



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

João Carlos da Silva Ribeiro Horta

Projeto de Instalações elétricas: Comparação
entre a solução convencional e uma solução
baseada no sistema KNX

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Fevereiro de 2016



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



**Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores**

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

**Projeto de instalações elétricas: Comparação entre a solução
convencional e uma solução baseada no sistema KNX**

Autoria:

João Carlos da Silva Ribeiro Horta

Orientador:

Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Presidente do Júri:

Teresa Martinez dos Santos Gomes

Vogal:

Lúcia Maria dos Reis Albuquerque Martins

Coimbra, Fevereiro de 2016

Agradecimentos

Podem considerar-se privilegiados aqueles que ao longo da vida em diversas etapas, se encontram acompanhados e amparados por alguém. É deste modo que me intitulo, e como tal, não poderia deixar de registrar algumas palavras de agradecimento e apreço, aqueles que seguiram lado a lado comigo, na realização da presente dissertação, mas também no meu percurso acadêmico.

Começo por mencionar os meus pais e irmã, que ao longo de muitos anos sempre se assumiram como o meu maior apoio, sendo pessoas disponíveis, pacientes, encorajadores, sofredores, perseverantes, incansáveis, além de amigos. Sem a ajuda deles não teria sido possível. Todos os outros familiares que identicamente se assumiram interessados e preocupados, também merecem desta forma uma palavra de estima e consideração.

Aos meus verdadeiros amigos, que apareceram na minha vida em diferentes circunstâncias, datas e locais, e que dela não saíram. De realçar o colega e amigo de faculdade Fábio Monteiro, pois seguiu um percurso paralelo ao meu e demonstrou boa camaradagem, ajuda e amizade ao longo deste caminho. E ao meu amigo de infância Carlos Rodrigues, que me proporcionou uma visita às instalações alvo de estudo e facultou variados dados e relatos, no sentido de tornar este trabalho o mais rigoroso possível.

Por último, mas não menos importante, ao meu orientador, o Sr. Professor Humberto Manuel Matos Jorge, que graças à sua simpatia, compreensão e disponibilidade, tornou possível a realização deste documento.

A todos vós, o meu sincero **Obrigado**.

Resumo

Numa realidade onde encontramos o mundo em constante mudança, onde os fatores de agravamento ambientais são cada vez maiores, mas a tecnologia também cresce a um ritmo vertiginoso, faz sentido debruçarmo-nos e possuir um olhar crítico sobre o tema da utilização da energia e da eficiência energética.

Mais concretamente na vertente da utilização de energia em edifícios e sua gestão, existem diversos meios, tecnologias e sistemas de domótica, que permitem automatizar e tornar os edifícios, ditos inteligentes. É necessário então, saber mais sobre este assunto, visto que estes meios podem ser proveitosos a nível económico mas também a nível ambiental.

O sistema escolhido foi o KNX e esta dissertação tem como objetivo o seu estudo, a sua aplicação na instalação e respetiva análise de custo-benefício.

Quanto ao edifício escolhido, optou-se por um prédio usado para a prática de advocacia, situado em Lisboa. A comparação entre o sistema convencional existente, e o sistema KNX a implementar e as respetivas vantagens ou desvantagens, proporciona relevantes conclusões, que podem ser determinantes, para tomadas de decisão nesta área.

Palavras-chave: Edifícios Inteligentes, Domótica, Gestão Técnica em Edifícios, Sistema Convencional, Sistema KNX.

Abstract

In a reality where we find the world in constant change, where environmental aggravating factors are increasing, but also where the technology is growing at a staggering rate, it makes sense to analyse and have a critical look at the issue of energy use and energy efficiency.

To be more specific for purposes of energy use in buildings and its management, there is a variety of means, technologies and home automation systems, which allow you to automate and make buildings, said intelligent. It is then necessary to know more about this, as these means can be useful economically but also in environmental terms.

The system chosen was the KNX and this dissertation aims its study, involving the installation and respective cost-benefit analysis.

As for the choice of the building, it was chosen a building used for the practice of law located in Lisbon. The comparison between the existing conventional system and the KNX system to implement and the respective advantages or disadvantages, provides relevant conclusions, which can be crucial for decision-making in this area.

Keywords: *Smart building, Home Automation, Technical Building Management, Conventional System, KNX System.*

Índice

Lista de figuras.....	xiii
Lista de tabelas.....	xv
Lista de Abreviaturas e Símbolos	xvi
1. Introdução	1
1.1 Objetivos do trabalho.....	2
1.2 Organização da Dissertação	2
2. Considerações sobre Edifícios	4
2.1 Edifícios Inteligentes.....	4
2.1.1 Definição de Edifícios inteligentes	5
2.1.2 Domótica	6
2.1.3 Vantagens da Integração.....	7
2.2 Certificação Energética.....	7
2.2.1 Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)	8
2.2.2 Importância do Certificado Energético	9
2.2.3 Determinação da Classe Energética	10
2.2.4 Validade dos Certificados	11
2.2.5 Custo dos Certificados.....	12
2.2.6 Obrigatoriedade dos Certificados	13
2.2.7 Panorama Nacional	14
2.3 Norma EN15232	16
2.3.1 Classes de Eficiência dos Edifícios	17
2.3.2 Perfis de Ocupação de Edifícios.....	17
3. Sistemas Standard / Protocolos	19
3.1 Introdução ao KNX.....	19
3.2 Protocolos que Formaram o KNX	20
3.2.1 EIB.....	20
3.2.2 BatiBUS.....	21
3.2.3 EHS.....	22
3.3 Áreas de Aplicação	23
3.4 Características	24
3.5 Meios de Comunicação	25
3.6 Modos de Configuração	26
3.6.1 Modo de Configuração Fácil: Modo-E (<i>Easy Mode</i>)	26
3.6.2 Modo de Configuração Profissional: Modo-S (<i>System Mode</i>)	27

3.6.3 Modo de Configuração Automático: Modo-A (<i>Automatic Mode</i>)	28
3.7 Software ETS.....	28
3.8 Cabo Bus e Considerações.....	29
3.8.1 Fonte de Alimentação	30
3.8.2 Cablagem do Bus de Instalação.....	32
.....	32
3.8.3 Proteção Contra Descargas Atmosféricas	32
3.8.4 Rede SELV	34
3.9 Topologia KNX	35
3.10 Comparação entre Solução Convencional e KNX	37
3.11 Vantagens.....	38
4. Introdução ao Estudo de um Caso	40
4.1 Caracterização do Edifício	41
4.1.1 Número de pessoas envolvidas.....	42
4.1.2 Taxa de ocupação	43
4.2 Hábitos e Comportamentos	43
4.2.1 Medidas a implementar	44
4.3 Caracterização de Horas e Faturação.....	45
4.4 Considerações de Projeto e Equipamentos	47
4.4.1 Mapa de Quantidades e Orçamento.....	50
4.4.2 Dotação e disposição de sensores.....	52
4.5 Poupanças na Iluminação.....	54
4.6 Poupanças na Climatização	55
4.7 Avaliação Económica	57
4.8 Classe Energética.....	58
5. Conclusões.....	60
Bibliografia.....	62
Anexo A	65
Anexo B.....	68
Anexo C.....	69

Lista de figuras

Figura 1-Repartição energética por sectores na Europa. [7]	4
Figura 2-Conceito de Domótica. [29]	6
Figura 3-Exemplos de Certificados Energéticos. [30]	9
Figura 4 – Classe Energética em função do rácio. [31].....	11
Figura 5 – Emissão de certificados energéticos de 2007 a 2014 e caracterização de 2013 e 2014. [15] ..	15
Figura 6 – Percentagem de classes energéticas em Portugal entre 01/12/2013 e 30/06/2014	15
Figura 7 - Classes energéticas da norma europeia EN15232. [7]	17
Figura 8 - Perfil de utilização de salas de aula ou auditórios. [7]	18
Figura 9 - Perfil de utilização de escritórios. [7]	18
Figura 10 - Perfil de utilização em hotéis. [7].....	18
Figura 11 - Perfil de utilização de escolas. [7]	18
Figura 12 - Perfil de utilização em hospitais [7].	18
Figura 13 - Perfil de utilização em restaurantes. [7]	18
Figura 14 – Logótipo da tecnologia standard KNX. [16]	20
Figura 15-Logótipo inicial da Associação Konnex, formada pela união dos protocolos EHS, BatiBUS e EIB. [33]	23
Figura 16 - Aplicações e funcionalidades do sistema KNX. [19]	24
Figura 17-Sofisticação versus funcionalidades nos modos de configuração KNX. [20]	27
Figura 18-Logótipo e imagem ilustrativa do software ETS. [16] [24]	28
Figura 19-Ilustração do cabo bus. [24]	29
Figura 20-Esquema de ligação da fonte de alimentação KNX ao cabo bus. [21]	30
Figura 21-Exemplo de fonte de alimentação KNX. [21]	31
Figura 22-Caixa de derivação com terminal de ligação no interior. [21]	32
Figura 23-Proteção Primária contra descargas naturais. [21]	33
Figura 24-Proteção Secundária contra descargas. [21].....	34
Figura 25-Esquema ilustrativo do isolamento entre uma rede SELV, outras redes elétricas, o utilizador e a terra de proteção. [22]	35
Figura 26-Topologias possíveis numa instalação KNX. [24]	35
Figura 27-Topologia lógica de uma instalação KNX TP. Áreas, linhas e componentes. [23].....	36
Figura 28-Distâncias máximas e mínimas numa instalação KNX TP. [24]	37
Figura 29- Sistema KNX [34]	38
Figura 30- Sistema Convencional [34]	38
Figura 31 -Dois sistemas de transmissão na rede KNX, linha verde de bus e a azul de potência. [24]	38
Figura 32-Redução percentual máxima de consumo energético com tecnologia KNX em edifícios. [25].	39
Figura 33-Repartição energética teórica em Escritórios. [35].....	40
Figura 34-Fachada frontal, do edifício alvo de estudo.....	41
Figura 35-Fotografias interiores dos open-spaces do edifício alvo de estudo.....	42
Figura 36-Taxa de ocupação ou de utilização do edifício alvo de estudo.....	43
Figura 37 - Planta do piso 2,3,4 e 5, equipados com as luminárias existentes e sensores propostos.....	52
Figura 38 - Planta do piso 6 equipado com as luminárias existentes e sensores propostos.	53
Figura 39 - Planta do piso 7, equipado com as luminárias existentes e sensores propostos.	53
Figura 40- Retorno Financeiro.....	58
Figura 41- Energia por Setor.....	59
Figura 42-Fotografia de sala de reuniões do edifício alvo de estudo.	69
Figura 43-Fotografia do open space do piso 7, do edifício alvo de estudo.....	69
Figura 44- Fotografia de open-space do edifício alvo de estudo.	69

Figura 45 – Fotografia de gabinete do edifício alvo de estudo.....	69
Figura 46- Piso 2,3,4 e 5 do edifício alvo de estudo em 3D.	70
Figura 47- Piso 6 do edifício alvo de estudo em 3D.	70
Figura 48- Piso 7 do edifício alvo de estudo em 3D.	70

Lista de tabelas

Tabela 1 - Características das classes energéticas da norma EN15232. [7]	17
Tabela 2- Características do cabo bus (YCYM e JY(St)Y). [21]	29
Tabela 3 – Número de ocupantes por piso	42
Tabela 4- Fatura de 6 Abril a 24 Junho.	46
Tabela 5-Fatura de 26 Setembro a 8 Janeiro.	46
Tabela 6-Quantidade e orçamento da Aparelhagem Modular KNX.	50
Tabela 7-Quantidade e orçamento de Sensores KNX.	51
Tabela 8-Quantidade e orçamento de Cabos e Acessórios.....	51
Tabela 9 - Custo diário com sistema convencional e com sistema KNX.	54
Tabela 10 - Percentagem de energia por setor e custo mensal diferenciada em Períodos.	56
Tabela 11- Retorno financeiro no período de 20 anos.	57
Tabela 12- Poupança Energética por setor (%).	59
Tabela 13- Diversos Protocolos e suas características (x-10 e HBS). [17] [28].....	65
Tabela 14-Diversos Protocolos e suas características (CEBus, BACnet e LonWorks). [17] [28]	66
Tabela 15-Diversos Protocolos e suas características (ZigBee e Z-Wave). [17] [28]	67
Tabela 16- Constituição pormenorizada de cada piso.	68

Lista de Abreviaturas e Símbolos

AA	Acoplador de Área
AC	Ar condicionado
ADENE	Agência para a Energia
AL	Acoplador de Linha
AML	Amplificado de Linha
AQS	Águas Quentes Sanitárias
ASHRAE Engineers	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BACnet	Building Automation Control Network
BACS	Building Automation Control System
BAU	Bus Access Unit
BCI	BatiBUS Club International
C	Custo diário por piso
CEBus	Consumer Electronic Bus
CEN	Comité Europeu de Normalização
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
C _{OI}	Custo de climatização Outon/Inverno
C _{PV}	Custo de climatização Primavera/Verão
CT	Custo total diário
CT _{KNX}	Custo total diário com o sistema KNX
d	Dias úteis de utilização do edifício
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
DC	Corrente Contínua
EHS	European Home Systems
EI	Edifício Inteligente
EIB	European Installation Bus
EIBA	European Installation Bus Association
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
ETS	Engineering Tool Software
EUA	Estados Unidos da América

FA	Fonte de Alimentação
h	Horas de Utilização
IP	Internet Protocol
IR	InfraRed
ISO	International Organization for Standardization
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
LonWorks	Locan Operations Network
n1	Número de meses em estações quentes
n2	Número de meses em estações frias
P1	Poupanças anuais na iluminação
P2	Poupanças anuais na climatização
PL	Power Line
P_T	Potência Total
RECS Comércio e Serviços	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de
REH Habitação	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de
RF	Radio-Frequency
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética
SELV	Safety Extra Low Voltage
SGCIE	Sistema da Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
SPDA	Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TBM	Technical Building Management
TP	Twisted Pair
x	Percentagem de custo após poupança

1. Introdução

A preocupação com o meio ambiente, escassez de recursos, redução de custos de produção, e claro, o desejo de sustentabilidade, tem sido uma constante no nosso passado, presente e futuro, no que diz respeito à utilização da energia elétrica.

Nos últimos anos tem-se verificado um decréscimo na dependência energética, muito por conta da aposta nas energias renováveis (onde Portugal se assume como um líder em termos de utilização destas). No entanto, a preocupação na redução do consumo de energia elétrica, continua a ser um desafio [1] [2].

Verifica-se que em Portugal, aproximadamente 30% da energia elétrica consumida é usada no sector de edifícios, onde 18% representam habitações, enquanto na restante União Europeia estes números rondam os 40%. Para piorar este cenário, vivemos num panorama, onde a eletricidade em Portugal se encontra como uma das mais caras da Europa. É necessário então, que se apliquem e adaptem medidas de eficiência energética que consigam reduzir consumos e respetivos gastos [3] [4] [5].

Estas preocupações foram e são de tal importância, que a 16 de Dezembro de 2002 surge por parte do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, a Diretiva 2002/91/CE, relativa ao desempenho energético nos edifícios. Esta diretiva refere que os Estados membros da União Europeia devem implementar um sistema de certificação energética, com uma missão informativa. Dando a conhecer sobre a qualidade térmica, no momento da construção, da venda ou arrendamento.

A Diretiva 2002/91/CE, mais tarde designada por EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*), foi transposta para a legislação nacional em 4 de Abril de 2006. Em Janeiro de 2009 entrou então em vigor a obrigatoriedade da certificação energética para todos os edifícios. A dita Diretiva, posteriormente seria reformulada e surgiria a Diretiva 2010/31/UE, que para além de intensificar e atualizar os requisitos de comportamento térmico e de eficiência energética, reforçou o conceito de certificação energética de edifícios. Após essa reformulação, sairia o decreto Decreto-Lei n.º 118/2013 que transpõe para a legislação nacional a Diretiva 2010/31/EU, introduzindo alterações ao sistema de certificação energético anterior. Este decreto de lei tem vindo a ser alterado [6].

A consciencialização dos utilizadores, as medidas de racionalização de energia ativas e passivas são formas de levar a cabo uma melhoria na eficiência energética. Dentro das medidas passivas, encontramos por exemplo, o melhor isolamento das paredes e janelas, o uso de sombreamento, ventilação natural, recurso a iluminação natural, entre outros.

Contudo, e com a constante evolução tecnológica, existem outras formas que devem ser estudadas e levadas em conta, quando se pretende melhorar o desempenho energético dos edifícios. As medidas de eficiência ativas serão então ponderadas. Sistemas ativos, necessitam do auxílio de dispositivos elétricos, mecânicos ou químicos para um funcionamento efetivo.

Perante um estudo ao edifício a aplicar estas medidas, é então possível apurar as vantagens que estes sistemas podem trazer, quer a nível económico, de conforto, de segurança e de gestão.

De modo a utilizar tecnologias de energia eficiente, o CEN (Comité Europeu de Normalização) desenvolve em 2007 a norma EN15232 (*Energy performance of buildings – Impact of Building Automation, Controls and Building Management*), influenciando a redação da Directiva anterior. Esta norma, é de extrema importância e visa avaliar a influência da automação e gestão do consumo da energia elétrica nos edifícios.

1.1 Objetivos do trabalho

Este trabalho tem como principal propósito o estudo de edifícios inteligentes e essencialmente suas tecnologias. É necessário para isso, analisar e conhecer várias envolventes referentes ao assunto. A análise das classes de eficiência energética, custos de energia, tecnologias de iluminação, tecnologias de automação e gestão de energia serão alguns dos tópicos abordados.

A ênfase deste trabalho recairá maioritariamente sobre as novas tecnologias e as vantagens que se poderá alcançar com estas.

Um escritório de advogados situado em Lisboa é o cenário escolhido para o estudo de caso que será apresentado. Pretende-se, observar uma análise comparativa entre o projeto elétrico existente e os seus custos de energia, com um projeto onde as novas tecnologias se encontrem implementadas. O objetivo fulcral é assim verificar todas as vantagens associadas à implementação destas tecnologias, relativamente à instalação antecedente. Todas as necessidades do edifício, características construtivas, número de ocupantes, custos, entre outros, serão tidos em conta, no sentido de tornar este estudo o mais credível possível.

1.2 Organização da Dissertação

A dissertação apresentada é composta por cinco capítulos, onde o inicial é meramente introdutório, apresentando o tema e os objetivos a que se propõe.

No segundo, abordou-se o tema dos edifícios inteligentes, fazendo referência à domótica e ao certificado energético e a tudo o que envolve o mesmo.

Já no âmbito dos sistemas ativos, falou-se em tecnologias de automação, mais precisamente do protocolo KNX, no capítulo 4.

O estudo de um caso assume um papel essencial nesta dissertação, sendo apresentado no penúltimo capítulo. Através de um caso real, é possível observar a implementação do sistema e respectivos custos e benefícios.

Por último, surge o capítulo com as conclusões obtidas.

Em anexo poderão ser consultadas: tabelas informativas de protocolos, outras imagens do edifício, tabelas detalhadas do número de luminárias, aparelhos de ar condicionado, etc.

2. Considerações sobre Edifícios

No panorama europeu, é sabido que cerca de 40% da energia é consumida pelo sector dos edifícios. O consumo de energia na Europa pode dividir-se em três principais sectores, como representado na figura:

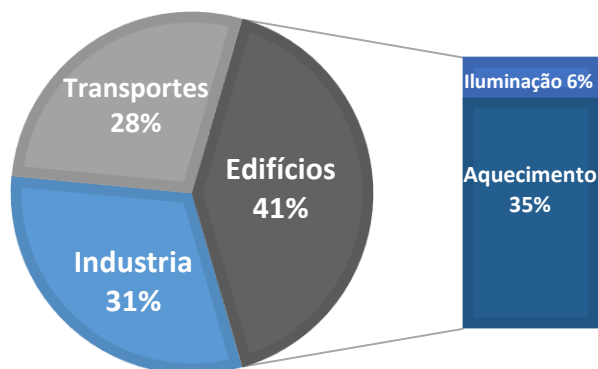


Figura 1-Repartição energética por sectores na Europa. [7]

O consumo em edifícios pode e deve ser reduzido através de medidas de eficiência energética, contribuindo para reduzir as emissões de CO₂, que constituem uma constante preocupação, a nível mundial [7].

A eficiência energética, de uma forma muito sintética e prática, consiste na melhoria da relação entre a quantidade de energia utilizada numa atividade e aquela disponibilizada para sua realização. O desejável será então, uma boa eficiência energética, onde a energia consumida é empregue maioritariamente na atividade em questão, registando-se poucos desperdícios.

