



## A domótica na otimização da habitação NZEB

Estéfano Gomes Matos Lima

Orientadores: Prof.<sup>ª</sup> Doutora Ana Lima e Prof. Especialista Luís Paulo Pacheco

Vila Nova de Cerveira, março de 2021

Imagem de capa: Autoria própria

## Preâmbulo

Esta dissertação de mestrado que se apresenta, integra-se na Unidade Curricular A50 – Projeto – Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura e Urbanismo, realizado na Escola Superior Gallaecia de Vila Nova de Cerveira. O presente trabalho é da autoria do candidato Estéfano Gomes Matos Lima, nº 653-10, realizando-se durante o primeiro semestre do ano letivo 2020/2021, tendo como orientadores a Professora Doutora Ana Lima e o Professor Especialista Luís Paulo Pacheco.

Nesta era de especialização, homens que conhecem completamente um campo são muitas vezes incompetentes em discutir outro. Os grandes problemas das relações entre um e outro aspeto da atividade humana foram, por esse motivo, discutidos cada vez menos em público. - (Feynman R. P., 1956)



## Agradecimentos

Em especial aos meus avós, Joaquim e Adelaide, que sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu duvidei de mim mesmo.

À minha mãe Idalina Gomes, por sempre me ter apoiado e ajudado ao longo deste percurso.

Ao Sr. David Gomes pela ajuda que me deu desde o início, sem o qual não poderia ter chegado aqui.

Também à minha companheira e namorada Rafaela Esteves, por ter lutado e incentivado, pela força e motivação, nunca lhe faltando uma palavra de apoio.

Ao corpo docente e funcionários da ESG, pelo carinho, apoio e conhecimentos transmitidos ao longo de todos estes anos.

E finalmente aos meus orientadores Professora Doutora Ana Lima e Professor Especialista Luís Paulo Pacheco pela paciência, empenho e dedicação a este trabalho, sem os quais não alcançaria esta meta.

Não esquecendo todas as outras pessoas que ao longo deste percurso sempre estiveram ao meu lado.



## Resumo

Num mundo em constante evolução todos os elementos da vida do ser humano evoluem com ele. Portanto, porque é que a arquitetura não pode acompanhar a progressão tecnológica de que somos responsáveis?

Com a entrada em vigor de nova legislação relativa a nZEB é exigido da arquitetura uma maior eficiência energética, de modo que a tecnologia pode representar um avanço importante neste aspeto. Esta facilita o processo para uma arquitetura mais eficiente e que respeita o meio ambiente, sendo este o objetivo de nZEB.

A domótica não é associada tradicionalmente com o estudo da arquitetura. No entanto, com a possibilidade de elevar a qualidade de um projeto, deve ser encarada com seriedade e fazer parte do estojo de ferramentas do arquiteto. É assim necessário entender o conceito de nZEB, sendo este o alvo da aplicação da domótica, compreendendo o seu funcionamento básico como ferramenta de grande importância, se um dia esperamos uma cooperação harmoniosa entre estas duas áreas.

Neste sentido, o principal objetivo da investigação é proporcionar o conhecimento necessário sobre ambos aspetos. Permitindo assim entender nZEB e os seus requisitos e possibilidades, bem como compreender a função da domótica como ferramenta para o arquiteto, elaborando para isso uma catalogação que funcionará como uma possível ferramenta de trabalho.

Metodologicamente, trata-se de uma investigação de estudos de caso, do tipo descritiva e documental. Desenvolvendo-se em cinco partes, a primeira das quais introduz a problemática, contextualiza e justifica a investigação, assim como define os seus objetivos e a metodologia (parte 1); a fundamentação teórica, na qual se estabelece uma base literária sobre nZEB, analisa informação de relevância na legislação portuguesa. Continua com o papel da domótica na otimização energética, entendendo ainda o funcionamento de um protocolo de domótica (parte 2); de seguida a investigação de dois casos de estudo pertinentes que permitem quantificar a eficiência energética de um nZEB em associação com a domótica (parte 3); estabelece-se desta forma uma base para se desenvolver uma catalogação como ferramenta de trabalho pertinente para a arquitetura (parte 4); faculta-se assim, todas as informações necessárias para as considerações finais e que permitem retirar conclusões desta investigação e catalogação (parte 5).

Reflete-se por isso a importância de uma catalogação de domótica que se articulará com o objetivo principal de nZEB. Esta permitirá conhecer dispositivos relevantes para a arquitetura, no sentido em que podem ser utilizados de modo operativo no projeto de arquitetura não só para tornar o uso dos edifícios mais confortável para o utilizador, mas sobretudo permitirão um ganho significativo em direção ao aumento da eficiência energética de nZEB.

## Palavras-chave

nZEB, Domótica, Eficiência Energética, Edifício Inteligente.



## Abstract

In a constantly evolving world, all elements of human life evolve with him. So why can't architecture keep up with the technological progress we are responsible for?

With the entry of the new legislation relating to nZEB, greater energy efficiency is required from architecture, for that reason technology can represent an important advance in this aspect. This facilitates the process for a more efficient and environmentally friendly architecture, which is the objective of nZEB.

Home automation isn't traditionally associated with the study of architecture. However, with the possibility of raising the quality of a project, it must be taken seriously and be part of the architect's toolkit. It is therefore necessary to understand the concept of nZEB, this being the target of the application of home automation, understanding its basic functioning as a tool of great importance, if one day we expect a harmonious cooperation between these two areas.

In this sense, the main objective of the investigation is to provide the necessary knowledge on both aspects. Thus, allowing to understand nZEB and its requirements and possibilities, as well as to understand the function of home automation as a tool for the architect, elaborating for this a catalog that will work as a possible work tool.

Methodologically, it is an investigation of case studies, of a descriptive and documentary type. Developing in five parts, the first of which introduces the problem, contextualizes and justifies the investigation, as well as defines its objectives and the methodology (part 1); the theoretical foundation, which establishes a literary base on nZEB, analyzes information of relevance in Portuguese legislation. It continues with the role of home automation in energy optimization, also understanding the operation of a home automation protocol (part 2); then the investigation of two pertinent case studies that allow quantifying the energy efficiency of an nZEB in association with home automation (part 3); this establishes a basis for developing a catalog that is a relevant work tool for architecture (part 4); thus, it provides all the necessary information for the final considerations and that allow to draw conclusions from this investigation and catalog (part 5).

Therefore, the importance of a home automation catalog is reflected, which will be articulated with the main objective of nZEB. This will make it possible to know devices relevant to architecture, in the sense that they can be used operatively in architectural design, not only to make the use of buildings more comfortable for the user, but above all they will allow a significant gain towards increasing energy efficiency of nZEB.

## Key words

nZEB, Home Automation, Energy Efficiency, Intelligent Building.



## Índice de conteúdos

PREÂMBULO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Contextualização da investigação</b>	<b>16</b>
<b>1.2. Justificação da problemática</b>	<b>17</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>19</b>
<b>1.4. Metodologias de Investigação</b>	<b>21</b>
<b>1.5. Estruturação de conteúdos</b>	<b>24</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>27</b>
<b>2.1. nZEB</b>	<b>31</b>
2.1.1. O que é um nZEB?	31
2.1.2. A importância dos nZEB	35
2.1.3. Estratégias nZEB	36
2.1.4. Síntese	56
<b>2.2. nZEB em Portugal – Legislação</b>	<b>60</b>
2.2.1. Plano de ação para alcançar nZEB	62
2.2.2. Certificação Energética	63
2.2.3. Síntese	65
<b>2.3. A domótica</b>	<b>68</b>
2.3.1. O que é domótica?	69
2.3.2. Domótica e conservação energética	70
2.3.3. Síntese	77
<b>2.4. Protocolos de domótica</b>	<b>79</b>
2.4.1. KNX	82
2.4.2. BACnet	86
2.4.3. DALI	87
2.4.4. Z-Wave	89
2.4.5. Insteon	94
2.4.6. Síntese	99
<b>3. CASOS DE ESTUDO</b>	<b>103</b>
<b>3.1. Camara Municipal de Freiburg</b>	<b>105</b>
3.1.1. Descrição do projeto	105
3.1.2. Sistemas passivos	106
3.1.3. Integração de sistemas renováveis	109

3.1.4.	Implementação de domótica	110
3.1.5.	Desenho técnico e esquemas de funcionamento	112
3.1.6.	Resultados	115
<b>3.2.</b>	<b>Efficiency House Plus with E-mobility</b>	<b>116</b>
3.2.1.	Descrição do projeto	116
3.2.2.	Sistemas passivos	117
3.2.3.	Integração de sistemas renováveis	119
3.2.4.	Implementação de domótica	120
3.2.5.	Desenho técnico e esquemas de funcionamento	120
3.2.6.	Resultados	123
<b>3.3.</b>	<b>Análise comparativo</b>	<b>124</b>
<b>4.</b>	<b>SISTEMATIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO</b>	<b>129</b>
<b>4.1.</b>	<b>Arquitetura e domótica</b>	<b>132</b>
<b>4.2.</b>	<b>Formas de comunicação de protocolos</b>	<b>146</b>
<b>4.3.</b>	<b>Catálogo de dispositivos dedicados ao controlo e redução do consumo energético</b>	<b>148</b>
A -	Monitorização de recursos	151
B -	Climatização	154
C -	Iluminação	159
D -	Controlo de fachada	164
E -	Multifunções	166
F -	Interfaces e controladores	172
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>175</b>
<b>5.1.</b>	<b>Conclusões específicas</b>	<b>176</b>
<b>5.2.</b>	<b>Conclusões gerais</b>	<b>179</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>185</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>186</b>
	<b>Índice de figuras</b>	<b>192</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>197</b>

## Lista de abreviaturas

nZEB – Near Zero Energy Buildings

SCE – Sistema de certificação energética

REH – Regulamento Energético Habitacional

RECS – Regulamento Energético de Comercio e Serviços

PNAER 2020 – Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

$N_i$  - Necessidades máximas nominais de energia útil para aquecimento

$N_v$  - Necessidade nominal anual de energia útil para o arrefecimento da habitação

$N_t$  – Necessidades nominais anuais de energia primária

AQS - Águas quentes sanitárias

$A_{env}$  - Área do vão envidraçado

RF – Radiofrequência

PLC – Comunicação via rede elétrica

AVAC – Aquecimento, ventilação e ar condicionado

CDA - Connected Devices Alliance

ACEEE - American Council for an Energy-Efficient Economy

Mtep - Megatoneladas equivalentes de petróleo



## 1. Introdução

Quando se fala do edifício do futuro, existe uma tendência a seguir por duas diferentes áreas, retratando edifícios energeticamente eficientes e edifícios sustentáveis, sendo ambas áreas onde se levantam questões sobre a eficiência e uso de energias renováveis. Estes aspetos podem claramente beneficiar-se de tecnologia como a domótica, capaz de coletar informação, comunicar e interagir com as necessidades em causa. Rohrer (2002) refere que deveria ser levantada a questão mais frequentemente como o uso das novas tecnologias de informação e comunicação poderiam incrementar a sustentabilidade e a eficiência energética.

## 1.1. Contextualização da investigação

---

A presente dissertação de Mestrado centra-se no estudo da habitação nZEB que incorpora sistemas sustentáveis assim como a análise da tecnologia existente disponibilizada pela domótica. Isto permitindo desta maneira efetuar uma catalogação dos sistemas de domótica disponíveis no mercado que possibilitam explorar mais os resultados da habitação nZEB.

O conceito de domótica deriva de *Domus* (Casa) e Robótica (controlo automatizado de algo), assim sendo, domótica é a possibilidade de atingir um controlo automatizado das habitações, tornando-as no que vulgarmente se tem designado de casa inteligente. Esta tecnologia possibilita para o utilizador uma melhor qualidade de vida através da redução de trabalho doméstico e o aumento do bem-estar e da segurança dos seus habitantes. Além destes fatores, e quiçá mais importante, a possibilidade de gerir de forma mais eficiente o racionamento energético da habitação. Do ponto de vista tecnológico, trata-se de um sistema capaz de fazer comunicar diversos mecanismos, atuadores e sensores, capacitando a habitação de autonomia para realizar tarefas e atividades garantindo uma melhoria do conforto, segurança habitacional e gestão energética.

Pretende-se deste modo que não só se responda aos alvos estabelecidos pela diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu, de 19 de maio de 2010, mas também entender como a domótica está interligada com a arquitetura de uma habitação e o que significa a sua aplicação para o objetivo da lei. Elaborado uma catalogação abrangente dos sistemas disponíveis, fornecendo assim as ferramentas necessárias para se alcançar ou talvez aprimorar uma habitação de consumos energéticos quase nulos.

## 1.2. Justificação da problemática

---

A preservação do meio ambiente torna-se cada vez mais uma necessidade, visando-se a criação de meios mais sustentáveis. A indústria da construção pode beneficiar desta situação adaptando-se e evoluindo com os objetivos e necessidades requeridas. A diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu define objetivos de eficiência energética a serem atingidos para as edificações a partir de 2020. A diretiva enquadra-se no âmbito do conceito nZEB para o qual o decreto-lei nº 118/2013 de 20 de agosto, estabelece requisitos a serem atingidos pelos proprietários e edificações em Portugal; especificando deveres e obrigações do proprietário relativamente ao sistema de certificado energético (SCE) nos primeiros 15 artigos. O artigo 16º explica também o conceito de edifício com necessidade quase nula de energia (nZEB), sendo este aquele que aqueles que não só possuam um elevado desempenho energético, mas ainda que as suas necessidades energéticas sejam supridas por energias renováveis, sendo estas produzida no local ou nas suas proximidades.

A aplicação do decreto-lei implica que deve haver um entendimento adequado sobre a importância da escolha dos materiais e tecnologias aplicadas, pretendendo-se que sejam adequados e com classificação energética capaz de integrar-se numa habitação NZEB que se desenvolve dentro dos parâmetros da lei, tentando reduzir a pegada humana no que diz respeito aos consumos energéticos. Atualmente a sociedade não assume de forma ativa uma postura que responda a esta necessidade, apesar de protocolos como o de Quioto assinado em 1997 que explicitamente apontam para o aumento das emissões de carbono e a necessidade da adaptação a fontes de energia renováveis.

A domótica é um campo de desenvolvimento e investigação que se encontra em crescimento constante. Isto faz com que cada vez seja mais usual, a aplicação de sistemas capazes de melhorar e garantir o conforto e segurança da habitação. A domótica, como avanço tecnológico, é capaz de gerir e melhorar o desempenho energético. Isto é vantajoso para a aplicação do decreto-lei nº 118/2013, com o objetivo de desenvolver uma habitação de gastos energéticos quase nulos relativamente ao conceito NZEB e adaptando-se também a respetiva Diretiva Europeia. Podendo ser aplicada a domótica ao controle eficiente dos recursos energéticos garantindo que se alcance a categoria de NZEB, proporcionando apoio aos sistemas de controlo energético passivos. A tecnologia poderá proporcionar um equilíbrio energético superior ao mesmo tempo que traz vantagens ao conforto e segurança dos habitantes.

No entanto, a domótica é uma tecnologia relativamente nova, sendo a comum aplicação reduzida a alguns elementos pontuais, afastando-se da sua verdadeira potencialidade e capacidade completa. Sendo por este motivo de valor acrescido poder entender como esta tecnologia poderá

potenciar algo que brevemente se tornará necessário e generalizado como indicado pela Diretiva Europeia e legislação portuguesa.

### 1.3. Objetivos

---

Perante a eminente necessidade da aplicação da nova legislação europeia e especificamente o Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto de 2013 a nível nacional, é necessário entender claramente em que consiste a lei e como afinar sobre ela. Como ferramenta para aprimorar os objetivos da legislação, melhoria da eficiência energética e redução de emissões de  $CO_2$ , propõe-se a domótica. Agindo como um agente impulsionador do que seria possível atingir de uma forma mais tradicional, isto é, sem recurso a uma tecnologia de computação. Para isso torna-se relevante responder aos seguintes objetivos:

#### Definir as implicações do conceito nZEB para as habitações 2020

---

As características que definem nZEB encontram-se diretamente ligadas a legislação de cada país da união europeia. No entanto nZEB passa por se definir como um conceito de construção aparte da sua integração na legislação. Deste modo, será realizada uma análise do significado de nZEB, permitindo entender a sua importância e como este conceito se integra na arquitetura. Em segundo lugar é necessário perceber o que a legislação europeia indica através da Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 2010, verificando as indicações e requisitos estabelecidos a nível europeu. Seguindo esta linha de abordagem, é necessário que se verifique a legislação nacional que responde a esta diretiva. Começando com uma análise do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto de 2013 e outros documentos nacionais, que providenciam informação do que se pretende dos edifícios nZEB em Portugal.

