



# Soluções Para Gestão de Sistema de Aquecimento em Instalação de Domótica KNX - Edifícios Inteligentes

**Juscayeve Rodrigues Sacramento Bido - a37386**

Relatório Final do Trabalho de Projeto apresentado à  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança  
Para obtenção do grau de Mestre em  
**Engenharia Industrial - Ramo Engenharia Eletrotécnica.**

Trabalho realizado sob a orientação de  
**Prof. Doutor José Augusto Almeida Pinheiro de Carvalho**

Bragança  
2020/2021





# Soluções Para Gestão de Sistema de Aquecimento em Instalação de Domótica KNX - Edifícios Inteligentes

**Juscayeve Rodrigues Sacramento Bido - a37386**

Relatório Final do Trabalho de Projeto apresentado à  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança  
Para obtenção do grau de Mestre em  
**Engenharia Industrial - Ramo Engenharia Eletrotécnica.**

Trabalho realizado sob a orientação de  
**Prof. Doutor José Augusto Almeida Pinheiro de Carvalho**

Bragança  
2020/2021



“Nenhum obstáculo  
é tão grande  
se a tua vontade  
de vencer for maior ”  
*(Autor Desconhecido).*



# Agradecimentos

Todo o meu percurso académico e em particular o desenvolvimento deste trabalho teve o contributo de várias pessoas. Nesse sentido, gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos a todos os que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a elaboração deste projeto.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a todos os professores que fizeram parte da minha caminhada durante este percurso, em especial a meu orientador José Augusto Carvalho pela oportunidade de realizar este projeto, pela total disponibilidade, orientação e sabedoria que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Sem a sua ajuda o resultado não seria seguramente o mesmo. Quero agradecer a Dilce Eliana Correia Tavares pela ajuda nos momentos seguramente mais difíceis da minha vida até ao momento, enquanto era a minha namorada, só ela sabe o que passei para estar aqui. Agradecer também a Margarida Henriques e o Luís Agostinho por estarem presentes na minha vida nos bons e maus momentos.

De seguida, quero agradecer aos meus pais (Alberto Dos Ramos Sacramento Bido e Victoria Rodrigues Andrade), pela constante motivação e apoio não só durante a realização deste projeto, mas ao longo de todo o curso e pela educação e valores que me transmitiram o que me permitiu chegar até aqui. Por fim, um agradecimento a todos os meus colegas de curso e amigos, pelo companheirismo e por todos os bons momentos, não vou mencionar um ou dois nomes isto porque foram muitos.

A todos, um sincero muito obrigado.



# Resumo

Nos últimos anos a tecnologia domótica teve uma evolução muito significativo. Toda essa evolução em termos funcionais só foi possível suportada nos desenvolvimentos da tecnologia em domínios como a eletrónica, telecomunicações e informática.

Portanto, o objetivo deste projeto é fazer controlo do sistema de aquecimento na residência pousadinha do Instituto Politécnico de Bragança (IPB) de forma eficiente, de modo a garantir poupança energética, o conforto térmico por parte das pessoas e facilidade de utilização, aplicando a tecnologia domótica EIB/KNX no edifício.

Nesse contexto, almeja-se controlar a temperatura nos quartos de forma individual, em função da ocupação dos quartos e da temperatura ambiente de modo a garantir o conforto no interior dos mesmos. Pretende-se desenvolver um sistema de controlo que faça a supervisão, em que as pessoas podem configurar o sistema de aquecimento fazendo arranque e paragem remotamente com base em tecnologia domótica, em que se tem um controlador local Programmable logic controller (PLC) que comunique com uma rede KNX que contém um conjunto de elementos de controladores na rede.

Também pretende-se criar um sistema de reserva em que tem uma base de dados com ocupação e os dias em que os quartos vão estar ocupados na base de dados, as reservas são feitas com base numa aplicação que é distribuída pelo telemóvel ou pelo um browser em que as pessoas de serviços e pessoas que quiserem fazer reserva podem acessar.

**Palavras-chave: Domótica, KNX/EIB, Edifício inteligente, TCP/IP, Modbus.**



# Abstract

Home automation technology in recent years has seen a very significant evolution. All this evolution in functional terms was only possible supported by technological developments in domains such as electronics, telecommunications and informatics.

Therefore, the objective of this project is to efficiently control the heating system in the IPB (Polytechnic Institute of Bragança) residence, in order to ensure energy savings, thermal comfort for people and ease of use, applying technology EIB/KNX home automation in the building.

In this context, the aim is to control the temperature in the rooms individually, depending on the occupancy of the rooms and the ambient temperature in order to ensure comfort inside them. The aim is to develop a control system for supervision, in which people can configure the heating system by starting and stopping remotely based on home automation technology, in which there is a local controller (PLC - Programmable logic controller) that communicates with a KNX network that contains a set of controller elements in the network.

It is also intended to create a reservation system in which it has a database with occupancy and the days the rooms will be occupied in the database, reservations are made based on an application that is distributed by the mobile phone or by a browser in which service persons and persons wishing to make a reservation may cease to.

**Keywords:** Home Automation, KNX/EIB, Smart building, TCP/IP, Modbus.



# Índice

<b>Agradecimentos</b>	<b>vii</b>
<b>Resumo</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract</b>	<b>xi</b>
<b>Acrónimos</b>	<b>xix</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação . . . . .	2
1.2 Estrutura da Tese . . . . .	3
<b>2 Revisão Bibliográfica</b>	<b>5</b>
2.1 Tecnologia domótica existente no mercado . . . . .	5
2.1.1 Tecnologia X10 . . . . .	6
2.1.2 Tecnologia LonWorks . . . . .	6
2.1.3 Tecnologia CEBus . . . . .	7
2.1.4 Tecnologia EIB/KNX . . . . .	8
2.2 Análises comparativas de tecnologias domóticas . . . . .	15
2.3 Eficiência energética em edifícios com KNX . . . . .	16
2.4 Eficiência energética em edifícios com IOT . . . . .	22
2.5 Definição do problema . . . . .	26

<b>3</b>	<b>Solução Proposta</b>	<b>27</b>
3.1	Arquitetura da Solução Proposta . . . . .	27
3.1.1	Registo de pedidos de estadia . . . . .	28
3.1.2	Comunicação com base de dados . . . . .	28
3.1.3	Base de dados . . . . .	30
3.1.4	Controlador . . . . .	31
3.1.5	Temperatura exterior . . . . .	31
3.1.6	Acesso do controlador à base de dados de registo de estadia . . . . .	31
3.1.7	<i>Machine Learning</i> . . . . .	31
3.1.8	Temperatura dos quartos e sistema de aquecimento . . . . .	32
3.1.9	Comunicação entre o controlador e o sistema de aquecimento domótica	33
<b>4</b>	<b>Implementação Prática</b>	<b>37</b>
4.1	Aplicação móvel - registo de pedido de estadia . . . . .	37
4.2	Base de Dados . . . . .	42
4.3	Controlador KNX- IP . . . . .	46
4.4	Controlo de Temperatura . . . . .	48
4.4.1	Critério de tempo de início de arranque . . . . .	50
4.4.2	Critério de tempo de paragem . . . . .	51
4.4.3	Ligar e desligar o sistema de aquecimento . . . . .	52
4.5	Interface gráfica . . . . .	54
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>59</b>

# Lista de Tabelas

2.1	Camadas Modelos OSI. . . . .	12
2.2	Comparação das principais tecnologias de domótica. [6]. . . . .	15
3.1	CasaCaseiro quarto 1 – Criação da tabela. . . . .	30
3.2	CasaCaseiro quarto 1 – Inserção de dados na tabela. . . . .	30
3.3	Aprendizagem - <i>Machine Learning</i> . . . . .	32
3.4	Mensagem Modbus - Perfil conforto. . . . .	33
3.5	Mensagem Modbus - Modo funcionamento (SetPoint). . . . .	33
3.6	Mensagem Modbus - Perfil <i>frost</i> . . . . .	34
4.1	Limite de caracteres na caixa do texto de cadastro. . . . .	39
4.2	ID e a sua função. . . . .	44
4.3	Estrutura de uma mensagem Modbus TCP/IP. . . . .	47
4.4	Definição dos Campos Modbus. . . . .	47
4.5	Mapa de variáveis Modbus KNX. . . . .	48
4.6	A função “04 (0x4) <i>Read Input Register</i> ”[11]. . . . .	49



# Lista de Figuras

2.1	Exemplo de uma rede EIB/KNX [4]. . . . .	9
2.2	Estrutura topológica de uma rede KNX [5]. . . . .	10
2.3	Cabo J-Y e condutores do mesmo [5]. . . . .	11
2.4	Exemplo de uma linha KNX (DVC=Device) [5]. . . . .	12
2.5	Modelo de sistema KNX [7]. . . . .	14
2.6	Controlo de iluminação residencial [8]. . . . .	17
2.7	Controlo de temperatura numa residência de estudante [8]. . . . .	18
2.8	Controlo inteligente com KNX [8]. . . . .	19
2.9	Instalação elétrica tradicional [8]. . . . .	19
2.10	Salas de seminários, ZIMT, primeiro andar [9]. . . . .	20
2.11	Comparação de consumo energético de um sistema tradicional com um sistema KNX [9]. . . . .	21
2.12	DSS Lab, rés do chão [10]. . . . .	22
2.13	Dados de consumo de energia (2014 e 2015) —1º ano de operação [10]. . . . .	24
2.14	Dados de consumo de energia (2014 e 2016) - 2º ano de operação [10]. . . . .	24
3.1	Diagrama funcional da solução proposta. . . . .	27
3.2	Comunicação TCP/IP – Pedido de Reserva. . . . .	29
3.3	Comunicação TCP/IP - Consultar Reserva. . . . .	29
3.4	Comunicação TCP/IP - Apagar Reserva. . . . .	30
3.5	Perfil de conforto. . . . .	34
3.6	Modo funcionamento - <i>SetPoint</i> . . . . .	34

3.7	Perfil <i>Frost</i> . . . . .	35
4.1	Fluxo de comunicação. . . . .	37
4.2	Aplicação servidor – LabVIEW. . . . .	38
4.3	Aplicação cliente–Kodular. . . . .	38
4.4	Condições criadas para definir número máximo de caracteres na caixa de texto. . . . .	39
4.5	Criação de caixa de texto da mensagem. . . . .	40
4.6	Formatação do campo comprimento de mensagem para três dígitos. . . . .	40
4.7	Aplicação móvel desenvolvida no Kodular. . . . .	41
4.8	: Criação de Banco de dados e a tabela. . . . .	42
4.9	Inserção de dados. . . . .	43
4.10	: <i>Frontal panel</i> - Inserção de dados na base de dados. . . . .	43
4.11	Servidor para receção de pedidos da aplicação registo de pedidos de estadia. . . . .	44
4.12	Inserção de dados na tabela no banco de dados. . . . .	45
4.13	Comando de pesquisa na base de dados. . . . .	45
4.14	Busca de registos de um cliente – <i>Query</i> . . . . .	45
4.15	Base de dados. . . . .	46
4.16	Exemplo de uma comunicação de um cliente, em LabVIEW, usando Modbus. . . . .	48
4.17	Condição para arranque do aquecimento. . . . .	51
4.18	Tempo de paragem do sistema de aquecimento. . . . .	52
4.19	Modo funcionamento SetPoint. . . . .	52
4.20	Código para obter a temperatura de quarto. . . . .	53
4.21	Temperatura lida. . . . .	54
4.22	Interface Gráfica. . . . .	55

# Acrónimos

**AVAC** Aquecimento, Ventilação, Ar condicionado.

**BUS** Barramento.

**EIB** European Installation Bus.

**ETS** Engineering Tool Software.

**IoT** Internet Of Things.

**IP** Internet Protocol.

**IPB** Instituto Politécnico de Bragança.

**LabVIEW** Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench.

**LON** Local Operating Network.

**OSI** Open Systems Interconnection.

**PLC** Programmable logic controller.

**TCP** Transmission Control Protocol.

**ZIMT** Information and Media Technology.



# Capítulo 1

## Introdução

A domótica é uma tecnologia que tem vindo a crescer ano após ano, ela é responsável pela gestão de todos os recursos habitacionais. O termo resulta da junção da palavra “*Domus*”, que significa casa, com a palavra “Telemática”, que significa (eletrónica + informática). A domótica foi criada com objetivo de simplificar a vida diária das pessoas satisfazendo as suas necessidades melhorando o conforto humano, comunicação, segurança na habitação e eficiência energética. Domótica pode ser definida como a utilização de um conjunto de tecnologias e sistemas, que deverão funcionar de uma forma integrada, permitindo o controlo e gestão automática dos diferentes recursos habitacionais, é uma área que está a suscitar cada vez mais o interesse de clientes particulares, crescendo exponencialmente a sua procura por oferecer soluções que proporcionam maior conforto, e mesmo, a redução no gasto de energia elétrica [3], [12].

Portanto, para alcançar os benefícios da domótica é necessário um conjunto de dispositivos, que são distribuídos num edifício em função das necessidades dos seus proprietários. Estes dispositivos devem estar ligados entre si e podem ser sensores, atuadores, controladores ou interfaces, podendo-se a isto chamar de rede de domótica.

A evolução da domótica em termos funcionais só foi possível suportada nos desenvolvimentos da tecnologia em domínios como a eletrónica, telecomunicações e informática.

Neste contexto, surgiram um conjunto de redes de domótica que visavam disponibilizar estas funções. Redes que se desenvolveram com características proprietárias e assim se

mantiveram, e outras que se tornaram normas.

## 1.1 Motivação

A principal motivação para a realização desta tese resulta da importância crescente que as designadas “casas inteligentes” têm vindo a ganhar numa sociedade moderna. A domótica oferece um elevado conjunto de benefícios aos seus utilizadores, como o conforto proveniente da automação de determinadas tarefas e atividades, bem como pelo aumento da segurança dos edifícios através de sistemas de vigilância, bastante utilizados atualmente, até a uma melhor gestão e consequente poupança energética.

Neste contexto, o objetivo deste projeto é fazer controlo do sistema de aquecimento na residência pousada do IPB (Instituto Politécnico de Bragança) de forma eficiente, de modo a garantir poupança energética, o conforto térmico por parte das pessoas e facilidade na utilização da interface gráfica, aplicando a tecnologia domótica EIB/KNX no edifício. Pretende-se controlar a temperatura nos quartos de forma individual, em função da ocupação dos mesmos e da temperatura ambiente de modo a garantir o conforto no seu interior.

Dado que quando os quartos na residência estão agendados, o sistema de aquecimento é ligado manualmente, ligando o sistema dias antes, desta forma gasta-se muita energia. Aquecer os compartimentos da residência onde vão ser ocupados em cima de hora leva muito tempo para o espaço aquecer uma vez que os espaços estão muito tempo desocupados. Portanto, o objetivo deste projeto é corrigir estes problemas.

## 1.2 Estrutura da Tese

Esta dissertação está dividida da seguinte forma:

- **Capítulo 2** descreve revisão bibliográfica da domótica. Será realizado um levantamento bibliográfico sobre as várias tecnologias de domótica existentes no mercado e também exposto e definição do problema em estudo ao longo desta tese;
- **Capítulo 3** será apresentado solução do problema em estudo, e também será descrito o estudo das tecnologias adotadas para suportar este trabalho;
- **Capítulo 4** será apresentado implementação prática e resultados obtidos ao longo da realização deste projeto;
- **Capítulo 5**, por fim, são apresentadas as principais conclusões desta tese;



# Capítulo 2

## Revisão Bibliográfica

Os protocolos de domótica definem meios de comunicação e linguagem que permitem o contacto das múltiplas tecnologias da habitação entre si. Para responder às necessidades do mercado foram desenvolvidos diversos protocolos que são a base das tecnologias de domótica. Neste capítulo são apresentados e analisados alguns dos mais preponderantes protocolos e tecnologias existentes no mercado de domótica. Também vai ser explicado, com algum pormenor, o funcionamento dos sistemas KNX, visto que foi a tecnologia escolhida para a realização desta tese.

### 2.1 Tecnologia domótica existente no mercado

A evolução das tecnologias e a procura de mais funcionalidades integradas na domótica são constantes. Por esta razão, é seguro afirmar que a domótica se encontra em franco e inevitável crescimento nos mercados mundiais. Hoje, todo o processo de monitorização e controlo aposta no conforto e na acessibilidade, o que pode ser feito através não só de computadores, mas também através de tablets ou *smartphones*.

Por vezes esta tecnologia apresenta-se dispendiosa no investimento inicial. Contudo, num mundo que caminha proactivamente no sentido da eficiência energética e da proteção do ambiente, também as tecnologias e as grandes empresas na área da domótica apostaram em baixos consumos energéticos, permitindo a recuperação rápida do investimento feito

em edifícios ao longo do tempo.

