento central (Q0.1)	Ativação manual da rega (DB6.DBB0)	
Temperatura máxima da habitação (DB2.DBD0)		Desativação manual da rega (DB6.DBB1)	
Temperatura instantânea pretendida (DB2.DBD10)		Hora e minuto final da rega (DB6.DBD6 e DB6.DBD2)	
Seleção do modo automático ou manual (DB2.DBB20)		Hora e minuto inicial da rega (DB6.DBD18 e DB6.DBD14)	
Ativação manual do ar condicionado (DB2.DBB24)		Horário atual (Hora e minutos) (DB7.DBB5 e DB7.DBB6)	
Ativação manual do aquecimento central (DB2.DBB25)		Horário de rega extra (DB6.DBD28 e DB6.DBD32)	
Desativação manual do ar condicionado (DB2.DBB26)			
Desativação manual do aquecimento central (DB2.DBB27)			

**Tabela C.2 – Bases de dados e variáveis de entrada e saída do PLC2.**

PLC2 (192.168.0.2) – Funcionalidades de iluminação e estores da sala e cozinha	
Bases de dados (DBs)	
Controlo de iluminação sala [DB4]	
Entradas	Saídas
Leitura do sensor de luminosidade LDR (AI0.0)	Ativação da abertura do estore (Q0.1)
Leitura do sensor de presença da sala PIR (DI0.0)	Ativação do fecho do estore (Q0.2)
Leitura do sensor de presença PIR (DI0.1)	Ativação da luz da sala (Q0.0)
Ativação manual da luz da sala (DB4.DBB0)	
Desativação manual da luz da sala (DB4.DBB2)	
Ativação manual da abertura do estore (DB4.DBB3)	
Ativação manual do fecho do estore (DB4.DBB4)	
Input de intensidade luminosa pretendida pelo utilizador (DB4.DBW12)	
Seleção do controlo manual ou automático da iluminação da sala e da cozinha (DB4.DBB10)	

**Tabela C.3 – Bases de dados e variáveis de entrada e saída do PLC3.**

PLC3 (192.168.0.3) – Funcionalidades de portão elétrico e controlo da iluminação exterior			
Bases de dados (DBs)			
Controlo do portão elétrico [DB2]		Controlo da iluminação exterior [DB11]	
Entradas	Saídas	Entradas	Saídas
Leitura do sensor de IR (AI0.0)	Ativação da abertura do portão elétrico (Q0.0)	Leitura do sensor de luminosidade (AI0.1)	Ativação da luz (Q0.0)
Ativação manual da abertura do portão (DB3.DBX4.3)	Ativação do fecho do portão elétrico (Q0.1)	Leitura do sensor de presença PIR (DI0.0)	
Ativação manual do fecho do portão (DB3.DBX4.3)		Ativação manual da luz exterior (DB11.DBB0)	
		Desativação manual da luz exterior (DB11.DBB2)	

**Tabela C.4 – Bases de dados e variáveis de entrada e saída do PLC4.**

PLC4 (192.168.0.4) – Funcionalidades de iluminação e estores do quarto	
Bases de dados (DBs)	
Controlo de iluminação quarto [DB2]	
Entradas	Saídas
Leitura do sensor de luminosidade LDR (AI0.0)	Ativação da abertura do estore (Q0.1)
Leitura do sensor de presença PIR (DI0.0)	Ativação do fecho do estore (Q0.2)
Ativação manual da luz da sala (DB2.DBB0)	Ativação da luz (Q0.0)
Desativação manual da luz da sala (DB2.DBB2)	
Ativação manual da abertura do estore (DB2.DBB3)	
Ativação manual do fecho do estore (DB2.DBB4)	
Input de intensidade luminosa pretendida pelo utilizador (DB2.DBW12)	
Seleção do controlo manual ou automático da iluminação da sala e da cozinha (DB2.DBB10)	
Seleção do horário noturno ativo (DB2.DBX14.0)	
Horário atual (Hora e minutos) (DB7.DBB5 e DB7.DBB6)	
Hora e minuto para ativar o horário noturno (DB2.DBD24 e DB2.DBD28)	
Hora e minuto para desativar o horário noturno (DB2.DBD32 e DB2.DBD36)	