#### Catalogar sistemas tecnológicos de domótica aplicável ao conceito de nZEB

---

Entendendo de forma mais abrangente o pretendido de um nZEB, pretende-se com isto obter um conhecimento relativo do funcionamento de alguns sistemas de domótica. É de notar o grande interesse e a utilização por parte de profissionais, em relação à domótica (Pascual, Paoletti, & Anagnostopoulos, 2016), estando eles orientados a escolher sistemas pela sua relação custo/eficiência. No entanto, não existe uma catalogação de produtos existentes no mercado direcionados para a habitação nZEB, refletindo os seus benefícios e cuidados na integração na arquitetura. Isto apesar de existir um encorajamento por parte da União Europeia para que sejam aplicados sistemas inteligentes capazes de monitorizar e regular o gasto energético, conforme evidente no artigo 8 da Diretiva (EU) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, alterando a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010. Por este motivo, este trabalho visa entender estes sistemas tecnológicos e catalogá-los de forma compreensiva, para que assim exista uma forma de rapidamente se entender a eficácia de cada um como deverá ser integrado na arquitetura, podendo ser comparados e analisados

individualmente ou em conjunto. Completando desta forma uma lacuna que existe neste campo do conhecimento. Criando uma inventariação destes sistemas, excluindo desta listagem aqueles que proporcionam pouco ou nenhum valor para a habitação nZEB e o que este conceito de habitação pretende.

#### 1.4. Metodologias de Investigação

---

A presente investigação foca-se no estudo da Domótica como elemento potenciador de uma habitação nZEB. Nesta abordagem aos objetos de estudo de definir as implicações de uma habitação nZEB e de catalogar sistemas tecnológicos de domótica aplicáveis a este conceito de edificação, serão analisadas as influências e vantagens do uso das tecnologias atuais relativamente ao tema da habitação de gastos energéticos quase nulos. Desta forma proporcionando um uso adequado dos recursos com o objetivo de responder as necessidades da sociedade atual e requisitos do decreto-lei nº 118/2013 visando uma habitação nZEB para o final de 2020. Esta relação entre a tecnologia/sustentabilidade é normalmente desconsiderada, mas potencialmente poderá criar laços ergonómicos com o homem, sendo que, ao mesmo tempo aumentando as possibilidades da eficácia energética da habitação.

Durante o período em que o setor da construção estava a apostar fortemente na construção de novos edifícios a Domótica acabou por ficar associada a um luxo supérfluo. Na realidade ela é um auxiliar importantíssimo em vários domínios da casa e não deve ser encarada como um simples gadget.

No âmbito da reabilitação deve olhar-se para a domótica como um potenciador de sustentabilidade, atuando sobre vários domínios. O primeiro será a sustentabilidade ecológica, com a otimização dos recursos energéticos e a gestão do funcionamento dos eletrodomésticos. - (RedeRia - Innovation, S.A., 2013, p. 5)

Numa primeira fase é de grande importância para o primeiro objetivo e a compreensão do conceito de nZEB, sendo por isso analisado o conceito segundo o parecer de diferentes autores. Assim como os parâmetros estabelecidos pela legislação em vigor, realizando-se uma análise documental, trabalhando sempre sobre documentação existente (Albarelo, et al., 1997). Inicialmente estabelecendo o estado da arte através de publicações periódicas científicas e posteriormente, fontes de informação oficial, em especial entradas ao Diário da República, como decretos lei, portarias e entre outras, além de diretivas europeias apresentadas pelo estado europeu. Isto permitirá obter uma visão mais abrangente do que é para a legislação o significado de nZEB e como se deverá abordar um edifício com as novas alterações da lei.

Pretende-se ainda responder ao segundo objetivo de catalogar sistemas de domótica pertinentes para nZEB, sendo para isso necessário entender o conceito de domótica, o que é e o que implica. Neste sentido, serão abordadas diferentes tecnologias com potencial sustentável proporcionando

apoio a habitação unifamiliar de forma a compreender como se pode potencializar a habitação nZEB. Nesta fase será realizada uma análise documental de revistas sobre tecnologias, planos, panfletos sobre domótica, publicações periódicas científicas que, segundo Bogdan e Biklen (1994) este processo envolve a seleção, tratamento e a posterior interpretação da informação existente nos diversos documentos recolhidos, com o objetivo de extrair informação pertinente. A análise documental é uma técnica a servir como um avanço de investigação para procurar indicadores para a elaboração de uma estrutura coerente, que poderá orientar a recolha de informação através das outras técnicas utilizadas.

A segunda fase recai também sobre o método de estudos de caso, uma vez que, segundo Yin (1984), usa-se esta metodologia de investigação sempre que se pretende estudar pormenorizadamente uma situação em particular que tenha valor em si, favorecendo uma pesquisa que não é generalista, procurando essencialmente encontrar particularidades recorrendo a diversas técnicas de recolha de informação. Além disto, segundo Groat e Wang (2002), aplica-se o método de estudos de caso quando se quer estudar algo singular, ou seja, de grande autenticidade, que neste objeto de estudo é retratado pela importância da domótica na temática da sustentabilidade habitacional.

Este método de estudo proporcionará informação qualitativa e sobretudo quantitativa relevante que pretende apenas verificar a capacidade de uma relação entre sistemas passivos, energias renováveis e domótica para alcançar um estatuto nZEB. Os estudos de caso permitirão obter informação sobre a aplicação da domótica que se revelará importante para uma realização da catalogação mais abrangente que responde ao segundo objetivo, mas ainda como uma exposição de dois conceitos diferentes na arquitetura exemplificando como se podem complementar e sendo possível quantificar os resultados desta simbiose. É importante desde já esclarecer que se pretendia realizar uma análise de casos de estudo nacionais. No entanto com o decorrer da investigação, não foi possível localizar casos de estudo que proovessem suficiente informação qualitativa e quantitativa a nível nacional. Tendo-se por isso recorrido a casos de estudo internacionais que permitem a realização de uma análise comparativa quantitativa e que de nenhuma forma influenciam o objetivo desta análise dado o seu carácter.

O tratamento da informação será mediante a análise qualitativa dos dados recolhidos relativos à domótica. A análise qualitativa “é o produto de um processo de interpretação que desempenha um papel-chave na vida social; (...) que toma em consideração esta dimensão na delimitação do objeto de estudo e nas opiniões metodológicas” (Lessard-Hébert, Boutin, & Goyette, 2013) Desta forma, através da interpretação dos dados recolhidos sobre a habitação nZEB e sobre as características da domótica, será possível desenvolver uma catalogação dos sistemas disponíveis, tendo em mente os objetivos previstos para as habitações nZEB. Para isso será desenvolvida uma tabela, onde se

registará a informação recolhida sobre os sistemas abrangidos, permitindo uma análise comparativa entre os diferentes elementos e utilizando a análise de conteúdo, que resultará de toda a informação recolhida.

## 1.5. Estruturação de conteúdos

---

De forma a responder aos objetivos delineados, a presente dissertação será estruturada nos seguintes 5 capítulos, juntamente com referências bibliográficas e anexos, segundo a logica abaixo apresentada:

### Introdução:

Trata-se de uma apresentação inicial da dissertação e da investigação realizada, provendo-a de um contexto no qual se fundamenta e uma justificação da problemática que providencia uma base para a formação dos objetivos que se prevê responder. Além do mais providenciando uma descrição da metodologia de trabalho, a qual funciona como fio condutor para a investigação.

### Estado da arte:

Este capítulo serve de fundamento para os capítulos seguintes, providenciando os pilares para a investigação, desenvolvendo informações básicas e concretas relativamente ao tema a abordar. Estando dividido em subtemas, a fundamentação teórica visa esclarecer sobre o conceito de nZEB do ponto de vista de diferentes autores especializados no tema. Continuando com a examinação da legislação existente, numa análise documental, permitindo assim um entendimento mais abrangente de nZEB. Isto porque apesar de nZEB ser uma forma de abordagem á envolvente dos edifícios, está muito interligado com a legislação de cada país, dai a necessidade de analisar nZEB através da legislação em vigor.

Paralelamente uma análise de domótica é realizada, sendo esta analisada separadamente como conceito individual com base em autores especializados nesta tecnologia. Aplicando a metodologia ponderada para esta investigação, este capítulo recai sobre uma análise documental na premissa de que nZEB pode e deve ser afinado através da domótica. Realizando-se assim uma investigação que permite entender o funcionamento da domótica através do ponto de vista de diferentes abordagens a ela.

### Casos de estudo:

Como forma de analise a soluções nZEB que recorrem ao uso de domótica, recorre-se aos estudos de caso, estes permitindo unificar estes conceitos, entendendo a forma de abordagem e resultados obtidos, demonstrando o potencial oculto por detrás de uma simbiose de dois temas distantes, mas com um objetivo em comum, o aumento da eficiência energética. Sendo por isso analisados dois casos de estudo com o objetivo de rever a forma de aplicação da domótica num projeto e os resultados obtidos, confirmando o ganho esperado.

### Sistematização da informação

A correlação entre a domótica e a eficiência energética que se requer da habitação nZEB, será exposta através de uma catalogação que retira informação da base teórica abordada e da análise

da documentação e dos casos de estudo. Provendo informação relevante ao arquiteto que deseja elevar o seu projeto a outro nível de eficiência energética.

É por isso estabelecida uma relação entre domótica e arquitetura, dando passo a uma listagem que reflete as diferentes formas de comunicação disponíveis. A partir de aí, uma catalogação de protocolos de domótica, permitirá de uma forma rápida e eficiente obter informação relevante quando enfrentando diferentes tipos de necessidades energéticas, como forma de contrastar o projeto com o que o mercado atualmente oferece.

#### Considerações finais

Neste capítulo é realizado um resumo coerente e conciso, permitindo obter informações básicas que foram encontradas, de forma a providenciar uma forma rápida de entender os aspetos abordados neste trabalho. Refletindo também no que se pode concluir com a investigação permitindo criar uma relação entre os dois conceitos abordados.

#### Referencias

Este capitulo realiza uma recompilação de todas as fontes analisadas para obter a informação apresentada, assim como uma listagem das imagens e tabelas apresentadas.

#### Anexos

Os anexos fazem uma recolha de informação relevante para a dissertação, que poderá ter sido analisada, mas não foi apresentada integralmente na dissertação. No entanto estando neste capítulo disponível para uma posterior análise.

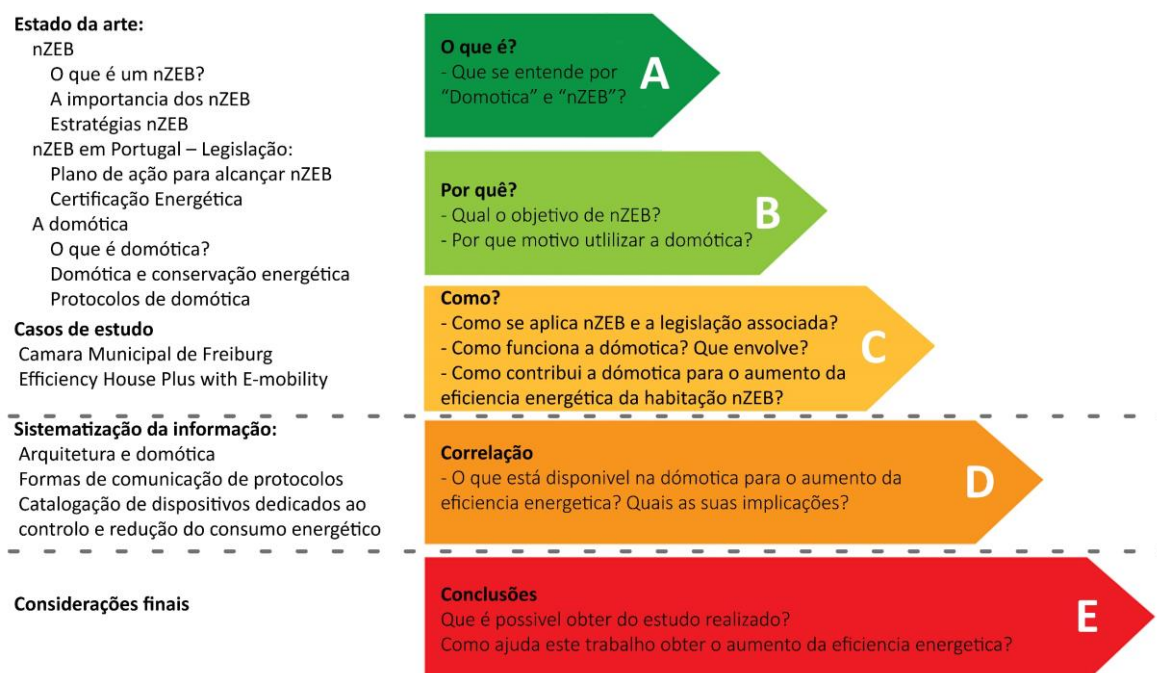


Fig. 1 – Estruturação de conteúdos (Autoria própria)



## 2. Fundamentação teórica

Quando se fala na habitação inteligente, existe uma tendência em imaginar um edifício ou uma habitação fictícia, quase de Hollywood, que interage diretamente com o utilizador de uma forma humanoide, tomando decisões e mantendo uma relação direta com o mesmo. Outra forma de imaginar a domótica passa por imaginar uma habitação que não vai além de uma demonstração básica da tecnologia e afastando-se de uma mentalidade sustentável, que visa a melhoria do aproveitamento de recursos. Isto acontece apesar de uma clara evidência de que o clima se encontra em mudança, de que existe uma grande probabilidade da principal causa serem atividades relacionadas com o Homem e os gastos energéticos a ele associados (Goldman, Ungar, Capanna, & Simchak, 2012). Estes factos representam uma motivação para a comunidade internacional considerar novas fontes de energia e métodos para aproveitamento máximo da energia aplicada.

Algumas das principais medidas passam por diminuir os métodos tradicionais de produção de energia, como o caso das energias fósseis. Podendo ser observados grandes empenhos por parte da comunidade industrial, incentivados por parte de governos de todo o mundo, a tomarem medidas neste sentido. Cada vez mais indústrias são dependentes de fontes de energia renovável, mais e mais automóveis deixam as linhas de produção como uma nova geração de veículos movidos a eletricidade e também as nossas habitações passarão a fazer parte deste movimento verde.

Existe ainda uma crescente presença do uso de aparelhos inteligentes que revela um futuro promissor para a habitação integrada na internet de Coisas [Internet of Things (IoT)], onde os sistemas elétricos residenciais trabalham em conjunto com aparelhos inteligentes para obter maior sustentabilidade e sistemas energéticos mais limpos e eficazes (Diaz, Vasquez, & Guerrero, 2016). Estes sistemas podem ser autónomos ou heterónomos, variando na forma como impactam o consumo energético podendo refletir-se no consumo energético conforme a sua utilização, tornando-se de especial interesse no campo da domótica (Bree, Manteuffel, Ramaekers, & Offermann, 2014).

Com início no final de 2020, os edifícios novos privados devem ser “Near Zero Energy Buildings” (nZEB), tratando-se de um edifício de desempenho energético elevado, em que as suas necessidades energéticas são quase nulas e/ou cobertas por energias renováveis, procurando-se assim que a oferta e procura energética sejam equivalentes. Conforme Ascenso (n.d.), surgem questões em como se definem os requisitos e limites para o desempenho energético e contabilizar como as energias renováveis balanceiam este equilíbrio, havendo ainda questões económicas, geográficas e climatéricas a ter em conta. Estas questões explicadas por Ascenso, proporcionam um campo indicado para a aplicação da domótica, capaz de autonomamente definir estratégias e limites aos gastos energéticos, além de disponibilizar informação pertinente relativa a eficiência energética do edifício.

Existem, vários campos de aplicação da domótica ligada ao aumento da eficiência energética (Bree, Manteuffel, Ramaekers, & Offermann, 2014), potencializando um conforto interior de melhor qualidade, regulando com maior eficácia a temperatura e ainda sistemas capazes de controlar meios de climatização e sistemas auxiliares. Isto apesar de que nZEBs teoricamente detêm um consumo baixo energético, mas na prática é necessário garantir que o consumo energético final se revele baixo através de um controlo eficiente do mesmo. Talvez ainda um dos mais importantes campos de contributo da domótica, será a capacidade de comunicação e *feedback* que o sistema pode garantir, o armazenamento e gerenciamento energético, bem como o aumento da capacidade dos sistemas energéticos renováveis, trabalhando assim em conjunto para um aumento da eficiência energética.

Com a finalidade de poder tornar esta relação entre dois campos de investigação, domótica e *near zero energy buildings* (nZEB), uma realidade, Bree, Manteuffel, Ramaekers e Offermann (2014), fornecem um guia de ideias para edifícios não residenciais atingirem o estatuto de nZEB com o recurso da domótica, abrangendo os diferentes campos estabelecidos anteriormente. No entanto os autores refletem também que para se entender e atingir todo o potencial desta relação entre estes campos de estudo, é relevante e necessária uma investigação mais profunda das suas aplicações. Mais sobre esta relação explica Setty e Woods (2014), referindo que para atingir os objetivos de controlo necessário, o *design* deve acomodar para um longo termo de gestão nZEB através de um sistema de confiança e custo eficaz, compatível com o nível de conhecimento e habilidade do operador.