Alguns sistemas de domótica que dominam o mercado são o X10 (tecnologia adaptado a situações localizadas em instalações já existentes), LONWorks (tecnologia em uso na América do Norte), CEBus e o EIB/KNX (sistema Europeu, com grandes perspectivas de expansão), sendo este último o escolhido para a realização desta tese, uma vez que é a tecnologia mais madura, normalizada internacionalmente e com uma grande implantação no mercado.

### 2.1.1 Tecnologia X10

A tecnologia X10 foi desenvolvida nos anos 70, sendo o seu protocolo normalizado em 1997. O X10 utiliza uma arquitetura descentralizada, não necessitando de nenhum elemento central para o seu funcionamento [2].

As grandes vantagens do X10 são o seu reduzido custo (principalmente para edifícios já construídos), tratar-se de um protocolo normalizado, com grande facilidade no uso e variedade de equipamentos.

O X10 usa a rede de distribuição de energia elétrica como meio de comunicação entre dispositivos, sendo esta a sua maior vantagem, pois dispensa o uso de cabos adicionais. Uma desvantagem prende-se pelo facto de a comunicação ser relativamente lenta, não permitindo ativação simultânea de diversos dispositivos e tendo também um número limitado de funções [2].

### 2.1.2 Tecnologia LonWorks

A tecnologia LonWorks foi desenvolvida por uma companhia norte-americana, a *Echelon Corp*, essa tecnologia é representada, basicamente, por um circuito integrado VLSI chamado *Neuron*, fabricado por algumas das grandes empresas mundiais de componentes eletrónicos, que é um microcontrolador que pode ser programado em linguagem C orientada a eventos e objetos, inclui memória RAM e ROM [1].

LonWorks é uma tecnologia que inclui a infraestrutura de hardware e software para a

operação de uma rede de controle denominada Local Operating Network (LON). Trata-se de uma tecnologia aberta de controle distribuído, projetado para implementar a interoperabilidade de redes de controle. O protocolo utilizado é denominado *LonTalk* (padrão ANSI – *American National Standards Institute* – 709.1) que implementa as sete camadas do modelo de referência da ISO (*International Organization for Standardization*) e foi projetado para aplicações que envolvem funções de sensoriamento, controle, monitoração e identificação [1].

Permite seis meios físicos de transmissão de sinais: cabos elétricos, par trançado, cabo coaxial, infravermelho, radiofrequência e fibra ótica. A parte principal de uma rede de controle LonWorks é um circuito integrado de nome *Neuron Chip*, o qual atua como um nó da rede, incluindo o hardware de comunicação e o protocolo *LonTalk*. O controle da rede é distribuído nos dispositivos (nós). Cada nó tem seu próprio programa aplicativo, de acordo com a sua função e se comunica com os outros nós através do protocolo *LonTalk* [1].

### 2.1.3 Tecnologia CEBus

No que diz respeito a *CEBus*, este é um protocolo muito poderoso e complexo que foi criado em 1984 e normalizado em 1995. Este protocolo utiliza as camadas física, ligação de dados, rede e aplicação do modelo Open Systems Interconnection (OSI). Apresenta ainda algumas semelhanças com outras tecnologias nomeadamente o European Installation Bus (EIB)/KNX [2].

Apesar de suportar vários meios de comunicação, como rede elétrica, cabo coaxial, infravermelhos, fibra *óptica*, cabo de cobre de par trançado e radiofrequência, a tecnologia *CEBus* apresenta custos elevados e possui uma cota de mercado bastante baixa, devendo-se isso, em parte, à concorrência com o X10, que possui preços bastante mais acessíveis e tem uma divulgação maior.

A seguir serão introduzidos conceitos teóricas sobre a tecnologia EIB/KNX selecionado para a realização desta tese.

### 2.1.4 Tecnologia EIB/KNX

O KONNEX, conhecido pela sigla KNX, foi criado em 14 de abril de 1999 com o objetivo de obter um único standard europeu para a automação das casas e edifícios. Utiliza uma arquitetura descentralizada, não necessitando de nenhum elemento central para o seu funcionamento.

O KNX é um protocolo de domótico normalizado, que pode ser utilizado em instalações novas ou em já existentes, e que suporta os seguintes meios de transmissão [3]:

- Par entrançado, radiofrequência, rede elétrica, Internet Protocol (IP)/Ethernet, etc.
- Infravermelhos, até uma distância máxima de aproximadamente 12 metros.

Diversos tipos de aplicações podem ser desenvolvidos com o protocolo KNX:

- **Controlo de iluminação** (por exemplo, central de iluminação controlada na casa e jardim e seleção de diferentes cenários de iluminação).
- **Controlo de aquecimento, ventilação e ar condicionado** (por exemplo, controlo automático e otimizado do aquecimento de acordo com a utilização e hábitos dos utilizadores, abertura e fecho das janelas de acordo com os requisitos pré-definidos e sistema de ventilação reage na presença de pessoas nos quartos).
- **Controlo de áudio / vídeo** (por exemplo, controlo remoto de música desde qualquer divisão da casa e controlo remoto para qualquer divisão individual).
- **Operação e visualização** (por exemplo, apresentação e operação de todos os sistemas da casa através de um *display* montado numa parede, e visualização fácil e integrada de sistemas áudio e câmaras de vigilância).
- **Segurança e proteção** (por exemplo, deteção de janelas e portas abertas, arrombamento, fugas de gás, incêndios, etc., câmara de vigilância da entrada, dissuasão de potenciais arrombamentos alterando todo o sistema de iluminação na casa (modo de pânico), e simulação de uma casa ocupada através de controlo de iluminação baseado em temporizações).

### Exemplo de uma rede EIB/KNX

A figura 2.1 a seguir apresenta um exemplo de uma arquitetura comum de uma rede EIB na qual se interligam vários equipamentos responsáveis pelo controlo de iluminação simples e iluminação de regulação. Todos estes equipamentos partilham entre si uma ligação à linha de Barramento (BUS) KNX e a uma linha de alimentação ligada aos equipamentos a controlar (luminárias, estores, entre outros).

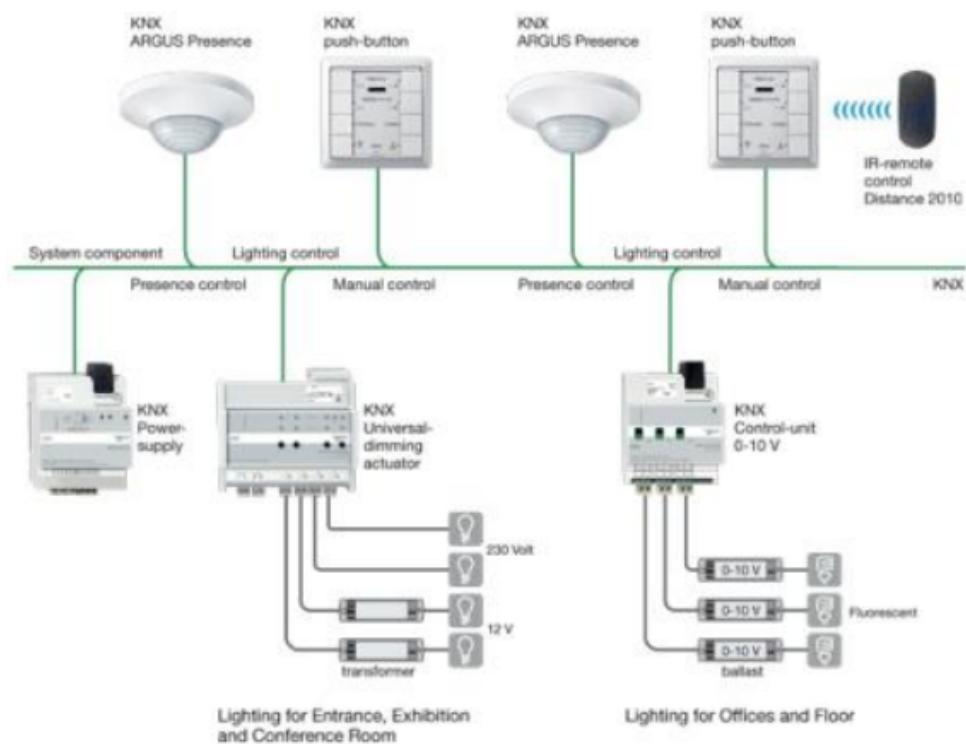


Figura 2.1: Exemplo de uma rede EIB/KNX [4].

A figura 2.2 a seguir ilustra a estrutura topológica de uma rede KNX, em que cada linha poderá interligar até 64 equipamento, cada linha deverá ter uma fonte de alimentação. Um conjunto de 15 linhas é chamado de área. Podem existir, no limite, até 15 áreas, todas estas áreas têm de estar ligadas a uma linha de base de transmissão de informação entre diferentes equipamentos de diferentes linhas e áreas da rede KNX.

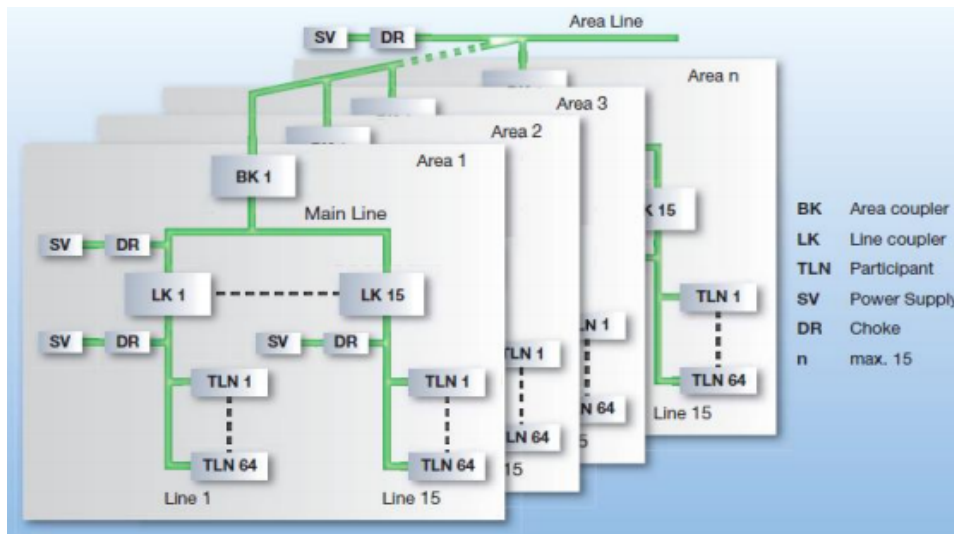


Figura 2.2: Estrutura topológica de uma rede KNX [5].

## Meio Físico

### Sem fios:

As tecnologias sem fios permitem com facilidade instalar comandos e atuadores pela moradia, minimizando a intervenção na instalação elétrica. Por vezes são necessárias pequenas alterações de modo a garantir a alimentação dos aparelhos de comando, como no caso em que um comando necessite alimentação 230V, mas apenas está disponível o fio de fase na caixa de aparelhagem, neste caso é necessário passar um novo fio para o neutro.

O meio físico de comunicação radiofrequência ou infravermelhos, não é necessário cabo para transmissão de informação, visto que é uma comunicação sem fios. Para garantir o seu bom funcionamento é necessário respeitar as distâncias dos dispositivos e garantir que no seu meio não existe obstáculos que possam limitar a comunicação pretendida.

**Cabo de bus:**

Através de uma cablagem dedicada é possível interligar os diversos sensores e atuadores. Esta solução tem a vantagem de ser dedicada e imune a interferências, isto quando o cabo de bus dispõe de malha de proteção. Normalmente esta é a solução adequada quando a construção da moradia é feita de raiz, podendo ser também aplicada nas remodelações, mas com uma dificuldade acrescida, devido ao facto de obrigar a passar nova cablagem.

Tipicamente, o tipo de cabo utilizado em instalações é do tipo J-Y (St) Y 2x2x0.8 VDE 0815 que está preparado para ambientes secos e húmidos [5]. Este cabo é composto por vários elementos como se pode observar na figura 2.3, embora sejam apenas necessários os fios correspondentes ao polo positivo e ao polo negativo do BUS KNX/EIB, de cores vermelha e preta, respetivamente, bem como os dois condutores de alimentação com as cores amarela e branca [5].

A rede EIB/KNX necessita de pelo menos um par de cabos para operar. Um dos cabos é usado para transmissão de informação, sendo o segundo necessário para fornecer energia complementar aos dispositivos.

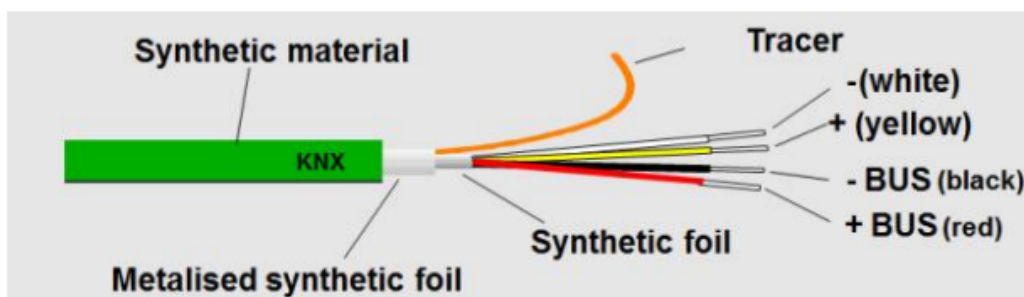


Figura 2.3: Cabo J-Y e condutores do mesmo [5].

Para gerar o BUS de 30 V cada linha KNX necessita de uma fonte de alimentação que permite a comunicação entre equipamentos e a alimentação dos mesmos. A figura 2.4 demonstra o exemplo uma ligação entre uma fonte KNX a dois equipamentos [5]. A fonte KNX é alimentada por 230V/50 Hz e fornece uma tensão contínua de 30V/640 mA, através dos cabos de BUS, a dois dispositivos que precisam de, pelo menos, 21 V de tensão contínua.

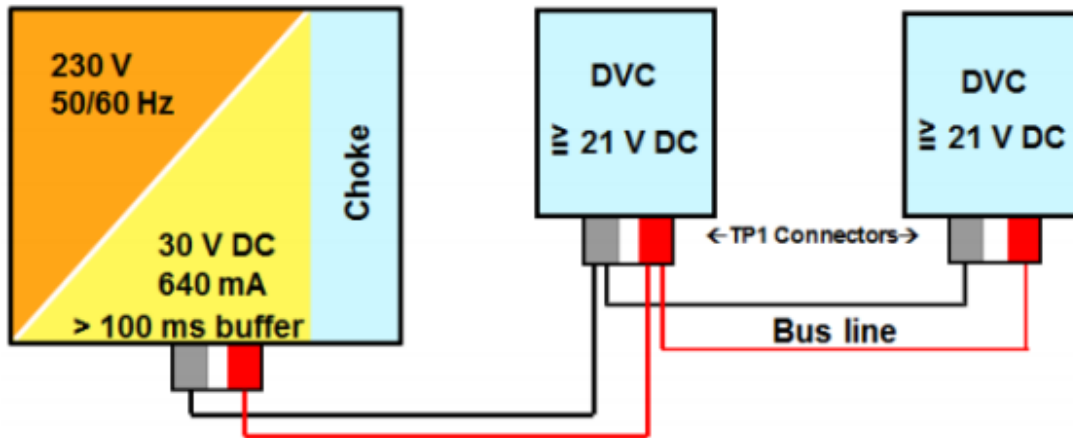


Figura 2.4: Exemplo de uma linha KNX (DVC=Device) [5].

## Comunicação

O sistema de comunicação do KNX/EIB é constituído por uma pilha protocolar estruturada num conjunto de camadas semelhante ao modelo de 7 camadas OSI.

No caso do protocolo KNX/EIB, apenas são implementadas cinco camadas: física, ligação de dados, rede, transporte e por último, a de aplicação.

Tabela 2.1: Camadas Modelos OSI.

Modelos OSI	EIB/KNX
7. Aplicação	Aplicação
6. Apresentação	
5. Sessão	
4. Transporte	Transporte
3. Rede	Rede
2. Ligação de Dados	Ligação de Dados
1.Física	Física

A camada física, é independente das camadas superiores porque o KNX/EIB tem um mecanismo que o permitiu ser independente do meio físico. Esse mecanismo será explicado

posteriormente. As restantes camadas serão explicadas neste subcapítulo.

A camada de ligação de dados, efetua a interface entre o nível físico e a camada de rede, ou seja, garante transmissão e receção de dados e controlo de fluxo entre dispositivos EIB/KNX. Esta camada costuma vir associada ao meio físico e é aqui que é feito o mecanismo que permite que todas as camadas superiores a esta, sejam independentes do meio físico. Esta camada, deteta erros de transmissão e efetua repetições de tramas.