2.1 Edifícios Inteligentes

O conceito de Edifícios Inteligentes (EI), ao contrário do que se possa pensar, não é algo recente. Este, já se encontra sob estudo desde os anos 80, nos Estados Unidos da América, onde a nomenclatura era *intelligent building* ou *smart building*. Inicialmente a preocupação, própria da época, seria essencialmente a redução de custos de exploração e construção. Logicamente e com o passar do tempo, tanto os objetivos deste conceito, assim como a sua própria definição, se iriam alargando. Segundo a Associação Brasileira de Automação Residencial (AURESIDE) o conceito de EI envolve mais que a parte do projeto elétrico. Pode ser aplicado aos novos edifícios ou não, e envolve um estudo rigoroso que vai desde a localização do edifício até seus impactos ambientais, passando por todas as variáveis técnicas existentes nos projetos elétricos e hidráulicos.

Não existe uma definição universal para este tema, no entanto quando este é abordado, conceitos comuns são mencionadas. Com a interação e trabalho conjunto de áreas como:

telecomunicações, eletrônica, informática, automação e até arquitetura, é possível então começar a entender o “Edifício Inteligente (EI)”. Ao existir troca de informação entre dois sistemas, e até mesmo com o uso de tecnologias, que satisfaçam e otimizem as necessidades dos utilizadores, pode dizer-se que se está perante um Edifício Inteligente [8].

Para as novas necessidades dos edifícios, começaram por aparecer inúmeros produtos e tecnologias novas, no sentido de retirar proveito da dita comunicação entre sistemas. Uma das barreiras, que surgiu então numa fase inicial, seria a dificuldade de comunicação entre sistemas e equipamentos. Isto é, equipamentos de um mesmo fabricante conseguiam comunicar com um outro, mas dificilmente com um equipamento de um fabricante diferente. Como será exposto posteriormente, este problema tem vindo a ser solucionado, muito por causa do aparecimento de protocolos *standard*. Também os custos de aquisição de algumas tecnologias, inicialmente eram muito elevados, que representava outra barreira, e que levava a uma baixa adesão. Este fator levava ao afastamento de alguns sectores no mercado, como o residencial. Recentemente, e com o aparecimento de novas marcas e equipamentos, torna-se mais acessível a aquisição, abrangendo assim também mais tipos de edifícios.

Face então a uma vertiginosa evolução tecnológica, associada a uma procura incessante de conforto, segurança, flexibilidade e poupança económica (seja em custos diretos ou indiretos), a construção ou a reconversão para Edifícios Inteligentes deve ser seriamente ponderada.

2.1.1 Definição de Edifícios inteligentes

Como já referido, não é possível encontrar uma definição padrão, para Edifício Inteligente. As conceções, ideias e preferências dos Edifícios Inteligentes conseguem até ser distintas em diferentes partes do mundo.

As definições de um EI podem ser agrupada em três categorias [9]:

- Definições baseada no desempenho (performance) – Em vez de enfatizar as tecnologias ou sistemas a usar, a atenção recai no desempenho que o edifício deve ter, e para os pedidos dos seus utilizadores;
- Definições baseadas em serviços – Os EIs baseiam-se nos seus serviços e ou qualidade dos serviços prestados pelos edifícios, baseando-se em funções de comunicação, automação de escritório e edifícios;
- Definições baseadas em sistemas – Nesta definição os EIs são baseados nas tecnologias e sistemas que os mesmos edifícios devem conter. Devem conseguir, uma automação de edifícios e escritórios, sistemas de comunicação entre redes, e que haja uma ligação de estruturas, sistemas, serviços e gestão.

2.1.2 Domótica

Domótica é uma palavra que resulta da união da palavra oriunda do latim “*Domus*”, que significa casa, com a palavra “Robótica”, que se encontra ligada à ação de automatizar, ou seja, de realizar funções de forma automática.

Podendo correlacionar-se com o EI, também a Domótica teve o seu aparecimento nos anos 80, onde se pretendia interligar os recursos habitacionais, existentes da época. O mesmo se pretende nos dias de hoje, mas podemos registar algumas diferenças. Essas diferenças passam por exemplo pelos contextos para o qual o sistema está pensado, as novas necessidades e as novas tecnologias que permitem minimizar esforço e custos, e aumentar o conforto, comunicação, segurança e eficiência. Estes melhoramentos de vida e comodidade estão associados a tecnologia, mas a facilidade de utilização é um aspeto que igualmente se deve ter em conta.

Em suma, a domótica utiliza e associa as vantagens de diversas áreas, como telecomunicações, eletrónica, informática, de forma a obter uma utilização e uma gestão integrada dos diversos equipamentos de um edifício habitacional. Esta associação tem em vista uma menor intervenção humana, garantindo como já foi referido maior conforto, flexibilidade, utilidade, simplicidade e ganhos a nível energético e monetário. No entanto, é de frisar que as tecnologias de domótica têm um funcionamento de modo distribuído. Significando que devem funcionar de forma independente, não implicando a paragem de todo o sistema, por falha de um dado dispositivo.



Figura 2-Concepto de Domótica. [29]

Quando os conceitos em cima abordados não são aplicados a nível residencial mas a edifícios de serviço (como por exemplo, para hotéis, bancos, museus, universidades, escritórios, etc.), o termo Gestão Técnica Centralizada ou Inmótica é o adequado, assumindo-se assim como os chavões corretos. De notar, que numa habitação é desejável que o sistema seja o mais simples

e intuitivo possível, uma vez que o utilizador, à partida, é um utilizador “comum”. Já nos edifícios de serviços, possivelmente o grau de sofisticação poderá exigir ou não, uma formação, a pessoal que será responsável pela gestão técnica do edifício.

2.1.3 Vantagens da Integração

Como já foi mencionado anteriormente, a integração assume uma assaz importância no contexto dos edifícios inteligentes. À medida que os edifícios se tornam mais caros e complexos, e que aumenta o número e a sofisticação de tecnologias, torna-se favorável que vários sistemas comuniquem entre si, trocando informação e cooperando para atingir objetivos comuns. A integração deve ser então o mais abrangente possível. A solução ótima corresponde a uma sobreposição dos vários domínios.

Sumariamente podemos constatar algumas das vantagens que este tema nos proporciona:

- Melhor aproveitamento dos recursos existentes e uma maior eficácia na sua utilização;
- Novas funções, proveniente da interação e cooperação entre sistemas e aplicações;
- Reações mais coordenadas e rápidas;
- Capacidade de correlacionar informação, de a processar e de otimizar decisões;
- Acesso aos vários sistemas através de um mesmo ponto, oferecendo uma utilização mais simplificada, flexível e eficaz;
- Aumento de produtividade, facilitando a execução de tarefas;
- Retorno financeiro e poupança a médio/longo prazo;
- Segurança e tranquilidade ao utilizador;
- Monitorização de consumos/racionalização de energia.

2.2 Certificação Energética

A Certificação Energética vem então ao encontro destes objetivos e a atribuição de um certificado demonstra a classificação energética de um edifício ou fração dando informação sobre o seu desempenho energético.

O Certificado Energético além de apresentar uma estimativa do consumo de energia, permite identificar as medidas que melhorem a eficiência energética, possíveis investimentos, retorno financeiro, entre outros.

A já mencionada, diretiva da União Europeia, *Energy Performance of Building Directive (EPBD)*, considera que para o cálculo de eficiência energética em relação a Desempenho Energético dos Edifícios, devem considerar-se determinadas formas de utilização de energia térmica e elétrica:

- Aquecimento;
- Arrefecimento;
- Ventilação;
- Iluminação;
- Águas Quentes Sanitárias (AQS);
- Energia auxiliar.

Através de uma comparação desse mesmo valor com valores de referência é possível determinar o valor da eficiência energética. Esta determinação pode traduzir-se por exemplo num certificado energético como aquele que é atribuído em Portugal.

2.2.1 Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)

O Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior (CE) de um edifício ou fração autónoma é um documento emitido no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE), que classifica cada imóvel em termos do seu desempenho Energético. O pedido de realização deste Certificado é de inteira responsabilidade do proprietário.

Em determinada altura, surgiu a necessidade das entidades competentes assumirem um papel mais ativo, no sentido de responder ao desafio de elevar a eficiência energética, reduzir o consumo energético e por consequência, reduzir drasticamente as emissões de CO₂. Tais objetivos eram essenciais, não só na Europa como no resto do mundo, de modo a cumprir compromissos ambientais e cívicos.

Surge então, a já mencionada Diretiva nº 2010/31/EU (posterior a outra), do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD). Esta Diretiva, transposta para a legislação dos Estados-Membros da União Europeia, estabelece que devem implementar um Sistema de Certificação Energética. Este sistema, visa assim informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, não esquecendo também os edifícios públicos e ou visitados pelo público.

Esta declaração avalia a eficiência energética de um imóvel numa escala de A+ (muito eficiente) a F (muito pouco eficiente), emitido por técnicos autorizados pela ADENE (Agência para a Energia), instituição governamental que rege todo este processo de certificação. Nos edifícios novos (com pedido de licença de construção após entrada em vigor do SCE), as classes energéticas variam apenas entre as classes A+ e B-, enquanto os edifícios existentes podem ter qualquer classe das referidas anteriormente. No Certificado é possível consultar ainda informação,

sobre as características de consumo energético relativas a climatização e águas quentes sanitárias, medidas de melhoria para reduzir o consumo, investimentos e retornos, entre outras.

Embora o número de classes na escala seja o mesmo em edifícios residenciais e de serviços, estes apresentam indicadores e formas de classificação diferentes.

- Em Edifícios residenciais: pretende “tabelar” (de A+ a F) cada edifício ou fração e informar os proprietários, compradores ou arrendatários, quanto à sua eficiência energética e consumos de energia esperados na sua utilização;
- Em Edifícios de serviços: para além da eficiência energética, pretende assegurar aos utentes que o edifício ou fração reúne condições que garantem a adequada qualidade do ar interior [10].

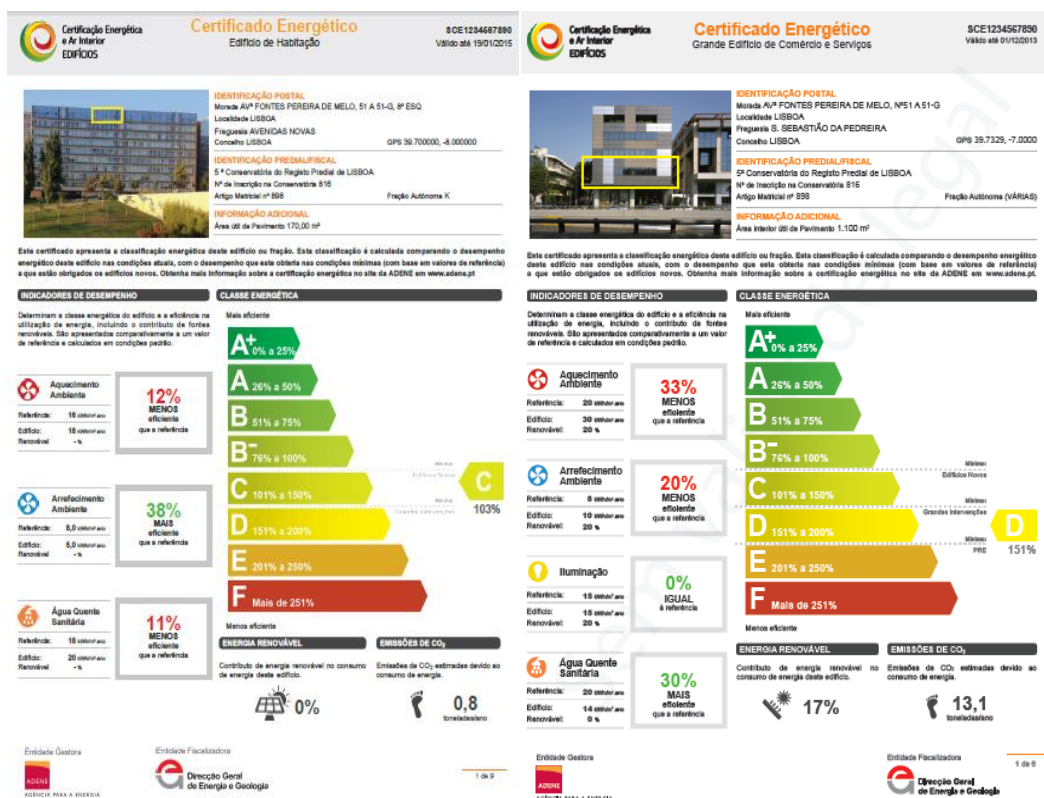


Figura 3-Exemplos de Certificados Energéticos. [30]

2.2.2 Importância do Certificado Energético

A Certificação Energética desempenha um papel relevante nos mesmos edifícios, uma vez que permite aos utentes obter informação sobre o desempenho energético dos mesmos. Deste modo, os consumos e a eficiência energética são um credível fator, numa possível compra, venda ou aluguer de um imóvel. Esta “garantia” vem desta forma contribuir para transações mais justas para

todos, no que respeita ao negócio imobiliário, mas também aumentar a eficiência energética, resultando logicamente num decréscimo do consumo.

Nos edifícios novos, consegue servir igualmente de mecanismo de verificação do cumprimento dos requisitos térmicos a que esses edifícios estão sujeitos, assim como divulgação. Já no que respeita aos edifícios existentes, reveste de importante elemento de promoção, bem como de identificação de quais as medidas que podem conduzir a uma melhoria no desempenho energético e conforto. Estes aspetos são cruciais, uma vez que permitem aos utilizadores dos edifícios reduzir a sua fatura energética.

2.2.3 Determinação da Classe Energética

São diversos os fatores que podem influenciar na determinação da classe energética de um edifício. É possível enumerar facilmente alguns desses elementos, tais como:

- Localização do imóvel;
- Características construtivas (paredes, coberturas, pavimentos e envidraçados);
- Forma e sistema de ventilação (natural ou mecânica);
- Forma e sistema de climatização (ventilação, aquecimento e arrefecimento);
- Equipamentos e tipo de combustíveis associados à produção de águas quentes sanitárias;
- Existência de aproveitamento de energias renováveis.

Com base nestes pontos e nas necessidades anuais de energia primária, recorre-se então a uma fórmula matemática para aferir a classe energética.

No caso de pré-certificados e certificados SCE de edifícios de habitação, a classe energética é determinada através do rácio de classe energética (R_{Nt}):

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \qquad \text{Expressão (1)}$$



Classe Energética	Valor de R_{nt}
A +	$R_{nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{nt} \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq R_{nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{nt} \leq 2,50$
F	$R_{nt} \geq 2,51$

Figura 4 – Classe Energética em função do rácio. [31]

Onde:

N_{tc} - valor das necessidades nominais anuais de energia primária

N_t - valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária

(ambos calculados de acordo com o disposto no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação)

Já no caso de pré-certificados e certificados SCE de edifícios de comércio e serviços, a tabela que relaciona a classe energética e o valor do rácio é idêntica à expressão (1). No entanto a classe energética é determinada através do rácio de classe energética (R_{IEE}):

$$R_{IEE} = \frac{IEE_S - IEE_{REN}}{IEE_{ref,S}} \quad \text{Expressão (2)}$$

Onde:

IEE_S - Indicador de Eficiência Energética (consoante o tipo de edifício e se se trata de novo, existente ou sujeito a grande intervenção relativamente aos consumos do tipo S).

Tipo S – para aquecimento e arrefecimento ambiente, incluindo humidificação e desumidificação, ventilação em sistemas de climatização, aquecimento de águas sanitárias e de piscinas, iluminação interior, elevadores, escadas e tapetes rolantes (a partir de 1 de janeiro de 2016), iluminação exterior (a partir de 1 de janeiro de 2016).

$IEE_{ref,S}$ - Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos anuais de energia do tipo S (serviços).

IEE_{REN} - Indicador de Eficiência Energética renovável associado à produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis.

2.2.4 Validade dos Certificados

O prazo de validade dos certificados energéticos pode variar consoante a natureza do edifício e o seu contexto de utilização. Segundo o Decreto-Lei 118/2013 de 20 de agosto, posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015 de 20 de abril, prazos de validade correspondem a:

- Edifícios de habitação - 10 anos;
- Pequenos edifícios de comércio e serviços - 10 anos;

- Grandes edifícios de comércio e serviços - 6 anos, para certificados SCE emitidos até 30 de abril de 2015;
- Grandes edifícios de comércio e serviços - 8 anos, para certificados SCE emitidos após 30 de abril de 2015.

Adicionalmente, são ainda previstos os seguintes prazos de validade:

- Edifícios em tosco (edifício inacabado) - 1 ano (prorrogável por solicitação à ADENE);
- Edifícios de comércio e serviços existentes que não disponham de plano de manutenção atualizado - 1 ano (não prorrogável);
- Edifícios de comércio e serviços existentes sujeitos a Plano de Racionalização Energética - 6 anos, para certificados SCE emitidos até 30 de abril de 2015;
- Edifícios de comércio e serviços existentes sujeitos a Plano de Racionalização Energética - 8 anos, para certificados SCE emitidos após 30 de abril de 2015;
- Edifícios de comércio e serviços devolutos, para efeitos de venda ou locação - 1 ano (prorrogável por solicitação à ADENE).

2.2.5 Custo dos Certificados

Em função das regras de mercado e da concorrência, os certificados energéticos podem ter preços variados. Existem duas componentes essenciais que regem o efetivo custo.

- A primeira é relacionada com os honorários do Perito Qualificado (que é solicitado para fazer o trabalho) e não possui valor tabelado (podendo variar de acordo com a complexidade do edifício, quantidade, etc.);
- A segunda é associada às taxas de registo e emissão do certificado para um edifício. Consoante se tratar de edifícios de habitação ou de comércio e serviços as taxas serão variáveis.

Nos edifícios de Habitação, o valor varia consoante as tipologias, ou seja, dependendo do número de quartos de dormir existentes.

Já no caso dos Edifícios de Comércio e Serviços, o que afeta as taxas, é a sua área (excluindo a área de espaços complementares). Assim, quanto maior área o edifício apresentar, também mais dispendioso serão as taxas em questão.

Pode ficar isento das taxas, o edifício que já apresente um certificado energético (dentro da sua validade) ou tenha realizado as melhorias de classe energética sugeridas pelo documentos e após a implementação o edifício obter no mínimo B- [11] [12].

2.2.6 Obrigatoriedade dos Certificados

No dia 1 de Dezembro de 2013, entrou em vigor o atual sistema de Certificação Energética dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto. Desde 2007 que a Certificação Energética seria obrigatória, primeiramente para novos edifícios (com mais de mil metros quadrados de área) e, desde 2009, também para os edifícios existentes. No caso das habitações, numa fase inicial o certificado energético era exigido na venda ou arrendamento, vindo isso a ser modificado na atual legislação, para uma obrigatoriedade no momento do próprio anúncio.

O atual diploma em questão, resulta da fusão, mantendo as linhas gerais de três: SCE (Sistema de Certificação Energética), REH (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação) e RECS (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços). A fiscalização do SCE ficou ao cargo da Direção-Geral de Energia e Geologia, enquanto a ADENE, (anterior entidade fiscalizadora), fica inteiramente responsável pelas questões operacionais do SCE.

Encontram-se abrangidos pelo Sistema de Certificação Energética os Edifícios ou Frações:

- Novos
- Sujeitos a grandes intervenções
- Destinados a comércio e serviços:
 - Com área útil de pavimento igual ou superior a 1000 m² ou centros comerciais, hipermercados, piscinas cobertas igual ou superior a 500 m²;
 - Propriedade pública com área útil ocupada por uma entidade pública e visitada pelo público superior a 250 m²;
- Existentes a partir do momento da sua venda, locação ou dação, posterior ao diploma, exceto em determinados casos:
 - Locação do lugar de residência habitual do senhorio por prazo inferior a 4 meses;
 - Locação a quem seja já locatário da coisa locada.
 - Venda ou dação em cumprimento a comproprietário, em processo executivo, a entidade expropriante ou para demolição total, confirmada por entidade competente.

Encontram-se excluídos do Novo SCE, Instalações, Edifícios ou Frações:

- Agrícolas ou Industriais;
- Usados como locais de culto ou para atividades religiosas;
- Destinadas a armazéns, estacionamento, oficinas ou similares;

- Unifamiliars com área útil igual ou inferior a 50 m²;
- Devolutos comerciais e de serviços, até serem vendidos ou locados (após entrada em vigor do diploma);
- Em ruínas;
- Militares ou afetos aos sistemas de informações ou a forças e serviços de segurança sujeitas a controlo e confidencialidade;
- Monumentos e edifícios classificados ou em vias disso, e aqueles a que seja reconhecido valor histórico ou arquitetónico por entidades competentes;
- Integrados em sítios classificados ou em vias disso, dentro de zonas de proteção, quando seja declarado por entidade competente para o efeito, que o cumprimento de requisitos mínimos de desempenho energético é suscetível de alterar o seu aspeto de forma inaceitável;
- De comércio e serviços integrados em instalações enquadradas no regime do Sistema da Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE).