Independentemente disto, 40% do consumo energético e no mínimo 10% do total de emissões de CO<sup>2</sup> na Europa são da responsabilidade do setor da construção. É ainda estimado que pelo menos 80% dos edifícios continuem a existir além de 2020 e que apenas 1% representa edificações novas. Por consequência, o parque habitacional existente representa um grande alvo para o aumento da eficiência energética e sendo por este motivo que a União Europeia classificou a melhoria do desempenho energético do antigo parque imobiliário, como uma alta prioridade na sua agenda de pesquisa. (Serghides, Dimitriou, Katafygiotou, & Michaelidou, 2015) Servindo este setor como um alvo adequado para a integração da domótica nas reabilitações, além do obvio campo presente nas novas construções onde teoricamente será simplificada a sua integração.

Esta fundamentação teórica vai criar uma base para que se possa responder aos dois objetivos desta dissertação. Por um lado, para que se possa entender como a domótica se integra em nZEB, é primeiro necessário entender o que é nZEB. Pretende-se assim expor não só o que significa, mas o porque da necessidade que temos de nZEB e como pode ser alcançado este objetivo. Neste sentido serão analisadas técnicas de abordagem aos nZEB, expondo formas e estratégias a que se pode recorrer para melhorar a eficiência energética que procuramos.

Mais que isto, entender como nZEB é aplicado especificamente em Portugal permitirá estabelecer a base com que trabalhar a quando a aplicação de domótica num edifício. Analisa-se por isso as implicações e necessidades consideradas pelo governo português. Isto permite que haja um entendimento mais abrangente do que envolve nZEB, entendendo como devem as edificações mudar em relação a este novo conceito passando a ser uma realidade. É, portanto, necessário analisar não só o requerido pela legislação, mas também a metodologia aplicada para quantificar a eficiência energética. Respondendo ao primeiro objetivo e especificando o que implica este conceito e a sua aplicação de acordo com os parâmetros da legislação portuguesa em vigor.

Por outro lado, a aplicação da domótica só se pode revelar pertinente, se entendermos como esta pode ajudar a alcançar o objetivo nZEB, justificando assim a necessidade de uma catalogação conforme o segundo objetivo. Em conformidade, será analisado o possível impacto que esta poderá refletir sobre o consumo energético, estabelecendo uma base para uma análise mais detalhada e uma catalogação concernente a nZEB.

Mais que isto, entender a aplicação da domótica deve ir mais além do entendimento do que é e do seu potencial. É necessário um entendimento mais aprofundado da sua aplicação para que possa tornar-se útil a quando de projetar os edifícios de amanhã, permitindo isso uma integração adequada da tecnologia na arquitetura nZEB. Nesta tecnologia baseada em sistemas de computador, existem muitas possibilidades de abordagem, analisando-se por isso diferentes formas e protocolos de instalação. Ainda mais é necessário entender o funcionamento de alguns deles, requerendo uma breve explicação do que envolvem diferentes sistemas e as suas necessidades e virtudes, ajudando desta forma a encontrar a resposta adequada ao segundo objetivo.

É importante referir desde já que se trata de uma tecnologia que evolui constantemente. Isto significa que é necessário que o arquiteto continue na sua busca pessoal de informação, tentando acompanhar minimamente a evolução deste campo para que continue a ser relevante na arquitetura nZEB e garantindo o aumento da eficiência energética.

## 2.1. nZEB

Com a apresentação da Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho a 19 de maio de 2010, há um compromisso por parte dos países membros da União Europeia de atingir os objetivos conhecidos como 20/20/20 a partir do ano de 2020. Estes representam uma redução dos gases de efeito estufa em 20%, redução do consumo energético em pelo menos 20% e a promoção de energias renováveis em 20%, tentando levar a Europa para um futuro mais sustentável.

Neste caso, nZEB faz parte das medidas adotadas pelos estados europeus como forma de reduzir o impacto ambiental causado pelo parque edificado e novas construções. Tornando-se requisitos mandatários nos países da comunidade europeia fazendo face ao objetivo de cumprir o protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas relativo as alterações climáticas, conforme descrito nas considerações iniciais número 3 da Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho a 19 de maio de 2010. Deste modo assegurando que a partir de 31 de dezembro de 2020 todos os edifícios deveriam respeitar o conceito nZEB, começando pelos edifícios novos ocupados e detidos por entidades públicas, estando estes concebidos como edifícios nZEB a partir do final do ano de 2018 a 31 de dezembro.

Tratando-se este de um conceito relativamente novo e de importância elevada para a arquitetura, é importante entendê-lo. Surgem desta forma questões que envolvem a definição do conceito nZEB, não só o que significa, mas também o que envolve o nome por de trás do conceito. Ainda mais importante é entender o porquê. O “porquê?” é uma pergunta que faz parte da natureza humana que está intimamente ligada com a nossa curiosidade e permitindo-nos aprender, seja por experiência própria ou pela experiência de terceiros. Entender o significado de nZEB é importante, assim como entender a abordagem a este conceito, e o motivo pelo qual necessitamos dele que nos vai permitir executar a sua melhor aplicação e sobretudo procurar novas soluções que permitam aprimorar sobre este. Permitindo o desenvolvimento de um projeto de arquitetura que esteja de acordo com as necessidades do utilizador, mas também com as necessidades do nosso planeta.

### 2.1.1. O que é um nZEB?

Partindo da legislação europeia com o objetivo de reduzir a pegada ecológica e o aumento da eficiência energética dos edifícios, nZEB é um conceito de abordagem que leva em consideração a envolvente do edifício de forma a aumentar a sua eficiência. Trata-se de edifícios com uma alta performance energética. O nome deriva de *Near Zero Energy Buildings*, ou em português *Edifícios com necessidades quase nulas de energia*.



solares passivos e proteções solares, condições climatéricas bem como cargas internas do edifício. Sendo o caso dever-se-á ainda incluir a exposição solar e todos os sistemas solares ativos e iluminação natural quando for o caso.

Com esta abordagem inovadora, o objetivo é de alcançar um estatuto em que os edifícios se tornem quase ou até mesmo independentes da rede energética. Nascendo este conceito como resposta a uma necessidade de reduzir o consumo energético e envolvendo toda uma abordagem debaixo de um nome que explica por si só o objetivo pretendido.

nZEB é desta forma uma procura por uma melhor eficiência energética com base numa boa envolvente, acrescentando-se assim o facto de que a energia que possa necessitar deva ser produzida no local ou nas proximidades através de fontes renováveis de energia.

#### i) Abordagem aos nZEB

Tendo em conta o que se requer, segundo indica o nome por detrás da sigla nZEB e também através da definição oferecida pela diretiva europeia, é possível atingir o estatuto de nZEB de duas formas básicas. A primeira forma passa por reduzir ao máximo a necessidade energética do edifício, passando isso por o desenvolvimento de envolventes eficientes e abordagens passivas para garantir a eficiência. Olhando para o edifício como um elemento sólido, pretende-se que o edifício seja isolado de fatores exteriores que destabilizem o consumo energético, dando-se por isso grande importância à envolvente, a pele exterior do edifício, funcionando esta como a última barreira entre o interior e exterior.

A segunda forma requer gerar a energia através de fontes renováveis, capazes de responder às necessidades anuais que possam ser necessárias. Esta energia necessária representando aquela que por diversos motivos não foi possível impedir a sua perda do edifício ou que seja necessária produzir para permitir as condições mínimas de conforto. Desta forma escapando da ideia de que bastaria reduzir ao conforto existente para eliminar fontes de gasto energético.

A abordagem aos nZEBs pode, no entanto, ser mais complexa de diferentes maneiras, podendo a expressão nZEB ser aplicada ou entendida em diferentes contextos (Marszal & Heiselberg, 2010):

- Local nZEB: Trata-se daquele que produz localmente, pelo menos uma quantidade igual de energia renovável à que consome.

- Fonte nZEB: Aquela que produz no mínimo a mesma quantidade de energia renovável que consome, sendo esta contabilizada desde a sua fonte, tendo em conta no seu cálculo o fator de conversão da energia da fonte para o local.

- Custos nZEB: O valor pago pelo consumidor ao fornecedor é idêntico ao pago pelo fornecedor ao consumidor pela energia renovável gerada.

- Emissões nZEB: A geração de energia renovável compensa as emissões efetuadas pela energia primária consumida.

Destas diferentes aplicações da abordagem nZEB, é possível concluir uma relação direta entre consumo e produção, procurando sempre um balanço energético quase nulo. No entanto, conforme indicado pela Diretiva Europeia, cabe a cada país membro, a definição de requisitos base com que se guiar as futuras edificações, levando em conta as qualidades e necessidades de cada um. Deste modo Portugal faz uso do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto de 2013 como resposta base à Diretiva Europeia.

A Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho a 19 de maio de 2010 exige edifícios de necessidades quase nulas de energia, no entanto não providencia indicadores ou requisitos específicos ou detalhes de cálculo do desempenho energético a atingir. Por este motivo cada país membro da União Europeia deveria a partir da data de emissão da diretiva, desenvolver essa mesma definição, tendo em conta as diferentes necessidades.

Neste sentido, por exemplo a França estabeleceu que a máxima energia primária consumida seja inferior a 60 kWh/(m<sup>2</sup>/ano) para novos edifícios de habitação, enquanto que a Áustria estabeleceu que um edifício é considerado nZEB quando a energia primária consumida é inferior a 160 kWh/(m<sup>2</sup>/ano) para um edifício residencial novo (Paoletti, Pascuas, Perneti, & Lollini, 2017). Outra abordagem é a aplicada pela Itália, definindo os limites energéticos de um nZEB através de uma fórmula matemática que leva em consideração edifícios de referência e valores mínimos de energias renováveis. Outros países classificam nZEBs através de valores de emissões de CO<sup>2</sup>, como o caso de Espanha e Noruega (Graña, 2019). Ainda outros países utilizam uma abordagem de classificação baseada na percentagem de energia primária coberta por fontes renováveis, conforme exemplifica Graña (2019) com o caso da Dinamarca onde é estabelecido um objetivo de 50% da energia primária.

No entanto no que respeita o caso de Portugal, Graña (2019) expressa a sua desilusão, já que Portugal envolveu-se de forma tardia na sua definição nZEB e, no entanto, continuando sem uma estratégia claramente definida ou metas a atingir específicas e apenas apoiando-se no seu Sistema de Certificação Energética para a classificação do nZEB. Isto acontecia a quando da redação do artigo de Graña (2019) e ainda hoje, aproximando-se a data da entrada em vigor da legislação continua a não existir outra forma de classificar um nZEB em Portugal. Desta forma sendo nZEB em

Portugal apenas como uma confirmação de que recebe um estatuo favorável na sua classificação do Sistema de Certificação Energética.

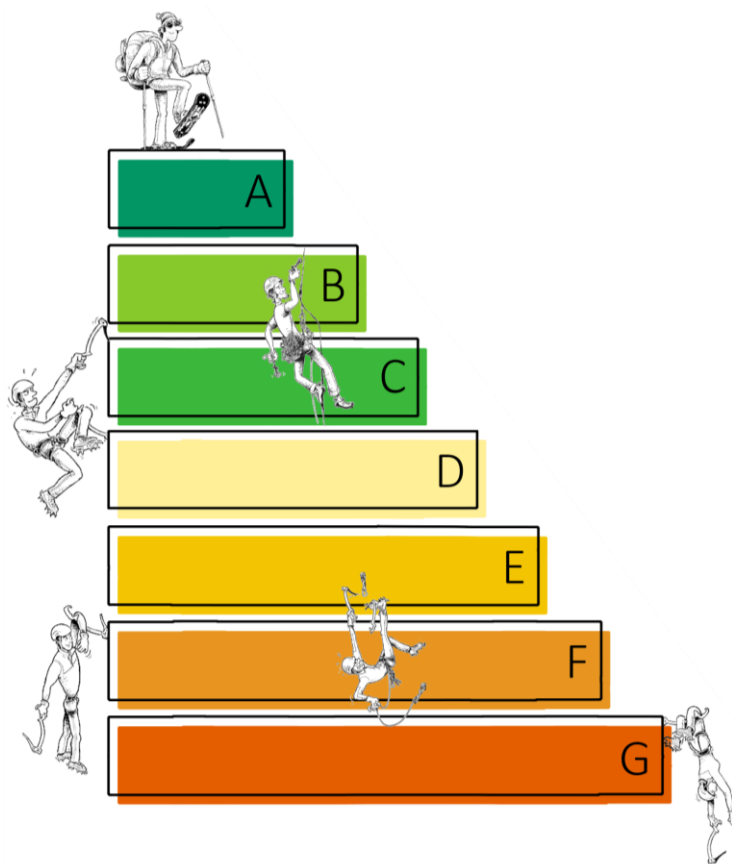


Fig. 3 - Procura pela eficiência energética de nZEB (Autoria própria)

### 2.1.2.A importância dos nZEB

Vivemos numa sociedade cada vez mais consciente do meio ambiente. Em anos recentes, destaca-se uma maior consciência em como os atos humanos se refletem no meio ambiente, não necessariamente para melhor. Tendo assim sido tomadas medidas que afetam diferentes campos da indústria, de forma a reduzir a pegada ecológica que o ser humano vai deixando por onde passa.

Estas medidas chegam agora também a construção dos nossos edifícios, os nossos locais de trabalho, de convívio e de refúgio que nos caracterizam. Isto já que estes espaços representam um grande contributo ao desperdício de recursos essenciais que precisam urgentemente ser regularizados. Uma das causas principais das emissões associadas com os edifícios esta relacionada com os processos necessários para aquecimento e arrefecimento dos mesmos, sendo por isso necessário introduzir um novo modelo de desenho dos edifícios com necessidades reduzidas e apoiados por fontes de energias renováveis. Mas conforme o Observatório da UE sobre o Stock de Construção, o problema não termina com a regularização dos novos edifícios, também edifícios que se encontram em decadência são alarmantes (Magrini, Lentini, Cuman, Bodrato, & Marengo, 2020).

É relatado que 75% dos edifícios existentes datam antes de 1990 e que, no entanto, estes são renovados a apenas uma taxa de 1,2%.



**Fig. 4 - O futuro chama por nZEB** ([https://media-exp1.licdn.com/dms/image/C4E1BAQFy4f5V4i4mSw/company-background\\_10000/0?e=2159024400&v=beta&t=1ITsTGu9c-uLADQqtfw8YgpRJO17ZE0bySSiUkaWm5Y](https://media-exp1.licdn.com/dms/image/C4E1BAQFy4f5V4i4mSw/company-background_10000/0?e=2159024400&v=beta&t=1ITsTGu9c-uLADQqtfw8YgpRJO17ZE0bySSiUkaWm5Y))

Isto implica a adaptação do modo como se pensa a arquitetura na atualidade, permitindo a entrada de um novo parâmetro na “equação”, a eficiência energética. Sendo os edifícios grandes consumidores energéticos, isto faz com que por sua vez, sejam responsáveis por um consumo energético descontrolado dos nossos recursos. Isto resultando não só na diminuição na abundância destes mesmos recursos, como no distúrbio da biodiversidade da natureza numa tentativa de gerar cada vez mais energia, mas também e sobretudo numa agravação no que se denomina por mudança climática.

A mudança climática é uma das palavras mais destacadas do século XXI e com bons motivos, chegando-se a pensar que, se o ser humano não repensar a forma como vive e interage com a natureza, poderá alcançar o “horizonte de eventos”. Este é um termo utilizado para descrever a área envolvente de um buraco negro de onde não é possível escapar devido á força da gravidade. De igual forma, o horizonte de eventos neste caso, seria o ponto em que o ser humano, devido ao seu consumo irracional de recursos, libertação de gases de efeito estufa, poluição e outros, causaria dano irreparável e irreversível ao nosso planeta, do qual não seria possível reverter para melhor e finalmente destruindo o único lugar no universo que podemos chamar de nosso e que pode sustentar a vida tal como a conhecemos.

### 2.1.3. Estratégias nZEB

Levando em consideração a diretiva europeia associada ao conceito de nZEB, é possível elaborar algumas estratégias que possam abordar este conceito de redução de consumos energéticos. Sendo necessariamente este o objetivo da nova legislação, reduzir o consumo energético e aumentar a eficiência, e existindo hoje em dia formas de pensar a arquitetura que contribuem para

este efeito. Claro tendo estas posteriormente de ser confrontadas com os parâmetros exigidos pela legislação, mas, no entanto, dotadas de muito potencial na sua possível aplicação.

A Diretiva Europeia não estabelece alvos numéricos a serem alcançados para que se possa caracterizar um edifício de nZEB. Isto acontece devido a diferentes necessidades por parte dos países membros, tendo diferentes condições climáticas, diferentes tradições de construção ou por existirem diferentes alvos nacionais a alcançar. Desta forma critérios gerais são normalmente adotados de forma a descrever um nZEB.

As estratégias passam por analisar como se poderá confrontar diferentes necessidades energéticas fazendo uso de recursos naturais, que de outra maneira não seriam aproveitados em benefício da redução do consumo energético habitacional. Podendo assim se considerar a execução de um projeto bioclimático, utilização de sistemas passivos, tanto solar como de ventilação, para regulação térmica e de renovação do ar, de modo a reduzir o consumo energético. Também através da orientação da construção, controlando a radiação ou até através de sombreamento planeado permitindo evitar o sobreaquecimento da mesma (Magrini, Lentini, Cuman, Bodrato, & Marengo, 2020).