A camada de rede, efetua a interligação entre a camada de ligação de dados e a camada de transporte. E é responsável pelo endereçamento dos tramas, determinando qual o percurso que eles devem tomar.

A camada de transporte realiza a interface entre a camada de rede e a camada superior de aplicação. Implementa os vários modos de comunicação: o modo *multicast*, *broadcast*, um-para-um sem conexão e um-para-todos orientada à conexão. Cada modo de comunicação especifica um ponto de acesso que contém vários serviços.

Esta camada corresponde à última camada do modelo OSI. Na camada de aplicação permite efetuar uma grande variedade de serviços de configuração e controlo de equipamentos EIB/KNX, consoante os quatro modos de comunicação da camada de transporte: o modo *multicast*, *broadcast*, um-para-um sem conexão e um-para-todos orientada à conexão.

### Modos de Configuração

Atualmente, o KNX contempla três modos de funcionamento que são, *S-mode*, *E-mode* e *A-mode*. Para efetuar a configuração em cada um desses modos é necessário recorrer-se ao uso do software Engineering Tool Software (ETS) criado pela KONNEX para configurar os dispositivos EIB/KNX.

***S-mode (System mode)***: este modo representa a mais avançada configuração num sistema KNX. Para se realizar a implementação, planeamento e configuração da instalação é necessário recorrer-se ao uso do software ETS (concebido para este propósito), por exemplo através de um computador, juntamente com as bases de dados dos produtos a instalar, fornecidas pelos fabricantes. Este software, também é utilizado para ligar os

produtos e para os configurar, definindo os parâmetros desejados.

Devido a alguma complexidade da configuração em questão, o manuseamento deste modo, pode necessitar de pessoal qualificado para o efeito. Esta forma de configuração proporciona um alto grau de flexibilidade, sofisticação, funcionalidades e integração, sendo assim vantajoso maioritariamente em instalações de grandes dimensões e complexidade.

***E-mode (Easy mode)***: na configuração do modo simples os dispositivos são programados em fábrica para realizar uma função concreta. Mesmo assim devem ser configurados alguns detalhes no local da instalação mediante o uso de um controlador (como uma porta residencial ou uma set-top-box) ou mediante micro-interruptores alojados nos dispositivos (semelhante ao X-10 ou outros dispositivos proprietários que há no mercado).

***A-mode (Automatic mode)***: é destinado a instalações muito simples, podendo estas ser efetuadas por um utilizador inexperiente em sistemas EIB/KNX. Os dispositivos incluem mecanismos que, autonomamente, permitem localizar outros dispositivos. Têm também a capacidade de adquirir os seus próprios endereços físicos.

A figura 2.5 a seguir ilustra o sistema de base do KNX/EIB.

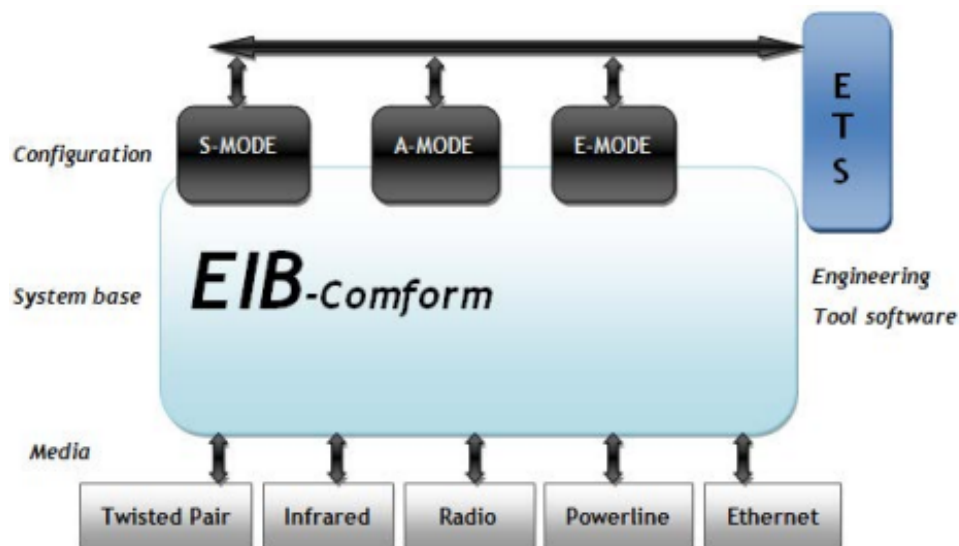


Figura 2.5: Modelo de sistema KNX [7].

## 2.2 Análises comparativas de tecnologias domóticas

Depois da realização de uma análise superficial e transversal das tecnologias mais relevantes existente no mercado, na área da automação de edifícios, podem ser tiradas algumas conclusões. Com base na tabela 2.2 a seguir, é possível apresentar, de forma resumida, um comparativo entre diferentes tecnologias, segundo diversos aspetos:

Tabela 2.2: Comparação das principais tecnologias de domótica. [6].

Características	X10	CEBUS	LonWorks	EIB/KNX
Ritmo de transmissão (bps)	~50	~10000	78125	9600
Duração típica de uma trama (ms)	940	~25	~4	20 a 40
Número máximo de dispositivos	256 ( $2^8$ )	~4G ( $2^{32}$ )	~256T ( $2^{48}$ )	~64K ( $2^{16}$ )
Custo	Baixo/Médio	Elevado	Elevado	Elevado
Dificuldade de instalação	Baixa	Médio	Alta	Alta
Funcionalidade	Baixa	Alta	Alta	Alta

A tecnologia X10 é aquela que é mais divulgada por ser mais barata e requer facilidade de instalação, visto que meio de comunicação entre os vários dispositivos podem ser feitas aproveitando cabos de distribuição de energia elétrica.

A desvantagem de X10 em relação a outras tecnologias referidas na tabela, prende-se com o facto de a comunicação ser relativamente lenta, não permitindo ativação simultânea de diversos dispositivos e tendo também um número limitado de funções.

Quanto a EIB/KNX, é um standard europeu normalizado com maior impacto na Europa, no que toca à capacidade de endereçamento é claramente superior ao X10, mas inferior ao *CEBus* e ao *LonWorks*. Portanto, com exceção do X10 é possível realizar sistemas de grande dimensão, não devendo ser limitados a este nível [6].

A tecnologia EIB/KNX pode funcionar em sintonia com outras tecnologias, apresenta um custo tal como (*CEBus* e *LonWorks*) elevado, requer dificuldade na sua instalação, porém trata-se do standard europeu normalizado, bastante completa e poderosa, suportado por um elevado número de fabricantes e é muito utilizado. Ao nível de robustez

EIB/KNX está ao nível de *CEBus* e *LonWorks* [6].

## 2.3 Eficiência energética em edifícios com KNX

A mudança climática e a crescente escassez de recursos são desafios importantes na nossa atualidade. Além disso, muitos países do mundo dependem da importação de energia. O uso eficiente e sustentável da energia é por isso uma necessidade urgente. Depois das áreas do transporte e produção de energia, a tecnologia da edificação é o maior consumidor. O aquecimento, o ar condicionado e a iluminação de edifícios residenciais e de escritórios constituem aproximadamente 40 % da energia consumida nos países industrializados [8]. Com uma boa utilização do controlo de edifícios inteligentes contribui para a otimização da eficiência energética.

A engenharia de sistemas de edificação apoiada por reguladores inteligentes de recintos e edifícios ligados em rede (iluminação, atenuação solar, aquecimento, ventilação e ar condicionado, assim como outros sistemas técnicos do edifício) contribui significativamente para o uso moderado da energia segundo a necessidade do momento. A norma internacional de tecnologia KNX permite poupanças energéticas superiores a 10 %, além de proporcionar maior flexibilidade no projeto e implementação, de um elevado nível de proteção do investimento e um alto grau de disponibilidade [8].

O sistema de controlo de edifícios inteligentes tem uma grande vantagem relativamente a instalação tradicional, visto que com uma boa utilização de controlo é possível fazer poupança energética do sistema de Aquecimento, Ventilação, Ar condicionado (AVAC), podendo fazer o *dimming* da iluminação em função da luz natural e vice-versa.

Foi realizado um estudo pela ABB no Instituto de Sistemas de Construção e Energia da Universidade de Biberach Sciences com objetivo de controlar a iluminação no mesmo. O controlo é realizado em função de ausência e presença da luz natural no espaço em estudo. Para realização do controlo é utilizado a tecnologia domótica KNX combinado com sensor de infravermelhos passivos (PIR), sensor Lux e sensor de temperatura, o detetor controla tanto a iluminação como o sistema AVAC.

O controlo de iluminação está representado no gráfico de barras (indicado na caixa vermelha abaixo). Estudos mostraram uma poupança de até 58 % pode ser alcançado através do controlo de iluminação.

Dois clientes proprietários das suas residências forneceu a ABB contas de electricidades, um dos proprietários tinha o sistema de controle de iluminação aplicado na sua residência e o outro proprietário tinha controlo tradicional. O proprietário que tem sistema de controle de iluminação apresentava um tarifário de energia mais elevados/kWh de (0,1436) em comparação com o proprietário que não tem iluminação de controlo (0,1377). Tomando apenas o uso durante a noite, pois é quando a maioria das luzes estará em uso. Os números indicam uma poupança de 25 % - 27 % [8].

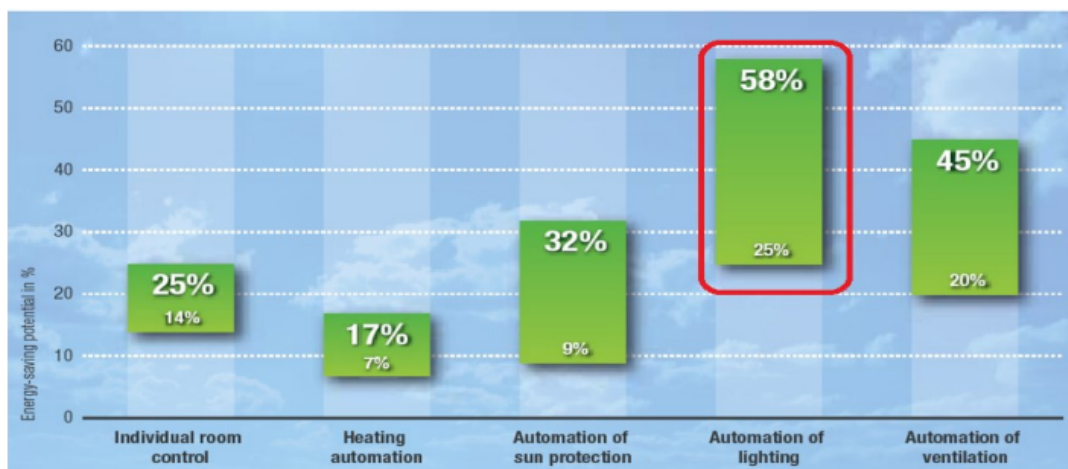


Figura 2.6: Controlo de iluminação residencial [8].

Como um valor conservador, assumiu-se que o custo da iluminação é de 2.000 € por apartamento, um gasto médio de 26.000 € por ano em electricidade na residência com controlo e 38.000 € sem controlo. Logo pode-se dizer que o investimento inicial do sistema com controlo é amortizado num período de 8-10 anos [8].

Na figura 2.7 a seguir retrata outro estudo realizado pela ABB na residência de estudantes, o controlo é realizado em função de quatro parâmetros:

- Quando o estudante está no quarto (a temperatura estipulada pelo utilizador é de 21°C);

- Quando os estudantes estão na palestra (a temperatura é de 19 °C);
- Quando estão a dormir (17 °C);
- E quando estão em áreas comuns (19°C);

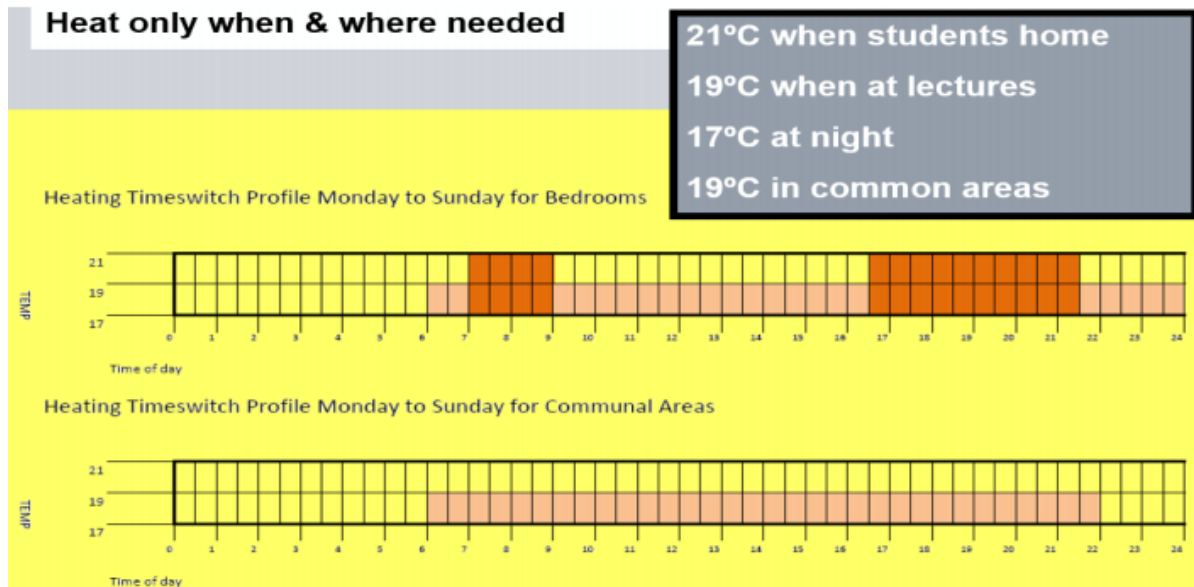


Figura 2.7: Controlo de temperatura numa residência de estudante [8].

O controlo da temperatura nos compartimentos do edifício é realizado de forma individual, quando o estudante estiver no seu quarto a realizar as suas tarefas o controlo é realizado para manter uma temperatura de 21 °C no espaço, e quando estiver a dormir o sistema deve atingir uma temperatura de 17°C. Se o sensor de movimento detetar a pessoa na sala de palestra o sistema de aquecimento liga mantendo uma temperatura de 19°C no espaço enquanto estiver ocupado, o mesmo acontece quando áreas de serviços em comum estiverem ocupados.

Desta forma está a se poupar muita energia em relação quando a instalação não tinha controlo de sistema de aquecimento. Apesar de um sistema KNX ser um investimento caro, com uma boa utilização de sistema do controlo de edifícios inteligentes é possível atingir níveis de rendimento bastante satisfatório, reduzindo assim os custos energéticos e, por conseguinte, obtendo um retorno a médio prazo.

Nas figuras 2.8 e 2.9 a seguir faz uma comparação de poupança energética de um sistema com controlo inteligente em relação a uma instalação elétrica tradicional. Os estudos foram realizados recentemente numa sala de aula no Reino Unido.

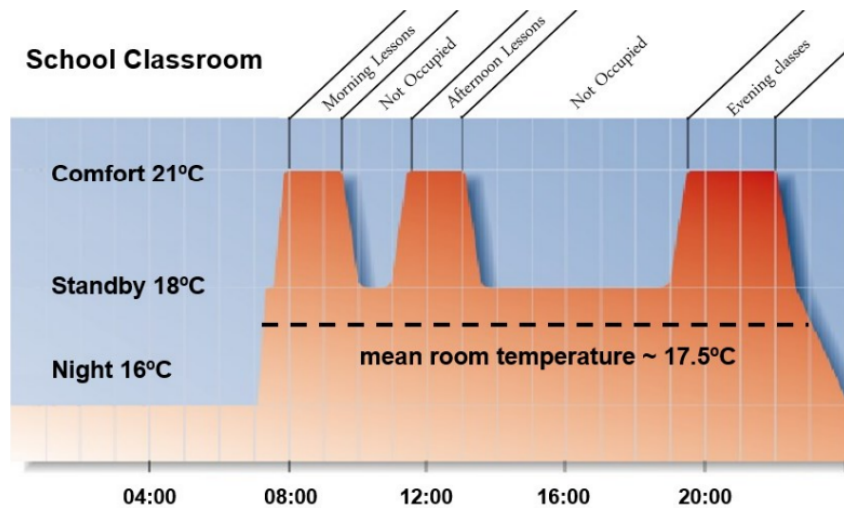


Figura 2.8: Controlo inteligente com KNX [8].