No caso de incumprimento deste requisito, os responsáveis veem-se sujeitos a contraordenações. Estas coimas previstas por lei, podem ir dos 250 euros aos 3.740 euros, no caso dos particulares e dos 2.400 aos 45.000 euros, no caso das empresas [13].

2.2.7 Panorama Nacional

O gráfico da figura 5, é referente aos certificados energéticos emitidos em Portugal nos últimos oito anos, e através deste é possível retirar algumas ilações. No ano 2007 começou a obrigatoriedade de certificados energéticos para venda ou arrendamento de edifícios novos (com mais de mil metros quadrados de área), mas constatando um número reduzido (1710) de registos. O maior número registado, foi então em 2009 (189613), com a obrigatoriedade para edifícios novos e existentes, tendo vindo a ter um ligeiro decréscimo, ano após ano, até 2013. No entanto, em 2014 regista-se novamente uma subida face a 2011, 2012 e 2013, sendo este aumento, explicado pela entrada da legislação de 2013, onde o documento passou também a ser exigido assim que o imóvel é anunciado. A subdivisão nos dois últimos anos é referente aos edifícios de Habitação (90%) e aos de Serviços (10%).

Em termos cumulativos, entre 2007 e 2014, foram emitidos aproximadamente 755.000 certificados energéticos.

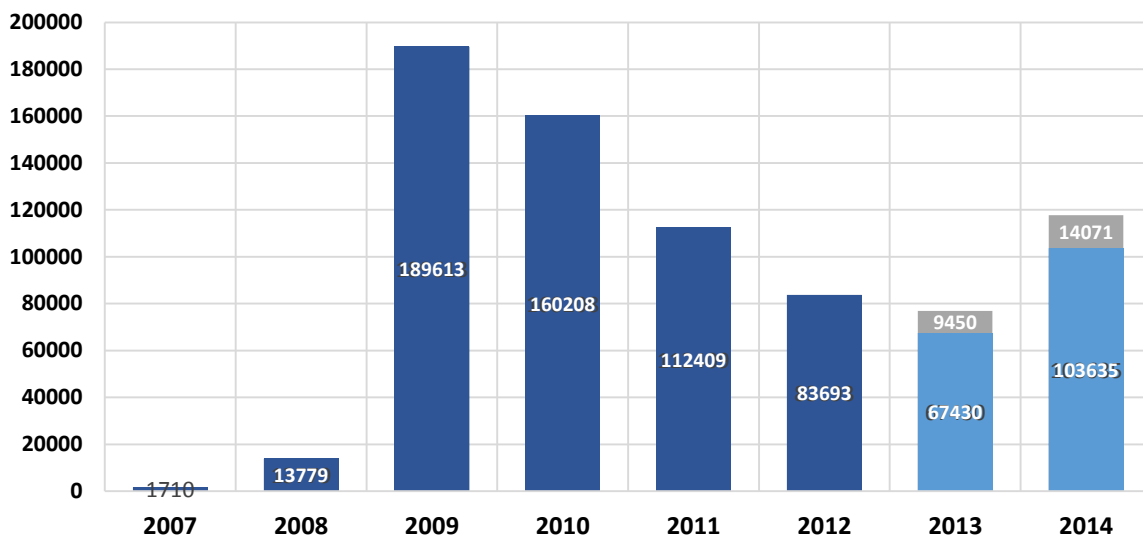


Figura 5 – Emissão de certificados energéticos de 2007 a 2014 e caracterização de 2013 e 2014. [15]

Segundo a Direção de Auditoria de Edifícios da ADENE, Portugal ainda tem um longo caminho pela frente, no que diz respeito à melhoria de eficiência energética em edifícios e consequentemente na classe energética dos mesmos.

No nosso país, a classe de eficiência energética média é C, com 32,2%, uma classe abaixo daquela que é exigida aos edifícios novos (B-). No gráfico seguinte, relativo ao período entre 1 de dezembro de 2013 e 30 de junho de 2014, pode-se constatar isso mesmo, assim como a fraca percentagem de classes A+ (0,9%), A (3,8%) e B (6,7%).

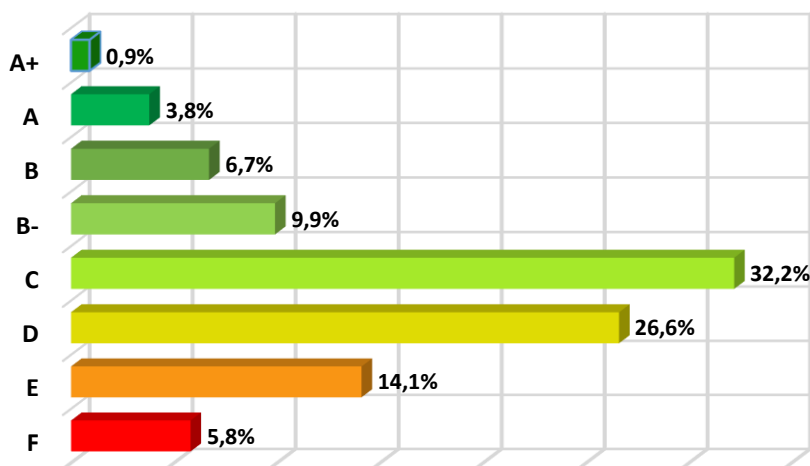


Figura 6 – Percentagem de classes energéticas em Portugal entre 01/12/2013 e 30/06/2014

Uma justificação para este cenário, poderá estar relacionado essencialmente com três fatores:

- Desempenho térmico, associado a isolamentos, paredes, janelas (importância dada a estes fatores é relativamente recente) – *componente passiva*;

- Falta de equipamentos de elevado grau de eficiência e baixo consumo de energia - *componente ativa*;
- Falta de contributos de energia renováveis [14] [15].

2.3 Norma EN15232

Como foi mencionado previamente, devido a preocupações ambientais e económicas a UE publicou a diretiva (EPBD), de forma que os países membros transpusessem para a sua legislação. Contudo, esta diretiva detinha lacunas relativamente à adoção de procedimentos para a automação de edifícios. Apurada essa necessidade, foi então, requerida uma nova regulamentação, à União Europeia e ao Comité Européen de Normalisation, no sentido de colmatar essas falhas. Assim, chegaria a norma europeia EN15232 de 1 de Novembro de 2007, intitulada “*Energy performance of buildings – Impact of Building Automation, Control and Building Management*”, em português “Desempenho energético dos edifícios – Impacto da Automação de Edifícios, Controlo e Gestão de Edifícios”.

O objetivo desta norma é complementar a EPBD, de forma a aumentar o desempenho energético dos edifícios dos estados membros da EU.

Com o objetivo de avaliar o impacto energético das funções de sistemas de automação e controlo de edifícios (*Building Automation Control System - BACS*) e de gestão técnica de edifícios (*Technical Building Management - TBM*) a EN15232 individualizou determinados métodos.

- Os BACS proporcionam automação e controlo de sistemas de aquecimento, ventilação, águas quentes sanitárias (AQS) ou iluminação, aumentando a eficiência energética e operacional.
- O TBM, incumbido da gestão de edifícios, fornece informações relativas à operação, manutenção e gestão de edifícios, (essencialmente para gestão de energia) [7].

2.3.1 Classes de Eficiência dos Edifícios

Do ponto de vista da eficiência energética, a norma EN15232, apresenta uma classificação de classes energéticas. Neste caso, possui quatro, que vai desde “A”, representando edifícios com elevado desempenho BACS, até “D”, revelando ineficiência ou inexistência nos mesmos.

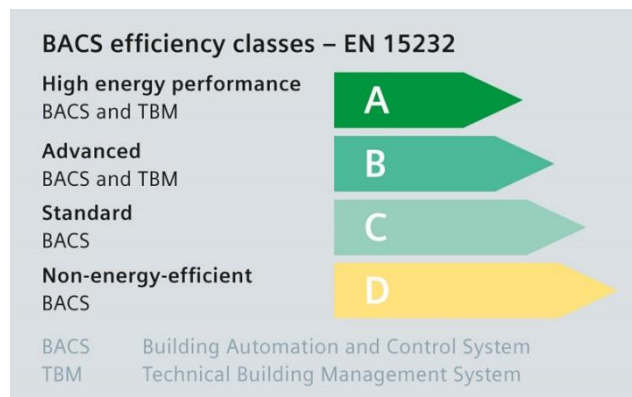


Figura 7 - Classes energéticas da norma europeia EN15232. [7]

Tabela 1 - Características das classes energéticas da norma EN15232. [7]

Classe	Eficiência Energética
A	Corresponde a um elevado desempenho energético dos BACS e TBM: <ul style="list-style-type: none">• Automação de divisões ligadas em rede com controlo automático de consumos;• Manutenção programada;• Monitorização de energia;• Otimização de energia sustentável.
B	Corresponde a BACS avançados e algumas funções específicas de TBM: <ul style="list-style-type: none">• Automação de divisões ligadas em rede sem controlo automático de consumos;• Monitorização de energia.
C	Corresponde a BACS convencionais (classe de referência): <ul style="list-style-type: none">• Automação básica de edifícios;• Sem controlo eletrónico de divisões;• Sem monitorização de energia.
D	Corresponde a BACS ineficientes ou inexistentes. <ul style="list-style-type: none">• Sem função de automação de edifícios;• Sem automação eletrónica de divisões;• Sem monitorização de energia.

2.3.2 Perfis de Ocupação de Edifícios

Nesta secção faz-se uma breve análise a perfis de utilização de diferentes tipos de edifícios (dado fornecido pela norma EN15232:2012). Com estes perfis é possível perceber a taxa de ocupação durante as diferentes horas do dia e retirar importantes ilações.

Através de uma mera observação é possível verificar o potencial de poupança energética em determinados edifícios.

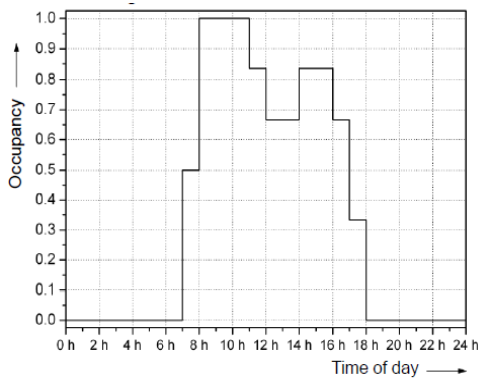


Figura 9 - Perfil de utilização de escritórios [7].

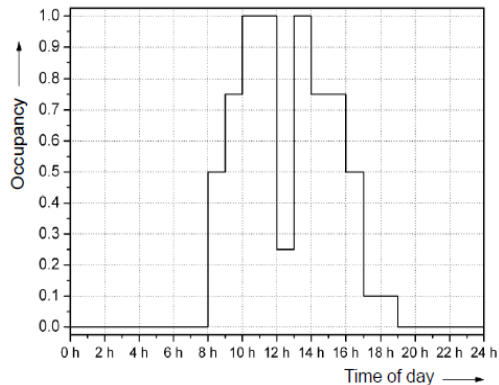


Figura 8 - Perfil de utilização de salas de aula ou auditórios [7].

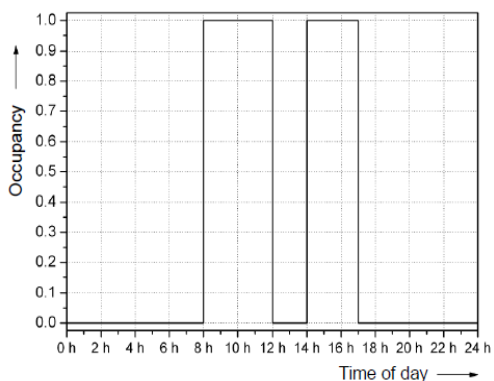


Figura 11 - Perfil de utilização de escolas [7].

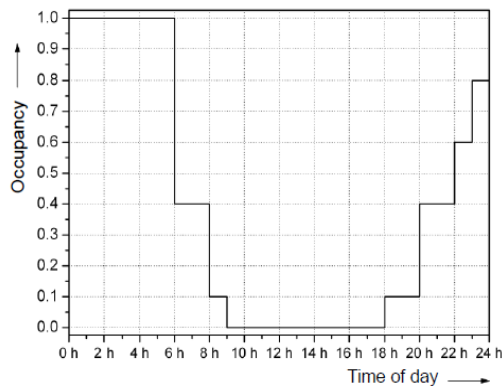


Figura 10 - Perfil de utilização em hotéis [7].

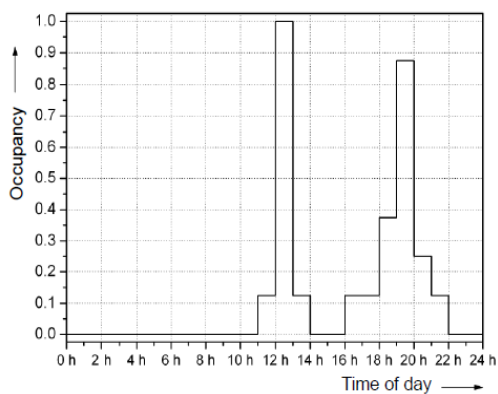


Figura 13 - Perfil de utilização em restaurantes [7].

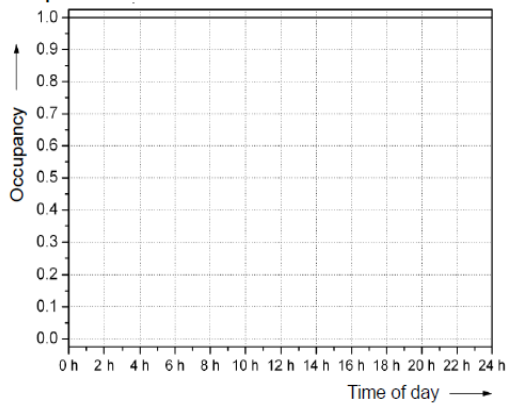


Figura 12 - Perfil de utilização em hospitais [7].

3. Sistemas Standard / Protocolos

De encontro com o que se tem vindo a expor e em termos de integração de sistemas, surge então a necessidade de existir uma “linguagem”, para que os ditos sistemas, sensores e atuadores, consigam comunicar entre si. Devemos desta forma assim abordar e estudar os protocolos.

Um protocolo é o método, ou forma normalizada de comunicação entre equipamentos, onde através de um conjunto de regras e procedimentos, é possível a comunicação entre processos, que se podem executar com máquinas diferentes ou não. Com a ligação de vários equipamentos, obedecendo ao mesmo protocolo normalizado é então possível a troca de dados nesta rede. As tecnologias *standard*, são usualmente fruto de uma aliança entre vários fabricantes, o que facilita e promove o desenvolvimento dos protocolos de comunicação, visto que estes são abertos e estão disponíveis a qualquer entidade.

Consoante o sistema que se está a abordar, a escolha do protocolo entre os dispositivos da rede poderá ser diferente. Cada protocolo poderá utilizar um ou mais meios físicos, tendo como exemplo: par trançado, linha de potência, CAT 7, entre outros.

É vasta a variedade de protocolos normalizados e sistemas *standard* direcionados para a Domótica, no entanto, vale a pena lançar um breve olhar sobre os mais relevantes. De forma sumária, é possível analisar as tabelas 13,14 e 15, em anexo, que contêm diversos conhecidos protocolos, assim como as respetivas características.

3.1 Introdução ao KNX

A tão debatida eficiência energética, associada ao conforto e flexibilidade na gestão de edifícios, juntamente com o desejo de uma maior comodidade, segurança e redução de consumos de energia, representa uma preocupação incessante no sector dos edifícios. E tais objetivos podem ser alcançados com o auxílio de sistemas de domótica ou gestão técnica.

Com o intuito, de se criar um *standard* único para a domótica e automação que pudesse cobrir todas as necessidades dos edifícios na Europa, procurando uma compatibilidade entre produtos de diferentes fabricantes, foi concebido o KNX. Dentro destas necessidades, era pretendida uma melhoria nas prestações dos diversos meios físicos de comunicação, a implementação da filosofia *Plug&Play* (*ligar e usar*), o desenvolvimento da telegestão, entre outros. Este *standard*, viria a competir, nas diferentes vertentes, qualidade, prestação e preço, com outros sistemas Americanos já existentes, como o Lonworks ou CEBus.

O KNX, assume-se como um protocolo *standard*, com um vasto leque de meios de transmissão, configurações, compatibilidades e fabricantes, podendo, ser utilizada num edifício novo ou existente, seja ele residencial ou de serviços.

A sigla KNX é derivada de *KONNEX* e foi criado em 1999 pela *KNX Association*, sendo este, resultado da convergência de três conhecidos Standards Europeus de Automação Predial e Residencial: EIB (*European Installation Bus*), BatiBus (*Batibus Club International*) e EHS (*European Home Systems*).

O KNX torna-se em 2006 um *standard* mundial através da publicação da norma – ISO/IEC 14543-3, com protocolo aberto para a Automação Predial e Residencial [16].



Figura 14 – Logótipo da tecnologia standard KNX. [16]

3.2 Protocolos que Formaram o KNX

3.2.1 EIB



O protocolo de comunicação EIB (*European Installation Bus*), foi desenvolvido na década de 90 por um conjunto de empresas do mercado Europeu de material eléctrico, a EIBA (*European Installation Bus Association*). O objectivo central, seria a criação de um standard Europeu de alta fiabilidade e eficiência, que permitisse a comunicação entre todos os dispositivos de uma instalação, já que o Japão e os Estados Unidos já detinham produtos e sistemas semelhantes (assumindo-se dominantes no mercado).

Esta tecnologia utiliza uma única linha de comando de expansão radial que possibilita a transmissão de todas as funções, reduzindo o número de cabos, mas ao mesmo tempo sem ampliar os custos de instalação. O sistema EIB é descentralizado e é distribuído ponto a ponto. Ou seja, cada elemento pode comunicar com os restantes, aumentando a rapidez e distribuindo a inteligência entre aparelhos (podendo conter até 65536 dispositivos).

Com a função de monitorização e controlo de serviços (como a iluminação, aquecimento, ventilação e AVAC e segurança), seria vantajosa a sua utilização em centros comerciais, escolas, hospitais e fábricas, assim como em pequenas vivendas ou apartamentos.

Em termos de meios de Transmissão o sistema EIB pode ter como suporte:

- EIB.TP – par de condutores entrançados (9600 bit/s);

- EIB.PL – rede elétrica (1200/2400 bit/s);
- EIB.RF – radiofrequência;
- EIB.net – (10 Mbit/s em Ethernet);
- EIB.IR – infravermelhos;
- EIB.MMS – permite adicionar serviços multimédia dedicados [17] [18].

3.2.2 BatiBUS



O sistema BatiBUS surge em França em 1988, através de *Merlin Gerin*, AIRELEC, EDF e LANDIS & GYR. O dito sistema surge com o intuito inicial de interligar sensores inteligentes, atuadores e unidades terminais de controlo num edifício, assumindo-se como o primeiro cabo bus de campo a aparecer no mercado.

A conceção de produtos que comunicariam sobre BatiBUS, foi então o passo seguinte que surgiria em 1989 com a criação do *BatiBUS Club International* (BCI).

Em termos de topologia de rede, pode usar: bus, estrela, *token-ring* (topologia lógica em anel e física em estrela), ou combinações destas. A sua arquitetura flexível torna o sistema fácil de aumentar.

O seu protocolo é aberto e opera de uma forma distribuída sem um ponto de controlo central, onde todos os dispositivos podem comunicar se a linha estiver disponível.

Através de endereços BatiBus, que são definidos na altura da instalação, os módulos podem comunicar entre si. Para essa atribuição de endereços podem ser usados seletores rotativos, interruptores ou teclados com displays. Para sistemas mais complexos, o controlo pode ser programado a partir de um módulo de comando central.

Sempre que se torne necessário modificar o posicionamento dos módulos ou das funções usadas, basta mudar o endereço ou ligar um componente adicional ao bus.

A comunicação é feita através do cabo bus, par entrançado, isolado ou não, a uma taxa de transmissão de 4800 bps, sendo o suficiente para controlar as operações do edifício. Este envio da informação é descrito em termos de tramas [17] [18].

3.2.3 EHS



Na década de 80, nascia na Europa, o *European Home Systems* (EHS), proveniente dos programas EUREKA e ESPRIT e apoiado pela Comissão Europeia. Assim como nos sistemas anteriores, o objetivo central seria a interligação entre dispositivos utilizados em edifícios. Este sistema pretendia abranger maioritariamente residências com necessidade de automação, uma vez que os outros sistemas existentes, mais potentes, tinham um custo substancialmente superior. É um sistema de rede completo que suporta todas as funções domóticas de uma forma modular, facilmente extensível e automaticamente configurável.