Os edifícios representam uma grande parte do consumo energético nacional, existindo por isso potencial para melhorar/aumentar a sua eficiência energética e esperando atingir a redução de 20% conforme pretende a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 2010. Passando responsabilidade para o projeto e construção adequados, contribuindo para uma significativa redução no consumo energético e emissões de CO<sub>2</sub>. Mais ainda representam uma oportunidade para estabelecer um precedente, apontando para o futuro e deixando talvez um dia os nZEBs para trás e alcançar os PEBs (Edifícios de Energia Positiva ou em *inglês Positive Energy Buildings*), sendo falado para isso na possibilidade de os nZEBs virem a estar ligados entre si numa rede inteligente e tornando-se capazes de produzir assim mais energia do que a necessária (Magrini, Lentini, Cuman, Bodrato, & Marengo, 2020).

#### i) **Arquitetura Bioclimática**

Pensar e projetar levando em conta a envolvente e as características ambientais locais é o que define a arquitetura bioclimática. Sendo a redução do consumo energético e das emissões de CO<sub>2</sub> uma prioridade quando falamos da habitação nZEB, não deve ser desacreditada uma arquitetura que se encontra articulada com a natureza. A arquitetura bioclimática leva em consideração aspetos como o clima e condições ambientais do local com o objetivo de melhorar e assegurar o conforto térmico de forma natural (Lanham, Gama, & Braz, 2004). Desta forma consegue-se assim

evitar uma dependência de sistemas mecânicos, que passam a ter um papel secundário ou de apoio para o edifício.

Todas as práticas implementadas por nZEB, têm o objetivo comum de minimizar as necessidades de energia do edifício, que devem ser o mais próximo de nulas quanto possível. Por este motivo, todas as soluções oferecidas pelo projeto bioclimático são de grande importância, permitindo favorecer mecanismos passivos de aquecimento, refrigeração, ventilação e iluminação, reduzindo o trabalho exigido pelos sistemas e assim reduzir o consumo energético. O artigo de *Energy and Buildings* sobre os desafios futuros de nZEB no sul da Europa, relata em algumas entrevistas realizadas a especialistas de nZEB do sul da Europa (França, Espanha, Portugal, Grécia, Itália, Roménia e Chipre), formas de abordagem a nZEB, sendo que é referido pelos entrevistados que o arquiteto deverá estar empenhado em otimizar o desenho bioclimático, acrescentando ainda que nZEB deveria poder depender totalmente de sistemas passivos para arrefecimento, maximizando o ganho energético (Attia, et al., 2017). O artigo considera que a arquitetura bioclimática se encontra esquecida por parte dos arquitetos no que respeita o arrefecimento em climas mais quentes, no entanto os autores alertam que de forma a alcançar nZEB é necessário que mudemos a forma de pensar e especialmente alterar aquilo que assumimos como sendo os ganhos possíveis de alcançar com a arquitetura bioclimática, sendo que estes podem acumular ganhos significativos quando pensados com o objetivo de alcançar nZEB.

A arquitetura bioclimática trata de levar em consideração recursos naturais, gratuitos e renováveis incluindo o sol, vegetação, chuva e vento tratando de reduzir o impacto ambiental e melhorando em a eficiência energética. Sendo capaz de infundir o equilíbrio e harmonia com o ambiente, recorrendo a um estudo de condicionantes climáticas e ao estudo das necessidades do utilizador em conjunto com uma solução arquitetónica adequada (Oliveira, 2006). O desenho de um edifício passivo possibilita conservar alguns recursos requerendo a uma adaptação do projeto às condições locais, criando a base de uma arquitetura bioclimática que poderá levar a nZEB. Por este motivo a adaptação do projeto passa pela consideração de alguns aspetos gerais como:

- Soluções de aquecimento/arrefecimento
- Inércia térmica do edifício
- Ventilação
- Localização e orientação
- Iluminação e envidraçados

Outros princípios passam pela proteção ao calor dos espaços envolventes através de adequado isolamento, utilização de fachadas ventiladas e evitando pontes térmicas ou quando necessário isolar adequadamente. Sendo que os edifícios apresentam um comportamento térmico diretamente relacionado com a sua envolvente, efetuando trocas de energia, dando origem ao que

denomina por uma sensação de calor e de frio, até que se atinge um equilíbrio com o espaço envolvente (Frota & Schiffer, 2001).

O aquecimento passivo desempenha também um importante papel na procura do conforto do utilizador, seja este indireto ou direto. Da mesma forma que o arrefecimento passivo ou evaporativo, por exemplo através da utilização de ventilação natural e sistemas de sombreamento de forma a proteger contra o sobreaquecimento. Estes elementos da arquitetura bioclimática representam um ponto de partida em alcançar nZEB, sendo por isso que a estratégia bioclimática deve ser estudada e desenvolvida consoante o caso específico, já que se trata de uma abordagem que envolve a especificidade do local e as condições climáticas locais, não refletindo uma solução genérica aplicável em qualquer projeto. No entanto nZEB é um conceito que se estende a todos os edifícios, sendo por isso que se deve encarar seriamente as soluções providas por uma arquitetura bioclimática, representando esta uma forma de minimizar custos energéticos e também uma forma de executar boa arquitetura.

## ii) Sistemas passivos na arquitetura

O termo sistemas passivos deriva do facto de nos referirmos a elementos construtivos que se integram no edifício, em que o seu objetivo é o de aportar uma contribuição para o aquecimento, arrefecimento ou ventilação natural do mesmo. Um sistema passivo de construção significa um sistema energeticamente consciente, no sentido de que pretende prover os ocupantes do melhor conforto possível com um consumo energético nulo. Estes sistemas não requerem apoio energético auxiliar. No caso do aquecimento, os sistemas pretendem maximizar a captação solar, especialmente através de envidraçados e com apoio de elementos massivos que possibilitam a absorção energética, sendo esta posteriormente libertada de forma gradual. O arrefecimento e ventilação, normalmente associados aos meses de verão, são sistemas passivos recorrem a fontes “frias”, ou de menos temperatura. Por exemplo a terra, já que esta se encontra a menos temperatura que o ambiente exterior, ou através de ventilação em períodos da noite ou manhã, quando a temperatura externa ainda é inferior a interior da habitação.

### Sistemas de captação

---

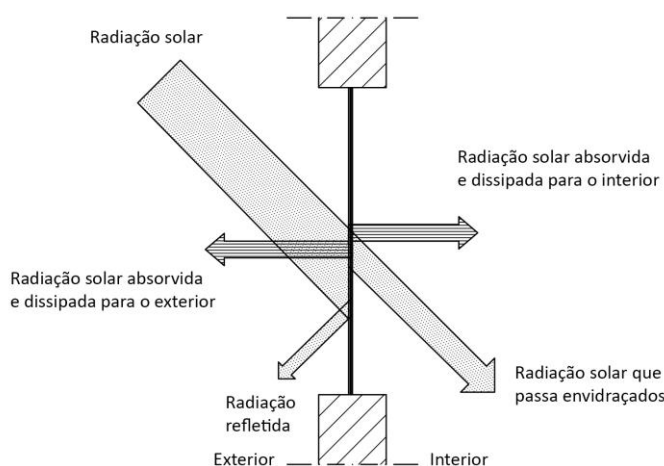
Geralmente são denominados desta forma aqueles sistemas que são parte integrante de um edifício, sendo estes elementos construtivos como muros por exemplo, ou elementos como estufas e chaminés refere González (2004). Agindo assim como forma de regular a temperatura de forma natural e sem custos externos. Excluindo a necessidade de uma fonte de alimentação que consome energia não renovável, estes elementos formam parte de uma abordagem a nZEB livre de gastos

adicionais, garantindo assim uma máxima eficiência energética ao mesmo tempo que proporcionando uma fonte de calor.

Destes sistemas destacam-se os sistemas de captação solar, podendo ser sistemas diretos, representando situações em que a radiação solar entra diretamente no interior e é posteriormente absorvida pelas superfícies interiores. Os semidirectos, sendo aqueles que utilizam o efeito de estufa através de um espaço onde o ar é aquecido pela radiação solar e introduzido na habitação pelo movimento do ar, sendo este espaço de estufa utilizável. Sistemas indirectos armazenam o calor recebido pela radiação e posteriormente libertando-o para o interior através da circulação de ar num efeito de condução e convecção (González, 2004).

#### Captação direta ou semidirecta:

Os sistemas de captação direta ou semidirecta, estão limitados pelos elementos envidraçados existentes no edifício. Isto significa que são o exemplo mais comum de sistemas de captação, visto apenas necessitar de um estudo relativamente a orientação do edifício de forma a regular a radiação de que vai ser alvo. No entanto refere González (2004), este método apresenta inconvenientes, especificamente a falta de controlo que se pode obter de outros sistemas, dependendo exclusivamente das horas de sol existentes e a distribuição irregular da radiação obtida.



**Fig. 5 – Troca de radiação solar sobre superfícies envidraçadas (Frota & Schiffer, 2001)**

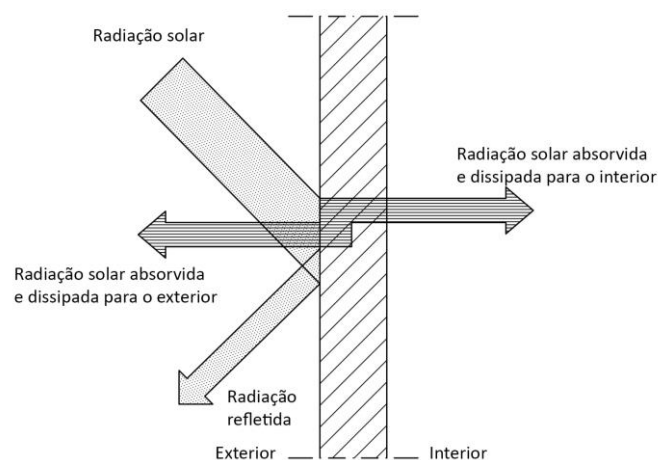
#### Captação indireta por Inercia:

São dependentes de elementos opacos que funcionam como acumuladores da energia obtida pela radiação solar através da sua inercia interna e que posteriormente a libertam no ambiente ao longo do dia regulando a temperatura. Estes elementos podem ser, assim como os diretos, verticais ou horizontais. No entanto González (2004) refere que particularmente elementos verticais orientados

a sul, obtém uma vantagem significativa. Esta vantagem advém de que em meses de inverno o tempo de radiação solar sobre superfícies horizontais ou verticais a sul é relativamente idêntico, isto junto com o facto de que a radiação sobre a superfície vertical é significativamente mais perpendicular, permitindo aos elementos verticais absorver uma maior radiação para poder ser utilizada. No entanto desvantagens como a perda de radiação para o exterior são fatores que devem ser levados em consideração á hora de planear a utilização de sistemas de captação.

Conforme explica a autora, a intensidade da radiação solar não é constante nem pode ser prevista com exatidão, havendo diferenças ao logo do dia, estando o céu parcialmente encoberto pela manha, outros dias pela tarde ou até a direção do vento variar. Por este motivo tornam-se inviáveis estratégias que visem os dias em que as condições são perfeitas.

A forma mais eficaz de utilizar energia é através da captação da mesma e libertando-a quando existe necessidade (González, 2004). Isto pode ser feito através de um sistema de inercia, componentes que devido a sua massa térmica útil garantem a menor oscilação das temperaturas internas, tornando-os ideais para efeitos de climas frios como de calor. No entanto revestimentos da parede representam um grande fator, sendo que revestimentos isolantes reduzem a inércia da parede (Frota & Schiffer, 2001).



**Fig. 6 – Troca de radiação solar sobre superfícies opacas (Frota & Schiffer, 2001)**

A massa térmica do edifício encontra-se diretamente ligada á acumulação de energia. Isto significa que quando a temperatura externa baixa, os objetos tendem a permanecer num estado de equilíbrio energético, baixando a temperatura do edifício. No entanto a inercia elevada de um edifício servirá como um regulador, sendo necessário balancear a energia do edifício antes que afete o conforto interior, voltando então a temperatura a subir e recomeçando este processo (González, 2004). Isto torna-se importante no que respeita edifícios bioclimáticos, sendo comum que elementos internos do edifício possuam maior massa térmica, fornecendo inercia para conseguir reduzir temperaturas na estação de aquecimento. Ao mesmo tempo que na estação de

arrefecimento a temperatura se mantém mais estável e se consiga evitar situações de sobreaquecimento.

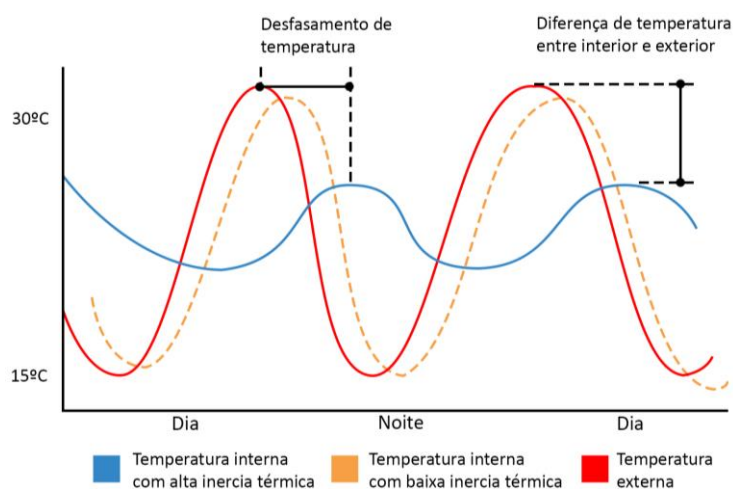


Fig. 7 - Coeficiente de estabilidade térmica em diferentes massas (Tarmac Ltd., n.d.)

O isolamento é outra forma de lidar com transferências de calor com a vantagem de agir como elemento de redução acústica. Edifícios passivos situados em climas frios, verifica-se a utilização de maiores espessuras de isolamentos, procurando aumentar a eficiência energética e recorrendo o menos possível a sistemas mecânicos para garantir o conforto térmico. No que refere o isolamento, é importante ter em conta a existência de pontes térmicas, sendo estas evitadas o quanto possível de forma a manter a temperatura interior estável. Estas pontes térmicas representam pontos da construção onde a condutividade dos elementos é superior aos elementos contíguos.

#### Parede de Trombe clássica

Com semelhanças a uma parede de inércia elevada, a parede de Trombe clássica acrescenta a utilização de ventilação para melhorar o seu funcionamento. Criado em França, trata-se de um sistema composto de uma parede de inércia elevada virada a Sul no hemisfério norte, com apoio de um elemento translúcido e mecanismos de ventilação na parte inferior e superior da parede. Este conjunto de elementos permite criar uma fonte de calor através da convecção natural do ar aquecido pela radiação solar, entrando na habitação através do mecanismo de ventilação acoplado ao sistema.

Uma grande vantagem, relata Moore (1993), está associada com a forma em como funciona, permitindo nas primeiras horas do dia, libertar calor para o interior da habitação depois de a temperatura ser perdida durante a noite, ao contrário de uma parede de inércia elevada que requiere algum tempo para que a energia seja acumulada no seu interior para posteriormente ser libertada.

A parede interior deverá ter entre 10 a 30 centímetros de espessura segundo Costa (2008), com a superfície pintada de uma cor escura de forma a aumentar a sua capacidade de captação da radiação solar, podendo atingir temperaturas entre os 30 e os 60 °C no interior do sistema da parede. Quando a energia acumulada pela parede se tiver esgotado, é necessário fechar as aberturas que permitiram a troca de calor, para que assim não se percam os benefícios obtidos (Costa, 2008).

Durante a estação de aquecimento, a parede pode ser coberta de alguma forma, que por vegetação ou elementos artificiais de forma a evitar o sobreaquecimento do clima interior. Aparte de ser possível abrir o interior da parede para o exterior, permitindo o ar sobreaquecido escapar evitando um desconforto térmico no interior (Costa, 2008).