Na figura 2.8, o controlo de temperatura é realizado em função de ocupação da sala de aula, visto que no momento em que a sala estiver ocupada é o momento que os alunos estão a ter aulas, este período ocorre das 8h às 9h:30, 11h:30 às 13h e das 19h:30 às 22h fora desses períodos o sistema de aquecimento está desligado.

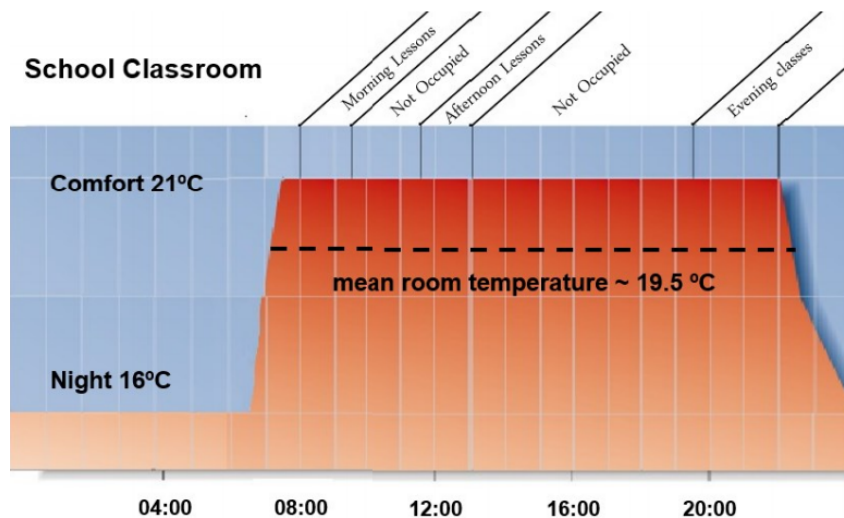


Figura 2.9: Instalação elétrica tradicional [8].

Enquanto que na figura 2.9, a instalação elétrica é tradicional, ou seja, sem controle inteligente. Aqui pode-se verificar que o sistema de aquecimento está ligado tempo todo, mesmo a sala ocupada ou desocupada. Comparando os dois gráficos, há uma poupança de energia muito significativa do sistema com controle inteligente em relação à um sistema sem controle, de acordo com a publicação de ABB, uma redução de temperatura de  $1^{\circ}\text{C}$  pode significar uma poupança de energia de 6 % [8].

Foi realizado um estudo pela Universidade de Ciências Aplicadas de Bremen, na Alemanha, sobre a poupança energética com o KNX, o estudo teve como objetivo controlar o aquecimento nas salas de aulas da própria universidade, no centro Information and Media Technology (ZIMT), situado no primeiro andar da Universidade [9].

Foram selecionadas duas salas de aulas idênticas para a realização da experiência, uma delas equipada com termostatos normais para aquecimento (sala 123) na figura 2.10 a seguir e outra com um sistema de controle KNX instalada (sala 122), figura 2.10.

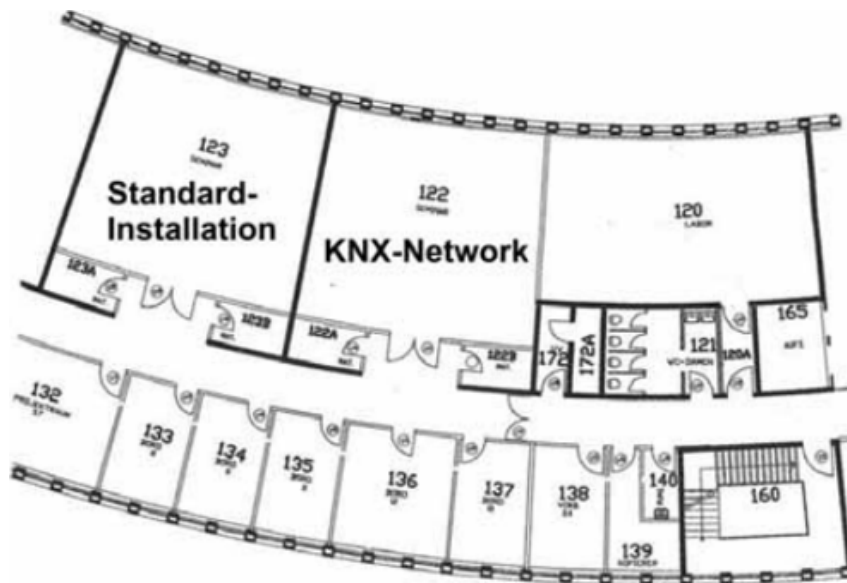


Figura 2.10: Salas de seminários, ZIMT, primeiro andar [9].

Foram instaladas válvulas para o aquecimento na sala 122, interruptores para as janelas, bem como um sistema para o controle de temperatura e de aquecimento, que é também capaz de efetuar medições do consumo energético do aquecimento. Na figura

2.11 é apresentado o consumo energético do aquecimento das duas salas ao longo do tempo, o resultado do estudo da sala na qual estava equipada com sistema de controlo foi satisfatório em relação a sala que estava equipada com termostatos normais.

Os dados registados do teste de comparação abrangeram os períodos a partir do início de 2002 até ao final de 2005. No entanto, os quartos não foram totalmente usados até meados de 2004.

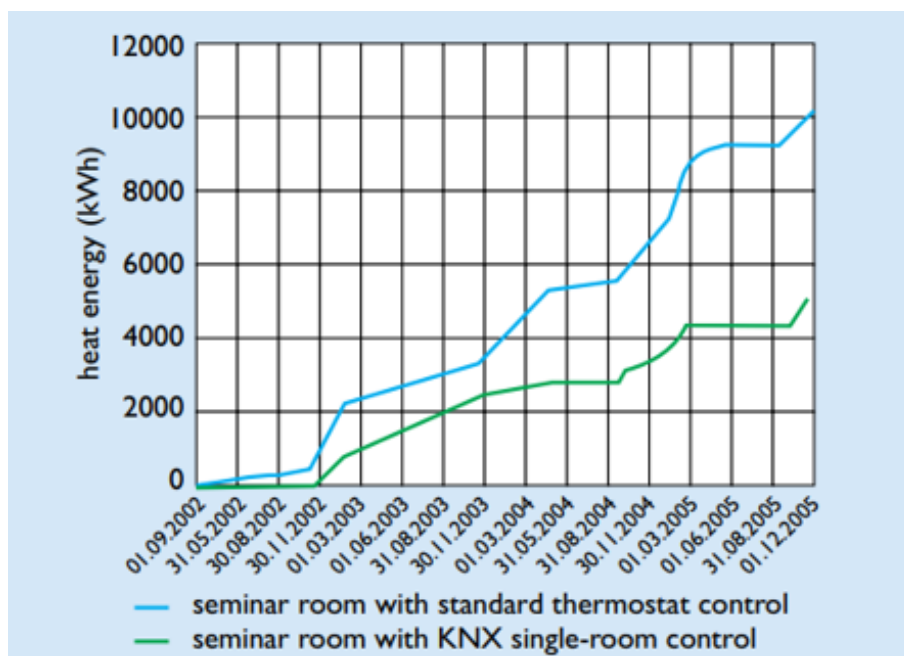


Figura 2.11: Comparação de consumo energético de um sistema tradicional com um sistema KNX [9].

Depois da realização da experiência nas duas salas, verificou-se que a sala onde foi implementado o sistema de controlo KNX atingiu um rendimento próximo dos 50%. Este rendimento elevado deve-se ao controlo racional da energia, pois, estando as janelas abertas, as válvulas desligam automaticamente, não existindo assim o aquecimento desnecessário que se verifica na outra sala.

## 2.4 Eficiência energética em edifícios com IOT

Foi realizado um estudo de eficiência energética no prédio do DSS Lab, localizado em Atenas, Grécia. O edifício é antigo, construído em 1979. O edifício ocupa uma área de 244 m<sup>2</sup>.

É constituído por dois pisos, no segundo piso se encontram os escritórios dos funcionários, e também uma sala de reunião. O horário normal de trabalho é das 10:00 da manhã às 20h00 da noite. Em média o prédio é ocupado por 40 funcionários por dia.

O equipamento foi colocado nas instalações do Laboratório DSS e uma conexão piloto com o sistema baseado em Internet Of Things (IoT) proposto, implementado na figura 2.12 a seguir. Foram colocadas uma série de sensores e medidores de energia nas instalações e nas áreas do laboratório em estudo, a fim de fornecer dados úteis para o sistema como medições interiores e exteriores de temperatura, umidade, função de iluminação e consumo de energia para cada área (47 fluxos de dados em total) [10].

Na figura 2.12 a seguir ilustra a planta do edifício em estudo.

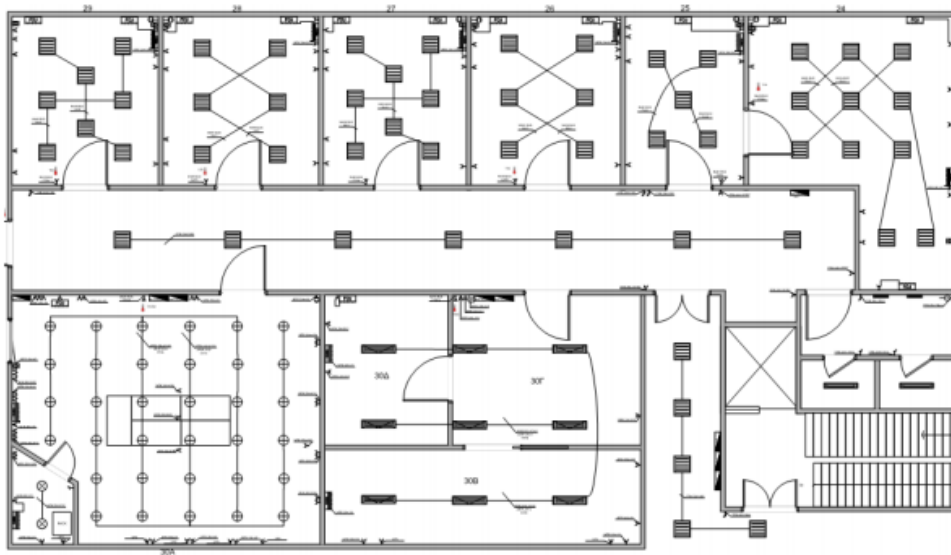


Figura 2.12: DSS Lab, rés do chão [10].

O edifício é fornecido eletricidade de média tensão, que é convertida em baixa tensão. Em caso de apagão, o prédio conta com um gerador reserva que funciona a diesel. Eletricidade é usado para cobrir as necessidades de aquecimento, refrigeração, iluminação, etc.

O consumo total de eletricidade para o ano de referência de 2014 foi de 87,2 KWh (9% de janeiro; fevereiro 8,3%; março 7,6%; abril 7,8%; maio 7,9%; junho 9,6%; 11% de julho; 6,6% de agosto; 8,4% de setembro; outubro 7,6%; novembro 7,4%; e dezembro 8,8%). Os números são derivados dos dados históricos de energia e os dados monitorados. As emissões totais de CO<sub>2</sub> são estimadas em 86 tnCO<sub>2</sub> por ano e a energia custa 11.300 € [10].

Durante a implementação do piloto, os seguintes planos de ação foram aplicados. Os dados do edifício (temperatura do ar interno e consumo de energia), condições climáticas (temperatura do ar externo), preços de energia e dados de comportamento dos usuários finais em relação ao conforto térmico são integrados. As regras são geradas automaticamente durante a configuração do sistema:

- Otimizando o tempo de impulso do sistema de aquecimento / resfriamento levando em consideração a previsão da temperatura do ar interior e os níveis de ocupação do edifício.
- Programar o ponto de ajuste da temperatura levando em consideração o conforto térmico dos ocupantes. Os utilizadores puderam escolher diferentes horários e definir temperaturas de ponto para cada escritório.

O consumo total de energia para aquecimento/resfriamento em 2014 (linha de base), bem como o consumo de energia real/previsto para aquecimento/resfriamento durante o período 2015-2016 (piloto período de operação), são apresentados nas figuras 2.13 e 2.14.

O consumo de energia previsto é baseado no consumo de energia para aquecimento/resfriamento em 2014 e os dias de grau. A redução de energia o consumo para aquecimento/resfriamento é estimado em 8,1% em 2015 e 10,9% em 2016. Como resultado, a redução significativa do custo operacional do edifício foi alcançada, 11,3% [10].

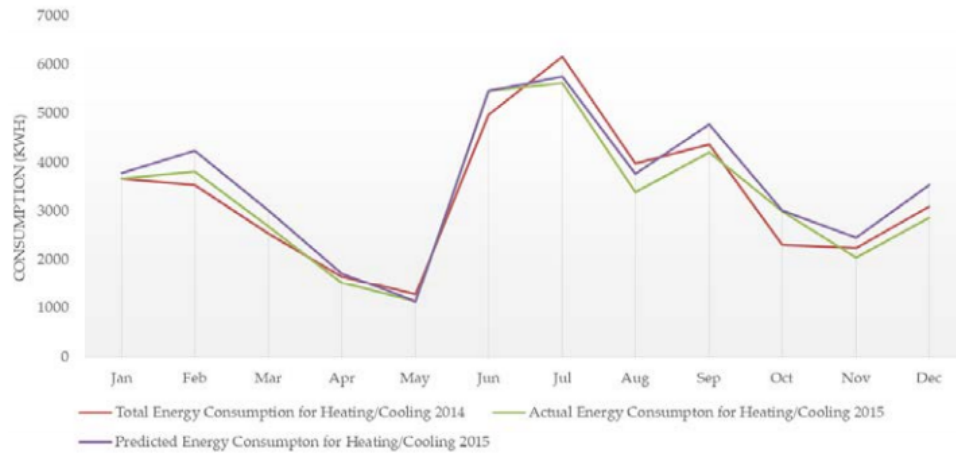


Figura 2.13: Dados de consumo de energia (2014 e 2015) —1º ano de operação [10].

Os resultados revelaram o potencial significativo de economia de energia através da instalação e operação do sistema baseado em IoT proposto. Levando em consideração o custo inicial para a instalação e operação do sistema, a economia média anual de energia derivada da aplicação piloto do sistema e o custo de manutenção anual, o período de retorno é estimado em dois anos aproximadamente.

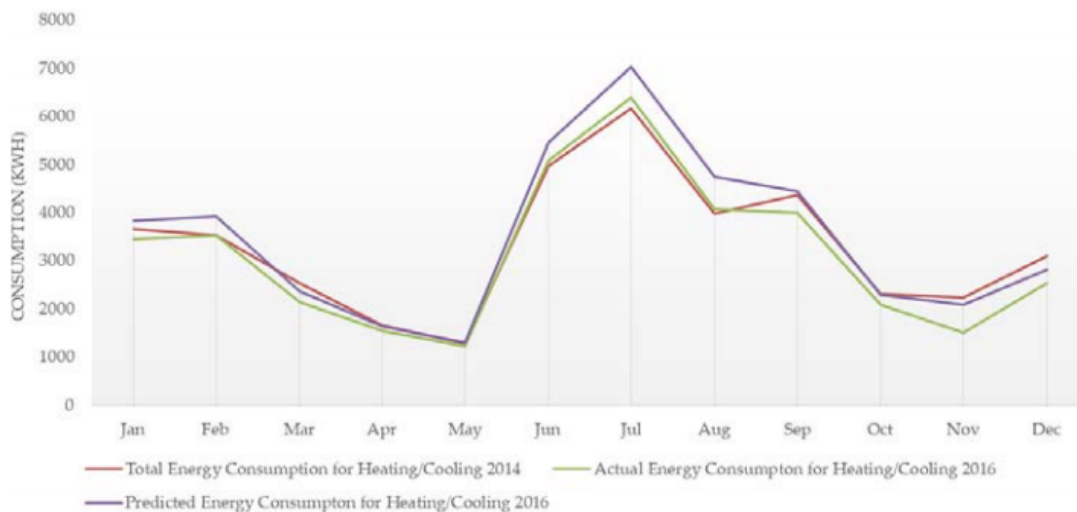


Figura 2.14: Dados de consumo de energia (2014 e 2016) - 2º ano de operação [10].

De acordo com o estudo realizado, analisou-se um conjunto de tecnologias de domóticas implementadas em edifícios, sendo que neste projeto selecionou-se KNX por se tratar de um standard europeu normalizado, suportado por um elevado número de fabricantes. Por

outro lado, o KNX provou ser a aquela que melhor se adequa aos objetivos propostos para esta tese, portanto nos estudos apresentados confirmou-se que esta tecnologia consegue alcançar uma elevada eficiência energética em aplicações de sistema AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) e iluminação. Também um dos motivos pela escolha dessa tecnologia, é que a rede já existe instalada no edifício em estudo, por isso não foi preciso construir uma nova rede de raíz.