Este sistema com gestão distribuída e funções de controlo em diversos meios de comunicação era detentor de um protocolo aberto. Quer isto dizer, que qualquer fabricante associado ao EHS pode desenvolver produtos e dispositivos que “falem a mesma língua”.

Com a sua funcionalidade *Plug&Play*, assegura ao consumidor:

- Compatibilidade total entre dispositivos EHS;
- Configuração automática dos dispositivos, mobilidade dos mesmos e ampliação fácil das instalações;
- Compartilhar o mesmo meio físico entre diferentes aplicações sem interferir entre elas.

A configuração deste sistema usa códigos únicos de endereçamento, permitindo a cada secção de rede utilizar até 256 terminais endereçáveis (sensores e atuadores). As secções de rede, podem ser interligadas, permitindo o aumento da sua capacidade até 1012 endereços. Quando o sistema arranca, uma unidade de sistema (*System Unit*) atribui os endereços a cada um dos dispositivos existentes no bus e estabelece a comunicação entre eles.

A informação é transmitida através de pacotes de informação e atualmente são usados os seguintes meios:

- PL-2400: Ondas Portadoras a 2400 bps;
- TP0: Par Entrançado a 4800 bps (idêntico ao nível físico do BatiBUS);
- TP1: Par Entrançado/Coaxial a 9600 bps;
- TP2: Par Entrançado a 64 kbps;
- IR-1200: Infravermelhos a 1200 bps;
- RF-1100: Radiofrequência a 1100 bps [17] [18].



Figura 15-Logótipo inicial da Associação Konnex, formada pela união dos protocolos EHS, BatiBUS e EIB [33].

3.3 Áreas de Aplicação

A aplicação da tecnologia KNX é vasta, podendo ser usada na área do controlo e gestão de edifícios. Possui uma enorme versatilidade, sendo útil e vantajosa em variados tipos de edifícios, como edifícios de escritórios, espaços comerciais, bancos, hotéis, escolas, hospitais, e em residências. Com um único cabo (bus), é realizada uma comunicação entre os dispositivos existentes na rede, onde de forma descentralizada garantem a gestão com grande fiabilidade e continuidade de serviço.

É possível realçar diversas aplicações que esta tecnologia permite integrar, tais como:

- Controlo de Iluminação
- Controlo de climatização (controlo ventilação, AVAC...)
- Protecção solar (controlo de persianas e estores...)
- Segurança (contra intrusão, incêndio, fuga de gás...)
- Contagem e Gestão energética
- Operação
- Automatização
- Temporização
- Controlo de água (sistemas de rega...)

Entre muitas outras aplicações com comando local ou à distância, com sistemas de visualização e supervisão.



Figura 16 - Aplicações e funcionalidades do sistema KNX [19].

3.4 Características

3.4.1 Qualidade de Produtos

O KNX é um *standard* aberto e livre a nível internacional para edifícios, tendo a tecnologia sido aprovada:

- Em 2003 como Norma europeia CENELEC EN 50090 e em 2006 CENELEC EN 13321-1, EN1332-2 (KNXnet/IP);
- Em 2005 como Norma dos EUA ANSI/ASHRAE 135; [20]
- Em 2006 como Norma internacional ISO/IEC 14543-3;
- Em 2013 como Norma chinesa GB/T 20965;

A associação KNX exige elevados níveis de controlo de qualidade e produção, durante todas as fases de vida dos produtos.

É possível verificar-se isso, uma vez que todos os membros fabricantes de produtos KNX antes de se poderem candidatar a uma certificação dos produtos, devem comprovar a certificação pela ISO 9001 (norma internacional para a certificação de gestão da qualidade). Os produtos devem ainda cumprir requisitos das normas europeias e internacionais para sistemas de domótica [20].

3.4.2 Plurivalência

O KNX pode ser instalado tanto em casas pequenas, como em grandes edifícios, sejam eles residências, escritórios, hotéis, escolas, centros comerciais, etc.

O sistema pode ser implementado em edifícios novos ou já existentes, possibilitando que as instalações sejam facilmente alargadas e adaptadas a novas necessidades, como por exemplo a mudança de finalidade de um edifício [20].

3.4.3 Ligação a outros Sistemas

Diversos fabricantes KNX criam *gateways* (módulos de interface entre sistemas) por forma a garantir a comunicação entre diferentes sistemas, como o DALI para o controlo de iluminação, controlo de AVAC, redes de telefone, ou até mesmo redes multimédia [20].

3.4.4 Independência

Esta tecnologia não é dependente de qualquer *hardware* ou *software*, podendo trabalhar em qualquer plataforma de microprocessador. O uso da norma é completamente gratuito e livre de taxas adicionais, para membros da Associação KNX [20].

3.5 Meios de Comunicação

O sistema KNX, como já foi mencionado, baseia-se numa topologia descentralizada, na qual sensores e atuadores comunicam entre si. Esta comunicação é feita através de datagramas, que contêm os dados a transmitir e o endereço do destinatário. Todos os atuadores recebem o telegrama mas apenas o que tem o endereço do destinatário executa a ação estipulada.

São vários os meios de transmissão do sinal, podendo cada um ser usado conjuntamente com outros, podendo-se escolher a combinação adequada consoante as necessidades. As várias tecnologias interligam-se através de acopladores que fazem a ponte entre o cabo de bus e os restantes suportes de transmissão.

São em seguida descritos de forma sucinta os meios de comunicação considerados mais importantes.

3.5.1 TP (Twisted Pair)

O cabo entrançado representa o primeiro meio de comunicação a ser disponibilizado e é proveniente da tecnologia EIB. Neste que é o meio de comunicação mais popular, encontra-se um cabo entrançado de bus com dois pares de condutores, sendo a alimentação (24V DC), fornecida através destes mesmos referidos condutores. Trabalha a uma velocidade de transmissão de 9600 bits/s, para a comunicação entre dispositivos, na mesma linha bus [20].

3.5.2 PL (*Powerline*)

Numa situação, onde não seja possível instalar o cabo bus, como numa renovação ou ampliação de uma instalação, este é um método possível. Derivado também da tecnologia EIB, a transmissão de sinal é realizado através da rede elétrica existente.

A velocidade de transmissão de dados atinge os 1200 bits/s, um valor substancialmente inferior em comparação com outros [20].

3.5.3 RF (Radiofrequência)

Este método de transmissão, realiza a comunicação através sinais de rádio, podendo ser optado em situações onde não se deseja ou não é possível instalar o cabo bus ou a rede elétrica. A informação transmitida usa uma frequência de 868 MHz, com uma potência de radiação máxima de 25 mW e com uma velocidade de 16.384 Kbits/s. Este modo, é caracterizado também pelo seu baixo consumo de energia.

3.5.4 IP (Internet Protocol)

Através dos protocolos de redes TCP/IP, é possível a comunicação neste sistema. Deste modo, as redes LAN, assim como a Internet pode ser usados para a troca de dados. Para o efeito podem ser utilizados cabos de rede (CAT5, CAT6, CAT7) entre outros suportes físicos, embora em Portugal devido à legislação imposta, apenas seja permitida a utilização de CAT6 ou superior.

Possui uma rápida taxa de transmissão, chegando aos 10 Mbit/s.

Outros meios de comunicação encontram-se disponíveis na transmissão KNX, como: infravermelhos, fibra ótica, entre outros. No entanto foram abordados apenas aqueles que se definem como os mais requisitados.

3.6 Modos de Configuração

No sentido de satisfazer as diferentes necessidades de mercado, dos fabricantes e dos utilizadores, esta tecnologia suporta diferentes tipos de modos de configuração.

Existem três modos de configuração destintos para uma instalação KNX: E-Mode, S-Mode e A-Mode, embora o último não se encontre hoje em dia em utilização [20].

3.6.1 Modo de Configuração Fácil: Modo-E (*Easy Mode*)

O Modo-E (Easy Mode), como o nome sugere, é simples e de fácil utilização.

As funções neste caso são limitadas e em menor quantidade face ao S-Mode. Os componentes deste modo, já se encontram pré programados com um conjunto de parâmetros definidos de fábrica, para realizar uma função específica. É possível ainda assim, reconfigurar parcialmente cada componente por intermedio de um configurador simples.

Contrariamente ao S-Mode, este não necessita de uso de computador e consequentemente de uso do *software* ETS. Neste modo, os dispositivos podem ser configurados, parametrizados e manipulados com um controlador central ou através de botões de pressão incorporados nos produtos. Assim, qualquer utilizador comum tem instintivamente a capacidade de “trabalhar” nesta forma de configuração.

Pode afirmar-se, que este modo é requisitado genericamente para pequenos ou médios edifícios, onde não é exigido um grande número de funcionalidade e de sofisticação [20].

3.6.2 Modo de Configuração Profissional: Modo-S (*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.

O critério “sofisticação” e “funcionalidade” em função dos dois modos de configuração mencionados, podem ser também visualizados no gráfico da figura 17, que os engloba [20].

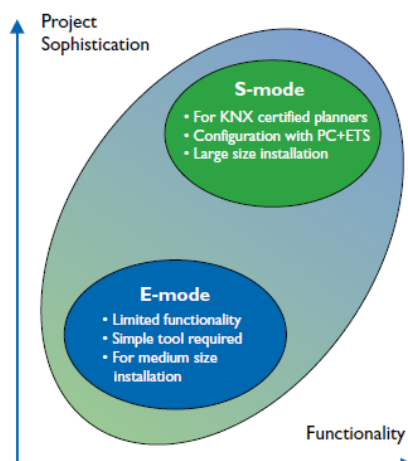


Figura 17-Sofisticação versus funcionalidades nos modos de configuração KNX. [20]

3.6.3 Modo de Configuração Automático: Modo-A (*Automatic Mode*)

A Configuração de Modo Automático atualmente encontra-se em desuso, mas o intuito seria a sua utilização em aplicações, fazendo com que o utilizador final se deparasse com o menor grau de dificuldade na sua utilização.

Os produtos pré programados seriam instalados automaticamente assim que a ligação do cabo bus estivesse efetuada. Quando os produtos se ligavam, estes adaptavam-se ao resto dos dispositivos em funcionamento.

Assim, nem o instalador nem o utilizador teriam de configurar dispositivos [20].

3.7 Software ETS

Criado pela *KONNEX*, propositadamente para a configuração ou reconfiguração de sistemas KNX, surge o *Engineering Tool Software*, mais conhecido por ETS. Este *software*, veio garantir também a compatibilidade de produtos entre diferentes fabricantes, já que todos os fabricantes de produtos KNX, o utilizam. Com um leque vasto de aplicações, em função das necessidades e criatividade do utilizador, é possível desenhar e configurar uma rede KNX (em modo offline), assim como gerir e manter a mesma.

O dito *software*, contém uma base de dados de todos os produtos, que deve ser facultada por cada fabricante. Nesta, encontram-se informações sobre cada dispositivo KNX, podendo-se saber as funções ou aplicações.

Com um manuseamento relativamente fácil, os projetistas e eletricitistas têm a possibilidade de seleccionar os componentes da referida base de dados, configurar os parâmetros e interligar os sensores e atuadores entre si [20].

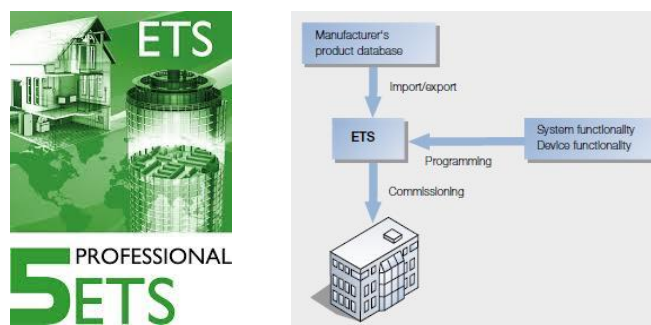


Figura 18-Logótipo e imagem ilustrativa do software ETS [16] [24].

3.8 Cabo Bus e Considerações

Numa instalação KNX, são diversos os cabos que se podem usar, desde que sejam reconhecidos como cabos para instalações KNX.

O cabo de par entrançado (twisted pair ou cabo bus), será assim o indicado, mas tendo sempre em conta que deve assegurar o conjunto de requisitos da especificação KNX TP, assim como as limitações impostas pela topologia, como, garantir:

- Máximo comprimento por linha;
- Máxima distância entre dois dispositivos;
- Máximo número de dispositivos por linha.

Tipicamente, os cabos mais utilizados são o YCYM 2x2x0.8 ou JY(St)Y 2x2x0.8, embora apresentem algumas características distintas:

Tabela 2- Características do cabo bus (YCYM e JY(St)Y). [21]

YCYM 2x2x0.8	JY(St)Y 2x2x0.8
<ul style="list-style-type: none">• Instalações fixas;• Ambientes secos, húmidos e ou molhados;• Para interior ou exterior (se protegido da radiação solar);• Montagem à superfície ou embutida em tubo;• Tensão de teste: 4KV de acordo com a norma DIN VDE 0829.	<ul style="list-style-type: none">• Instalações fixas;• Só em instalações interiores;• Montagens embutidas em tubo;• Tensão de teste: 2.5KV de acordo com a norma DIN VDE 0815.

Num cabo de bus, constam dois pares de condutores, por onde são transmitidos os datagramas e é fornecida potência aos aparelhos KNX. No interior encontram-se então quatro fios, de cores: vermelho, preto, branco e amarelo, todos isolados individualmente a PVC. Uma bainha sintética envolve devidamente os dois pares de condutores, assim como posteriormente uma trança metálica, uma bainha metálica sintética e por último uma bainha exterior em PVC.



Figura 19- Ilustração do cabo bus. [24]

O condutor vermelho (KNX+) e o preto (KNX-) constituem aqueles que são utilizados, na troca de datagramas. Apesar de existirem quatro condutores na constituição do cabo, os restantes,

(amarelo e branco), apenas representam um par de reserva ou que pode ser utilizado para outras redes SELV de baixa tensão.

É importante referir, que na instalação dos cabos de bus, os pressupostos das instalações elétricas convencionais (230/400V), mantêm-se em vigor [21].

3.8.1 Fonte de Alimentação

As fontes de alimentação dum sistema KNX devem produzir e monitorizar uma tensão constante de 30 V DC, necessária à operação das instalações. É necessário com isto, garantir uma tensão no bus de cerca de 24 V DC, constatando que o sistema KNX tem um funcionamento com tensão reduzida de segurança (TRS). As fontes são alimentadas através da rede elétrica monofásica. Cada linha do sistema, deverá possuir a sua fonte de alimentação, para os elementos ligados a ela.

No KNX, a fonte de energia apresenta algumas características:

- Possui um controlador de tensão e corrente, resistindo assim a curto-circuitos;
- Está equipada com uma bateria de segurança, para cortes de energia de períodos não superiores a 100ms, garantindo o normal funcionamento da linha de bus, sem falhas ou interrupções;
- Apresenta uma elevada impedância entre o barramento (condutor de bus) e a terra (condutor de terra), no sentido de evitar descargas estáticas no bus.

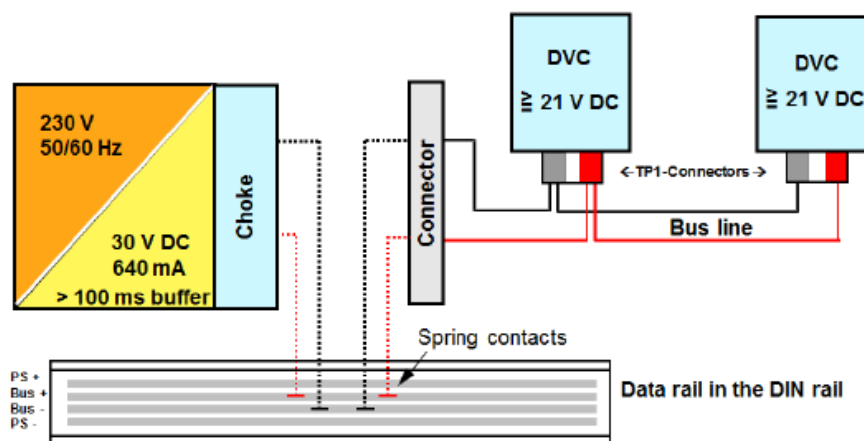


Figura 20-Esquema de ligação da fonte de alimentação KNX ao cabo bus. [21]

É possível deparar na maioria das fontes de alimentação com uma bobina de filtragem integrada, cujo objetivo é evitar o curto-circuito no barramento. Quando tal não se verifica, é possível ligar externamente elementos (bobina) para cumprir a mesma função.

Atualmente são três os tipos de alimentação, dependendo da sua corrente de saída: 160mA, 320 mA, 640 mA, sendo mais usual a utilização dos dois valores superiores. Logicamente, a fonte de alimentação utilizada influenciará no número de dispositivos instalados numa linha.

Na maior parte dos casos, as fontes são de montagem em quadro elétrico com calha DIN (como é ilustrado na figura 21), onde se liga dois condutores KNX.

Genericamente as fontes apresentam três LED's, que possibilitam a indicação do seu modo de operação:

- Verde: A fonte está a funcionar corretamente;
- Vermelho: A fonte está em sobrecarga, possivelmente devido a um curto-circuito entre dois dispositivos;
- Amarelo: Uma tensão superior a 30V foi aplicada ao barramento. Para eliminação desta falha a fonte deve ser desligada e ligada.

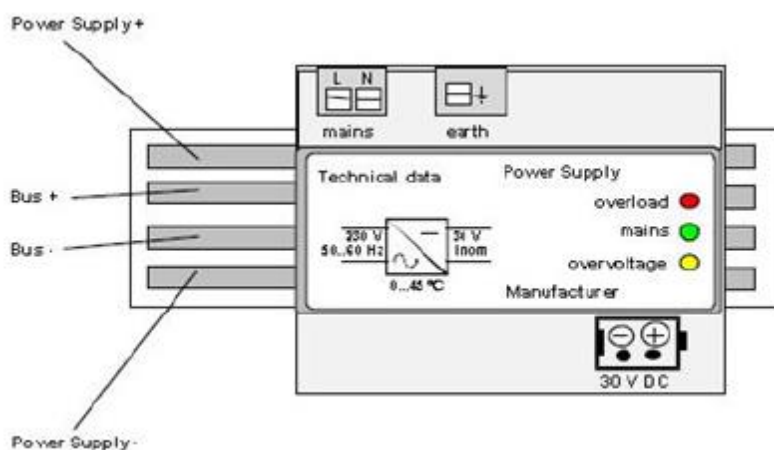


Figura 21-Exemplo de fonte de alimentação KNX. [21]

Determinadas fontes têm uma saída adicional, onde é possível alimentar, por exemplo, outras linhas usando uma bobine de filtragem externa. Outras ainda, no sentido de monitorizar o funcionamento ou falhas, possuem relés de saída que fornecem essa pretendida informação [21].

3.8.1.1 Fonte de Alimentação para 2 Linhas

A ligação de uma fonte de alimentação a duas linhas bus é possível, dependendo do tipo de fonte. Para tal, é necessário então uma bobina de filtragem externa [21].

3.8.1.2 Fontes de Alimentação numa única Linha

Uma linha bus pode apresentar mais que uma fonte de alimentação, contudo não poderá exceder o máximo de duas fontes instaladas. Caso, mais de 30 dispositivos estejam instalados numa curta distância entre si, a fonte de energia deverá ser instalada próxima destes [21].

3.8.2 Cablagem do Bus de Instalação

A extensão das linhas do cabo da tecnologia KNX/TP deve ser realizada de forma apropriada, no sentido de assegurar as necessidades atuais, mas também as futuras, onde se possa pretender ampliações ou modificações.

A distribuição pode realizar-se por meio de roços abertos nas paredes, por baixo do piso ou através de teto falso, em canalizações separadas da linha de energia principal, de 230 V da rede elétrica. A instalação do cabo de bus e a rede de potência será feita através de caixas de derivação independentes ou com uma partição tal que assegure o isolamento entre ambas as redes.

Também na cablagem deve ter-se em conta todas as limitações da topologia do bus, quanto a distâncias máximas, mencionado mais à frente [21].

3.8.2.1 Terminais de ligação

Os terminais de ligação são necessários sempre que se pretende:

- Ramificação ou expansão do cabo de bus e respetiva rede;
- Proteção das pontas do cabo;
- Ligação do cabo de bus aos dispositivos.

Tal como os condutores utilizados, também os terminais de ligação possuem a cor vermelha, para o condutor vermelho (KNX+) e a preta, para o condutor preto (KNX-). Os terminais estão assim ligados mecanicamente através de uma junção.