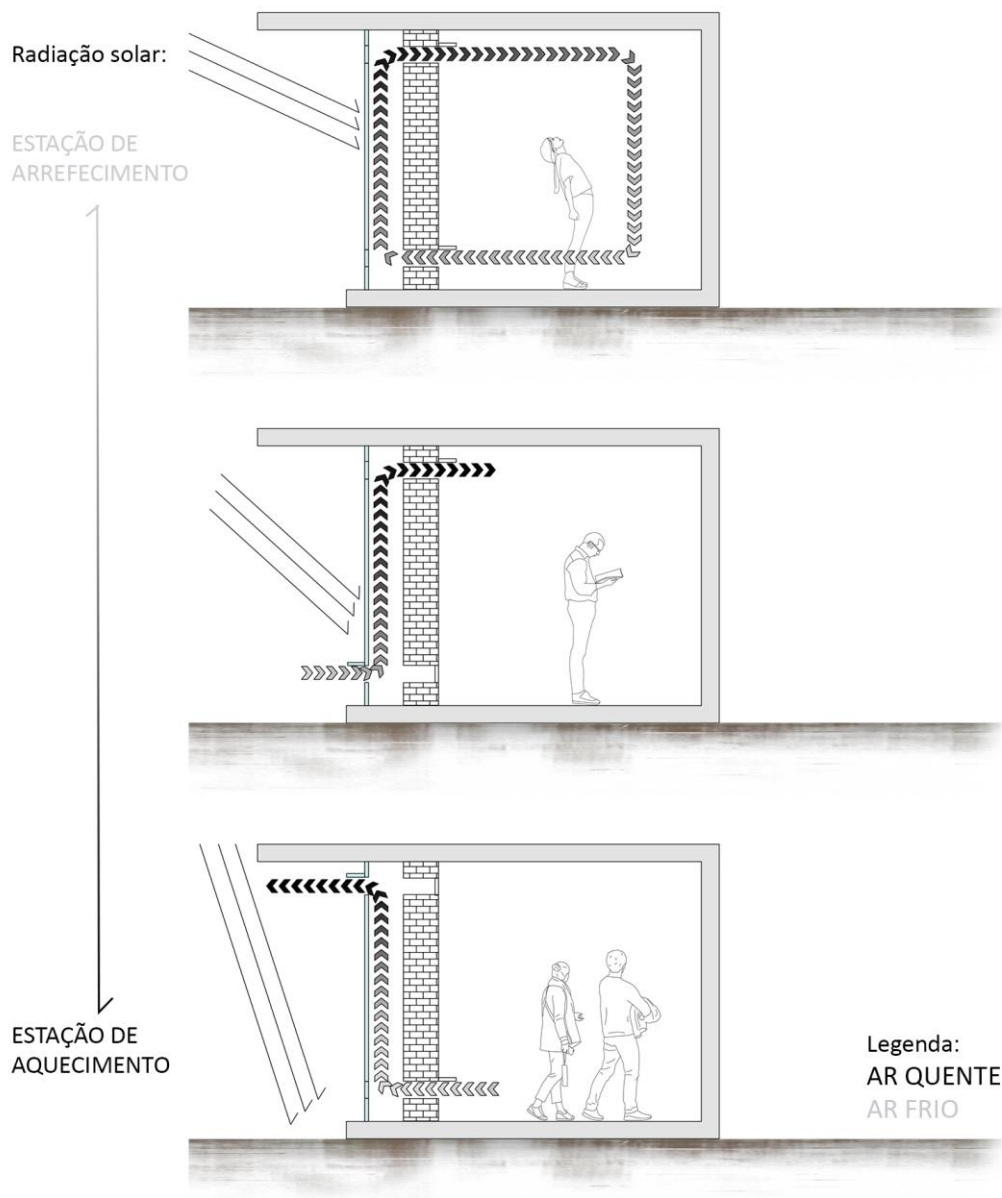


Fig. 8 - Configuração de uma Parede de Trombe – Adaptado de (Mendes, 2010)

### Parede de água

As paredes de água servem como forma de melhorar a amplitude térmica do projeto, sendo um elemento de armazenamento térmico conforme Costa (2008). Com um funcionamento de alguma forma semelhante a parede de Trombe, captam calor transmitindo-o para o interior quando a temperatura exterior é reduzida em relação a interior. No entanto existindo uma diferença substancial no que toca a facilidade de libertação de energia. Continua Costa (2008) explicando que no caso da parede de Trombe, existe um desfasamento temporal na libertação energética, o que não acontece no caso da parede de água sendo esta imediata. Isto significa que esta libertação energética tem de ser controlada para que ocorra quando necessário, podendo por isso, por exemplo, isolar-se durante o dia e se recolhe este isolamento quando necessário.

Trata-se de recipientes de água ou até mesmo paredes preenchidas com água criando um sistema de aquecimento com a captação da radiação solar e armazenamento a mesma, posteriormente, é partilhada com o interior do edifício. A sua capacidade de absorver radiação pode ser até dez vezes superior a uma parede de alvenaria e até cinco vezes superior a uma parede de betão refere Mendonça (2005). Em contrapartida, as paredes de água representam o inconveniente de a dada altura poder existir uma fuga de água ou até algum ruído (Costa, 2008).

### Sistemas de arrefecimento

Poder manter um ambiente de conforto estável no edifício, requer que o ganho energético não seja demasiado, encontrando o equilíbrio perfeito de forma a evitar situações de sobreaquecimento. Este equilíbrio energético pode ser controlado através de sistemas de arrefecimento passivo que permitem esta regulação sem a necessidade de apoio de outro mecanismo que poderia vir a aumentar o consumo de energia da habitação (Kamal, 2012).

Alguns destes sistemas incluem também sistemas de ventilação passiva que além de funcionarem como sistemas de arrefecimento, possibilitam a oportunidade de incorporar formas passivas de induzir a renovação de ar interior no edifício. A utilização destes sistemas junto com sistemas de aquecimento passivo, possibilitam uma oportunidade de o edifício se aproximar mais de nZEB, garantindo um controlo, se não mais, parcial da energia necessária para regularização do conforto ambiental. nZEB tendo o objetivo de reduzir ao máximo o consumo energético de fontes não renováveis, poderá beneficiar enormemente de todos os sistemas capazes de regularizar o ambiente sem causar o aumento do esforço energético do edifício.

### Ventilação natural

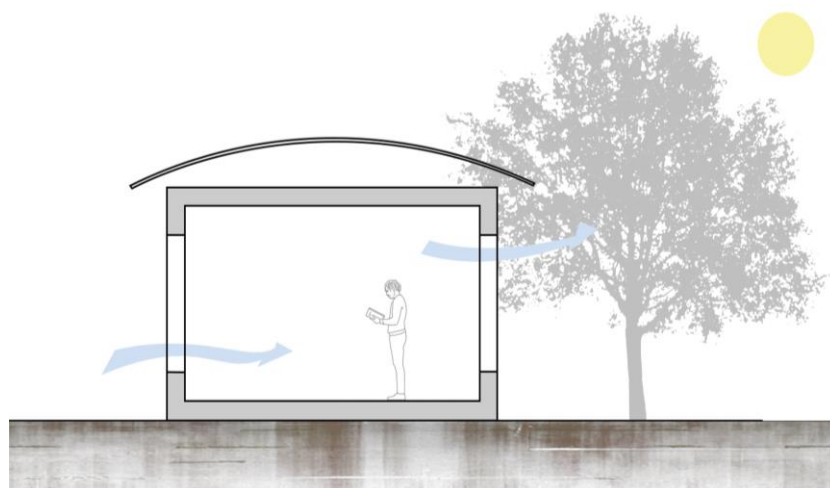
O papel que a ventilação desempenha no edifício é essencial para o seu conforto. Colaborando com a climatização do edifício, assegura também que o ar no interior seja renovado de forma adequada

e salubre (Frota & Schiffer, 2001). Além de que em casos de emergência ajuda que gases e fumos de incêndios possam escapar influenciando a segurança da edificação.

Com a localização adequada de condutas e/ou aberturas, a ventilação ajuda com a regulação da humidade, mas também na convecção térmica e evitando a aplicação de sistemas mecânicos como forma de reduzir custos. Estes facilitam a renovação do ar no interior do edifício facilitando a sua circulação, ao mesmo tempo que melhorando condições de temperatura e humidade do interior. Podem ser projetados como sistemas individuais, no entanto pode-se ainda associar dois ou mais sistemas melhorando a sua performance e fiabilidade.

#### - Ventilação cruzada

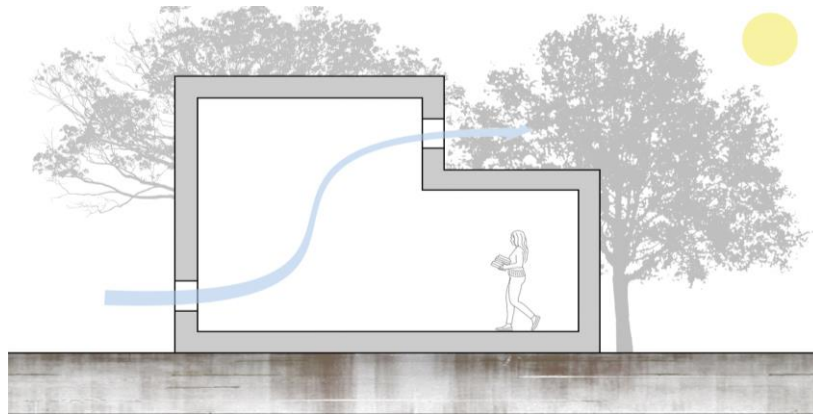
Consiste simplesmente na colocação de aberturas em fachadas opostas, estando estas em ligação com o exterior. Desta forma providenciando a renovação do ar interior podendo variar entre 8 a 20 renovações/hora refere Florensa & Roura (1995).



**Fig. 9 – Sistema de ventilação cruzada – Adaptado de (Florensa & Roura, 1995)**

#### - Ventilação induzida

Quando não existe movimentação de ar no exterior do edifício, o processo de estratificação pode ser útil como forma de renovar o ar no interior e de baixar a temperatura do edifício. De uma forma simples, e utilizando as propriedades físicas do ar, o processo de estratificação induzida promove a saída de ar quente por uma abertura superior e renovando o ar no interior do edifício com uma outra abertura na parte inferior (Florensa & Roura, 1995). Deste modo o ar quente menos denso evacua o edifício, causando a entrada de ar mais denso que se encontra a um nível inferior. No entanto aponta Mendonça (2005) para o facto de que este processo não funcionará de forma eficiente no caso de a temperatura exterior ser elevada, devendo existir uma diferença de temperatura entre o ar na parte mais alta da habitação para o ar exterior.



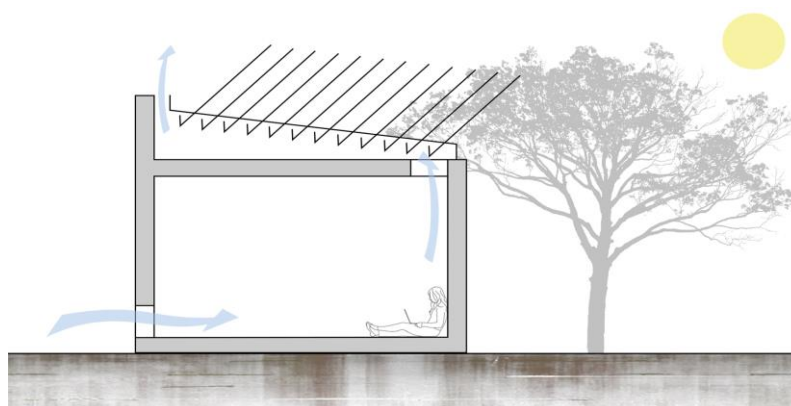
**Fig. 10 – Ventilação por estratificação – Adaptado de (Florensa & Roura, 1995)**

- Chaminé solar

O seu funcionamento consiste em aquecer o ar existente no interior da chaminé solar através de um captador de cor escura causando uma corrente de ar (Fig. 11). A sucção causada por esta corrente de ar pode ser utilizada para ventilar e arrefecer o edifício extraíndo o ar quente. Para que funcione, esta deve ser mais alta que o telhado do edifício e construída do lado Sul. A sua eficácia varia ainda tendo em conta a área desta chaminé (Florensa & Roura, 1995).

É importante ter em atenção a área da chaminé, o material e pintura da mesma, dependendo das características térmicas, procurando-se que seja capaz de captar e armazenar energia de forma a aumentar a temperatura do ar na chaminé. González (2004) explica que chaminés solares podem ter diferentes efeitos, sendo metálicas proporcionam um funcionamento instantâneo, no entanto construção com material de maior inercia permite um efeito retardado.

A chaminé solar representa uma vantagem no que toca a taxa de ventilação em dias quentes e proporcionando controlo do fluxo de ar e melhoria da sua qualidade. Sendo também uma vantagem em relação a espaços pequenos que se encontram em localizações onde são pouco expostos ao exterior, permitindo-lhes obter uma ventilação adequada (González, 2004).



**Fig. 11 - Chaminé solar – Adaptado de (Florensa & Roura, 1995)**

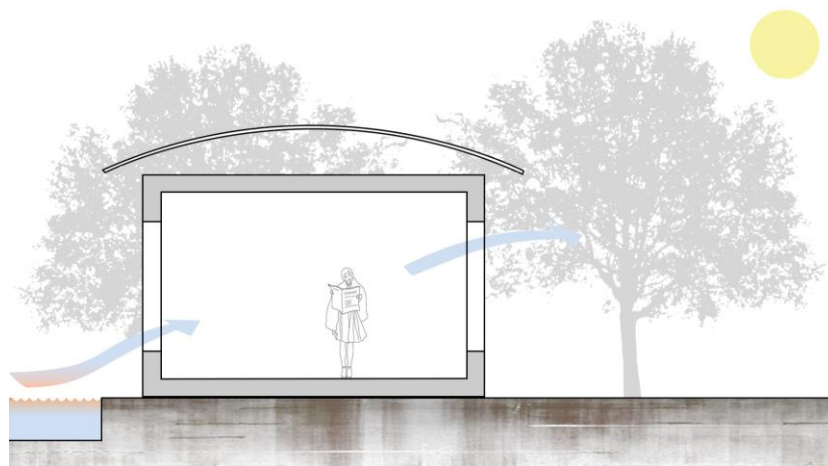
### Construções enterradas

A temperatura do solo possui uma relativa estabilidade que se torna atraente para a arquitetura bioclimática. Esta variando apenas de forma mais significativa com a mudança de latitude ou profundidade (Mendonça, 2005). A uma profundidade de 1,2 metros a temperatura varia apenas cerca de 10°C. Ainda mais, o autor refere que devido a este fenómeno natural, de verão a temperatura do solo é inferior á temperatura ambiente exterior e que de inverno é possível observar o oposto desta situação. Isto implica que um edifício enterrado possui a oportunidade de aproveitar-se destas vantagens através do contacto com o solo, já que a forma mais fácil de obter este contacto é enterrando o edifício ou aproveitando o desnível do terreno encostando paredes com a terra.

Isto acontece dividido á inercia térmica do solo, o que por sua vez, estando em contacto praticamente constante com o edifício, expande esta inercia para ele refere Florensa & Roura (1995). Desta forma, pode ser afirmado que um edifício enterrado é um edifício bioclimático por excelência conforme afirma González (2004), provendo consumos energéticos mais baixos através a sua isolação das variações climatéricas e rodeando-o de condições mais favoráveis e ainda mais, reduzindo o impacto ambiental e visual do mesmo. No entanto, é difícil resolver outros problemas continua o autor, como o da imagem associada com uma “casa-cova vinculada aos sectores da sociedade mais pobre” sendo também difícil de aceitar um edifício que dificilmente será observado, mas que “resultaria altamente interessante desde um ponto de vista energético e meio-ambiental.”

### Arrefecimento por evaporação

O funcionamento deste sistema baseia-se na lei de conservação de energia e nas leis da termodinâmica, no sentido que dois corpos em estados energéticos diferentes num sistema fechado, procuram o equilíbrio entre si, não aumentando ou diminuído a energia total. (Feynman, Leighton, & Sands, 2015)



**Fig. 12 – Arrefecimento evaporativo – Adaptado de (Florensa & Roura, 1995)**

Aplicando isto ao sistema de arrefecimento, trata-se de que o ar quente e com baixas qualidades para arrefecimento entre em contacto com uma superfície de melhores condições, desta maneira melhorando a qualidade do ar e melhorando as suas condições iniciais baixando a sua temperatura (Florensa & Roura, 1995). Este processo faz ainda com que a humidade do ar aumente devido ao processo de evaporação que ocorre, o que significa que a sua eficácia em um clima húmido será proporcionalmente mais baixa refere ainda o autor, sendo por isso mais eficaz em climas secos.

Este processo pode ser observado no pavilhão dos países baixos na Expo 2000 na Alemanha, onde uma malha de água filtrava o ar que entrava, dando início ao processo de arrefecimento por evaporação.

### Controlo de ganho energético

---

Uma outra forma de encontrar o equilíbrio no conforto ambiental, é através de encontrar formas de o manter o mais estável possível, o que além de um melhor conforto ajuda a reduzir o gasto energético favorecendo uma edificação nZEB. Sabemos que sentimos calor quando a energia ambiente aumenta e que a sensação de frio é causada pela perda desta energia ambiental. Sabendo isto, a forma de garantir o equilíbrio energético ambiental é utilizando sistemas passivos que nos permitam regular estes ganhos e mantendo-os o mais estáveis possível, permitindo o ganho energético ambiental quando necessário e diminuindo-o quando em excesso. Através destes sistemas de controlo passivos, será possível evitar situações em que a solução necessária seja o recurso a mecanismos que aumentarão o consumo energético, provocando o afastamento do conceito de nZEB.

Talvez mais do que os sistemas de captação ou sistemas de arrefecimento passivos, os sistemas de controlo passivos possam ser os mais significativos no que respeita o impacto na energia necessária para a estabilidade ambiental. Isto porque havendo um controlo meticuloso dos ganhos ou perdas energéticas, reduzirá significativamente o gasto energético anual e assim articulando-se adequadamente com nZEB, procurando manter este consumo o tao baixo quanto possível.