## 2.5 Definição do problema

O problema em questão é o melhoramento da eficiência energética, garantindo conforto térmico por parte das pessoas na residência do Instituto Politécnico de Bragança e utilizar a energia de uma forma racional, sem gastos desnecessários, controlando o sistema de aquecimento no recinto.

A residência pousada no IPB é utilizada para albergar pessoas convidadas e muitas das vezes ela não está ocupada. Quando as pessoas convidadas veem à residência, ela está fria, ou seja, é preciso aquecê-la e aquecê-la em cima da hora leva muito tempo para o espaço aquecer uma vez que os compartimentos da residência se encontram muito tempo desocupados.

Uma solução é ligar o sistema de aquecimento bastante tempo antes das pessoas convidadas chegarem, mas essa solução não é viável porque perde-se muita energia. Neste contexto, pretende-se desenvolver uma solução de automação que permita escalonar o aquecimento das divisões da pousada. O escalonamento deve ter em consideração a data de reserva dos quartos e deve ser efetuada de forma a garantir que a temperatura de conforto é alcançada no dia de utilização dos quartos. Desta forma, o sistema deve basear a sua decisão com base na temperatura atual das divisões e temperatura exterior. Com base no conhecimento adquirido ao longo do funcionamento o escalonador deve otimizar o tempo de arranque de forma que não exista desperdício de energia, mas simultaneamente não comprometa a temperatura de conforto.

# Capítulo 3

## Solução Proposta

Neste capítulo será descrito a solução proposta do problema desta dissertação. Também será descrito todos os módulos que compõem arquitetura do diagrama funcional da solução proposta, a função de cada módulo e a descrição das mensagens dos protocolos utilizados neste projeto.

### 3.1 Arquitetura da Solução Proposta

A proposta para o problema é suportada por um conjunto de tecnologias que permitem automatizar o processo: desde a reserva até ao arranque e controlo do sistema de aquecimento. Desta forma a figura 3.1 apresenta um diagrama funcional da solução proposta.

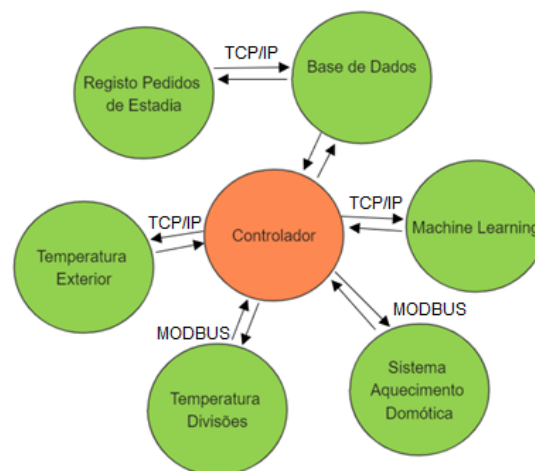


Figura 3.1: Diagrama funcional da solução proposta.

A solução é composta por seis módulos funcionais que comunicam entre si. No centro encontra-se o controlador que acede ao conjunto de informação e recursos para gerir o sistema de aquecimento de forma mais económica garantindo o conforto e evitando a necessidade de um funcionário deslocar-se à pousada para ligar e desligar o aquecimento. De seguida é descrita a estrutura funcional da solução proposta apresentado também a especificação de estrutura de dados e alguns serviços de comunicação.

### 3.1.1 Registo de pedidos de estadia

O registo de pedidos de estadia é o módulo que permite o gestor da pousada admitir reservas de hóspedes e gerir a ocupação da mesma. Assim, este módulo é suportado por uma aplicação móvel, que tem como função permitir o responsável ou pessoas autorizadas registar o pedido de estadia. A aplicação deve permitir realizar as seguintes funções:

1. Fazer reservas de quartos;
2. Consultar a ocupação dos quartos;
3. Cancelar reservas;

Todos os estados são guardados numa base de dados.

### 3.1.2 Comunicação com base de dados

A aplicação móvel comunica com um servidor que guarda informação numa base de dados. A comunicação é feita através de um protocolo proprietário desenvolvido para esta aplicação, este protocolo corre sobre a comunicação TCP/IP.

#### Descrição das mensagens do protocolo

Para cadastrar o pedido de reserva na base de dados é necessário preencher os campos da caixa de texto na App e depois enviar o pedido para o servidor. O servidor por sua vez insere esse pedido na sua base de dados. Na figura 3.2 é apresentada a mensagem gerada pela aplicação móvel de forma a fazer o pedido de registo em base de dados.

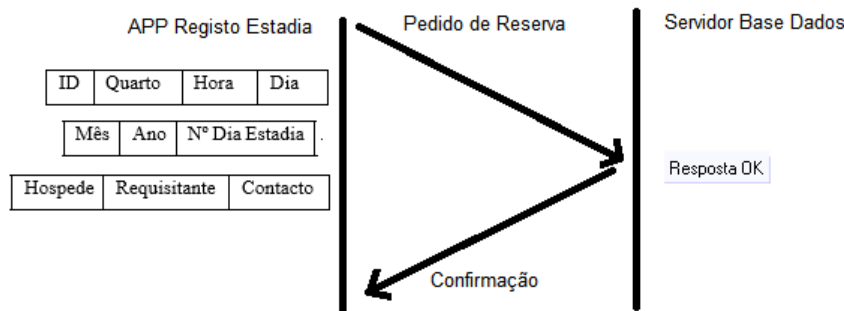


Figura 3.2: Comunicação TCP/IP – Pedido de Reserva.

A consulta do pedido de registo na base de dados é realizada através da aplicação móvel, no qual a pesquisa pode ser feita através do ID do hospede. Depois de inserir o ID, Quarto, Dia, Mês e Ano na caixa de texto, o servidor faz a busca do pedido na sua base de dados e retorna à aplicação móvel. Na figura 3.3 é apresentada a mensagem gerada pela aplicação móvel para efetuar o pedido de consulta.

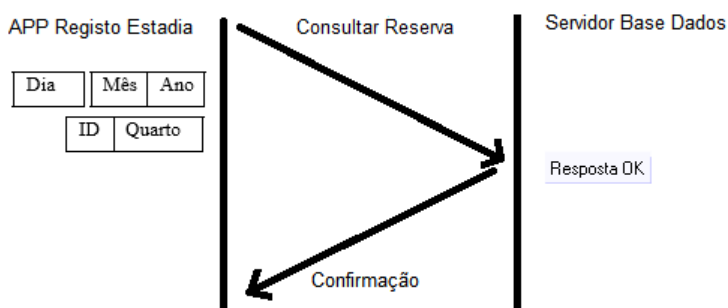


Figura 3.3: Comunicação TCP/IP - Consultar Reserva.

É de salientar que o campo ID deve ser definido como chave primário, ou seja, elemento único na tabela.

O cancelamento do pedido de registo na base de dados também é realizado através da aplicação móvel, no qual o utilizador ou pessoas com acesso a App podem efetuá-lo, introduzindo o seu ID do pedido de reserva na caixa do texto. O pedido é enviado para servidor que tem acesso a sua base de dados. De acordo com o ID inserido o servidor faz a busca na base de dados e o registo será eliminado. A figura 3.4 apresenta a mensagem gerada pela aplicação móvel de forma a apagar um pedido de reserva que se encontra em base de dados.

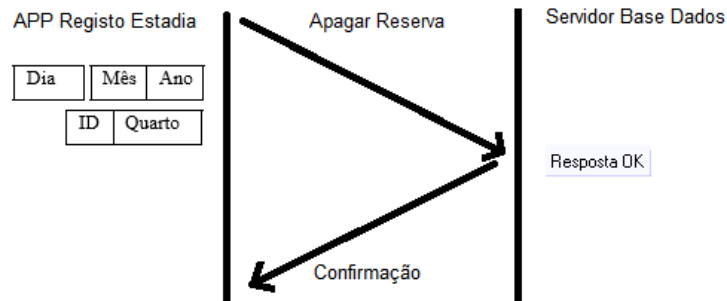


Figura 3.4: Comunicação TCP/IP - Apagar Reserva.

### 3.1.3 Base de dados

Os dados de aplicação de registo de estadia são armazenados na base de dados SQL. A base de dados guarda numa tabela todos os registos de estadia. Cada quarto deve ter uma tabela na base de dados.

Tabela 3.1: CasaCaseiro quarto 1 – Criação da tabela.

ID	Quarto	Hora	Dia	Mês	Ano	Nº Dia Estadia	Hospede	Requisitante	Contacto
----	--------	------	-----	-----	-----	----------------	---------	--------------	----------

Para criar a tabela implementou-se o seguinte comando SQL.

```
CREATE TABLE CasaCaseiro(ID, Quarto, Hora, Dia, Mês, Ano, Nº dia Estadia, Hospede, Requisitante, Contacto);
```

Para inserir dados na tabela implementou-se o seguinte comando SQL.

```
INSERT INTO CasaCaseiro (ID, Quanto, Hora, Dia, Mês, Ano, Nº dia Estadia, Hospede, Requisitante, Contacto)VALUES('1,02,12h:00,10,11,2021,16,Juscayeve,José,jac@ipb.pt');
```

Tabela 3.2: CasaCaseiro quarto 1 – Inserção de dados na tabela.

ID	Quarto	Hora	Dia	Mês	Ano	Nº Dia Estadia	Hospede	Requisitante	Contato
1	02	12h:00	10	11	2021	16	Juscayeve	José	jac@ipb.pt

A descrição do comando utilizado para fazer a query na base de dados.

```
SELECT* FROM CasaCaseiro WHERE Hospede = 'Juscayeve ';
```

Este comando seleciona toda a tabela **CasaCaseiro** campo hospede, nome do **hospede** Juscayeve.

### 3.1.4 Controlador

O módulo controlador é a componente central da arquitetura do sistema. Este módulo acede a base de dados para obter os registos dos quartos. Com base da informação da temperatura exterior e da temperatura interior é possível obter o tempo de impulsão da temperatura do quarto. Desta forma o controlador envia os comandos para o sistema de aquecimento. Os dados de tempo de impulsão são obtidos através de um mecanismo *machine learning*.

### 3.1.5 Temperatura exterior

Este módulo permite obter a temperatura exterior através do acesso remoto aos estados da estação meteorologia do Instituto Politécnico de Bragança (IPB). A comunicação com este módulo é realizado através do protocolo suportado pelo site web do IPB, que é o protocolo TCP/IP.

### 3.1.6 Acesso do controlador à base de dados de registo de estadia

O controlador efetua periodicamente as consultas dos pedidos de ocupação dos quartos através da seguinte query SQL.

```
SELECT* FROM CasaCaseiro WHERE = 'Juscayeve';
```

### 3.1.7 *Machine Learning*

Neste módulo como não é possível à priori saber os tempos aproximados para o arranque do sistema de aquecimento de forma a garantir a temperatura de conforto na altura de chegada do hospede, recorreu-se a um mecanismo de aprendizagem.

O mecanismo consiste num histograma que no qual estão registados os tempos de impulsão para diferentes cenários de temperatura exterior.

Tabela 3.3: Aprendizagem - *Machine Learning*.

Temperatura Exterior	-5 °C	-4 °C	-3 °C	-2 °C	-1 °C	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C
Nº Registo	4	2	1	3	1	3	4	3	2
Tempo Impulsão (1)	430	320	300	250	250	210	180	112	75
Tempo Impulsão (2)	390	315	–	270	–	220	120	120	50
Tempo Impulsão (3)	450	–	–	300	–	190	130	98	–
Tempo Impulsão (4)	420	–	–	–	–	–	150	–	–
Somatorio Tempo Impulsão	1690	635	300	820	250	620	580	330	125
Média Tempo Impulsão (Minutos)	422,5	317,5	300	273,3	250	206,7	145	110	62,5

Está tabela é apenas um exemplo de ilustração como funciona o mecanismo de aprendizagem *Machine Learning*. Portanto em cada valor de temperatura a aplicação regista na sua tabela. Por exemplo na tabela anterior a temperatura -5°C foi registada 4 vezes, cada registo tem um tempo de impulsão que o sistema demora para atingir o valor da temperatura de referência estipulada pelo utilizador. No mesmo exemplo de ilustração somou-se o tempo de impulsão e de seguida dividiu-se por números de registos, ou seja, foi realizada a média do tempo de impulsão. Pois desta forma que a aplicação *Machine Learning* aprende. De salientar que para o sistema aprender corretamente leva bastante tempo.

Quando não houver o registo na tabela, é definido um tempo por defeito que o sistema demora para aquecer.

### 3.1.8 Temperatura dos quartos e sistema de aquecimento

O sistema de aquecimento é automatizado com tecnologia domótica, neste caso utiliza-se uma rede domótica KNX que inclui controladores de temperatura, atuadores de temperatura.

Neste sistema é possível configurar módulos de operação: conforto, *standby*, *night* e *frost*. É também possível alterar a temperatura de *setpoint* de cada módulo.

### 3.1.9 Comunicação entre o controlador e o sistema de aquecimento doméstica

O sistema de aquecimento é composto por um controlador KNX/IP Wago ref: 750-840, porque satisfaz todos os requisitos pretendido. Este controlador integra uma rede KNX que inclui controladores de temperatura e atuadores de temperatura para acionarem as válvulas dos aquecedores das divisões. A comunicação entre o controlador central e controlador do sistema de aquecimento é efetuada através do protocolo Modbus sobre TCP/IP.

O controlador (autómato) tem ligação a internet e um router interno, capaz de comunicar com os equipamentos da rede doméstica KNX.

O controlador é o elo que permite a comunicação entre a interface gráfica e a rede doméstica KNX.

A forma como o controlador consegue indicar o sistema de aquecimento para arrancar ou parar é efetuado através da alteração do modo de operação conforto *frost*.

As comunicações são efetuadas através dos seguintes serviços:

Para ligar o sistema de aquecimento foram enviados dois comandos, primeiro selecionou-se o perfil de conforto enviando para o autómato a seguinte mensagem do Modbus:

Tabela 3.4: Mensagem Modbus - Perfil conforto.

Transation ID	Protocol ID	Length	Unit ID	Funtion Code	Address	Register Value
1234	0000	0006	FF	06	012A	0001
2 bytes	2 bytes	2 bytes	1 byte	1 byte	2 bytes	2 bytes

O segundo comando foi para escrever o setpoint (temperatura referência) enviando a seguinte mensagem:

Tabela 3.5: Mensagem Modbus - Modo funcionamento (SetPoint).

Transation ID	Protocol ID	Length	Unit ID	Funtion Code	Address	Number of Registers
1234	0000	0006	FF	04	0150	0002
2 bytes	2 bytes	2 bytes	1 byte	1 byte	2 bytes	2 bytes

A figura 3.5 e 3.6 a seguir ilustra como é realizado o protocolo de comunicação entre o controlador e o sistema de aquecimento de domótica.

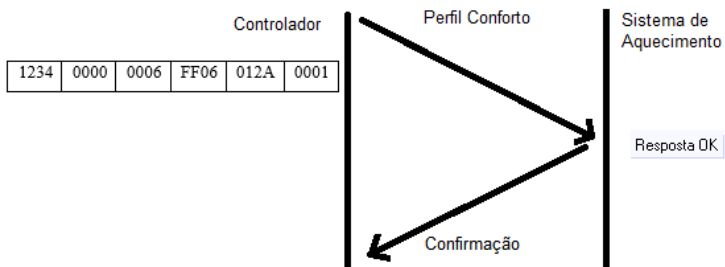


Figura 3.5: Perfil de conforto.

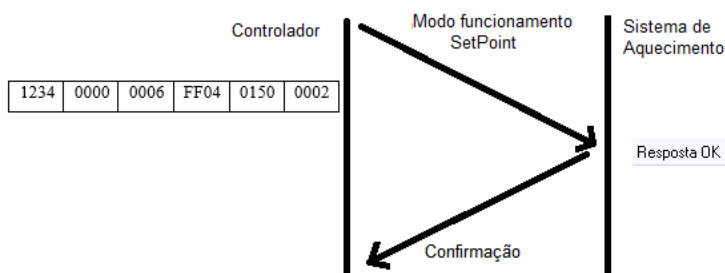


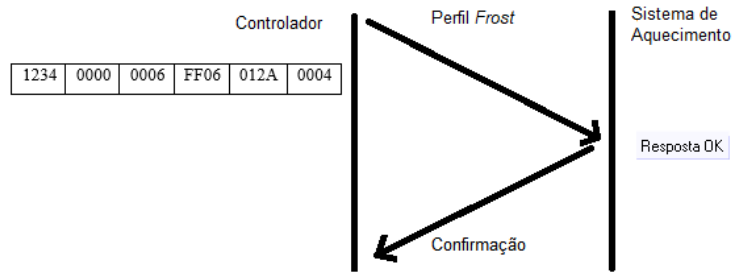
Figura 3.6: Modo funcionamento - *SetPoint*.