O terminal de bus permite que possa ser feita a remoção de um elemento KNX participante da rede, sem que haja interrupção da linha bus [21].

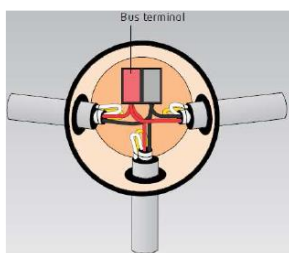


Figura 22-Caixa de derivação com terminal de ligação no interior [21].

3.8.3 Proteção Contra Descargas Atmosféricas

Também as medidas protetoras contra descargas naturais, são consideradas nos sistemas KNX. Medidas de proteção contra descargas, são assim necessárias, uma vez que a incidência de um raio ou relâmpago pode infligir danos consideráveis.

A maior preocupação das sobrecargas recai sobre a proteção interna, sendo muito importante, que os equipamentos se encontrem ligados a um ponto equipotencial (onde são

colocados ao mesmo potencial). Deste modo, todos os elementos condutores, como canalizações metálicas de água, tubos de gás, sistema de aquecimento, estruturas metálicas, devem ser ligados à barra de ligação equipotencial.

As normas, DIN VDE 0185 parte 1 a 4, IEC 1024-1, IEC 61312-1 mencionam que os descarregadores de sobretensão devem estar ligados aos condutores ativos da instalação (condutores de fase e neutro). Este tipo de proteção é chamado de “Proteção Primária”, e para que o seu funcionamento seja o correto, necessita ver satisfeitas algumas condições:

- Para 230/400V:
 - Necessários descarregadores de corrente, que suportem pelo menos 12,5 kA (10/350 μ s) por condutor;
 - Nível de proteção inferior a 4kV;
 - Protetor de sobretensão (SPD) tipo 1 de acordo com a norma EN 61643-11:2001.

- Para o bus, ou linha KNX:
 - Necessários descarregadores de corrente, que suportem pelo menos 2,5 kA (10/350 μ s) por condutor;
 - Nível de proteção inferior a 600V;
 - Protetor de sobretensão (SPD) categoria D1 de acordo com a norma EN 61643-21:2002.

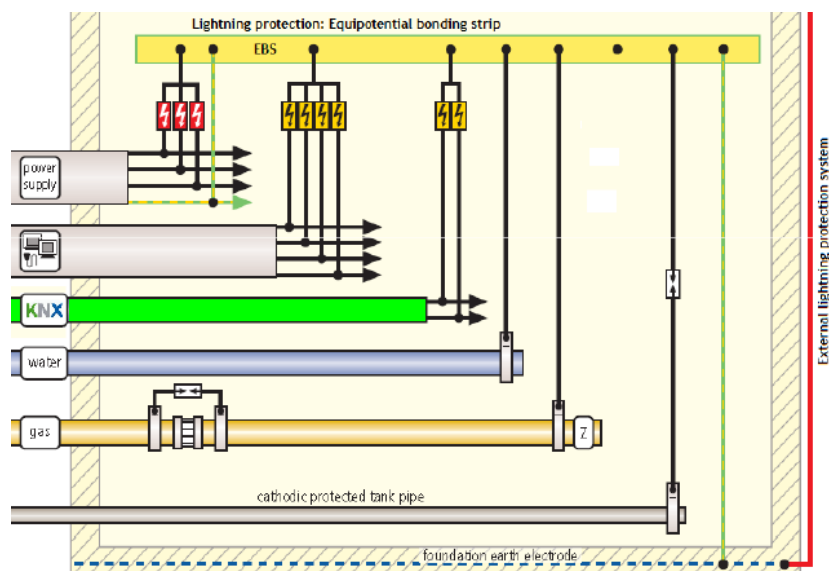


Figura 23-Proteção Primária contra descargas naturais. [21]

Ademais, existe ainda uma Proteção Secundária, que se assume como outro tipo de proteção válida. Esta apresenta-se como um terminal de proteção contra sobretensão, e que deve seguir alguns pressupostos:

- Suportar uma corrente nominal de descarga de pelo menos 5 kA (8/20 μ s);
- Ter um Nível de proteção inferior a 350 V;
- Ser certificado pela KNX.

Os terminais descarregadores de sobretensão assumem-se como um equipamento simétrico, ou seja, descarregam os condutores do bus simultaneamente, para proteger ambas as linhas, evitando grandes diferenças de potencial. A ligação do descarregador pode ser realizada no cabo bus, por intermédio de (blocos) terminais de ligação convencionais ou diretamente a um dispositivo. Os terminais integrantes do componente possibilitam a ligação dos condutores de bus (condutores vermelho e preto), e a terra de proteção da instalação (simbolizado a verde e amarelo como se verifica usualmente) [21].

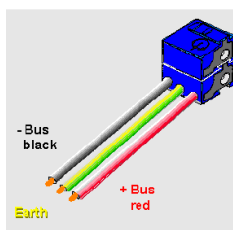


Figura 24-Proteção Secundária contra descargas. [21]

3.8.4 Rede SELV

Rede SELV significa *Safety Extra Low Voltage*, e em Portugal é conhecida como rede de Tensão Reduzida de Segurança (TRS). A tensão contínua de funcionamento numa instalação KNX TP (*Twisted Pair*) é de 30 Vdc.

Numa instalação KNX a rede SELV é gerada por fontes de alimentação, que por intermédio de transformadores de segurança, convertem a corrente alternada da rede elétrica para a corrente contínua usada no bus. Assim a rede KNX proporciona um isolamento de segurança a outras redes, garante isolamento à terra e não necessita de qualquer tipo de isolamento para os utilizadores.

Este tipo de rede de baixa tensão de segurança admite tensões em corrente alternada até 50V e em corrente contínua até 120V. Se as tensões não ultrapassarem metade do valor das tensões indicadas (25V e 60V), então não é necessário qualquer tipo de proteção direta.

Contrariamente à rede de potência de uma instalação, nestas redes não devem ser ligados condutores de terra [22].

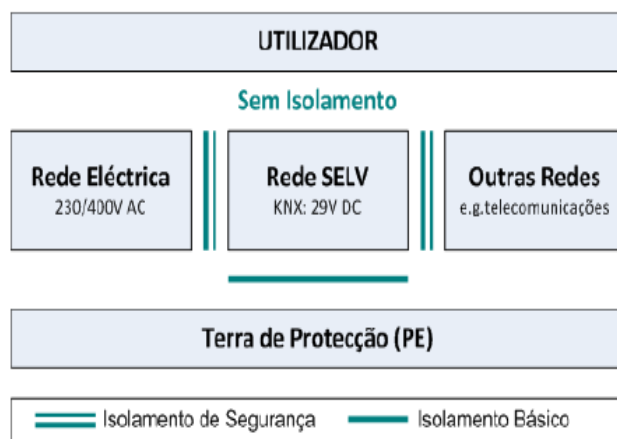


Figura 25-Esquema ilustrativo do isolamento entre uma rede SELV, outras redes elétricas, o utilizador e a terra de proteção [22].

3.9 Topologia KNX

A topologia de uma rede KNX dispõe-se em linhas, que através de acopladores se podem interligar. Os sensores e atuadores que se encontram nas diferentes linhas são alimentados por uma fonte de 30V, onde se pode configurar o sistema com mais de 50000 dispositivos.

Quanto à topologia física, pode adotar-se diversas opções, como:

- Linha ou Linear;
- Estrela;
- Árvore.

Combinações destes três modos apresentam outra escolha válida, apenas se encontrando excluídas ligações em anel ou malha fechada.

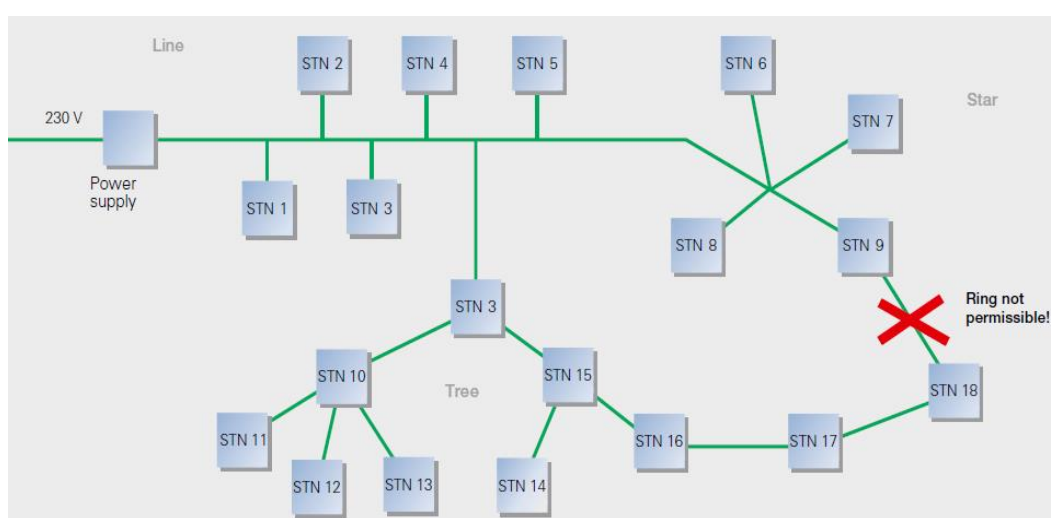


Figura 26-Topologias possíveis numa instalação KNX. [24]

Sinteticamente, uma topologia KNX é constituída por conjuntos de Áreas, Linhas e elementos que as interligam.

As Áreas, podem atingir um número máximo de 15, e é possível interligá-las usando uma linha de Áreas ou *Backbone*. Cada Área, é composta por uma linha Principal, que se encontra ligada à linha de Áreas com o auxílio de um acoplador de área (AA). Nesta linha Principal, podem ser ligadas perpendicularmente até 15 linhas (secundárias), mediante acopladores de linha (AL).

Os segmentos, representam pequenas unidades do bus, e são outro elemento existente, onde cada um pode suportar até 64 dispositivos bus. É possível interligar por intermédio de repetidores dois segmentos. Cada linha suporta até 4 segmentos, possibilitando assim uma capacidade máxima de 256 dispositivos participantes por linha.

Embora cada linha possa ter no máximo 64 dispositivos de bus ligados, a fonte de alimentação, assim como o consumo de cada elemento, irá influenciar a viabilidade desta possibilidade. Cada linha deve apresentar a sua própria fonte de alimentação.

Sucintamente, sem recorrer ao uso de repetidores e para uma utilização de 15 linhas e 15 Áreas, é possível interligar até 14400 dispositivos. Empregando o uso de repetidores, este número pode subir exponencialmente para 57600 produtos.

As imagens seguintes elucidam de forma perceptível, esta explicação textual [23].

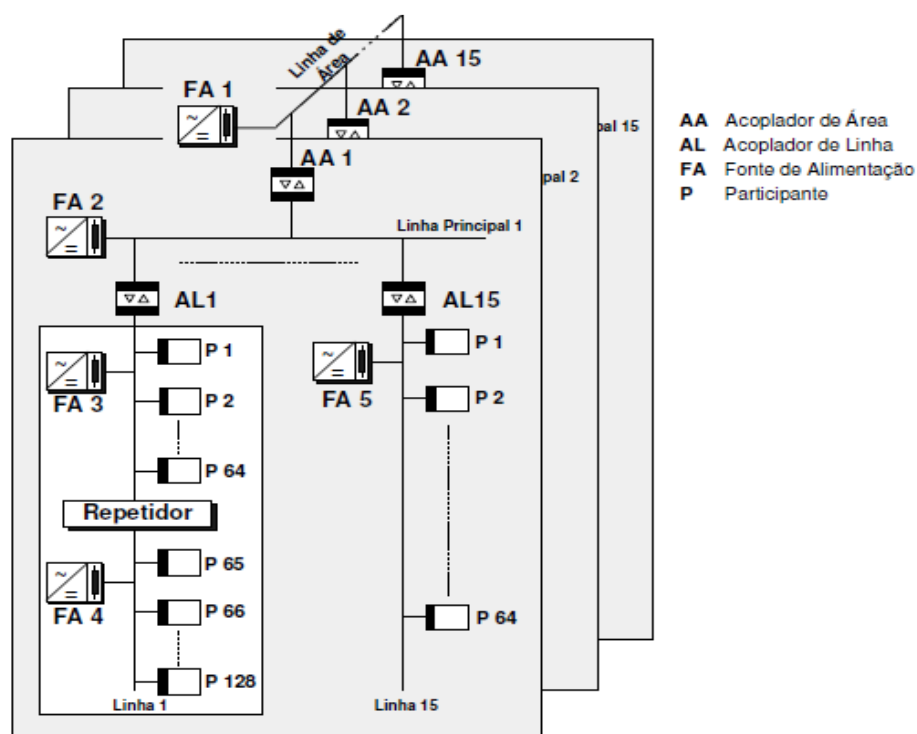


Figura 27-Topologia lógica de uma instalação KNX TP. Áreas, linhas e componentes [23].

No projeto da instalação, é necessário ter em conta também, todas as limitações que impõem a topologia do bus, quanto a distâncias [24]:

- Comprimento máximo de linha, 1000 metros;
- Distância máxima entre fonte de alimentação e aparelho de bus, 350 metros;
- Distância máxima entre dois produtos KNX, 700 metros;
- Distância mínima entre duas fontes em paralelo numa linha, 200 metros.

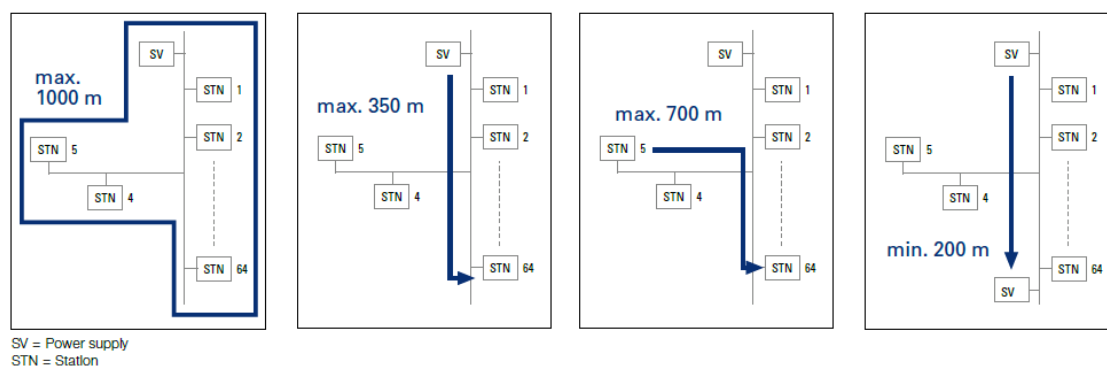


Figura 28-Distâncias máximas e mínimas numa instalação KNX TP. [24]

Deve haver assim, um planeamento na instalação, onde as linhas de bus se estendem ao longo da mesma, assente numa divisão por zonas e linhas.

Como já foi mencionado, as regras de topologia devem ser respeitadas, mas também deve haver o cuidado de não sobrecarregar as linhas com o número máximo de aparelhos permitidos, tendo em vista o desejo de ampliações futuras.

3.10 Comparação entre Solução Convencional e KNX

São diversas as diferenças entre a solução convencional, comparativamente com o sistema KNX, sendo possível aferir algumas delas.

Em termos de nível de tensão, o sistema KNX recorre a uma linha de Tensão Reduzida de Segurança (TRS).

Numa solução convencional, a alimentação de todos os pontos assim como as funções de controlo são executadas através de cabos individuais, sendo necessário um cabo para cada função. Contrariamente, no KNX, é utilizado um cabo bus de dois fios, acompanhando em paralelo à rede elétrica de 230 V, interliga todos os sistemas e elementos da tecnologia e transmite todos os sinais de controlo. Este modo reduz drasticamente o número de cabos separados, funções desconexas e falta de flexibilidade e simplicidade que se constata no outro. A linha de potência não é precisa para alimentar os sensores, apenas os atuadores, assim o KNX é composto por um sistema de

alimentação de transmissão de potência e outro de transmissão de sinal, como se pode visualizar na figura 29 e 31.

Com a solução tradicional, é necessário especificar previamente como e onde os sistemas serão controlados, e permite poucas alterações futuras. Estas, além de reduzidas possuem sempre a obrigatoriedade de alterar a cablagem (seja em ampliação ou modificação do uso). Uma instalação tipo bus pode alterar e expandir com relativa facilidade todas funções a qualquer altura, sem ser necessário novos cabos. Este facto define o sistema KNX, como altamente flexível.

Devido à tecnologia envolvente, pode afirmar-se que um sistema bus será logicamente mais dispendioso. Este investimento poderá ser vantajoso a médio/longo prazo, com prazos de retorno financeiros aliciantes, dependendo evidentemente da utilização e da instalação em questão.

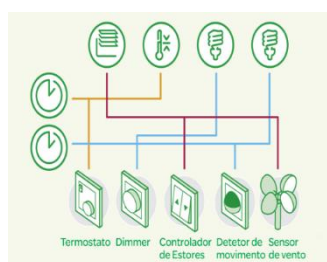


Figura 30- Sistema Convencional [34]

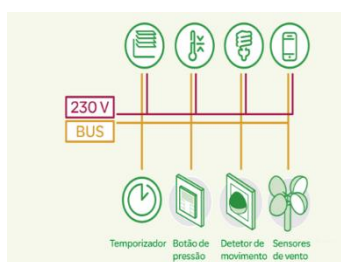


Figura 29- Sistema KNX [34]

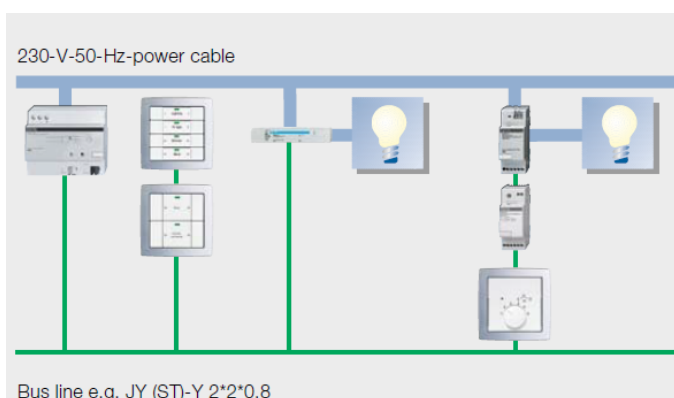


Figura 31 -Dois sistemas de transmissão na rede KNX, linha verde de bus e a azul de potência [24].

3.11 Vantagens

As aplicações e funcionalidades são diversas, e no que diz respeito a segurança, conforto, simplicidade e eficiência energética, é irrefutável a sua mais-valia. Imensas áreas de aplicação foram já referidas, como a, iluminação, climatização, segurança e gestão energética, contudo as hipóteses dentro destas áreas podem ser muito vastas. Num edifício equipado com a tecnologia KNX e dotado de diversos sensores e atuadores, juntamente com criatividade e critério, é possível garantir variadas automatizações com a interligação de serviços.

Em termos de manuseamento, existem opções simples e intuitivas que representam um fator importante. Os botões de pressão são uma das modalidades, em que a configuração dos mesmos podem ser programados, para controle de atuadores. Outra opção que representa inovação e benefício é o controlo remoto. Através das tecnologias da informação (TI), usando computadores, tablets, smartphones e mediante o endereço IP, que fazem a ligação entre a Internet e o sistema de controlo instalado, pode-se monitorizar e controlar remotamente o edifício. Com as opções expostas, é possível ainda utilizar cenários pré-definidos, ao acionar uma tecla ou por programação temporal, realizando-se um conjunto de tarefas.

É um sistema bastante abrangente, pois seja qual for o tipo de edifício a ser aplicado, o KNX pode adaptar-se. Além disso, com o passar do tempo, são frequentes as mudanças de utilização em edifícios. As habitações são ocupadas durante várias gerações, e espaços comerciais ou industriais são sujeitos a novos usos. Sendo assim, é conveniente que as funções do edifício se possam adaptar às necessidades do utilizador de forma rápida, simples e económica, o que se verifica, onde a rede pode ser ampliada e alterada e sem caducar.

Por ser completamente descentralizado, caso, alguma avaria se registre num equipamento, apenas o mesmo, deixa de funcionar, o sistema mantém-se em funcionamento.

Segundo um estudo realizado pela Associação KNX, baseado em medições de 4 anos, apurou-se que o uso de sistemas KNX pode proporcionar poupanças de energia até 50% em edifícios residenciais e não residenciais [25].