#### Proteção solar artificial

A proteção solar é um elemento praticamente presente em todos os climas sendo este essencial para o bom funcionamento dos edifícios e das suas fachadas. Esta forma de proteção pode passar por elementos da arquitetura que funcionam como protetores da radiação ou acessórios que permitem fazer este controlo como por exemplo estores manobráveis (Fig. 13).

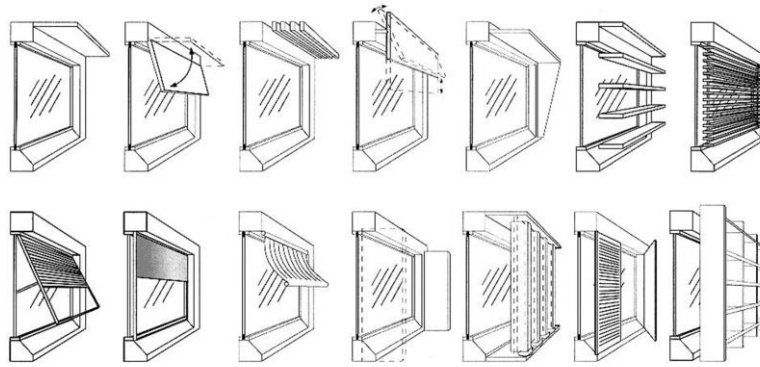


Fig. 13 – Exemplos de acessórios de proteção solar exterior - (Mendonça, 2005)

É de importante notar que o impacto ambiental causado por elementos fixos de arquitetura provedores de sombreamento é superior ao de elementos moveis. Isto significa que o balanço energético entre a sua produção e utilização é mais facilmente abatível do que com elementos arquitetónicos (Mendonça, 2005)

Proteção solar natural

A aplicação de vegetação contribui para a redução no impacto ambiental e melhora a sustentabilidade do edifício. Por exemplo a aplicação de árvores de folha caduca, permitindo que durante o verão sejam criadas sombras reduzindo a radiação solar direta. No entanto no inverno, depois das suas folhas terem caído, permitem que a radiação passe até a edificação ajudando a controlar e regular a temperatura interior.

Coberturas ajardinadas também podem representar benefícios para o controlo energético. Além de contribuírem para a absorção da precipitação de água, providenciam uma fonte de isolamento térmico contra o exterior ao mesmo tempo que reduz o impacto ambiental com a criação de um espaço verde numa estrutura artificial criada pelo Homem. Representam ainda uma oportunidade com a possibilidade de agregar benefícios sociais e económicos.

Itens	Telhado Verde Extensivo	Telhado Verde Semi-intensivo	Telhado Verde Intensivo
<b>Manutenção</b>	Baixa	Periodicamente	Alta
<b>Irrigação</b>	Não	Periodicamente	Regularmente
<b>Plantas</b>	Sedum, ervas e gramíneas	Relvado, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
<b>Altura do substrato</b>	6-20cm	12-15cm	15-40cm
<b>Peso</b>	60-150kg/m <sup>2</sup>	120-200kg/m <sup>2</sup>	180-500kg/m <sup>2</sup>
<b>Custo</b>	Baixo	Medio	Alto
<b>Uso</b>	Jardim, gramado	Jardim, parque	Parque, árvores e arbustos

Fig. 14 - Classificação de coberturas verdes (International Green Roof Association (IGRA), 2014)

Coberturas ajardinadas podem ser de vários tipos, isto é, com diferentes características de manutenção e utilização (Fig. 14). As coberturas ajardinadas intensivas representam aquelas que permitem a mais variedade de vegetação podendo até mesmo incluir árvores. No entanto estas requerem mais manutenção, mas com o benefício de poder ser amplamente utilizada. As coberturas ajardinadas extensivas requerem menor manutenção, no entanto geralmente apenas permitem o acesso para manutenção e são concebidas para serem relativamente autossustentáveis. No entanto pode haver a possibilidade de associar os dois tipos criando uma cobertura ajardinada semi-intensiva.

### Iluminação natural

---

A presença de iluminação natural providencia um conforto natural na maioria dos seres humanos. Influenciando de grande forma a saúde, não só física, mas também psicológica, melhorando o estado de espírito, reduzindo sensações de fadiga física e ocular, chegando até mesmo a produzir alterações químicas no corpo humano refere González (2004). Grande parte das funções do corpo humano estão ligadas a presença de luz natural, melhorando o metabolismo, produção de vitamina D e outros benefícios para a saúde. Deste modo é importante que um local onde constantemente o ser humano vai passar parte do seu tempo, possa beneficiar do melhor que esta providencia para nós como espécie. Além destes importantes benefícios, também incorre em melhorias energéticas, existindo a possibilidade de reduzir a necessidade de recorrer a fontes de iluminação artificial que representariam um aumento do gasto energético e dificultando o objetivo de nZEB.

Normalmente a iluminação natural é deixada em segundo plano na hora de realizar um projeto bioclimático continua González (2004), apesar dos seus grandes benefícios relativamente ao consumo energético e qualidade/conforto do ambiente interior. É necessário cuidar como esta iluminação natural entra no edifício, já que representa uma conservação energética e uma redução na contaminação necessária para produzir essa mesma energia. Com o adequado planeamento da iluminação, é possível atingir os requisitos para a utilização confortável dos espaços e mantendo o controlo sobre os mesmos. Recorrendo a formas de sombreamento, controlo do brilho e redirecionando a iluminação natural, diminuindo cargas energéticas no arrefecimento e gastos em iluminação artificial.

nZEB pretende que os nossos edifícios sejam capazes de reduzir a pegada ecologia causada pelo consumo energético desproporcional e desnecessário. A iluminação representa um gasto significativo e um gasto tangível de energia, já que podemos observar como está a ser gasta. A possibilidade de reduzir este consumo é atrativa para o conceito de nZEB já que não se pretende diminuir o conforto do utilizador, mas sim aumenta-lo recorrendo a fontes naturais de iluminação

sempre que possível, favorecendo não só a saúde física e mental, como favorecendo o nZEB que se estará a desenvolver.

A iluminação natural e a sua incorporação no projeto pode ser abordada de diferentes formas, existindo três tipos de elementos responsáveis por gerir a luz em um projeto, sendo estes: elementos de condução da luz, elementos de passagem da luz e elementos de controlo de luz (González, 2004).

Elementos de condução da luz representam aqueles que projetam e distribuem a luz natural de forma direta ou indiretamente no interior continua González (2004), por exemplo: Galerias envidraçadas; Alpendre envidraçado; Estufas; Pátios com envidraçados; Conduatas de luz; Conduatas solares.

Elementos de passagem de luz são elementos construtivos, estes fazem uma ligação entre dois espaços e permitindo a passagem de luz entre eles (González, 2004), incorporando aberturas envidraçadas segundo as suas características, por exemplo: Janelas; Muros cortina; Muros translúcidos; Claraboias.

Relativamente a elementos de controlo da luz ou iluminação, são elementos que permitem que seja realizado um controlo na intensidade e direção da iluminação direta e indireta. Estes podem variar em termos de mais simples ou mais sofisticados, segundo González (2004), sendo alguns exemplos: Elementos de separação; Vidros; Carpintarias; Toldos; Cortinas; Mainel vertical ou horizontal; Guarda-sóis horizontais, verticais ou paralelos; Filtros solares; Transenas; Tratamentos superficiais do vidro; Obstruções solares; Persianas; Contra de janelas.

Com isto em mente existem três critérios essenciais na hora de desenhar e projetar sistemas de iluminação, González (2004) refere que estes critérios passam por primeiro alcançar o nível de iluminação necessário para qualquer atividade gerando conservação energética. Segundo evitar reflexos e iluminação excessiva melhorando a eficácia laboral dos utilizadores e o seu conforto. E terceiro criar uma relação entre o exterior e o interior, executando isto uma função psicológica.

### iii) Projeto e Orientação

A energia solar passiva está entre as primeiras formas como o homem utilizou os recursos solares como energia térmica. Um processo que envolve a utilização de elementos estruturais do edifício para captar, armazenar e distribuir a energia solar. Um processo que não envolve qualquer tipo de instalação de sistemas mecânicos consumidores de energia adicional e de forma simplificada apenas envolve que o edifício esteja corretamente orientado, contando com o apoio de três formas de transferência energética, a condução, convecção e a radiação.

A posição solar será para isto o principal elemento a ter em conta quando se desenvolve o projeto, procurando que durante a estação de aquecimento, o edifício esteja protegido do sol, no entanto que a luz natural no interior permaneça o mais possível. Ao mesmo tempo procurando o equilíbrio para que durante a estação de arrefecimento se consiga o conforto térmico desejado.

Esta forma de pensar o projeto recai de novo na forma de pensar nZEB. nZEB pretende reduzir os consumos energéticos por parte do edifício, de forma a que este seja o mais independente possível de fontes energéticas não renováveis. Pensar a orientação e o projeto tendo em conta a localização do edifício, representa uma vantagem energética significativa.

O equilíbrio no conforto ambiental e luminosidade do edifício são os fatores que potencialmente mais energia requerem. Apesar de podermos projetar tendo em mente formas de captação e arrefecimento passivo, que certamente reduzirão a carga energética, conseguir um ponto de partida do projeto no qual possamos ter o maior benefício, representa um grande avanço energético. Alcançar nZEB trata-se não só de reduzir os gastos energéticos, mas mais que isso, sermos capazes de desenvolver um projeto que seja o mais eficiente possível, mas que não sacrifique a comodidade e conforto do utilizador.

A orientação e a forma como projetamos levando em consideração a localização e condições locais, fazendo o melhor uso da “mão” que recebemos, poderá representar o ponto de partida que no final fará o projeto nZEB realçar no que respeita a sua eficácia energética.

#### Diagramas Solares – Carta Solar

---

O diagrama solar representa uma ferramenta útil na hora de desenvolver um projeto, fornecendo informação pertinente no plano sobre o movimento solar e os resultados que se espera obter, traçando a trajetória solar a qualquer momento desejado, no plano horizonte do observador numa latitude específica (Frota & Schiffer, 2001).

Na utilização da carta solar, o primeiro aspeto a ter em conta é a altura solar. A altura é formada pelo ângulo formado pelo Sol e o plano horizontal do local que se pretende considerar, podendo este variar entre os 0° e os 90° sobre o eixo Norte/Sul. Outro ponto em ter em conta quando se analisa uma carta solar é o azimute solar conforme representado abaixo (Fig. 15). Isto é o ângulo formado pelo plano vertical que passa pelo sol e pelo Norte geográfico local, sendo lido com valores positivos para Norte/Este e negativos para Norte/Oeste sobre a escala externa do diagrama (Frota & Schiffer, 2001).

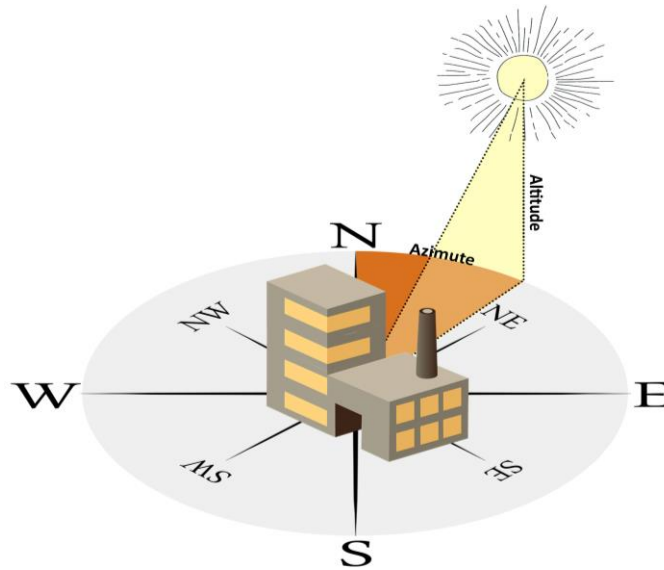


Fig. 15 - Representação do azimute solar (Autoria própria)

A data pode ser lida pelas linhas que passam de Este para Oeste e que representam o percurso solar desde o nascer até o pôr-do-sol. De forma a verificar uma hora específica, as linhas que passam de Norte para Sul podem ser analisadas para obter o resultado pretendido (Frota & Schiffer, 2001). Deste modo obtendo uma informação imediata relativamente ao horário de insolação horizontal e vertical relativa à orientação pretendida conforme na figura a baixo (Fig. 16).

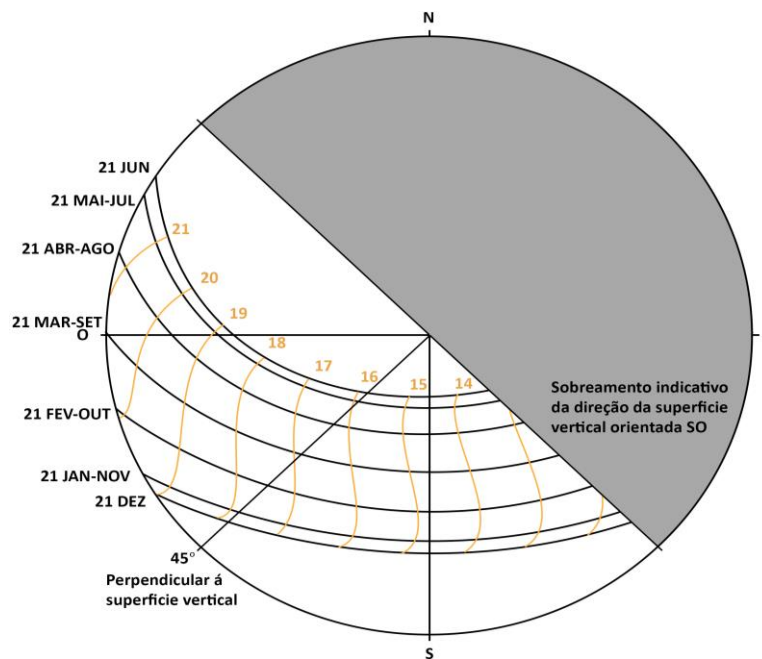
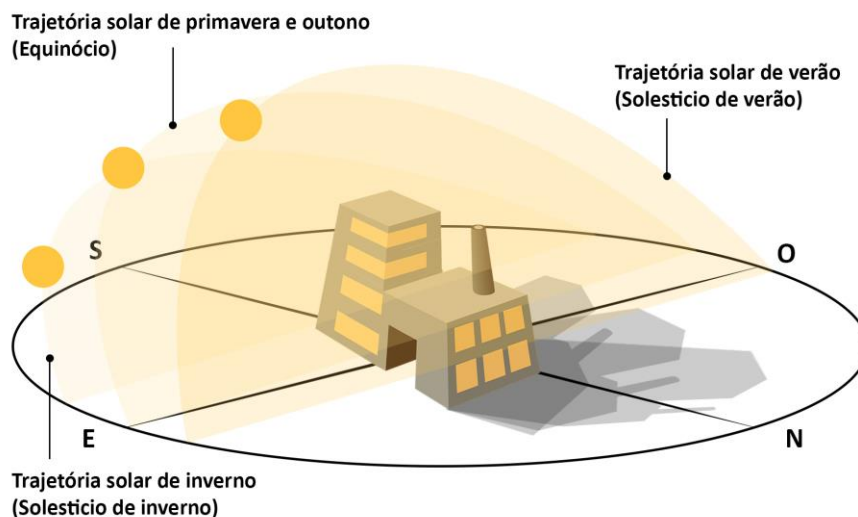


Fig. 16 - Horário de insolação para uma superfície vertical orientada SO em Portugal a uma latitude de 42° N (Autoria própria)

A partir da carta solar, é possível aplicar a mesma sobre a planta do edifício projetado, de forma centralizada e orientada corretamente. A partir de aí observar como o edifício se relacionará com o movimento solar, percebendo problemas e soluções que possam aparecer durante o

desenvolvimento do projeto. Com o apoio desta ferramenta, é possível determinar áreas de sombreamento no local (Fig. 17), indicando “objetos” que causem uma obstrução a luz solar. Estas áreas de sombreamento podem ser obtidas da mesma forma que a área de sombreamento do edifício, através do ângulo da luz solar em determinado ponto no tempo.