No fim do tempo de ocupação do quarto enviou-se dois comandos para autómato, primeiramente selecionou-se o perfil para *frost* 4 enviando a seguinte mensagem.

Tabela 3.6: Mensagem Modbus - Perfil *frost*.

Transation ID	Protocol ID	Length	Unit ID	Funtion Code	Address	Register Value
1234	0000	0006	FF	06	012A	0004
2 bytes	2 bytes	2 bytes	1 byte	1 byte	2 bytes	2 bytes

A figura 3.7 a seguir ilustra como é realizado o protocolo de comunicação entre o controlador e o sistema de aquecimento de domótica para mudança do perfil *frost*.

Figura 3.7: Perfil *Frost*.

De seguida escreveu-se o *setpoint* de 7°C, por exemplo quando a temperatura tiver nos 7°C o sistema desliga, portanto só liga se a temperatura for abaixo de 7°C. *Frost* é o modo de proteção para a canalização não congelar. Após mudar o perfil para *Frost* o quarto não aquece e nem congela.



# Capítulo 4

## Implementação Prática

### 4.1 Aplicação móvel - registo de pedido de estadia

Neste capítulo é descrita a implementação de uma prova de conceito da arquitetura apresentada no capítulo anterior. Já foi referido que o sistema de aquecimento era controlado por uma rede domótica que já existe. Trata-se de uma rede de domótica KNX, que já se encontra estruturada e configurada para o que se pretende realizar neste projeto. Para o controlo de temperatura de forma eficiente desenvolveu-se uma aplicação de controlo de supervisão em Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench (LabVIEW), uma base de dados SQL em sqlite, suporta tanto a aplicação de controlo em LabVIEW que a aplicação de registo de pedidos de estadia (figura 4.1). A aplicação de registo de estadias foi desenvolvida no Kodular.

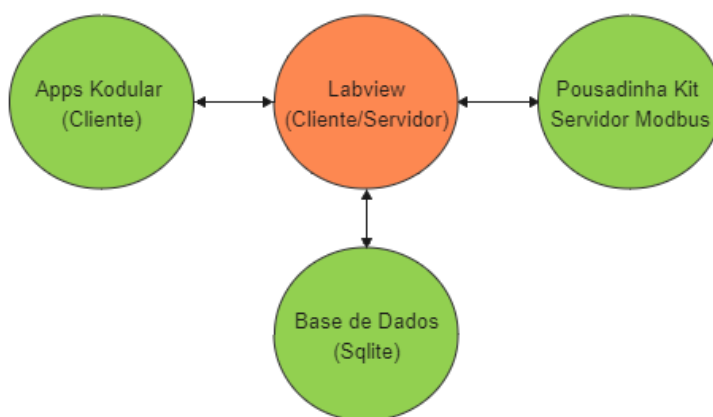


Figura 4.1: Fluxo de comunicação.

Para o desenvolvimento da aplicação primeiramente definiu-se o protocolo a utilizar. O protocolo utilizado é proprietário sobre Transmission Control Protocol (TCP)/IP que suporta as aplicações cliente e servidora. A aplicação desenvolvida no kodular é cliente, e a aplicação no LabVIEW é o servidor.

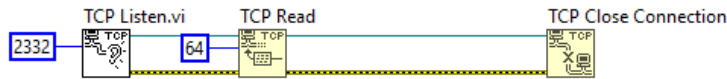


Figura 4.2: Aplicação servidor – LabVIEW.

A comunicação é realizada através da porta 2332 e o endereço IP da rede atribuído ao computador, para que se verifique a comunicação. É de referir que o mesmo número de porta utilizado em kodular, que se deve utilizar em LabVIEW.

A figura 4.3 demonstra o exemplo do envio de uma mensagem da aplicação cliente desenvolvida no kodular.

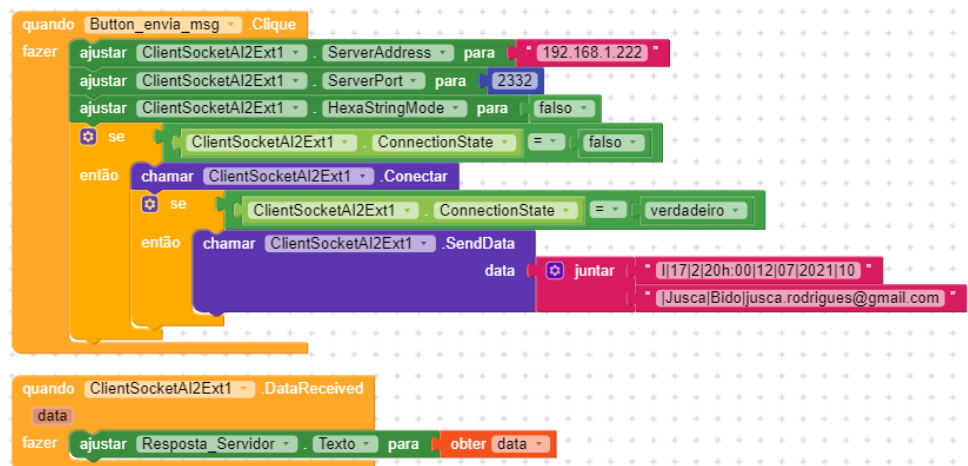


Figura 4.3: Aplicação cliente–Kodular.

Com esta aplicação é possível comunicar com o LabVIEW. Quando o botão (Button\_envia\_msg) é apertado, logo será enviada a mensagem **I|17|2|20h:00|12|07|2021|10|Jusca|Bido|jusca.rodrigues@gmail.com** para o servidor no Labview, através da porta 2332 e do endereço IP 192.168.1.22. É de salientar que se o computador for atribuído um endereço diferente, ou seja, endereço de outra rede, ocorre um erro de envio do cliente para servidor.

Para o desenvolvimento da aplicação móvel de cadastro, foram criadas as seguintes condições:

Foi definido um número de caracteres máximo para cada caixa de texto. Se na caixa de texto de ID for introduzido mais do que dois caracteres, logo é notificado que o tamanho deve ser inferior que três caracteres, a mesma coisa acontece para outros casos.

Tabela 4.1: Limite de caracteres na caixa do texto de cadastro.

Caixa de texto	Nº máximo de caracteres na caixa de texto
ID	2
Quarto	2
Hora	6
Dia	2
Mês	2
Ano	4
Nº de dias de Ocupação Quarto	2
Hospede	100
Requisitante	100
Contato	100

A figura 4.4 a seguir demonstra a explicação da parte de aplicação acima referido.

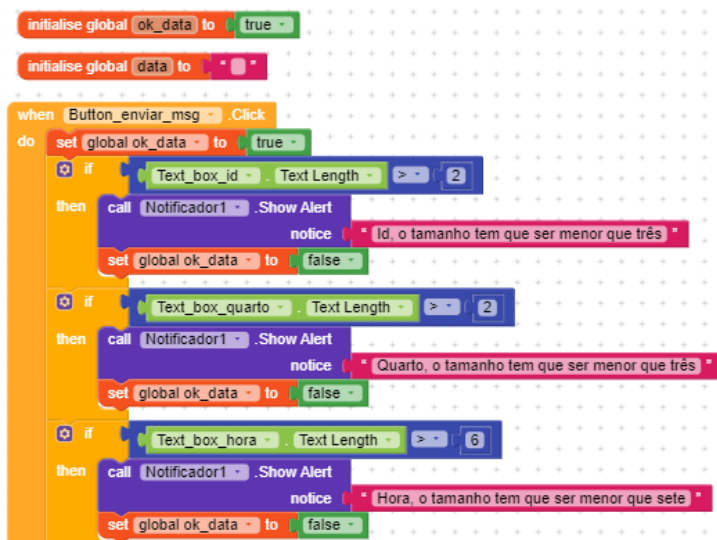


Figura 4.4: Condições criadas para definir número máximo de caracteres na caixa de texto.

Em seguida criou-se uma *label* que recebe a junção dos dados do cliente tais como: ID, Quarto, Hora, Dia, Mês, Ano, Nº de dias que o quarto vai estar ocupado, Hospede,

Requisitante e Contacto, a junção desses mesmos dados são separados por caracter “|” formando uma *string* e após enviada para o servidor no LabVIEW. No LabVIEW essa *string* é separada campo por campo de seguida esses dados são concatenados e inseridos na tabela.



Figura 4.5: Criação de caixa de texto da mensagem.

A figura 4.6, ilustra as condições criadas no kodular que permite o servidor em LabVIEW ler o comprimento da *string* enviados pelo cliente.

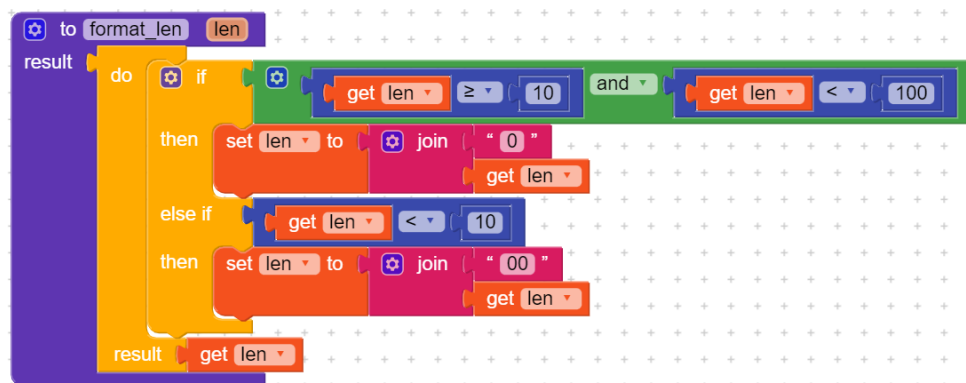
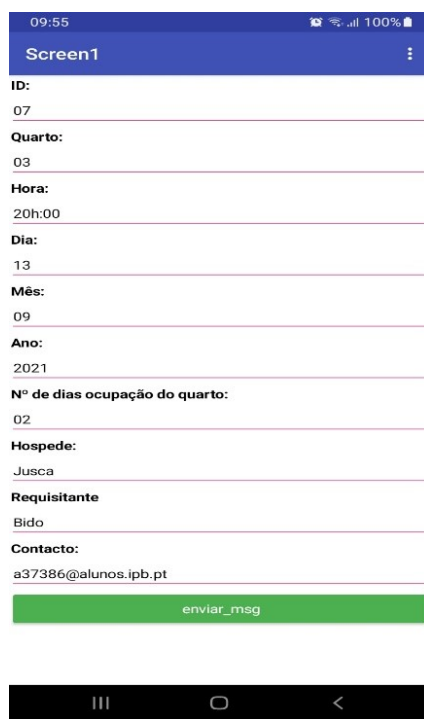


Figura 4.6: Formatação do campo comprimento de mensagem para três dígitos.

A mensagem é enviada do kodular para o servidor em LabVIEW se o comprimento da *string* for menor que 999 caracteres, correspondendo a 3 caracteres.

Se o comprimento da *string* for menor que 10, é adicionado dois zeros (00), e quando o comprimento for maior ou igual que 10 e menor que 100, é acrescentado um zero (0), pois dessa forma que o servidor em LabVIEW está preparado para receber a mensagem e contabilizar quantos caracteres foi enviado pelo cliente. O servidor está preparado para receber 3 bytes do cliente.

A próxima figura ilustra o resultado da aplicação móvel de cadastro desenvolvida no kodular. Aplicação é simples, fácil de utilizar e cumpre os requisitos esperado para os objetivos desse projeto.



09:55 100%

Screen1

ID:  
07

Quarto:  
03

Hora:  
20h:00

Dia:  
13

Mês:  
09

Ano:  
2021

Nº de dias ocupação do quarto:  
02

Hospede:  
Jusca

Requisitante  
Bido

Contacto:  
a37386@alunos.ipb.pt

enviar\_msg

Figura 4.7: Aplicação móvel desenvolvida no Kodular.

Para que aplicação fosse mais completa, é necessário criar um botão que permita o cliente anular o cadastro realizado. Entretanto pode acontecer que o cliente faça o agendamento e depois queira anular o seu registo na base de dados, porém com botão de cancelamento de cadastro pode-se evitar um possível arranque do sistema de aquecimento

e uma perda de energia de forma desnecessário.

Também é necessário criar uma condição caso o quarto 1 por exemplo estiver reservado na base de dados, ao cadastrar novamente o mesmo registo logo é notificado que o mesmo já existe. Ao clicar na caixa de texto do quarto logo é apresentado os quartos que estão ocupados e os que ainda estão livres.

## 4.2 Base de Dados

A base de dados é o módulo onde guarda todos os registos efetuados através da aplicação móvel de registo de pedido da estadia. Para tal, primeiramente foi criado um banco de dados com nome CasaCaseiro e uma tabela em Sqlite nomeado CasaCaseiro, com respetivas colunas: **ID, Quarto, Hora, Dia, Mês, Ano, N<sup>o</sup> de dias que o quarto vai estar ocupado, Hospede, Requisitante, Contacto**.

A figura 4.8 a seguir demonstra a codificação realizada no diagrama de bloco em LabVIEW para a criação do banco de dados, da tabela e as respetivas colunas.

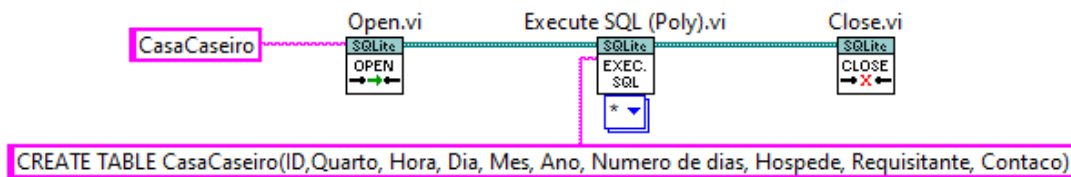


Figura 4.8: : Criação de Banco de dados e a tabela.

Foi desenvolvido um código que permite inserir os dados do cliente na base de dados. Fez-se a conexão do ficheiro de banco de dados, criou-se um cluster que permite introduzir os respetivos dados de cada coluna na tabela, fez-se a concatenação dos dados e inseriu-se na tabela.

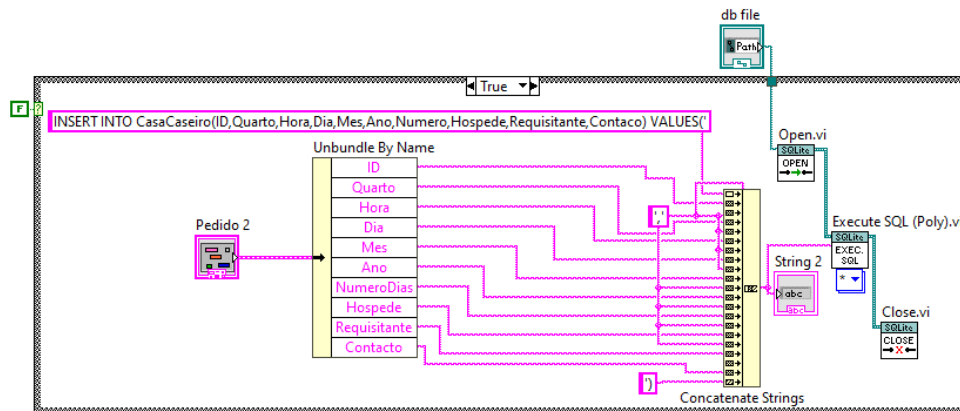


Figura 4.9: Inserção de dados.

A próxima figura ilustra a parte do *front panel* no LabVIEW, aquela que permite o utilizador a partir do LabVIEW inserir os dados na base de dados.

The front panel is titled 'Pedido 2' and contains several input fields for data entry. The fields are arranged as follows:
 

- ID (single line)
- Quarto (single line)
- Hora (single line)
- Dia (single line)
- Mes (single line)
- Ano (single line)
- NumeroDias (single line)
- Hospede (multi-line)
- Requisiteante (multi-line)
- Contacto (multi-line)

Figura 4.10: :*Frontal panel* - Inserção de dados na base de dados.

Esta aplicação é um exemplo de como se pode realizar um cadastro na base de dados a partir do LabVIEW.

É de referir que no subcapítulo anterior foi ilustrado e explicado como criar uma aplicação móvel de cadastro no kodular que permite o cliente efetuar o agendamento dos quartos de forma remota.

Para inserir e consultar a reserva, impôs-se a condição ilustrada na tabela 4.2 a seguir.