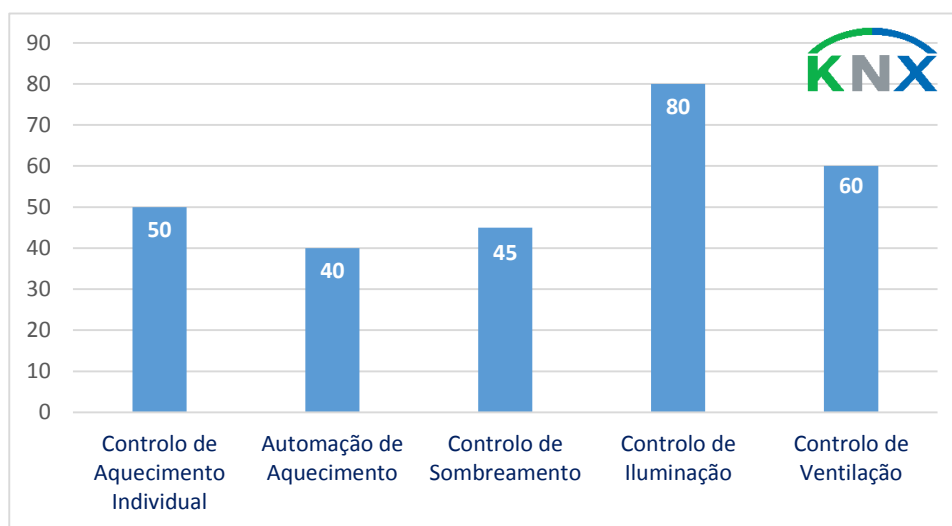


Figura 32-Redução percentual máxima de consumo energético com tecnologia KNX em edifícios [25].

4. Introdução ao Estudo de um Caso

Otimização da eficiência energética em edifícios significa [26]:

- Apenas usar energia quando é realmente necessário;
- Usar apenas a quantidade de energia realmente necessária;
- Aplicar a energia que é utilizada com a maior eficiência possível.

A propósito dos capítulos abordados anteriormente, apresenta-se o estudo de um caso direcionado para a vertente prática.

Este estudo de um caso tem como missão a alteração de uma instalação elétrica existente, com recurso à tecnologia KNX, assim como dispositivos complementares. A comparação com o sistema convencional, a análise de custo-benefício, as diversas vantagens são alguns dos tópicos aqui apresentados. Também o potencial de poupança estimado de acordo com a norma EN15232:2012 será tido em conta.

Tipicamente, a repartição do consumo de energia em escritórios, encontra-se representada no gráfico da figura seguinte.

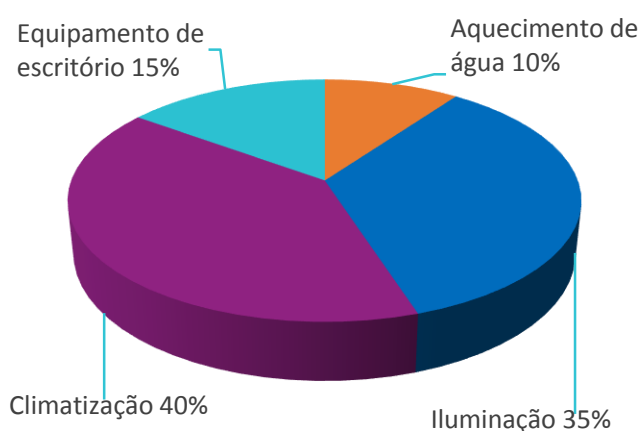


Figura 33-Repartição energética teórica em Escritórios. [35]

Como é possível facilmente aferir, a iluminação e aquecimentos, ventilação, ar condicionado e refrigeração, constituem as parcelas mais significativas do consumo total neste tipo de edifícios, com um expressivo valor de 75%.

Deste modo, é necessário enfatizar estas categorias de utilização, procurando oportunidades de racionalização de consumos e definindo estratégias, que possam reduzir os seus consumos. A tecnologia KNX pode desempenhar papel fulcral neste objetivo.

4.1 Caracterização do Edifício

Devido à sua tipologia e utilização, assim como à sua dimensão, foi selecionado um edifício que é sede de um conceituado escritório de advogados. Esta escolha deveu-se a uma necessidade de racionalização de consumos e correspondente redução de custos de exploração do edifício. Através de uma visita às instalações, entrevista a funcionários e de pesquisa, foi possível apurar com rigor os dados para a realização deste estudo.

O Edifício, que tem como objetivo a prática da advocacia, encontra-se situado em Lisboa perto do Saldanha.

Este edifício predial, possui 8 pisos, com cerca de 300 m² cada, constituindo-se da seguinte forma:

- Piso 0: receção, anfiteatro, biblioteca, arquivo, copa e WC;
- Piso 1: 2 salas de reuniões grandes, 1 sala de reuniões média, 3 salas de reuniões pequenas, copa, *open space* administrativo e 3 Gabinetes, WC;
- Piso 2: 2 *open spaces*, 4 gabinetes, WC;
- Piso 3: 2 *open spaces*, 5 gabinetes, WC;
- Piso 4: 2 *open spaces*, 4 gabinetes, WC;
- Piso 5: 2 *open spaces*, 5 gabinetes, WC;
- Piso 6: 1 *open space*, 1 gabinete, WC;
- Piso 7: 1 *open space*, 2 gabinetes, WC;

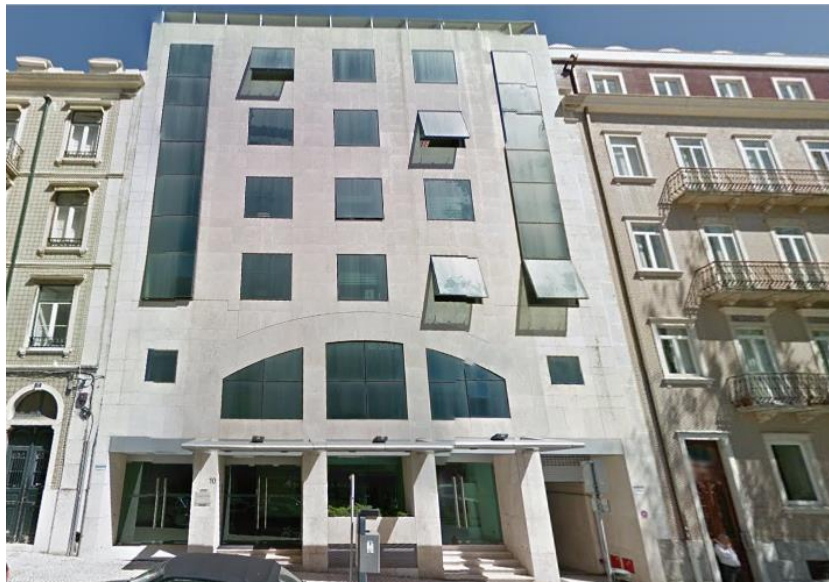


Figura 34-Fachada frontal, do edifício alvo de estudo.



Figura 35-Fotografias interiores dos open-spaces do edifício alvo de estudo.

4.1.1 Número de pessoas envolvidas

O número de pessoas utentes do edifício é um fator de utilização que se deve ter em conta.

O número de ocupantes do edifício não é igual em todos os andares, distribuindo-se da seguinte forma:

Tabela 3 – Número de ocupantes por piso

Piso	Nº Pessoas
0	2
1	12
2	19
3	17
4	21
5	15
6	10
7	15
Total	111

4.1.2 Taxa de ocupação

À semelhança do que foi exposto no terceiro capítulo, com exemplos teóricos, também para o caso em estudo é apresentado o gráfico da taxa de ocupação ou de utilização.

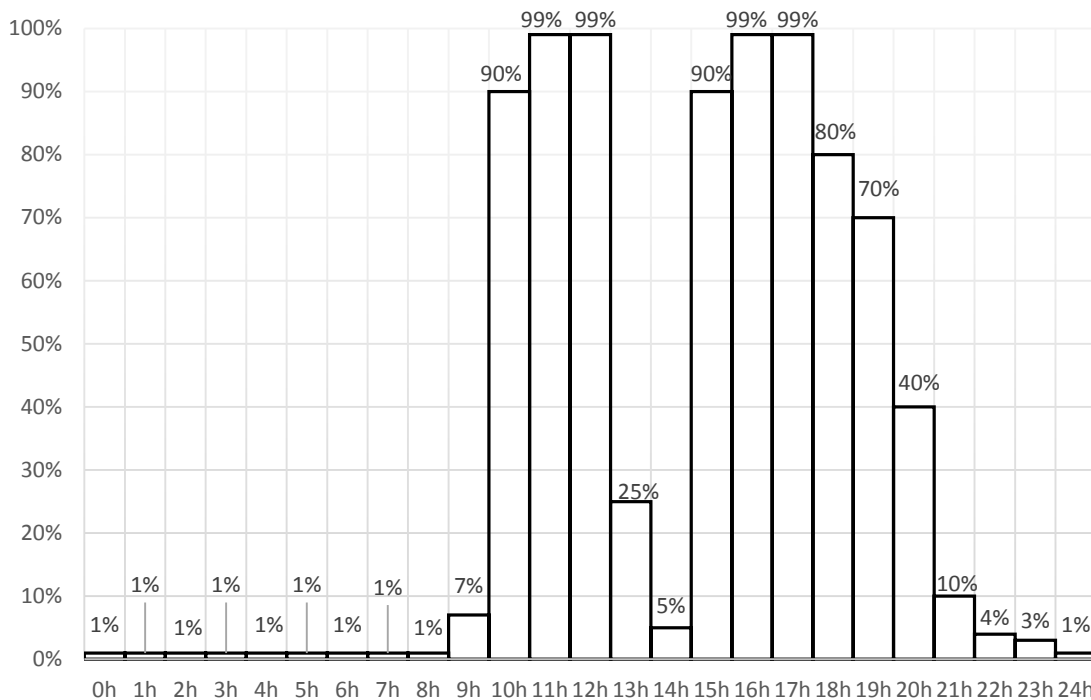


Figura 36-Taxa de ocupação ou de utilização do edifício alvo de estudo.

Como é possível visualizar, este edifício não apresenta horas convencionais de funcionamento, uma vez que os funcionários são profissionais liberais. Assim sendo, o ingresso ao trabalho começa a partir das 9 horas e pode estender-se até às 24 para alguns utentes.

Observa-se que as horas de maior afluência encontram-se entre as 10 e as 13 horas, e entre as 15 e as 20 horas. O facto de existir um horário flexível, pode proporcionar uma imprevisibilidade em termos de utilização de energia.

4.2 Hábitos e Comportamentos

No âmbito do uso racional de energia, pode evidenciar-se dois pontos fundamentais:

- Comportamental;
- Tecnológico.

Relativamente ao primeiro aspeto, este possui uma larga importância, influenciando muito a utilização e gestão da energia. É necessário então, tomar conhecimento e ter em consideração as expectativas, necessidades e comportamentos dos ocupantes do edifício, apurando também a influência dos mesmos no consumo de energia.

Através de um estudo do local e da realização de uma entrevista a alguns funcionários, foi possível tomar conhecimento de alguns fatos e comportamentos menos apropriados e que devem ser colmatados em termos de controlo da iluminação e climatização.

Os comportamentos associados à iluminação foram então os seguintes:

- A iluminação de cada piso é toda ligada, a partir da chegada dos primeiros trabalhadores (9 h), mesmo quando não é necessário;
- No horário de almoço, pausa, ou ausência, a iluminação acionada anteriormente, não é desligada;
- No fim do dia e à medida que os funcionários vão deixando o edifício, as luminárias não são desativadas pelos mesmos;
- Apenas às 24 horas, a iluminação é totalmente desligada, com a passagem do segurança;
- O edifício apresenta um deficiente controlo desagregado das luminárias e falta de sensores em lugares de passagem.

Quanto à climatização, os comportamentos que se aferiram foram:

- Aparelhos AVAC são ligados com temperaturas muito distintas das temperaturas de referência mais adequada à estação do ano;
- Aparelhos AVAC encontram-se ligados todo o dia;
- No fim do dia, após saída dos funcionários, aparelhos de climatização permanecem ligados;
- Portas como a de acesso ao exterior encontram-se sistematicamente abertas, dissipando o calor.

A falta de formação e de sensibilização, ou até mesmo a despreocupação por parte dos utilizadores do edifício, justifica alguns dos comportamentos registados.

4.2.1 Medidas a implementar

Um edifício com deficiente uso de automação, com equipamento deficiente ou parametrização inadequada, pode ter pior eficiência energética que um outro sem os mesmos recursos.

Todas as ocorrências registadas e observadas anteriormente, representam impedimentos à eficiência energética e uma agravante nos custos de exploração do edifício em causa. Deste modo, estas ocorrências devem ser minimizadas, ou mesmo eliminadas, através da instalação do sistema KNX.

A tecnologia KNX trará inúmeras vantagens, tal como a flexibilidade, e subdivisão de controlo das luminárias, a monitorização detalhada e controlo de dispositivos intervenientes do sistema, tanto no local de ação como remotamente. Para assegurar e auxiliar todas as inúmeras possibilidades automatizadas que o KNX proporciona, a instalação deverá ser dotada de vários tipos de sensores. Mais adiante será abordado mais detalhadamente o uso adequado destes dispositivos.

O sistema KNX tem um papel fundamental na concretização destas ações, encontrando-se sempre em mente, requisitos que não podem ser postos em causa, como: as necessidades, a satisfação, o conforto e o bem-estar dos ocupantes.

As medidas sugeridas, para colmatar os problemas associados aos comportamentos, na vertente da iluminação, são os seguintes:

- Maior desagregação do controlo de iluminação;
- Instalação de sensores de luminosidade e sistema *dimmer*, que concilia iluminação natural com artificial (com nível de iluminação a determinar pelo gestor do sistema);
- Instalação de sensores de presença que permita ligar a iluminação, só em caso de existir ocupantes e que a desligue quando verificada ausência (por tempo a estipular pelo gestor do sistema);
- Implementação de sensores de presença em locais de passagem.

Já no aspeto da climatização, as medidas sugeridas foram:

- Instalação de emissores que definem as temperaturas de conforto, para diferentes estações (a estipular pelo gestor do sistema), evitando valores desajustados;
- Instalação de sensores em portas para acesso ao exterior, emitindo sinal de aviso ou para desligar aparelhos (com tempo a estipular pelo gestor do sistema);
- Aparelhos AVAC são ligados e desligados a partir de horário programado (a estipular pelo gestor do sistema), possibilitando conforto térmico nas horas de ocupação.

4.3 Caracterização de Horas e Faturação

O edifício em estudo apresenta a fachada frontal, orientada a Sul. Esta orientação, representa a opção mais vantajosa em termos de aproveitamento solar e das subseqüentes medidas passivas que podem ser usadas. Assim, faz todo o sentido conciliar a tecnologia KNX, que se assume como uma medida ativa, com esta fonte de calor e luz que é o Sol.

O nosso país apresenta cerca de 3200 horas de Sol por ano, o que constitui um número aliciante na medida do seu aproveitamento. Como as diferentes estações do ano são distintas em termos de duração solar, isso foi tido em conta.

No nosso país, em média, as horas de luz solar útil por dia no período Outono/Inverno são aproximadamente 6. Enquanto no período Primavera/Verão, a média é de 11 a 12 horas. O estudo de poupança energética, com aproveitamento solar em paralelo com tecnologia KNX, teve em conta estas horas.

Através da consulta de faturas de eletricidade, obteve-se informação da potência contratada em cada piso, assim como o seu consumo e custo. Na tabela seguinte é possível observar esses valores.

Para cálculos de custos foram usados valores atuais, para os diferentes períodos horários de tarifa tri-horária de, horas de vazio, ponta, cheias e tarifa simples. Os respetivos valores de custo em euros por kWh são: 0,0864 €, 0,3029€, 0,152€ e 0,1602€, respetivamente.

Tabela 4- Fatura de 6 Abril a 24 Junho.

Piso	Potência Contratada (kVA)	Consumos (kWh)				Custos
		Vazio	Ponta	Cheias	Total	
0	20,7				1744	279,39 €
1	20,7				1916	306,94 €
2	27,6	629	1039	2418	4086	736,84 €
3	41,4	1606	746	2100	4452	684,13 €
4	41,4	921	1213	3306	5440	949,83 €
5	20,7				2068	331,29 €
6	20,7				2244	359,49 €
7	20,7				2442	391,21 €
Total						4.039,13 €

Tabela 5-Fatura de 26 Setembro a 8 Janeiro.

Piso	Potência Contratada (kVA)	Consumos (kWh)				Custos
		Vazio	Ponta	Cheias	Total	
0	20,7				1946	311,75 €
1	20,7				2262	362,37 €
2	27,6	837	1205	3054	5096	901,82 €
3	41,4	3731	1632	4320	9683	1.473,76 €
4	41,4	1217	1750	4538	7505	1.325,45 €
5	20,7				2311	370,22 €
6	20,7				2501	400,66 €
7	20,7				2384	381,92 €
Total						5.527,96 €

O custo total de energia foi calculado baseado nas tarifas mencionadas anteriormente e nas leituras das datas assinaladas.

No caso dos pisos com tarifa simples é apresentado apenas o consumo total, não há desagregação de consumos.

A diferença de custos totais, em período de aquecimento (Outono/Inverno) e de período de arrefecimento (Primavera/Verão), revelam-se significativas. No entanto este fenómeno é compreensível, uma vez que aparelhos de climatização e até mesmo as luminárias apresentam uma utilização mais intensiva. Em estações frias é necessário um maior recurso à energia elétrica, para obter um ambiente confortável, comparativamente com outros em estação quente. Além disso, nestas épocas registam-se também menos horas de luz solar útil.

4.4 Considerações de Projeto e Equipamentos

Nesta dissertação apresenta-se uma alteração da instalação elétrica convencional existente, baseado na tecnologia KNX e compara-se com instalação existente, em termos de vantagens, custos, conforto, etc.

Para tal, foram registadas características e particularidades do local, que devem ser mencionadas:

- O projeto existente representa a base para a implementação do sistema KNX, e todas as necessidades são satisfeitas com esta alteração.
- Nos circuitos de tomadas, iluminação de emergência e outros circuitos específicos, não são feitas alterações.
- São utilizadas as luminárias existentes, uma vez que estas garantem as necessidades impostas pela norma de iluminação que define níveis de iluminação a cumprir em locais de trabalho interior (EN12464-1).
- O projeto com a tecnologia KNX, pretende realizar uma reconversão da instalação do edifício existente, mantendo a disposição arquitetónica e de ocupação dos funcionários.
- Edifício apresenta teto falso, onde a passagem de cabos é feita em caminhos de cabos (calhas).
- Quadros elétricos do edifício com 30% espaço livre, permitindo a montagem de toda a aparelhagem KNX.
- Todos os postos de trabalho apresentam luminária pessoal, onde não vai ser necessário alterar a disposição e o número de pontos de iluminação.

- O equipamento a instalar, foi maioritariamente da marca Hager, sendo o seu orçamento baseado em preços tabelados, que se podem encontrar por exemplo no *site* da marca. Equipamentos de outra marca, também são usados.
- O valor de orçamento estimado assume um desconto de 30% no material aplicado e com um valor sem IVA.
- Foi realizado o levantamento das luminárias instaladas e respetivas potências, em casa piso, podendo essa tabela observar-se em anexo.
- Através do gráfico da taxa de ocupação, foi possível fazer o cálculo estimado da poupança com o sistema KNX, no que diz respeito à iluminação do edifício.
- Em termos de climatização, foi considerada uma poupança de 5%, por cada grau Celsius reduzido em estações de aquecimento ou aumentado nas estações de arrefecimento, nos aparelhos de ar condicionado.
- O edifício em questão apresenta uma classe energética “C”, podendo com estas alterações (que revelam poupanças globais na casa dos 24%), ascender pelo menos à classe “B-”.
- A tarifa utilizada foi a que está atualmente contratada para cada piso. Tendo sido considerado, tarifa simples nos pisos 5, 6 e 7 e tri-horária (com tarifa de horas de vazio, tarifa de horas de ponta e tarifa de horas de cheias) nos pisos 2,3 e 4.

Topologia da rede e cabo bus

São variadas as opções de comunicação neste sistema KNX, sendo escolhido para o efeito de transmissão, o KNX (*twisted pair*), com o chamado cabo bus, JY(St)Y 2x2x0.8.

Quanto à estrutura da rede KNX, apenas uma área é usada, sendo ligadas oito linhas na mesma, com o auxílio de acopladores de linha. As linhas, uma por piso, serão equipadas cada uma com uma fonte de alimentação, e com os atuadores e sensores pretendidos.

Fonte de Alimentação e Acopladores de Linha KNX

A fonte de alimentação, dispositivo fundamental no sistema KNX, tem o papel de fornecer a tensão de funcionamento, recebendo da rede 230V da rede e disponibilizando 30V no cabo bus.