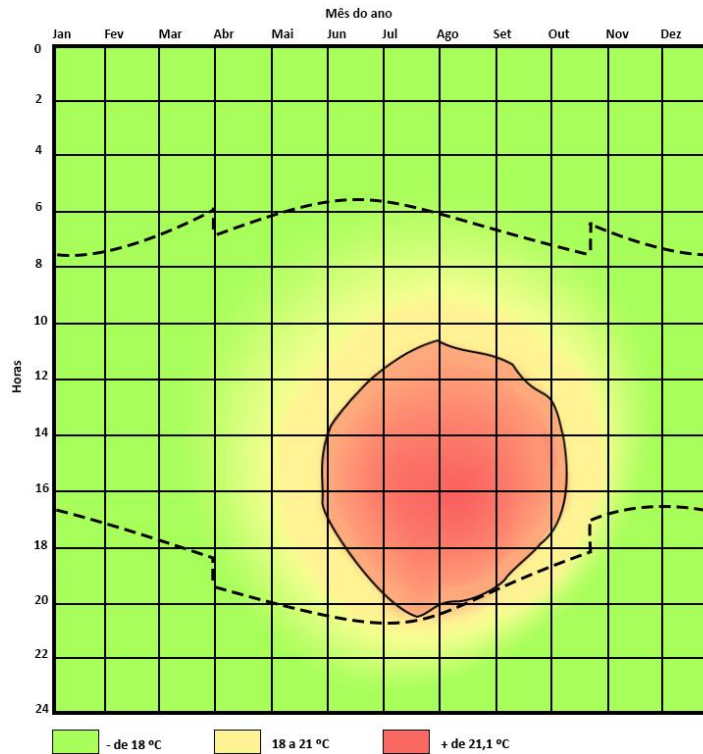


**Fig. 17 - Ilustração de sombreamento relativo ao movimento solar (Autoria própria)**

A eficiência de um edifício nZEB está intimamente interligada com a orientação do mesmo. Isto significa que a incorporação de elementos bioclimáticos está por isso também interligada, contribuindo e complementando um projeto eficiente no recurso da energia solar. A existência de envidraçados pelos quais o edifício recebe iluminação solar que, no que se aplica ao hemisfério Norte do nosso planeta, envidraçados a Sul significam uma grande captação de radiação solar durante a estação de arrefecimento e sendo esta incidência reduzida durante a estação de aquecimento. No entanto, envidraçados a Norte do edifício, apenas captarão radiação solar em curtos períodos do dia durante a estação de aquecimento, sendo esta mínima ou até mesmo nula na estação de arrefecimento.

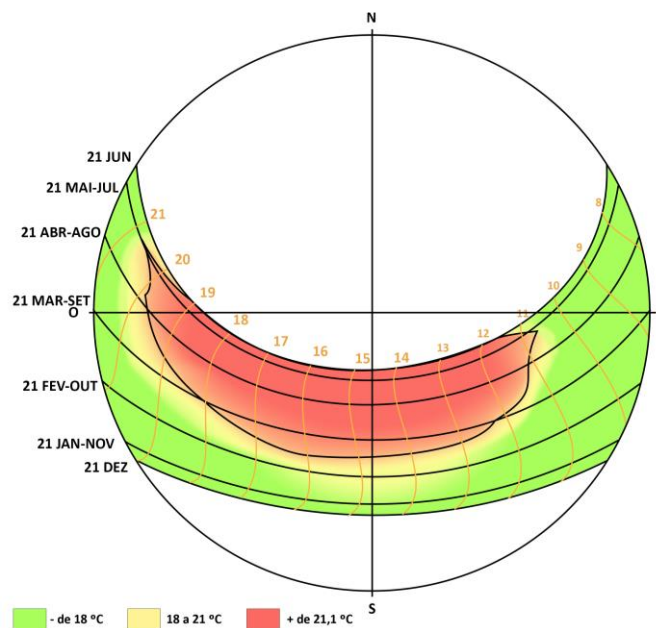
A orientação da edificação e o movimento solar estão assim claramente ligados com as condições térmicas no edifício. Sendo possível observar os períodos anuais em que existe um sobreaquecimento da temperatura local (Olgay, 2006). Esta informação pode posteriormente ser utilizada para definir um perfil de sombra que pode ser utilizado no momento de desenhar o projeto sugere Olgay (2006).

Para definir este perfil de sombra é necessário realizar um estudo da temperatura local, obtendo um valor medio ao longo dos meses do ano e das horas do dia. Esta informação é depois condensada em um gráfico no qual, segundo Olgay (2006), se delimita marcando as alturas dos dias do ano onde a temperatura excede a zona de conforto de 21,1 °C. Isto permitirá definir a altura de sobreaquecimento conforme Fig. 18, através de uma sombra.



**Fig. 18 - Gráfico de sobreaquecimento em Portugal a uma latitude de 42° N (Autoria própria)**

Como forma de determinar a necessidade de sombra em função da posição solar agregamos a informação do gráfico obtido a uma carta de movimento solar. Na carta indicam-se as diferentes alturas do ano e as horas correspondentes (Olgay, 2006). Com a associação destas duas informações, carta solar e o gráfico de sobreaquecimento, podemos obter a informação da posição do Sol, mas também da sombra necessária em determinado momento, Fig. 19, indica Olgay (2006).



**Fig. 19 - Aplicação de sobreaquecimento sobre carta solar em Portugal a uma latitude de 42° N (Autoria própria)**

Devido a natureza de funcionamento da carta solar, as suas linhas representam alturas do ano em que a movimentação do ano se repete de ano para ano repetindo também a necessidade de sombreamento nesse momento (Olgyay, 2006). Desta forma estabelece-se uma base para entender como o projeto arquitetónico será influenciado pelos fatores climáticos locais.

#### 2.1.4. Síntese

Com esta análise de nZEB entendemos o que significa esta abordagem e porque é importante, assim como o que significa tornar um projeto num projeto nZEB. Este conceito novo visa que os novos edifícios seja construções de alta performance energética ou *Near Zero Energy Buildings*. Isto implica que se considera um edifício nZEB quando este requer quantidades extremamente baixas de energia para responder as suas necessidades e não baixando o conforto do utilizador, sendo ainda um requisito que obtenham a energia que possam necessitar, o tanto quanto possível de fontes de energia renovável. nZEB é assim uma procura pela melhor eficiência energética com base numa envolvente que permita reduzir perdas de energia e recorrendo a energias renováveis.

Com isto entende-se que é possível atingir o estatuto de nZEB de duas formas distintas em particular, aumentando ao máximo a eficiência energética reduzindo a necessidade de energia ou gerando energia renovável suficiente para contrabalançar as necessidades energéticas que possam existir. No entanto nZEB nunca deverá ser alcançado através do sacrifício do conforto do utilizador.

No entanto a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho (2010) admite ainda que deverão ser os estados membros da União Europeia a formular legislação necessária sobre nZEB sendo que condições e necessidades variam. Neste sentido vários estados definiram limites anuais energéticos, outros com recurso a formulas matemáticas permitindo uma variação do valor energético consoante diferentes critérios e ainda outros com o recurso a emissões de CO<sup>2</sup>. No caso de Portugal a legislação carece destes parâmetros sendo a categoria nZEB determinada pelo sistema de certificação energética.

A climatização de edifícios e preparação de águas quentes sanitárias (AQS) representam as principais causas do consumo energético dos edifícios, sendo por isso necessária a implementação deste novo conceito de edifícios nZEB. No entanto também é preocupante o parque edificado existente, existindo um 75% de edifícios em decadência e que são renovados a um ritmo alarmante de apenas 1,2%. Encontrar formas de reduzir o impacto destes também é de grande importância e desta forma tentar estender nZEB não só a edifícios novos e grandes intervenções. Independentemente das diferentes formas de encarar nZEB, a importância da sua necessidade

permanece a mesma e o seu objetivo também, reduzir o impacto dos edifícios no meio ambiente e cuidar por um futuro melhor.

nZEB implica reduzir a necessidade energética e providenciar a energia restante necessária através de fontes renováveis. Isto pode ser atingido de diferentes formas, mas obter um ponto de partida que já faz a melhor gestão possível de recursos naturais permitirá fazer melhor arquitetura, mas também facilitar a abordagem a nZEB. Sistemas bioclimáticos passivos e o estudo de uma orientação e exposição solar adequada representam ferramentas que desde sempre estiveram nas mãos do projetista e que se tornam agora mais que nunca numa mais valia. Pensar desta forma na arquitetura possibilita a oportunidade de nos prepararmos para um futuro afastado de nZEB, evoluindo para PEBs (Edifícios de Energia Positiva), sempre e quando estabeleçamos bases sólidas para dar este salto no futuro próximo.

A arquitetura bioclimática encontra-se articulada com a natureza, levando em conta as condições ambientais do local o que permitira uma menor dependência de sistemas mecânicos que aumentarão o consumo energético. Sistemas passivos de captação permitem uma regularização da temperatura excluindo a necessidade de uma fonte de alimentação. É possível estes funcionarem de forma direta permitindo radiação solar entrar regulando a temperatura ou de forma indireta recorrendo á inercia dos materiais construtivos. Estes acumulando energia e sendo esta libertada proporcionalmente para o interior. Este processo pode funcionar de forma simples com a inercia direta dos materiais construtivos ou de forma mais complexa através de por exemplo uma parede de Trombe que permitirá outro tipo de vantagem permitindo um maior controlo da temperatura interna.

Sistemas de arrefecimento passivo também funcionam de forma natural evitando o apoio mecânico consumidor de energia. Uma combinação de sistemas de captação e de arrefecimento proporcionarão uma base adequada para nZEB, permitindo partir de um local livre de consumos energéticos desnecessários. Formas de arrefecimento passivo podem ser compreendidas entre diferentes formas de ventilação, a execução de um projeto enterrado ou com a utilização de corpos de água. Os sistemas de ventilação permitirão além de regularizar a temperatura, uma ventilação adequada mantendo a salubridade do edifício. Sistemas de construção enterrada possuem outras vantagens, sendo possível obter o benefício da inercia do solo, mantendo a temperatura relativamente estável ao longo do ano, sendo por isso considerado uma construção bioclimática por excelência. A utilização de corpos de água permite regularizar também a humidade no interior além do benefício da renovação do ar e temperatura, tornando-se especialmente benéfico em climas secos.

A pesar de o aproveitamento dos recursos naturais poder significar uma melhoria no consumo energético e facilitando nZEB, é importante notar que pode incorrer em gastos energéticos significativos, isto se não for controlado. O controlo do ganho energético é essencial, garantindo que se retira o máximo proveito da arquitetura bioclimática. nZEB pretende criar um ambiente energeticamente eficiente, mantendo o nível de conforto a que estamos habituados. Para isso é necessário poder controlar a energia desperdiçada, permitindo que o ganho energético descontrolado não crie condições para a necessidade de apoio de outros sistemas mecânicos que baixarão a eficiência energética de nZEB. Isto pode ser feito com o recurso a elementos naturais ou da arquitetura. Elementos da arquitetura representam aqueles que fazem parte do edifício de forma construtiva ou como acessórios e possibilitando uma forma de proteção contra o excesso de radiação. Elementos naturais podem incluir o recurso a árvores de folha caduca, criando situações que permitem a entrada da radiação ou que a bloqueiam nos meses de aquecimento com as suas folhas. Também o recurso a coberturas ajardinadas possibilita uma fonte de isolamento e ao mesmo tempo reduzindo o impacto ambiental dos edifícios.

A arquitetura bioclimática permite-nos utilizar a natureza para melhorar o edifício e permitindo assim depender menos em sistemas mecanismos que diminuem a eficiência energética, vindo a sim de acordo com nZEB e integrando-se com este conceito. Isto também é verdade em relação a iluminação dos edifícios. A natureza providencia uma forma de iluminação natural que incorre em benefícios visuais nos dando luz obviamente, mas também benefícios para a saúde. A iluminação natural permite atingir os requisitos de utilização confortável dos espaços e permitindo a diminuição de cargas elétricas de iluminação artificial.

A articulação com a natureza é a base da arquitetura bioclimática que se torna uma base para nZEB, permitindo partir de um ponto em que parte das necessidades energéticas já se encontram geridas desde princípio. No entanto para tirar o máximo proveito dos recursos naturais temos de partir de uma situação o mais vantajosa possível. Isso parte do estudo da orientação e da exposição solar. Estes estudos possibilitam observar como o edifício poderá interagir com a radiação solar local, permitindo desenhar o projeto arquitetónico de forma a utilizar os recursos naturais de forma eficiente. Isto é feito através da associação de um gráfico de sobreaquecimento e da cata solar, obtendo assim o posicionamento do Sol em determinada altura do ano e facilitando o estudo do sombreamento necessário para garantir o máximo conforto a custo do menor gasto energético possível.

A arquitetura bioclimática representa uma das maiores ferramentas do arquiteto numa era nZEB. Exige-se a criação de edifícios energeticamente eficientes, aproximando o seu consumo energético o máximo possível de quase zero. Conseguir obter um ponto de partida em que estejamos já em

relativa vantagem representa um avanço significativo numa trajetória nZEB e esse ponto de partida nos é facilitado pela arquitetura bioclimática. A partir deste ponto é necessário verificar o que outras abordagens nos facilitam e como se podem integrar numa arquitetura nZEB, levando sempre em conta as exigências estabelecidas a nível nacional.

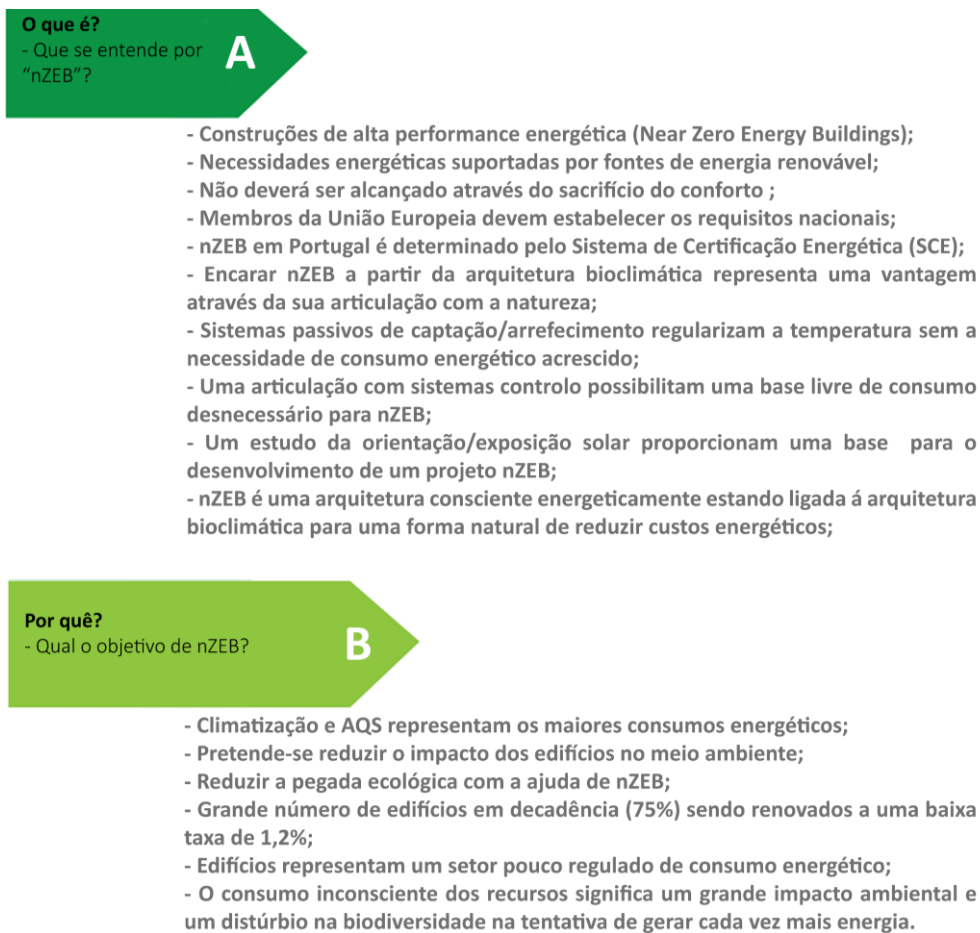


Fig. 20 - Síntese do conceito de nZEB (Autoria própria)

## 2.2. nZEB em Portugal – Legislação

Com a publicação da Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho a 19 de maio de 2010, reformou-se a anterior diretiva apresentada no ano de 2002 e desta forma reforçando a iniciativa sobre o desempenho e aumento da eficiência energética objetivada para 2020.

A nível nacional, deu entrada um novo conceito de construção, edifícios com necessidades quase nulas de energia, passando estes a se tornar no standard da construção a partir de 31 de dezembro de 2020, e antes, em 2018 para edifícios novos de uma entidade pública ou ocupados por uma, sendo este conceito extensível a edifícios que sofram de grandes intervenções (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, 2013).

Desta forma surgiu a oportunidade de melhorar o sistema de certificação energética, regulamentos associados e a ocasião de levar o desenvolvimento energético nacional a um patamar mais verde. Surge por isso o Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto incluindo um sistema de certificação energética (SCE), um regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação (REH) e um regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS).

No que corresponde a edifícios de necessidades quase nulas de energia (nZEB), o artigo 16º pretende um parque edificado nacional com edifícios nZEB e sendo estes descritos no ponto 2, conforme a alteração feita do Decreto-Lei n.º 52/2018 de 20 de agosto, 2018:

São edifícios com necessidades quase nulas de energia os que tenham um muito elevado desempenho energético, determinado nos termos do presente diploma, em que as necessidades de energia quase nulas ou muito reduzidas são em larga medida satisfeitas com recurso a energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou nas proximidades. - (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, 2013, p. 4995)

Entende-se, pois, que o objetivo a alcançar são edifícios extremamente eficientes em termos energéticos e que as necessidades energéticas que tenham para manter o seu nível de conforto, sejam supridas por fontes de energias renováveis, podendo ser estas produzidas no local ou como descreve a lei nas suas proximidades. No entanto, ainda o artigo 16º, esclarece que os nZEB devem dar preferência a uma captação energética local, recorrendo ao apoio das infraestruturas comuns mais próximas do local quando não for possível suprir as necessidades com uma captação energética renovável eficiente no local.