Tabela 4.2: ID e a sua função.

Endereços	Função
02	Inserir reserva
03	Consultar a reserva

O comprimento do ID é 2 bytes, ou seja, é permitido no máximo 2 caracteres nesse campo e o comprimento da mensagem é de 3 bytes, pois dessa maneira o servidor sabe quantos caracteres vem do cliente (kodular). No programa desenvolvido, foi criado estruturas ‘cases’, caso o ID digitado e enviado a partir aplicação for ‘02’ os dados serão inseridos na tabela. Já ao consultar os dados na tabela, o ID é ‘03’, porém dessa forma é verificado os registos do cliente na tabela.

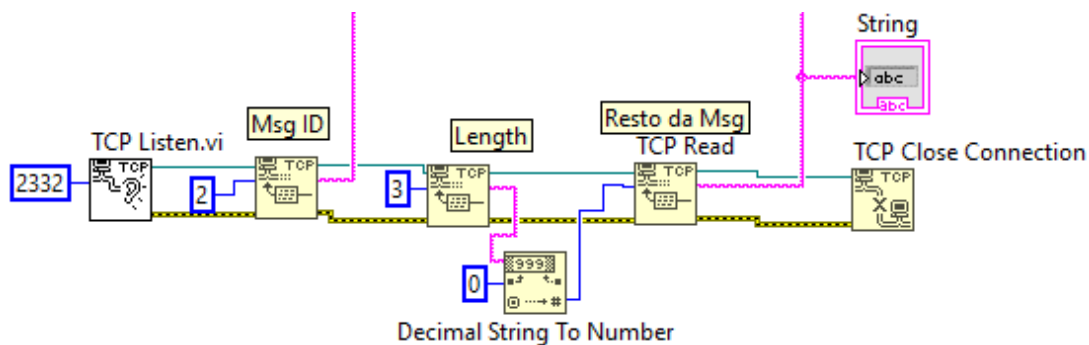


Figura 4.11: Servidor para recepção de pedidos da aplicação registo de pedidos de estadia.

Os dados do cliente recebido pelo servidor serão separados de acordo com os campos das colunas na tabela, de seguida foram ajuntados e inseridos nas respetivas colunas da tabela no banco de dados.

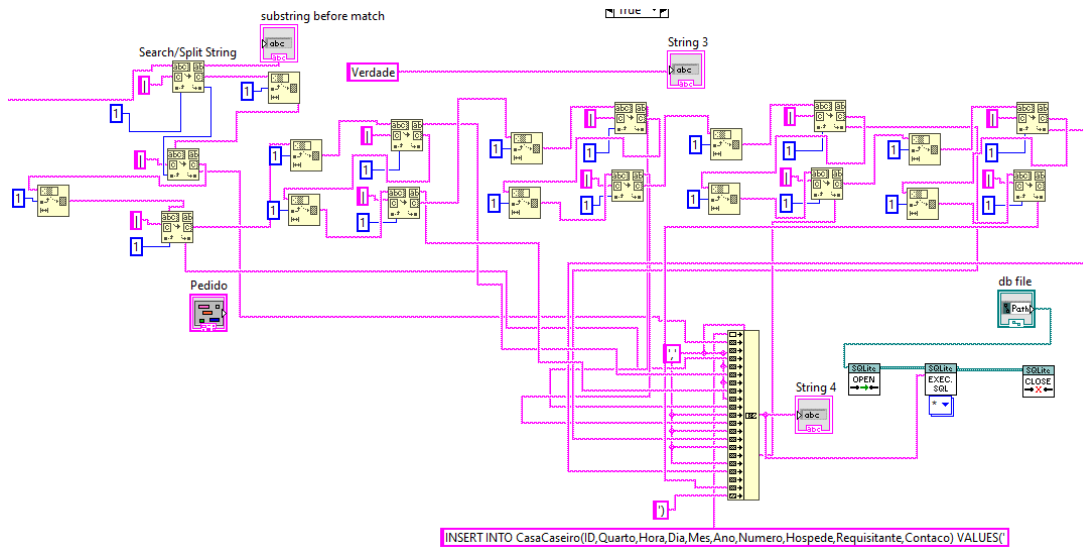


Figura 4.12: Inserção de dados na tabela no banco de dados.

A figura a seguir demonstra a codificação implementada para fazer uma *query*.

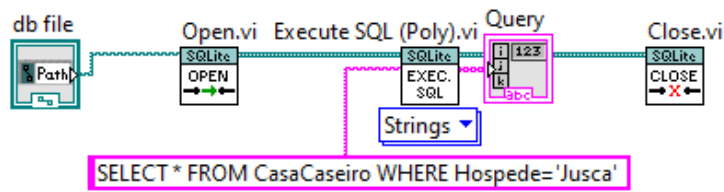


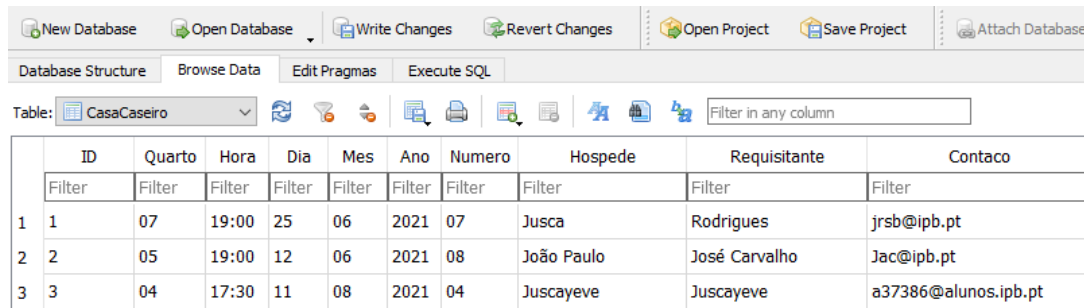
Figura 4.13: Comando de pesquisa na base de dados.

Para fazer busca de registo de um cliente é necessário fazer a *query*. Neste exemplo pesquisou-se o nome do hospede Jusca na coluna hospede da tabela CasaCaseiro, logo obteve-se as informações dos registos do cliente tais como: ID, Quarto, Hora, Dia, Mês, Ano, N<sup>o</sup> de dias que o quarto vai estar ocupado, Hospede, Requisiteante e Contacto do cliente, caso não existir na tabela, retorna em branco.

Query	ID	Quarto	Hora	Dia	Mês	Ano	N <sup>o</sup> Dias	Hospede	Requisiteante	Contacto
0	1	07	19:00	25	06	2021	7	Jusca	Rodrigues	jrsb@ipb.pt

Figura 4.14: Busca de registos de um cliente – *Query*.

A próxima figura apresenta a base de dados desenvolvida com alguns dados inseridos.



ID	Quarto	Hora	Dia	Mes	Ano	Numero	Hospede	Requisiteante	Contaco
1	07	19:00	25	06	2021	07	Jusca	Rodrigues	jrsb@ipb.pt
2	05	19:00	12	06	2021	08	João Paulo	José Carvalho	Jac@ipb.pt
3	04	17:30	11	08	2021	04	Juscayeve	Juscayeve	a37386@alunos.ipb.pt

Figura 4.15: Base de dados.

### 4.3 Controlador KNX- IP

A interligação entre a rede de domótica e a aplicação em LabVIEW é realizada através um controlador KNX-IP, por intermédio de uma *gateway*.

Portanto, a base de dados criada torna o sistema mais eficiente visto que, o controlador da rede de domótica fica com a informação dos quartos que estão ocupados, a temperatura desejada e também as horas em que os radiadores irão ligar ou desligar. Na aplicação do LabVIEW implementou-se a base de dados e ela é manuseada pelo utilizador/operador. Quando ocorre alteração na base de dados, logo é enviada a alteração para o controlador KNX-IP.

É de referir que os endereços de memória do controlador e as suas respetivas funções do mapa de variáveis do protocolo Modbus já se encontrava configuradas.

O protocolo Modbus permite a comunicação entre o LabVIEW e o controlador KNX-IP, portanto, para que essa comunicação seja efetuada com respetivo sucesso, as mensagens Modbus-TCP/IP devem seguir o exemplo do formato em hexadecimal apresentado na tabela 4.3. A “WORD” em HEX de 12 bytes a enviar para o PLC tem a seguinte estrutura:

Tabela 4.3: Estrutura de uma mensagem Modbus TCP/IP.

Cabeçalho				Função	Dados
Identificador de transação	Identificador de protocolo	Comprimento	Identificador de unidade		
2 Bytes	2 Bytes	2 Bytes	1 Byte	1 Byte	4 Bytes
1234	0000	0006	FF	06	012A 0001

Com a frame **123400000006FF06012A0001**, os campos que podem mudar dependendo do objetivo são: **campo função** e **dados**. Ou seja, as mensagens devem sempre iniciar com o código 1234 0000 0006 FF, o campo função varia dependendo daquilo que se pretende fazer (ler ou escrever registo). Para escrever o registo o código é "06" e para ler o código é "04". Já no campo de dados varia o endereço de memória e o valor que se pretende escrever no endereço de memória. No exemplo da tabela 4.3, o valor 0001 é escrito no endereço de memória 012A.

Os campos do Modbus-TCP/IP podem ser definidos como:

Tabela 4.4: Definição dos Campos Modbus.

Campos	Função	Nº Byte
<b>Identificador de Transação</b>	Identifica a comunicação entre o servidor e o cliente Modbus. Cada requisição Modbus tem a sua resposta com o mesmo identificador de transação.	2 Bytes
<b>Identificador de Protocolo</b>	É utilizado para identificar o protocolo. Portanto, para utilizar o Modbus este campo deve conter o valor 0 (zero).	2 Bytes
<b>Comprimento</b>	Contém a quantidade de bytes dos campos seguintes a ele (Identificador de Unidade, Função e Dados).	2 Bytes
<b>Identificador de Unidade</b>	É utilizado para identificar os dispositivos Modbus que estejam ligados na rede através de um gateway.	1 Byte
<b>Função</b>	Este campo representa o objetivo da mensagem.	1 Byte
<b>Dados</b>	Este campo é responsável pelos dados que serão enviados/recebidos.	4 Bytes

## 4.4 Controlo de Temperatura

No LabVIEW existe uma livraria do protocolo TCP/IP, sendo assim possível a utilização desta ferramenta para a realização desta tese.

Para desenvolver o protocolo Modbus no LabVIEW é necessário criar uma aplicação de acordo com o modelo cliente-servidor suportada pelo protocolo TCP/IP, utilizando a porta 502, como se pode ver na figura 4.16 a seguir.

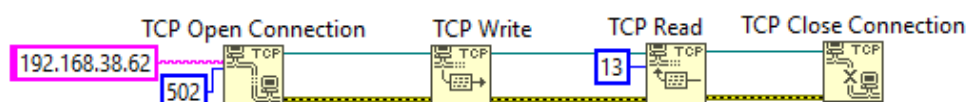


Figura 4.16: Exemplo de uma comunicação de um cliente, em LabVIEW, usando Modbus.

A aplicação cliente-servidor permite a comunicação entre LabVIEW e o controlador KNX/IP. Neste exemplo é possível a comunicação através do endereço 192.168.38.62, visto que o IP pertence ao controlador. Faltando a mensagem transmitir ao controlador.

A tabela 4.5 a seguir apresenta os endereços de memória do controlador e as suas respetivas funções, também esses mesmos endereços foram convertidos para hexadecimal.

Tabela 4.5: Mapa de variáveis Modbus KNX.

Endereço	Endereço em Hex	Operação	Tipo	Descrição
324	144	Leitura	Real (4 bytes)	Obter a Temperatura do Quarto
298	12A	Escrita	1 byte	Perfil de Aquecimento do quarto - 1 conforto
356	164	Escrita	Real (4 bytes)	Temperatura - <i>SetPoint</i> do quarto
298	12A	Escrita	1 byte	Perfil de aquecimento do quarto - 4 <i>Frost</i>

A seguir na tabela 4.6, apresenta a leitura dos registos de entrada (byte 04), onde o “N” é a quantidade de registos de entrada que depois é multiplicado por 2 ( $N \times 2$ ). Quando se pretende fazer leitura de um registo a informação da próxima tabela é muito importante, visto que com ela ajuda-nos a definir o número de carácter a ser enviado.

Tabela 4.6: A função “04 (0x4) *Read Input Register*”[11].

Request	<b>Function Code</b>	1 Byte	<b>0x04</b>
	<b>Starting Address</b>	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF
	<b>Quantity of Input Registers</b>	2 Bytes	0x0001 to 0x007D
Response	<b>Function Code</b>	1 Byte	<b>0x04</b>
	<b>Byte count</b>	1 Byte	2xN*
	<b>Input Registers</b>	N*x2Byte	
Error	<b>Error Code</b>	1 Byte	<b>0x04</b>
	<b>Exception Code</b>	1 Byte	01 or 02 or 03 or 04

Desenvolveu-se um programa que permita o controlador fazer a pesquisa dos quartos agendados na base de dados. O controlador desenvolvido no LabVIEW faz uma *query* para cada quarto de 10 em 10 minutos a fim de verificar a ocupação dos mesmos. Quando um dos quartos estiver reservado, o controlador deve verificar se o tempo do início da ocupação é menor ou igual ao tempo que o sistema de aquecimento demora para aquecer quarto, e se o valor de temperatura lida no quarto for menor que o valor da temperatura de referência (23°C). Portanto, caso essas condições se verificarem é enviado um comando ao PLC para arrancar o aquecimento. O escalonamento do tempo de arranque deve sempre garantir que o quarto esteja a temperatura de conforto estipulado. De referir que o cálculo do tempo do início da ocupação do quarto é realizado em função do calendário (hora, dia, mês e o ano). Estas mesmas informações podem ser encontradas na tabela de base de dados.

É de salientar que para o sistema funcionar de forma mais eficiente é necessário saber o tempo ideal para arranque do sistema de aquecimento. Como este tempo depende de vários fatores como, temperatura exterior, perdas de calor do edifício em função da temperatura exterior e da temperatura interior, que são de difícil modelação é necessário

recorrer a um mecanismo de *Machine Learning*. Este mecanismo iria aprendendo com o funcionamento quais os tempos mais adequados para cada cenário.

Aplicação de controlo faz pesquisa da informação da temperatura ambiente na estação meteorológica do Instituto Politécnico de Bragança e compará-la com a temperatura do interior do quarto. Sendo que em função da temperatura interior e exterior de habitação haverá dias em que o sistema de aquecimento necessitará de mais tempo para aquecer os quartos, e por outro lado também poderá haver dias em que o tempo de demora será menor.

Neste contexto, por exemplo se a temperatura exterior for 4°C e a temperatura do quarto for 12°C, para atingir a temperatura de referência estipulado (23°C) o sistema de aquecimento demora mais tempo para aquecer a casa do que um dia que a temperatura ambiente for de 13°C e temperatura do quarto 18°C. Com base no mecanismo de aprendizagem o controlador pode consultar o valor do tempo de aquecimento necessário que foi apreendido e usá-lo para iniciar o aquecimento de forma ótima.

#### 4.4.1 Critério de tempo de início de arranque

O tempo de início de arranque é calculado com base das informações na tabela de base de dados quando o quarto estiver agendado. O tempo que falta para o início da hospedagem é dado pela diferença entre o tempo de entrada (soma do dia e hora da entrada) e o tempo atual (dia e horário atual), convertido em minutos. Quando o tempo do início de hospedagem for menor ou igual ao tempo que o sistema demora para aquecer, é verificado se a temperatura lida é menor ao valor de referência, caso essas condições se verificarem logo é enviado um comando para o autómato ligar o aquecimento.

Para que o tempo de demora fosse calculado corretamente é necessário desenvolver aplicação *machine learning*, pois desta forma consegue-se garantir que não haja perda de energia desnecessário e não comprometendo o conforto térmico. Neste protótipo não foi implementado o mecanismo de *machine learning*, em alternativa considerou-se que o sistema de aquecimento demora 2 dias (2880 minutos) para aquecer o quarto. Portanto

nesse contexto, o sistema de aquecimento deve arrancar 2 dias antes do início da ocupação do quarto.