Com a necessidade de estender a instalação, é necessário instalar acopladores de linha, que possibilitam amplificar o sinal recebido, através do cabo bus.

Atuadores KNX

Para acionar ou modificar o estado dos diferentes elementos intervenientes, são necessários atuadores. Estes apresentam uma grande variedade (em termos de entradas, saídas, ligação de sistemas, interfaces) para satisfazer diferentes funcionalidades.

- Módulo de 3 saídas de iluminação variável KNX - usado para controlar o nível de iluminação, consoante o nível de iluminação estipulado pelo utilizador;
- Atuador Binário KNX com 4, 6 ou 8 canais - permitindo o controlo ON/OFF de vários circuitos;
- Gateway KNX/DALI - utilizado para a interligação entre o sistema KNX e o sistema dimming Dali;
- Interface KNX/USB - usado para instalar e configurar o Sistema KNX com o software ETS, por intermédio de um computador;

Sensores KNX

- Programador Digital KNX de 2 canais - permite a programação horária, com ciclos semanais;
- BAU (bus access unit) p/ WYT32x, 34x, 36X e WYA51x – realiza a ligação entre alguns sensores e o bus;
- Botão de Pressão KNX de 2,4 e 6 teclas – para opções *On/Off* manuais;
- Detetor de movimento 180°- liga e desliga luminárias por deteção ou ausência de movimento, em zonas pretendidas (12 m deteção frontal e 13 m deteção lateral, 5s a 30 min de intervalo de temporização);
- Módulo KNX de 2 entradas binárias - permite a ligação de componentes não-KNX;
- Detetor de presença 360°- liga e desliga luminárias, aquando deteção de pessoas, em zonas pretendidas (7 m deteção, altura da instalação de 2.5m a 3.5m, 1min a 1h de intervalo de temporização);
- Detetor de presença 360° KNX/DALI, - além de detetar a presença de pessoas, afere a luminosidade num ponto, ligando ou desligando luminárias em função da intensidade luminosa do local (7 m deteção, altura da instalação de 2.5m a 3.5m, 1min a 1h de intervalo de temporização, 5 a 1000 lux de intervalo de luminosidade);
- Detetor magnético (implementado em portas) – permite detetar, aquando a abertura de portas ou janelas;

Outros componentes

- Bornes de ligação KNX;

- Espelho para detetores de presença, movimento e para botões de pressão;
- Caixas de derivação para teto falso – onde derivam ligações do cabo bus;
- Balastro eletrónico variável OSRAM OTI DALI, para 80W e 35W – para permitir várias intensidades (*dimming*) nas lâmpadas existentes.
- IRSC/AC ZN1CL KNX - Unidade de control AC. Controlador infravermelho KNX para ar condicionado, capaz de gerenciar mais de 300 unidades de diferentes fabricantes.
- ZN IRE1 IR KNX Emissor para IRSC - Envia comandos para o dispositivo de ar condicionado. Deve ser colocado em frente ao receptor do aparelho.

4.4.1 Mapa de Quantidades e Orçamento

Nas tabelas seguintes serão apresentados os nomes e as quantidades dos produtos acima expostos, assim como o seu preço e referência. [27]

Tabela 6-Quantidade e orçamento da Aparelhagem Modular KNX.

DESCRIÇÃO	UNID	QUANT.	ORÇAMENTO	
			Preço unit.	Total
Aparelhagem Modular KNX				
Acoplador linha KNX - Hager TYF130	un	7	400,62 €	2.804,34 €
Fonte alimentação KNX 6400mA - Hager TXA112	un	8	359,37 €	2.874,96 €
Módulo universal 3 saídas x300W KNX - Hager TXA213N	un	16	642,63 €	10.282,08 €
Actuador binário 8 canais 10A KNX - Hager TXA208B	un	4	408,07 €	1.632,28 €
Actuador binário 4 canais 10A KNX - Hager TXA204B	un	1	265,66 €	265,66 €
Actuador binário 6 canais 10A KNX - Hager TXA206B	un	1	270,12 €	270,12 €
Gateway KNX/DALI - Hager TYA670D	un	1	580,00 €	580,00 €
Interface KNX/USB - Hager TH101	un	1	283,87 €	283,87 €
Programador digital 2 canais 7d KNX - Hager TXA022	un	1	259,72 €	259,72 €
Total				19.253,03 €

Tabela 7-Quantidade e orçamento de Sensores KNX.

DESCRIÇÃO	UNID	QUANT.	ORÇAMENTO	
			Preço unit.	Total
Sensores KNX				
Sensores magnéticos	un	17	4,57 €	77,69 €
Detector presença 360º ON/OFF S KNX encastrar - Hager TCC510S	un	38	134,45 €	5.109,10 €
Detector presença 360º DALI/DSI KNX encastrar - Hager TCC521E	un	36	218,18 €	7.854,48 €
Botão Pressão kallysto 2 teclas KNX branco - Hager WYT320	un	4	41,03 €	164,12 €
Botão Pressão kallysto 6 teclas KNX branco - Hager WYT360	un	6	74,48 €	446,88 €
Detector de movimento kallysto 180º KNX branco - Hager WYT510	un	7	81,76 €	572,32 €
Módulo 2 entradas binárias KNX encastrar - Hager TXB302	un	6	65,47 €	392,82 €
Tampa detector movimento branco (10 unidades) - Hager WYA420	un	3	3,55 €	10,65 €
BAU(bus acess unit) BAU p/ WYT32x, 34x, 36X e WYA51x - Hager WUT03	un	17	76,83 €	1.306,11 €
Total				15.934,17 €

Tabela 8-Quantidade e orçamento de Cabos e Acessórios.

DESCRIÇÃO	UNID	QUANT.	ORÇAMENTO	
			Preço unit.	Total
Cabos e Acessórios				
Cabo Bus KNX 500m JY(St)Y 2x2x0.8 - Hager TG019	un	6	373,86 €	2.243,16 €
Bornes de ligação KNX (50unid) - Hager TG008	un	4	1,45 €	5,80 €
Espelho kallysto.pur, Quadro x1, branco(10 unid.) - Hager WYR110	un	10	1,67 €	16,70 €
Caixa de derivação para tecto falso	un	154	4,74 €	729,96 €
Balastro electrónico variável OSRAM OTI DALI 80W	un	90	47,50 €	4.275,00 €
Balastro electrónico variável OSRAM OTI DALI 35W	un	24	26,49 €	635,76 €
IRSC A/C unit control device para KNX - Zennio ZN1CL-IRSC	un	8	161,00 €	1.288,00 €
IR Emitter for IRSC para KNX - Zennio ZN-IRE1	un	60	10,00 €	600,00 €
Total				9.794,38 €
TOTAL GLOBAL (sem desconto)				44.981,58 €
Desconto do fabricante a aplicar				30,00%
TOTAL GLOBAL				31.487,11 €

4.4.2 Dotação e disposição de sensores

Como já foi mencionado previamente, o edifício objeto de estudo possui 8 pisos. No entanto, a análise e dotação realizada, apenas recai sobre os pisos, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Tal facto é justificado, tendo em conta a constituição dos pisos e do respetivo número de ocupantes. Uma vez que o piso, 0 e 1 apresentam poucos intervenientes e possuem zonas pouco utilizadas, como anfiteatros, salas de reuniões, estes andares não foram incluídos no estudo, pois não contribuem de forma significativa para o consumo total no edifício.

A constituição detalhada de cada piso, com o tipo de espaços, luminárias, número de aparelhos de climatização e potências, pode ser consultado na tabela que se encontra em anexo.

Nas figuras seguintes é possível visualizar; o piso 2, sendo este semelhante ao 3, 4 e 5. O piso 6, já apresenta algumas alterações, e o piso 7 igualmente se apresenta distinto dos restantes. Nas representações, todas as dimensões, portas, janelas, paredes, luminárias, aparelhos de ar condicionado e até a disposição do próprio mobiliário, correspondem com rigor à realidade existente no local.



Figura 37 - Planta do piso 2,3,4 e 5, equipados com as luminárias existentes e sensores propostos.



Sensor de presença e luminosidade



Sensor de movimento



Sensor de presença



Sensor magnético

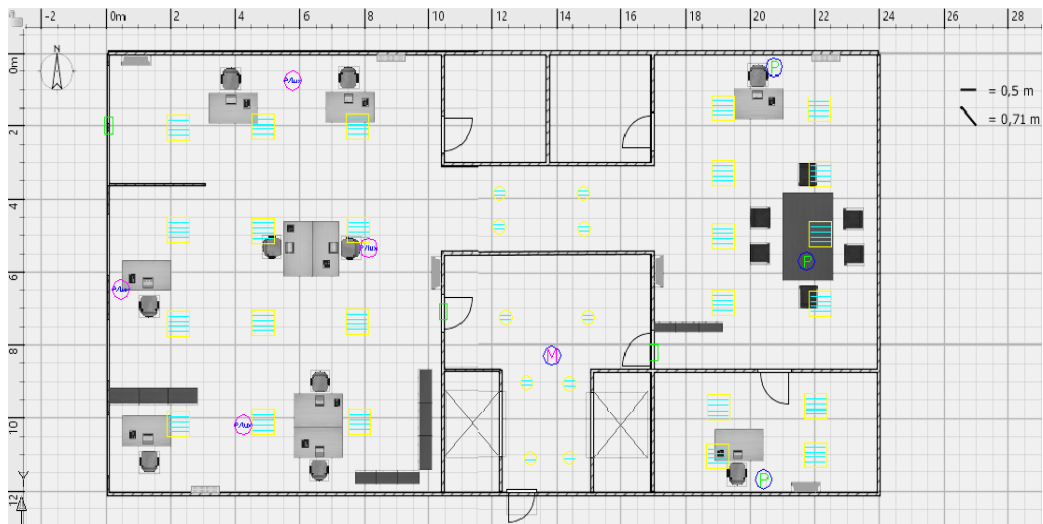


Figura 38 - Planta do piso 6 equipada com as luminárias existentes e sensores propostos.

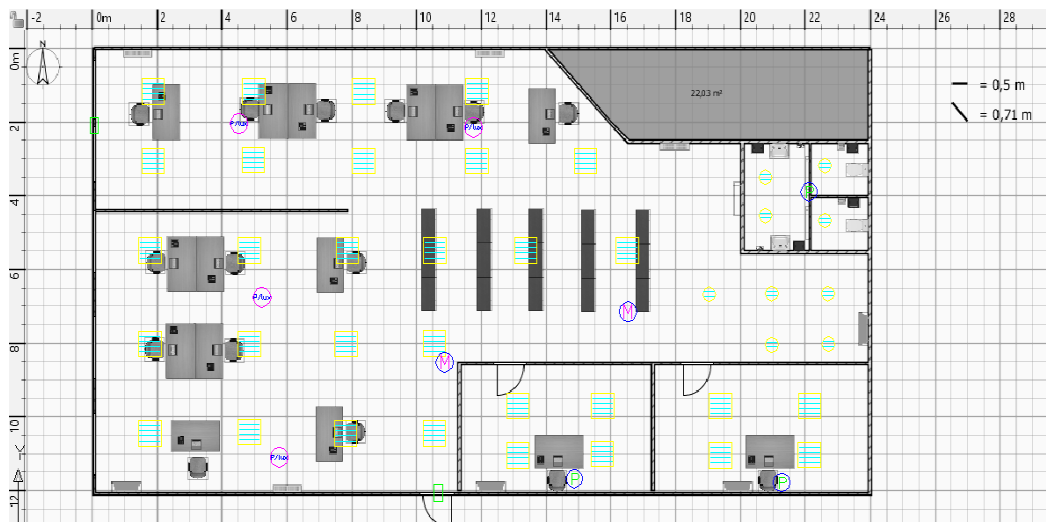


Figura 39 - Planta do piso 7, equipada com as luminárias existentes e sensores propostos.

A escolha e colocação de sensores e dispositivos para uso do sistema KNX, foi criteriosa. A quantidade deste tipo de itens foi apurada com base no alcance dos elementos, verificado na ficha técnica de cada um, e nas dimensões reais do espaço em questão. Os postos de trabalho representaram também um fator importante para a escolha da colocação da posição de determinados dispositivos.

Os espaços com incidência solar, possuem sensores de presença e luminosidade, para que possam ser conjugados, duas fontes luminosas. Com um nível de intensidade luminosa definida pelo gestor do sistema, as luminárias através de *dimming*, irão modular a intensidade consoante a necessidade de compensação de iluminação natural. Foram colocadas teclas de pressão para luminárias, no entanto encontram-se em zonas de acesso reservado.

Zonas onde não seja possível este aproveitamento, estão munidas de sensores de presença ou de movimento, que controlam as luminárias.

Os sensores magnéticos, associados ao sistema KNX, permitem avisar, por intermédio de um sinal sonoro ou mesmo desligar os aparelhos de climatização, aquando a abertura de uma porta, durante um determinado período de tempo estipulado.

4.5 Poupanças na Iluminação

Os cálculos das poupanças previsíveis em iluminação com o sistema implementado foram, baseados basicamente, na taxa de ocupação, nas potências das luminárias existentes e no período de funcionamento de 16 horas, em que o edifício se encontra ocupado. Uma vez que as luminárias são todas ligadas, assim que os primeiros ocupantes entram ao serviço, foi considerada, que atualmente existe uma utilização de 100% do número de lâmpadas nas 16 horas mencionadas.

Este estudo apenas quantifica a poupança, fundamentada na ocupação de espaços (*ON-OFF*), não tendo sido considerado a possível economia usando o sistemas de *dimming* para ajustar a iluminação de acordo com a iluminação natural.

Tabela 9 - Custo diário com sistema convencional e com sistema KNX.

Piso	Situação Atual		Com Sistema KNX		
	Potência Total Iluminação/piso (W)	Custo diário (€)	Potência Média (W)	Custo diário (€)	Custo(Margem erro 10%)
2	2648	7,69	1359	4,44	4,88 €
3	2648	7,69	1359	4,44	4,88 €
4	2648	7,69	1359	4,44	4,88 €
5	2648	6,79	1344	3,44	3,79 €
6	2034	5,21	1032	2,65	2,91 €
7	2106	5,40	1069	2,74	3,01 €
Total	14732	40,48	7521	22,15	24,36 €

Devido à escassez de ocupantes dos pisos 0 e 1, assim como à caracterização dos seus espaços, maioritariamente compostos por anfiteatros, salas de reuniões, bibliotecas, os pisos mencionados não foram considerados nestes cálculos.

Para o cálculo de custo diário de cada piso, no sistema atual, apenas se utilizou a seguinte expressão:

$$C = (P_T * Preço_V * h_V) + (P_T * Preço_P * h_P) + (P_T * Preço_C * h_C) \quad \text{Expressão (3)}$$

Onde:

C – Custo diário por piso;
 P_T - Potência total;
 h - Horas de Utilização;
 V – Vazio;
 P – Ponta;
 C – Cheias.

Para determinar o custo diário com o sistema KNX tomou-se a mesma expressão, mas com a variante das horas de utilização, serem em função do gráfico de ocupação, uma vez que se tem horas de funcionamento diferentes com a implementação do sistema.

Para efeitos de cálculo, foram usadas as tarifas mencionadas anteriormente no ponto 4.3, sendo que os pisos 5,6 e 7 têm tarifas simples e os restantes tarifas tri-horárias.

Assim, as poupanças na vertente da iluminação durante um ano podem ser encontradas da seguinte forma:

$$P1 = (CT - CT_{KNX}) * d \quad \text{Expressão (4)}$$

Onde,

$P1$ – Poupanças anuais na iluminação;
 d – Dias úteis anuais de utilização do edifício;
 CT – Custo total diário;
 CT_{KNX} – Custo total diário com o sistema KNX;

Assumindo 264 dias úteis durante um ano, retirando apenas os fins-de-semana, constabilizou-se uma poupança anual de 4255,68 €.

4.6 Poupanças na Climatização

Em relação à questão da climatização, também foram realizados cálculos, baseados na implementação do sistema KNX. Para isso foram assumidos alguns pressupostos.

Através da entrevista realizada a utilizadores do edifício e reconhecimento do próprio local, foi possível constatar: um uso dos aparelhos em tempo integral nas horas de ocupação (9h até as 24H) e definição de valores muito distintos dos valores de temperatura de referência, em função da estação do ano.

Com o auxílio do sistema KNX, pode ser condicionada a temperatura de referência, sendo esta definida pelo gestor do edifício. De acordo com estudos realizados, é possível obter poupanças de energia até 10%, por cada grau de temperatura reduzido ou aumentado (consoante a altura do ano).

Através da entrevista efectuada a utilizadores do local, sabe-se que em épocas de aquecimento frias os aparelhos são colocados a 25° Celsius, enquanto em épocas de arrefecimento, o valor anda na casa dos 17° Celsius.

No sentido de obter uma temperatura confortável, mas respeitando princípios de eficiência, foi estipulada uma temperatura aceitável de 22° Celsius para períodos de arrefecimento e 19° Celsius para períodos de aquecimento.

Para o efeito de cálculo, foi assumido uma poupança de 5% por cada grau.

Tabela 10 - Percentagem de energia por setor e custo mensal diferenciada em Períodos.

Período	Iluminação		Climatização	
	Primavera/ Verão	Outono/ Inverno	Primavera/ Verão	Outono/ Inverno
% setor	58,79%	39,74%	21,21%	40,26%
Custo mensal	890,55 €		321,19 €	902,30 €

Através do custo de iluminação diário, determinado anteriormente (40,48€) e do custo total, adquirido com as faturas energéticas (visualizado nas tabelas 4,5 e 9), foi possível determinar o custo mensal de climatização. Por sua vez, foi possível determinar a percentagem de cada setor no edifício, tomando como referência o valor total da fatura. Assumindo a categoria “outros” com um valor percentual fixo (20%), como sugerem dados teóricos.

Com o aumento de 2 graus no conjunto das Estações mais quentes, prevê-se uma poupança de energia na casa dos 10%. Enquanto no conjunto das Estações mais frias, esta poupança ascende aos 15%, com um decréscimo de 3 graus Celsius.

Para determinar então, as poupanças na vertente da climatização anual, procederam-se às seguintes operações:

$$P2 = (C_{PV} * n1 + C_{OI} * n2) - (C_{PV} * x * n1 + C_{OI} * x * n2) \quad \text{Expressão (5)}$$

Onde:

- P2 –Poupança anual na climatização;
- C_{PV}- Custo de climatização Primavera/Verão;
- C_{OI}- Custo de climatização em Outono/Inverno;
- n1- Número de meses em estações quentes;
- n2- Número de meses em estações frias.
- x- Percentagem de custo, após poupança.

Após o cálculo da poupança anual na climatização, constatou-se uma poupança de 1.004,79 €/ ano.

4.7 Avaliação Económica

Através dos valores de poupança previamente calculados na utilização de iluminação e climatização, assim como com o total de investimento necessário à instalação do sistema KNX, é então possível apurar os anos de retorno financeiro e quantificar as poupanças que se podem obter ao longo do tempo.

Nesta fase, é sabido que se realizou um investimento total de 38.729,15€ (preço com IVA) e que as poupanças globais detêm o valor de $P1 + P2 = 4.255,68 + 1.004,79 = 5260,47$ €/ano. Assim, com estes dados e usando uma taxa de atualização de 5%, foi calculado o período de retorno de investimento, como ilustram a tabela e respetivo gráfico.

Tabela 11- Retorno financeiro no período de 20 anos.

Ano	Capital (€)	Juros (€)	Amortização (€)	Saldo (€)
1	-38.729,15	-1.936,46	5260,47	-35.405,13
2	-35.405,13	-1.770,26	5260,47	-31.914,92
3	-31.914,92	-1.595,75	5260,47	-28.250,20
4	-28.250,20	-1.412,51	5260,47	-24.402,23
5	-24.402,23	-1.220,11	5260,47	-20.361,88
6	-20.361,88	-1.018,09	5260,47	-16.119,50
7	-16.119,50	-805,98	5260,47	-11.665,01
8	-11.665,01	-583,25	5260,47	-6.987,79
9	-6.987,79	-349,39	5260,47	-2.076,71
10	-2.076,71	-103,84	5260,47	3.079,93
11	3.079,93	154,00	5260,47	8.494,40
12	8.494,40	424,72	5260,47	14.179,59
13	14.179,59	708,98	5260,47	20.149,04
14	20.149,04	1.007,45	5260,47	26.416,96
15	26.416,96	1.320,85	5260,47	32.998,27
16	32.998,27	1.649,91	5260,47	39.908,66
17	39.908,66	1.995,43	5260,47	47.164,56
18	47.164,56	2.358,23	5260,47	54.783,26
19	54.783,26	2.739,16	5260,47	62.782,89
20	62.782,89	3.139,14	5260,47	71.182,51

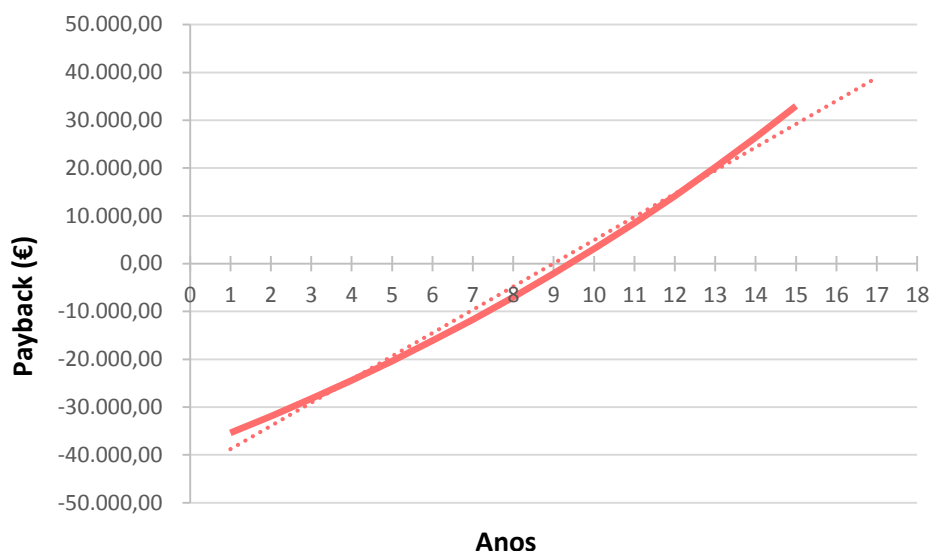


Figura 40- Retorno Financeiro

Como se pode constatar, os resultados de poupança assim como os escassos anos de *Payback* são favoráveis. Embora se consiga um *Payback* entre o nono e o décimo ano, estes período podia ser atenuado se tivessem sido usados: uma taxa de atualização inferior, um desconto maior e uma quantificação de outras poupanças. Foi utilizada uma taxa de atualização alta para os tempos que correm, podendo ter sido usada uma taxa de 2 ou 3%.

Existem diversos fatores que devem ser tidos em conta, perante os dados expostos. A grande dimensão do edifício, o vasto número de luminárias e os comportamentos dos utilizadores do edifício, justifica, este investimento. Determinados encargos como os valores de mão-de-obra, consultadoria, entre outros, não foram contabilizados, o que prejudicaria um pouco os valores de *Payback*.

4.8 Classe Energética

Através de uma média aritmética foi possível apurar a repartição percentual da energia por setores neste edifício, seguindo-se de seguida essa representação gráfica.

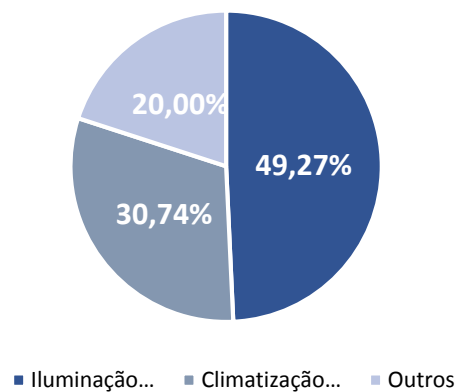


Figura 41- Energia por Setor

Também a percentagem de poupança foi determinada, com o intuito de determinar de seguida a poupança global, proveniente da instalação do sistema KNX.

Tabela 12- Poupança Energética por setor (%).

Iluminação	Climatização	Outros
39,82%	13,69%	0,00%

Com estes dados foi apurada a poupança energética global, através da seguinte média ponderada em função das percentagens de consumo em climatização e em iluminação tendo-se apurado uma poupança global de 23,83%, constituindo um valor significativo, tanto economicamente, como nos dados de uma atualização do certificado energético.

Com esta poupança percentual, o edifício em questão poderá ascender pelo menos à classe “B-“, uma vez que detém a classe C.

5. Conclusões

Através da realização desta dissertação, foi possível adquirir conhecimentos na área da domótica e gestão técnica de edifícios. Os edifícios inteligentes foram abordados, tendo sido exploradas definições (que não têm consenso universal), mas que se encontram correlacionados com a domótica.

A importância deste assunto levou à criação de legislação, no sentido de melhorar de modo geral a eficiência energética em edifícios. Com estas alterações surgiu o Certificado Energético, que foi abordado e que possui características que não devem ser menosprezadas. Este, assume-se obrigatório na maior parte dos edifícios e constitui um poderoso indicativo relativamente à eficiência energética, útil tanto para o proprietário como para um futuro explorador do edifício.

Diretamente relacionado com o estudo de um caso, foi estudado o protocolo KNX, tendo sido referenciada a definição de protocolo, e todas as características da tecnologia KNX, assim como as suas vantagens e diferenças face à solução convencional.

No estudo de um caso, foi aplicada o sistema KNX num edifício real, no sentido de tirar conclusões quanto à sua mais-valia. Através da recolha de documentos, do reconhecimento do espaço e de entrevistas a utilizadores, foi possível apurar como se poderia “tirar proveito” deste sistema. A utilização despreocupada de energia elétrica, com comportamentos despesistas foi o fator de maior destaque para neste trabalho. Foram idealizadas então medidas para colmatar estes comportamentos, o que envolveu a dotação do sistema KNX. O controlo na área da iluminação e climatização foi realizado com base na taxa de ocupação do edifício, com uso de temporizador ou presença real, com a utilização de sensores e atuadores adequados para o efeito, economizando energia e dinheiro.

Posso afirmar, que através de uma programação correta do sistema, este, colmatará esquecimentos e mau uso de energia, promovendo a racionalização energética, muitas vezes negligenciada.

Na avaliação económica do projeto foi calculado o período de retorno de investimento, embora não tenham sido quantificadas poupanças que resultam do aproveitamento da luz natural (com sistemas com dimming), e das poupanças com a atuação dos sensores magnéticos inseridos nas portas de acesso ao exterior.

Embora o sistema KNX ainda apresente preços elevados, a aquisição e dotação deste, aquando a construção do edifício, revela ser uma decisão benéfica.

Foi possível ainda constatar que: além das potências contratadas para cada piso serem excessivas, o uso de tarifa tri-horária em alguns pisos, apresenta-se desvantajosa face à tarifa simples. O ideal seria reverter todos os contratos num único, mas isso implicaria algumas

alterações às instalações que não foram consideradas. O edifício está adaptado a divisão em propriedade horizontal em que cada piso pode ter um contrato de fornecimento de energia elétrica independente.

Bibliografia

- [1] Instituto Nacional de Estatística, “Instituto Nacional de Estatística Statistics Portugal,” [Online]. Available:
https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0ahUKEwjix5aU0ejKAhVEJh4KHY3HArwQFgg-MAY&url=https%3A%2F%2Fwww.ine.pt%2Fngt_server%2Fattachfileu.jsp%3Flook_parentBoui%3D124237996%26att_display%3Dn%26att_download%3Dy&usg=AFQjCNEcryL4sZgW.
- [2] I. E. Agency. [Online]. Available:
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Portugal2009.pdf>.
- [3] J. Bernardo, “Laboratório Nacional de Energia e Geologia,” [Online]. Available:
http://www.Ineg.pt/download/10887/DGEG_REPublic_ZEB%2011dez2015.pdf.
- [4] H. Gonçalves, “energia2020,” [Online]. Available:
<http://energia2020.fc.ul.pt/energia2020/apresentacoes/Helder%20Goncalves.pdf>.
- [5] “Direção Geral de Energia e Geologia,” [Online]. Available: <http://www.dgeg.pt/>.
- [6] “DIRETIVA relativa ao desempenho energético dos edifícios,” *Jornal Oficial da União Europeia*, Vols. %1 de %2Serie L1, L 153, L 315, 2010, 2012, 2015.
- [7] Siemens, “Siemens,” [Online]. Available:
https://w5.siemens.com/web/hu/hu/diviziok/bt/bt/Documents/Building_automation_impact_on_energy_efficiency_A6V10258635hq_en.pdf.
- [8] C. S. Renato Nunes, “Edifícios Inteligentes: Conceitos e Serviços,” [Online]. Available:
http://domobus.net/ei_docs/edif_int.pdf.
- [9] S. Wang, *Intelligent Buildings and Building Automation*, Spon Press, 2010, pp. 1-6.
- [10] ADENE Agência para a Energia, “ADENE,” [Online]. Available:
<http://www.adene.pt/sce/textofaqs/certificacao-de-edificios>.
- [11] Portal dos Profissionais e Empresas de Mediação Imobiliária de Portugal (Gabinete Jurídico), “APEMIP,” [Online]. Available:
http://www.apemip.pt/NL/GabJuridico/Certificacao_energetica_FAQ.pdf.
- [12] ADENE, “ADENE Agência para a Energia,” [Online]. Available:
<http://www.adene.pt/sce/textofaqs/certificacao-de-edificios>.
- [13] PLMJ Sociedade de Advogados, RL, “PLMJ,” [Online]. Available:
http://www.plmj.com/xms/files/newsletters/2014/Fevereiro/Novo_Sistema_de_Certificacao_Energetica_dos_Edificios.pdf.
- [14] F. G. e. T. Ferreira, “Idealista,” 25 Julho 2014. [Online]. Available:
<http://www.idealista.pt/news/imobiliario/habitacao/2014/07/24/22407-certificados-energeticos-maioria-das-casas-e-de-classe-c-e-so-0-9-tem-nota-maxima-a>.

- [15] Equipa, "Idealista," 16 1 2015. [Online]. Available: <http://www.idealista.pt/news/imobiliario/habitacao/2015/01/15/25353-radiografia-do-dia-evolucao-da-emissao-de-certificados-energeticos-desde-2007>.
- [16] KNX, "KNX," [Online]. Available: <http://www.knx.org/>.
- [17] N. R. B. C. Pedro Fernandes, "REVISTA DO DETUA," [Online]. Available: <http://revistas.ua.pt/index.php/revdeti/article/viewFile/1588/1470>.
- [18] K. Wacks, "Hometoys (Home Automation and Utility Customer Services)," [Online]. Available: http://www.hometoys.com/content.php?post_type=614.
- [19] "Eurodomótica," [Online]. Available: <http://eurodomotica-knx.com.br/br/knx/>.
- [20] "KNX The worldwide STANDARD for home and building control," 2014. [Online]. Available: http://www.knx.org/media/docs/Flyers/KNX-Introduction-Flyer/KNX-Introduction-Flyer_en.pdf.
- [21] KNX Association, "KNX TP1 Installation," [Online]. Available: http://www.knx.org/fileadmin/template/documents/downloads_support_menu/KNX_tutor_seminar_page/basic_documentation/Installation_E1212a.pdf.
- [22] E. D. S. d. Santos, "Domotica KNX Instalação," 2010. [Online]. Available: <http://ave.dee.isep.ipp.pt/~dss/Disciplinas/DOMOT/Teorica/Instalacao.pdf>.
- [23] E. D. S. d. Santos, "domotica KNX Topologia," 2010. [Online]. Available: <http://ave.dee.isep.ipp.pt/~dss/Disciplinas/DOMOT/Teorica/Topologia.pdf>.
- [24] ABB, "ABB i-bus KNX Intelligent Installation Systems," [Online]. Available: https://www.busch-jaeger.de/uploads/tx_bjeprospekte/ABB_Product_Range_KNX_System_description.pdf.
- [25] ABB, "Smart Home and Intelligent Building Control (KNX)," 2010. [Online]. Available: http://mailing.knx-gebaeudesysteme.de/pdf/Basic_Presentation_EEiB_2010_10.pdf.
- [26] ABB, "Eficiência Energética em Edifícios com KNX, Benefícios da automatização," [Online]. Available: http://knxdobrasil.com.br/folders/CatalogoABB_Eficiencia.pdf.
- [27] Hager, "Hager," [Online]. Available: <http://www.hager.pt/>.
- [28] Digital Trends, "Digital Trends," [Online]. Available: <http://www.digitaltrends.com/home/zigbee-vs-zwave-vs-insteon-home-automation-protocols-explained/>.
- [29] "The Future of Smart," [Online]. Available: <https://thefutureofsmart.wordpress.com/2014/10/05/smart-house/>.
- [30] ADENE. [Online]. Available: http://transparencias.info/imagens/mai_2014-PT/certificado_adene_REH.v1.pdf.
- [31] "Diário da República, 2.ª série — N.º 234 — 3 de dezembro de 2013," [Online]. Available: <https://dre.pt/application/dir/pdf2sdip/2013/12/234000003/0005500057.pdf>.
- [32] KNX, "KNX," [Online]. Available: <http://www.knx.org/in/knx/association/introduction/index.php>.

- [33] "Università di Catania," [Online]. Available:
http://www.diit.unict.it/etfa2005/industry_day/program.html.
- [34] schneiderelectric, "Life Is On Schneider Electric," [Online]. Available:
<http://www.schneiderelectric.pt/sites/portugal/pt/produtos-servicos/product-launch/knx/how-does-knx-works.page>.
- [35] Philips, "Soluções de Controlos de Iluminação para escritórios," [Online]. Available:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/pt_pt/application_areas/assets/documents/solucoes-de-controlo-para-iluminacao-de-escritorios.pdf.

Anexo A

Neste anexo encontram-se tabelas referentes a diferentes protocolos, assim como diversas características dos mesmos.

Tabela 13- Diversos Protocolos e suas características (x-10 e HBS). [17] [28]

Protocolo/ Sistema	País Proveniente	Data	Meio de Transmissao	Taxa de Transmissão	Descrição
<u>X-10</u>	Escócia	1975	Corrente elétrica e Rádio-Frequência	50 bits/s	Dos mais antigos e utilizados protocolos. Criado para edifícios de pequenas dimensões, como residências, possuía uma arquitetura descentralizada. Não precisava instalar ou alterar os condutores para ligar dispositivos entre si.
<u>HBS</u> Home Bus System	Japão	1983	Cabo coaxial	-	Protocolo apontado para edifícios residenciais, onde os diferentes tipos de sinal (dados, áudio, vídeo e comunicações) são injetados a frequências diferentes.

Tabela 14-Diversos Protocolos e suas características (CEBus, BACnet e LonWorks). [17] [28]

Protocolo/ Sistema	País Proveniente	Data	Meio de Transmissão	Taxa de Transmissão	Descrição
CEBus Consumer Electronic Bus	Estados Unidos	1984	Todos (rede elétrica, cabo de par trançado, infravermelhos, fibra ótica, cabo coaxial, rádio- frequência, etc)	8.5 Kbits/s	Tinha como motivação, ser Universal e permitir a comunicação entre diversos dispositivos no sector doméstico, independentemente do fabricante.
BACnet Building Automation Control Network	Estados Unidos	1987	RS485, RS232 e ARCnet , Ethernet, Internet (TCP/IP)	1 Mbit/s, 2.5 Mbits/s e 10 Mbits/s	Direcionado para as redes de automação e controle predial. O principal objetivo seria satisfazer necessidades de controlo de sistemas de diferentes fabricantes em equipamentos AVAC.
LonWorks Locan Operations Network	Estados Unidos	1988	Todos (rede elétrica, cabo de par trançado, infravermelhos, fibra ótica, cabo coaxial, rádio- frequência, etc)	5 Kbits/s a 1.25 Mbits/s	Direcionada para os sistemas de controlo em Edifícios (Residencial, Comercial, Industrial). O seu funcionamento tem por base um conjunto de nós inteligentes e independentes, sendo a rede formada por estes.

Tabela 15-Diversos Protocolos e suas características (ZigBee e Z-Wave). [17] [28]

Protocolo/ Sistema	País Proveniente	Data	Meio de Transmissao	Taxa de Transmissão	Descrição
<u>ZigBee</u>	Estados Unidos	2003	Rádio-Frequência	20 Kbits/s a 250 Kbit/s	É uma versão melhorada de uma tecnologia anterior (HomeRF) e utilizada em automação residencial, industrial e smart grid. Comunicação sem fios e de reduzido consumo energético.
<u>Z-Wave</u>	Dinamarca e Estados Unidos	2005	Rádio-Frequência	9.6 Kbits/s a 40 Kbit/s	Pensado para uma automação residencial sem fios. Tecnologia semelhante à ZigBee, embora tenha mais alcance. Apresenta baixo consumo de energia.

Anexo B

Neste anexo é possível visualizar-se todos os pontos de luz, lâmpadas, potências, e equipamentos de climatização, atualmente existentes no edifício alvo de estudo.

Tabela 16- Constituição pormenorizada de cada piso.

CONSTITUIÇÃO DOS PISOS								
Piso	Espaços	Iluminação			Total Potência Iluminação (W)	Climatização		Total Potência Iluminação Por piso
		pontos de luz	lâmpadas	potência (W)		equipamentos	potência	
0	Recepção	10	2	13	260	1	Aparelho Consola	1890
	Anfiteatro	18	2	13	468	1	Aparelho Consola	
		6	1	18	108			
	Biblioteca	9	2	13	234			
	Arquivo	20	2	13	520			
	Copa	8	1	18	144	1	Aparelho Consola	
6		2	13	156				
1	Open-Space direção	13	4	18	936	2	Aparelho Mural	3001
		16	2	13	416			
	1 Sala reunião m	13	1	13	169	1	Aparelho Mural	
	3 Sala reunião p	4	2	13	312	1	Aparelho Mural	
	2 Sala reunião G	9	2	13	468	1	Aparelho Consola	
	Copa	2	2	13	52			
3 Gabinete	3	4	18	648	3	Aparelho Consola		
2	2 Open-Space (total)	21	4	18	1928	4	Aparelho Mural	2648
		16	2	13		2	Aparelho Consola	
	5 Gabinete	2	4	18	720	2	Aparelho Mural	
					3	Aparelho Consola		
3	2 Open-Space (total)	21	4	18	1928	4	Aparelho Mural	2648
		16	2	13		2	Aparelho Consola	
	5 Gabinete	2	4	18	720	2	Aparelho Mural	
					3	Aparelho Consola		
4	2 Open-Space (total)	21	4	18	1928	4	Aparelho Mural	2648
		16	2	13		2	Aparelho Consola	
	5 Gabinete	2	4	18	720	2	Aparelho Mural	
					3	Aparelho Consola		
5	2 Open-Space (total)	21	4	18	1928	4	Aparelho Mural	2648
		16	2	13		2	Aparelho Consola	
	5 Gabinete	2	4	18	720	2	Aparelho Mural	
					3	Aparelho Consola		
6	1 Open-Space	21	4	18	1746	3	Aparelho Mural	2034
		9	2	13		4	Aparelho Consola	
	1 Gabinete	4	4	18	288	1	Aparelho Consola	
7	1 Open-Space	22	4	18	1818	4	Aparelho Mural	2106
		9	2	13		2	Aparelho Consola	
	2 Gabinete	4	4	18	288	2	Aparelho Consola	

Anexo C

Este anexo, demonstra variadas imagens do interior dos pisos estudados na dissertação.

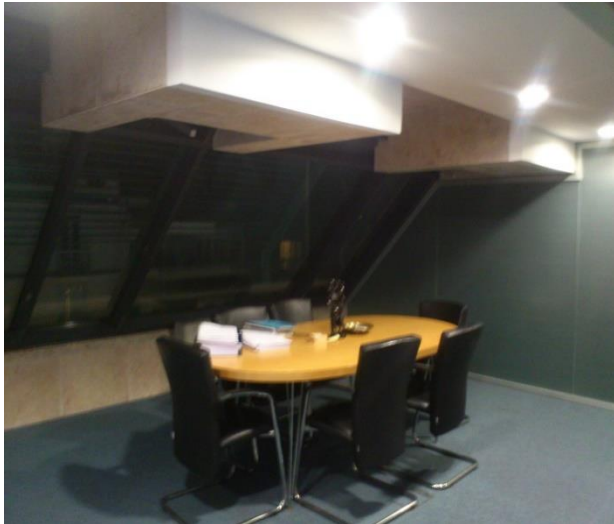


Figura 42-Fotografia do open space do piso 7, do edifício alvo de estudo.



Figura 43-Fotografia de sala de reuniões do edifício alvo de estudo.



Figura 44 – Fotografia de gabinete do edifício alvo de estudo.



Figura 45- Fotografia de open-space do edifício alvo de estudo.



Figura 48- Piso 2,3,4 e 5 do edifício alvo de estudo em 3D.



Figura 46- Piso 6 do edifício alvo de estudo em 3D.



Figura 47- Piso 7 do edifício alvo de estudo em 3D.