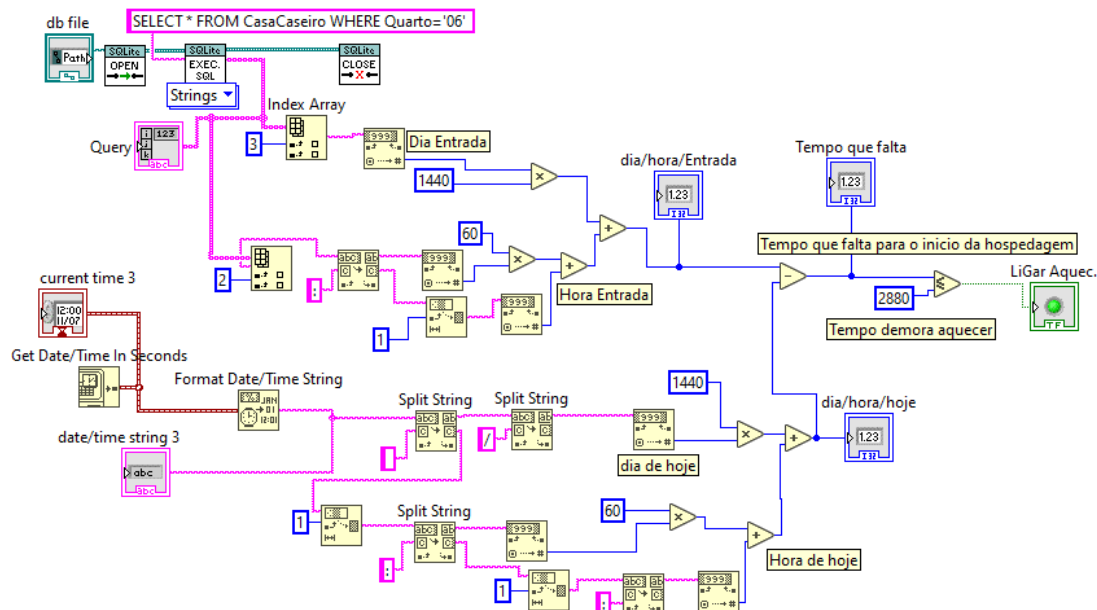


Figura 4.17: Condição para arranque do aquecimento.

A solução ideal não seria essa, porque uma vez quando houver a transição de um mês para outro a lógica não corresponde a aquilo que se pretende. Pelo que no futuro é necessário efetuar um processo de normalização que esconda as questões de transição entre meses.

#### 4.4.2 Critério de tempo de paragem

O tempo de paragem foi calculado com base de informação das somas do dia entrada da hospedagem, hora de entrada convertido em minutos e mais o número de dias que o quarto estará ocupado. Se a soma do dia atual e hora atual convertido em minutos for igual ao resultado das somas (dia entrada, hora entrada e números de dias de hospedagem), significa que o tempo de hospedagem esgotou, logo será enviada uma mensagem para o autómato desligar o sistema de aquecimento. A figura a seguir mostra o exemplo como foi determinado o tempo de paragem do sistema de aquecimento.

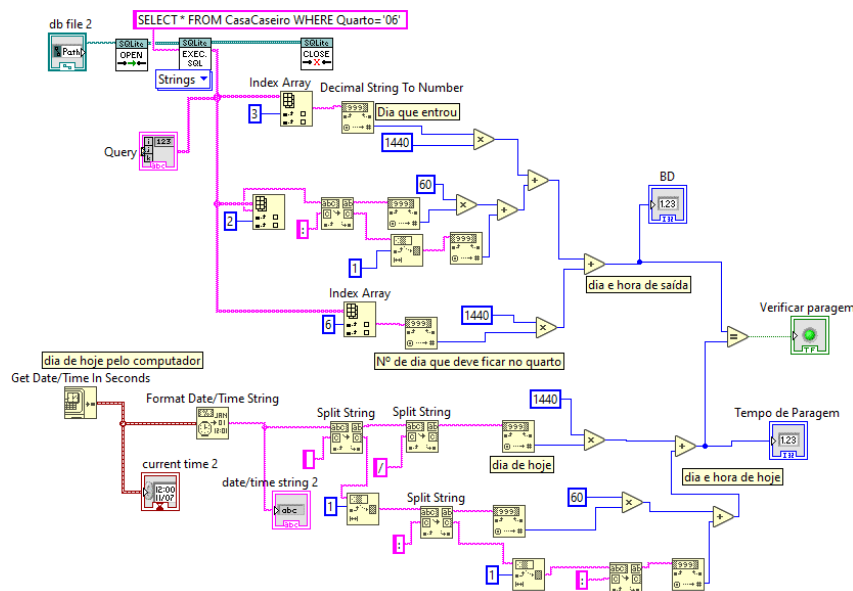


Figura 4.18: Tempo de paragem do sistema de aquecimento.

#### 4.4.3 Ligar e desligar o sistema de aquecimento

Para ligar o sistema de aquecimento foram enviados dois comandos, primeiro seleccionou-se o perfil de conforto enviando a mensagem do Modbus “1234 0000 0006 FF06 012A 0001” para o autómato, o segundo comando foi para escrever o *setpoint* (temperatura referência) enviando a mensagem “1234 0000 000B FF10 0164 0002”. No fim do tempo de ocupação do quarto enviou-se dois comandos para autómato, primeiramente seleccionou-se o perfil para *frost* enviando a mensagem “1234 0000 0006 FF06 012A 0004” e de seguida escreveu-se o *setpoint* de 7°C, como o normal é os quartos estarem a uma temperatura superior a 7°C o sistema desliga. *Frosté* o modo de proteção para a canalização não congelar. Após mudar o perfil para *frost* o quarto não aquece e nem congela. As próximas figuras demonstram a codificação desenvolvida no diagrama de bloco para ligar e desligar o aquecimento.

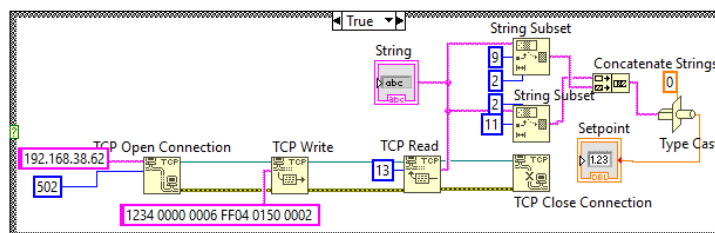


Figura 4.19: Modo funcionamento SetPoint.

Portanto, para obter a temperatura de cada quarto desenvolveu-se um programa que permita o controlador saber qual é a temperatura, neste contexto a mensagem a enviada seguindo o protocolo Modbus, é “1234 0000 0006 FF04 0144 0002”.

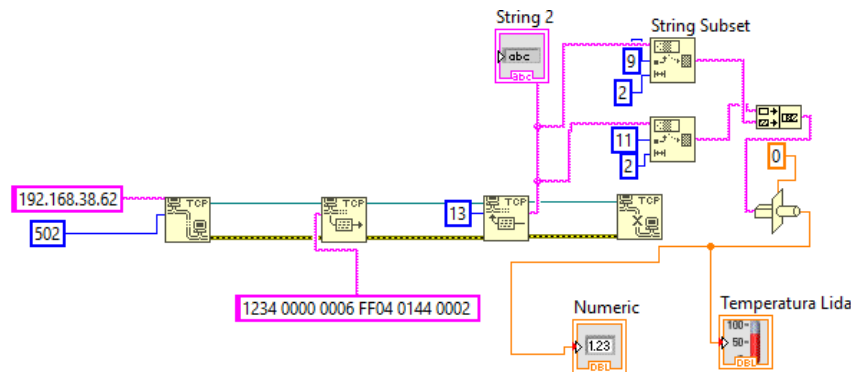


Figura 4.20: Código para obter a temperatura de quarto.

O bloco inicia com *TCP Open Connection* recebe o endereço IP do controlador, no caso 192.168.38.62 - inserido em forma de *string*, na linha rosa e na primeira linha azul ele recebe a porta, que é a 502 do Modbus.

O bloco *TCP Read* é responsável por ler determinado número de bytes da mensagem TCP. A mensagem “1234 0000 0006 FF04 0144 0002”, foram lidos 13 bytes, sendo que o 0144 é a função da mensagem. Dos 13 bytes, foram retirados os últimos quatro bytes, dois a dois, para realizar a inversão citada previamente. Ou seja, dados os quatro últimos bytes xx yy zz tt, eles são separados em xx yy e zz tt, utilizando um *String Subset*, que recebe como variáveis de entrada a mensagem, o byte que iniciará a contagem e a quantidade de bytes a serem lidos. Nesse caso, serão utilizados dois blocos desses, o primeiro iniciando em 9 e lendo 2 bytes e o segundo iniciando em 11 e também lendo 2 bytes. Após essa separação, esses dois grupos são ajuntados novamente, invertendo a ordem, ou seja, apresentando desta maneira: zz tt xx yy.

Com isso, já possui a parte desejada da mensagem na ordem desejada. A mensagem nessa forma é apresentada na seção “Valor” da interface, ao lado da mensagem completa. Para apresentar na interface gráfica, é necessário transformar a *string* em *float* e para isso, utiliza-se a função *Type Cast*. O *Type Cast* recebe a informação em x e o tipo para

a conversão, que no caso foi utilizado o valor 0, saindo o valor desejado ao próximo bloco, que é um indicador numérico. Esse indicador deve ser da forma *single Precision* (SGL).

A figura a seguir mostrar o valor da temperatura lida no quarto, o utilizador tem esta informação na interface gráfica do *front panel* LabVIEW.

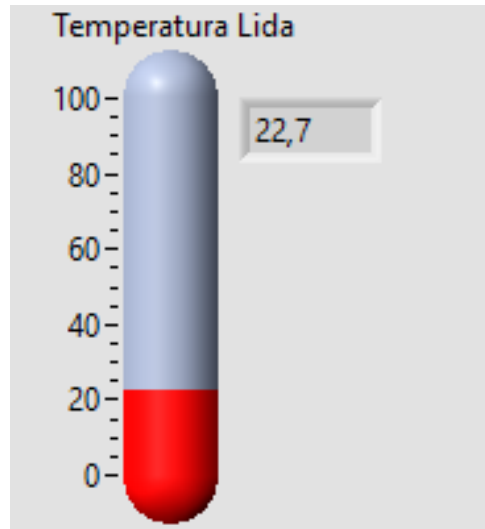


Figura 4.21: Temperatura lida.

## 4.5 Interface gráfica

A interface gráfica desempenha um papel muito importante na funcionalidade do sistema de controlo de um edifício inteligente.

A interface permite ao utilizador comum o controlo da sua habitação, sem que seja necessário a compreensão da instalação domótica em si, ou seja, ela deve ser simples de utilizar. Neste contexto, o LabVIEW foi a plataforma escolhida, visto que tem um ambiente gráfico muito intuitivo, o que se enquadra nos objetivos pretendidos para esta dissertação.

LabVIEW foi desenvolvido pela *National Instruments*, este software é bastante poderoso e flexível. É uma linguagem gráfica da *National Instruments* voltada para aplicação de aquisição de dados e controlo. A aplicação em LabVIEW está centrada no desenvolvimento de uma interface com o utilizador, pois, para construir essa interface são

disponibilizados um conjunto de ferramentas e objetos [13].

Neste projeto um dos objetivos do programa desenvolvido em LabVIEW é transmitir ao controlador quais os quartos que estão ocupados, a hora que devem ligar/desligar os radiadores e as temperaturas desejadas para cada quarto. A interface gráfica deve ser semelhante à aquela que é representada na figura 4.22 a seguir, simples de manusear de forma que qualquer pessoa que não esteja familiarizado com a tecnologia domótica consiga manuseá-la. Na interface gráfica é apresentado informação da reserva de quarto e a temperatura lida em cada quarto.

É de salientar que foram lidos os valores de temperatura em cada quarto nos dias distintos, a experiência foi realizada na estação de outono.

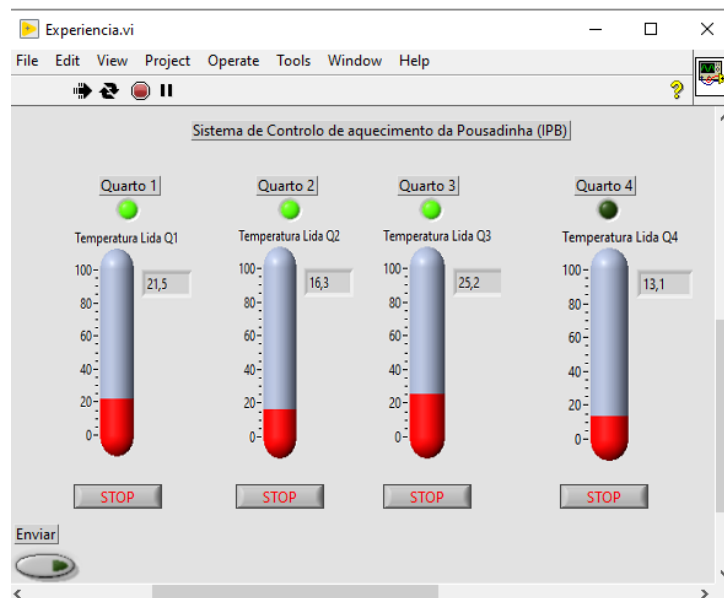


Figura 4.22: Interface Gráfica.

Os quartos reservados são 1,2 e 3, o quarto 4 não está agendado. Nestas condições o sistema de aquecimento deve arrancar nos quartos 1 e 2, visto que a temperatura em ambos os quartos é menor a 23°C (temperatura de referência) e os mesmos estão ocupados, enquanto que nos quartos 3 e 4 o sistema de aquecimento não deve arrancar porque as duas condições não são garantidas.



# Capítulo 5

## Conclusão

Ao longo da realização desse projeto, desenvolveu-se soluções para gestão de um sistema de aquecimento em instalação de domótica KNX (edifícios inteligentes). Foram estudadas várias soluções da tecnologia domótica existente no mercado o que permitiu adquirir mais conhecimento na área do domínio de edifícios inteligentes, porém o estudo contribuiu para avaliação e escolha da solução mais viável para o problema do caso de estudo. Portanto, a revisão bibliográfica serviu para analisar e selecionar a solução mais adequada para o problema em estudo.

Neste contexto, a solução proposta é mais um contributo para que se maximize a utilização da energia de forma racional, sem gastos desnecessários, salvaguardando a eficiência energética e conforto térmico por parte das pessoas nas instalações de domótica. A tecnologia domótica apresenta a possibilidade de o utilizador comum fazer controlo da sua habitação, sem que seja necessário a compreensão da instalação domótica.

Os requisitos esperados para esse projeto foram alcançados com sucesso, pois, o cliente consegue cadastrar na base de dados a partir da aplicação móvel. O controlador desenvolvido em LabVIEW, por sua vez, transmite as informações da ocupação dos quartos a partir da base de dados ao autómato para fazer arranque e paragem de sistema de aquecimento.

A interface gráfica está funcional, qualquer pessoa que não esteja familiarizado no

domínio da domótica consegue manuseá-la. Os resultados do sistema desenvolvido apresentam as grandes virtudes do conceito sendo passível de ser melhorado.

### **Trabalho Futuro**

No trabalho futuro pretende-se melhorar duas vertentes que contribuem para a valorização da solução do problema proposto no caso de estudo.

- Melhorar aplicação móvel desenvolvida no kodular, criar um botão que permita o cliente anular o cadastro realizado;
- Criar uma aplicação de aprendizagem (*Machine Learning*) que faça pesquisa da informação da temperatura ambiente na estação meteorológica do Instituto Politécnico de Bragança e compará-la com a temperatura do interior do quarto;

# Capítulo 6

## Referências Bibliográficas

- 1) Igei P.J., Garcia J.I., Miyagi P.E., Cugnasca C.E. “Modelagem de redes de controle lonworks em edificios inteligentes”, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, outubro 2007.
- 2) Renato Nunes - Análise Comparativa de Tecnologias para Domótica.
- 3) Acedido no IPB virtual, documento professor: “Paulo Jorge Pinto Leitão”, Texto pedagógico de apoio à unidade curricular de Automação, setembro de 2012.
- 4) Schneider Electric, “Building Management,” Schneider Electric, [Online]. Available: <http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/customers/contractors/energy-efficiencysolution-for-buildings/control-lighting-and-heating-at-room-level.page>. [Acedido em 13 fevereiro 2021].
- 5) “KNX INSTALATION,” KNX ASSOCIATION. [Online]. Available: <http://www.knx.org/media/docs/KNX-Tutor-files/Summary/KNX-TP1-Installation.pdf>. [Acedido em 14 janeiro 2021].
- 6) Análise comparativa de 4 tecnologias domóticas.

- 7) Tiago Mendes – FEUP rede domótica KNX sobre rede física CAN.
- 8) ABB - Saving Energy with KNX, Case study.
- 9) Energy Efficiency with KNX.
- 10) An Advanced IoT-based System for Intelligent Energy Management in Buildings.
- 11) Modbus-Application-Protocol-V1-1b.pdf.
- 12) Diana Palma – FEUP KNX Domótica KNX/EIB de Baixo Custo.
- 13) Acedido no IPB virtual, documento professor: “José Augusto Carvalho” - SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS LABVIEW.