O comportamento técnico do edifício, o artigo 24º especifica que os edifícios abrangidos pela lei devem responder a uma melhoria:

do seu comportamento térmico, a prevenção de patologias, o conforto ambiente e a redução das necessidades energéticas, incidindo, para esse efeito, nas características da envolvente opaca e envidraçada, na ventilação e nas necessidades nominais anuais de energia para aquecimento e arrefecimento. - (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, 2013, p. 4996)

Compreendendo-se assim que a legislação se foca no que podemos denominar de “a pele do edifício”, sendo que independentemente do que se desenvolva no interior, a lei recai sobre a parte do edifício que isola do exterior, a envolvente opaca e envidraçada. Sendo estes elementos os responsáveis pela regulação energética e da ventilação necessária. Provisionando para este efeito, descreve o ponto 2, requisitos para as diferentes necessidades térmicas, de ventilação e energia nominal necessária para aquecimento e arrefecimento.

Mais detalhadamente, o artigo 26º trata do comportamento térmico de edifícios novos, estabelecendo valores máximos para as necessidades nominais energéticas da edificação anualmente e o valor mínimo da renovação por hora de ar. (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, 2013)

Além da envolvente, a legislação existente abrange no artigo 27º, sistemas técnicos de aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes sanitárias, sendo obrigatória a instalação de sistemas solares térmicos para preparação de água quente sanitária sempre que haja uma exposição solar adequada. Alternativamente a sistemas solares térmicos, será possível aplicar outros sistemas de aproveitamento que assegure energia renovável numa base equivalente ao solar térmico.

É importante realçar que todos os edifícios existentes ficam sujeitos a aplicação da lei no que toca a requisitos térmicos a quando uma grande intervenção, bem como a requisitos de eficiência de sistemas quando aconteça uma atualização dos mesmos para substituir ou melhorar o sistema presente, realça o artigo 30º conforme a revisão efetuada no Decreto-Lei n.º 52/2018 de 20 de agosto, 2018.

Sendo revogados Decretos-lei anteriores, a função deste Decreto-lei, Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, 2013, é a de introduzir novas práticas e novas orientações para assim alcançar uma maior eficiência energética e conforto térmico. Clarificando os objetivos para diferentes áreas técnicas e entidades envolvidas, resumindo-se finalmente num Sistema de Certificação Energética (SCE) responsável por verificar e quantificar o resultado final.

### 2.2.1. Plano de ação para alcançar nZEB

Apesar das habitações em Portugal serem das que menos energia consomem na união europeia (EOI Escuela de Negocios, 2008), ainda assim no ano de 2008, este consumo representava um total de 16.8%, tendo-se mantido um consumo anual estável ao longo dos anos e abrindo assim, a possibilidade de melhorar este valor e não só para edifícios residenciais, mas para a totalidade das edificações.

Com esse objetivo o Parlamento Europeu e do Conselho, estabelece que cada país membro deveria estabelecer uma definição para o edifício nZEB e os requisitos energéticos mínimos, tendo em conta o contexto nacional em que se inserem. Levando em conta as condições climatéricas locais e a rentabilidade económica de cada país e nunca afetando a acessibilidade, segurança ou a utilização que se prevê do edifício (Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, 2010).



Fig. 21 – Logotipo da Plataforma para a promoção dos nZEB em Portugal (<https://pt-nzeb.pt/wp-content/uploads/2016/02/PTnZEB-logotipo-300x121.jpg>)

Chega-se, portanto, á conclusão que a habitação nZEB está subentendida sobre dois aspetos principais (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, 2013):

- A legislação nacional entende que um nZEB deve inclui um componente de eficiência energética, estando este dentro da viabilidade económica e sendo encontrado o custo ótimo, existindo por isso uma relação custo-benefício. Esclarece também que diferentes exigências energéticas devem ser seguidas para edifícios novos e obras de grande intervenção.

- Prevê-se a utilização de energias renováveis que consigam suprir as necessidades energéticas, ou a maior parte das mesmas. Estes meios de captação energética poderão ser fornecidos desde infraestruturas próximas, dando-se preferência a um fornecimento local, pelo próprio edifício ou parcela de terreno.

O componente de eficiência energética dos edifícios está assim diretamente relacionado com as exigências mais detalhadamente descritas na lei, respeitando coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca e também o fator solar de vãos envidraçados. Envolvendo ainda requisitos no que respeita a ventilação e renovação de ar do imóvel conforme já descrito, bem como condicionantes para as necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento.

Referindo-se a uma fonte de energia renovável baseando-se na Diretiva Europeia:

«Energia proveniente de fontes renováveis», a energia proveniente de fontes não fósseis renováveis, nomeadamente eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica e dos oceanos, hídrica, de biomassa, de gases dos aterros, de gases das instalações de tratamento de águas residuais e de biogases - (Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, 2010, p. 153/18)

O Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto de 2013, torna obrigatória a instalação de sistemas solares térmicos para a preparação de água quente sanitária na razão de um coletor por habitante quando existe uma exposição solar adequada, devendo estar orientado a Sul e com uma inclinação de 35°. Mas não sendo obrigatório que o sistema solar térmico se destine também a climatização interna do edifício, no entanto na eventualidade desta aplicação, a lei exige que seja salvaguardado que a prioridade do sistema seja com a água quente sanitária.

### 2.2.2. Certificação Energética

Com base no descrito no Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto de 2013, o desempenho energético deverá ser avaliado consoante a metodologia nacional de certificação energética, sendo estes emitidos por peritos qualificados para tal e baseando-se no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Realizando-se uma pré-certificação e uma certificação do imóvel, cujo modelo pode ser analisado no anexo 1.1, conforme o modelo do Despacho n.º 6469/2016 de 17 de maio de 2016. A certificação energética dos imóveis está debaixo da responsabilidade da ADENE, sendo eles também responsáveis pela gestão dos técnicos qualificados os quais por sua vez responsáveis pela execução da avaliação energética.

De acordo com o modelo do certificado energético fornecido pela legislação, o edifício é classificado em uma escala de A+ a F. A certificação mínima exigida por lei para um edifício novo, conforme se verifica no anexo I do Despacho n.º 6469/2016 de 17 de maio de 2016, é de B-, sendo esta exigida já no pré-certificado para a aprovação da obra. É importante esclarecer que a obtenção da classe energética não deverá acarretar um custo na qualidade do ar interior do imóvel. Sendo a taxa de renovação de ar claramente descrita pela legislação portuguesa, estando presente na Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro de 2013 debaixo do ponto 3 do anexo. Esta taxa de renovação

horaria deve por isso ser no mínimo igual a 0,4 renovações por hora, podendo este valor ser excedido.

Mais além de somente classificar o imóvel, o certificado energético proporciona a oportunidade de entender as falhas energéticas encontradas e melhorias possíveis de serem aplicadas. Inicialmente além da classe em que o edifício se encontra, o certificado quantifica o desempenho dos três elementos em que se baseia (aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e produção de água quente sanitária), o contributo de energias renováveis e as emissões de CO<sub>2</sub> causadas pelo consumo estimado de energia. Importa para a classificação o aproveitamento das energias renováveis, os sistemas de ventilação e a eficiência de sistemas técnicos aplicados, representando este cálculo a energia necessária para uma climatização de conforto e para preparação de água quente sanitária e, portanto, não incluindo outros eletrodomésticos ou até mesmo iluminação, fornecendo uma estimativa de energia primária necessária por m<sup>2</sup> e permitindo a comparação de imóveis (ADENE, n.d.).

Mais detalhadamente, continua após esta informação inicial, detalhando o comportamento térmico do edifício, centrando-se nos elementos que formam a envolvente do edifício, especificamente as paredes, coberturas, pavimentos e as janelas do imóvel. Detalhando as suas características e de novo quantificando o seu comportamento térmico, mas ainda provendo um esquema compreensivo sobre as perdas e ganhos de calor, que permite um entendimento mais claro sobre o que foi possível calcular (Fig. 22).

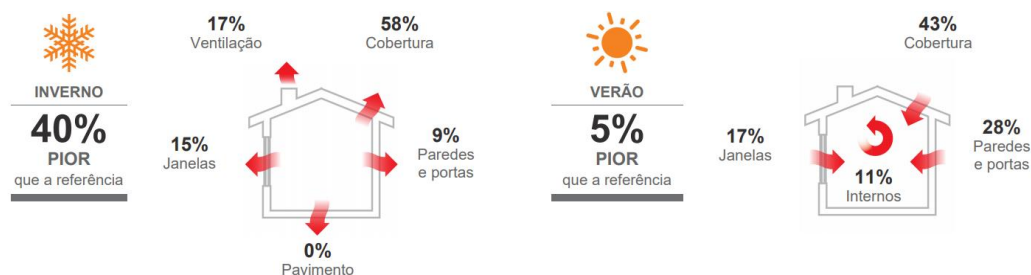


Fig. 22 – Perdas e ganhos de calor de uma habitação em Lisboa ([https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2018/06/ADENE\\_certificado\\_energetico\\_habitacao.pdf](https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2018/06/ADENE_certificado_energetico_habitacao.pdf))

Finalizando a avaliação do imóvel, o certificado fornece propostas para a melhoria da eficiência energética, calculado o custo e o benefício estimado da sua aplicação. De novo estas propostas estando orientadas ao que se entende pela envolvente do edifício, resultando em medidas como melhorias de isolamento térmico, substituição de vãos envidraçados, instalação de sistemas solares e manutenção de equipamentos. No entanto, tendo em conta certificados anteriormente emitidos, verifica-se uma significativa repetição destas medidas propostas (ADENE, n.d.). Na continuação do

certificado, e para finalizar, são analisadas estas medidas, expondo em que elas consistem e os benefícios que estas podem ou não causar ao imóvel.

Apesar de que o certificado por si só não corresponde a uma melhoria do comportamento térmico de um imóvel em relação ao meio ambiente, já que não assume qualquer papel na sua eficiência térmica, possibilita o consumidor de uma ferramenta importante, informação. O maior contributo que permite alcançar é a consciencialização do consumidor, ficando este rapidamente e de uma forma eficaz, informado sobre o imóvel que é analisado. Entendendo quais os defeitos energéticos ou vantagens, bem como algumas soluções para melhorar a situação negativa em que se poderá encontrar. Além disso funciona como uma arma social, no sentido em que a exigência de uma classificação mínima obriga a que se tomem medidas benéficas em alcançar uma melhor relação entre os nossos imóveis e o meio ambiente, tornando-os energeticamente eficientes e reduzindo a pegada ecológica resultantes das emissões de CO<sub>2</sub>.



Fig. 23 – Certificado energético – Adaptado de ([https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2018/06/ADENE\\_certificado\\_energ%C3%A9tico\\_habita%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2018/06/ADENE_certificado_energ%C3%A9tico_habita%C3%A7%C3%A3o.pdf))

### 2.2.3. Síntese

Respondendo diretamente ao primeiro objetivo, o conceito nZEB implica para os edifícios de 2020 uma nova tipologia de construção. Este conceito aplicando-se a edifícios públicos ou ocupados por entidades públicas já desde 2018. nZEB estando, portanto, submetido a dois aspetos fundamentais, a eficiência energética e a utilização de energias renováveis locais ou nas proximidades.

Este conceito em Portugal baseia-se no Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, que inclui um sistema de certificação energético, o qual define nZEB no país e que torna obrigatória a instalação

de sistemas solares térmicos para a preparação de AQS. Continuando a lei a descrever o nZEB português como um edifício de necessidades energéticas reduzidas e em que estas sejam supridas por fontes de energia renovável local ou nas proximidades. Requerendo ainda que se mantenha o nível de conforto, melhorando ao mesmo tempo o comportamento térmico e a capacidade de prevenção de patologias.

Entende-se, portanto, que para Portugal a definição de nZEB baseia-se na envolvente do edifício, na sua “pele” ou barreira que isola de elementos externos, estabelecendo requisitos máximos nominais anuais e uma taxa mínima de renovação de ar que deverá ser alcançada. Abrangendo ainda sistemas técnicos de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS, o qual obrigando a uma instalação de sistemas solares térmicos para este efeito. Estes parâmetros devem ser respeitados por novas edificações e aquelas sujeitas a grandes intervenções ou a quando de uma atualização de sistemas técnicos. No entanto, todos estes acabam sendo resumidos no Sistema de Certificação Energética. Permitindo-nos retirar a conclusão de que nZEB em Portugal, implica apenas uma avaliação positiva no SCE.

A certificação energética baseia-se na metodologia nacional aprovada e baseada no REH e RECS, ficando debaixo da responsabilidade da ADANE. Variando a sua avaliação numa escala entre A+ e F, sendo a avaliação mínima exigida pela legislação de B-, não devendo nunca estar em causa a qualidade do ar interior para obter a classificação, sendo por isso estabelecido que a taxa de renovação de ar mínima deverá ser de 0,4 renovações por hora. No entanto, o certificado faz mais do que apenas avaliar e quantificar a eficiência energética. Providenciando informações sobre as falhas energéticas encontradas e soluções possíveis de serem aplicadas de forma a resolver os problemas encontrados. Estas informações baseadas nos pilares em que se assenta o certificado (aquecimento e arrefecimento do ambiente, AQS, energias renováveis e emissões de CO<sub>2</sub>), sendo estes os que permitem a execução de uma estimativa da energia primária necessária por m<sup>2</sup>, permitindo uma comparação entre certificados.

Apesar do contributo que possa ter em apontar problemas e propor soluções, pode ser debatido que o maior contributo que o SCE aporta é a consciencialização do consumidor, permitindo-o ver a arquitetura de uma forma mais abrangente que a olho nu não seria possível observar de forma eficaz. Desta forma agindo como arma social, exigindo um estatuto mínimo que trará uma competitividade em busca da eficiência e resultando numa melhor relação dos nossos imóveis com o ambiente.

### Como?

- Como se aplica nZEB e a legislação associada?

C

- nZEB representa um novo conceito de arquitetura;
- Representa um avanço na eficiência energética e na utilização de energias renováveis;
- O Sistema de Certificação Energética define as implicações nZEB em Portugal;
- Passa a ser obrigatória a instalação de sistemas solares térmicos para preparação de AQS;
- nZEB implica para Portugal uma melhoria do comportamento térmico sem o sacrifício do conforto;
- O novo conceito baseia-se numa forma de abordar a envolvente do edifício e seus sistemas técnicos;
- Conclui-se que um edifício de avaliação igual ou superior a B- no SCE é um nZEB segundo os padrões estabelecidos para Portugal;
- A avaliação deverá respeitar sempre uma taxa mínima de 0,4 renovações/hora do ar interior;
- Além de uma avaliação quantitativa, o SCE fornece informações sobre problemas encontrados e soluções práticas;
- A certificação energética representa uma ferramenta para consciencialização do consumidor;
- Possibilita a facilidade de direta comparação entre imóveis

Fig. 24 – Aplicação de nZEB em Portugal (Autoria própria)



Fig. 25 – A casa inteligente – Adaptado de (<https://blog.hslu.ch/majorobm/files/2020/04/Untitled-design-4.png>)

Como parte da procura pelo aumento da eficiência energética, a domótica representa um ramo tecnológico com o potencial de aperfeiçoar os resultados possíveis de alcançar com nZEB.

Sendo muito mais que uma tendência ou uma moda, indo além de simples aplicações que apesar da sua utilidade, muitas vezes apenas passam tangentes às possibilidades atuais. Especialmente num mundo onde a tecnologia é intimamente ligada com o nosso meio de vida, não é nada mais que um desperdício de oportunidades o facto de não encararmos as nossas construções como parte dessa tecnologia.

Houve uma altura em que computadores eram do tamanho de pequenas casas e pouco podiam fazer pelo nosso dia a dia. No entanto a tecnologia evoluiu e com ela, hoje em dia a maior parte da civilização tem acesso a um computador, até mesmo possuindo um no seu bolso. Esta grande evolução permitiu que até o meio como nos locomovemos beneficiasse das suas capacidades. O automóvel passou assim a ser inseparável desta tecnologia, aumentando o conforto e a segurança dos veículos, mas também aumentando significativamente a eficiência energética de veículos propulsionados a energias fósseis e agora uma nova geração de veículos totalmente dependente desta tecnologia, os veículos elétricos. Então porque não encaramos da mesma forma os nossos edifícios sustentados por energias não renováveis?

A arquitetura é um ramo ainda pouco associado com a tecnologia de domótica. Mas com a implementação da arquitetura nZEB, existe um potencial oculto a espera de ser explorado. A domótica poderá potencialmente aumentar a eficiência energética de um nZEB e até mesmo controlando de forma autónoma sistemas de arquitetura bioclimática, efetivamente enaltecendo

a relação existente entre uma arquitetura bioclimática e nZEB. Isto permitirá trazer todo um leque de possíveis benéficos para a arquitetura de um nZEB, permitindo um controlo dedicado, capaz de analisar variações nas condições ambientais e tomando decisões sem a necessidade de interferência do utilizador. No entanto, para isso é necessário entender a domótica, entender o que significa para a arquitetura, os benefícios que podem ser obtidos e também como funciona, de forma a projetar de acordo com as necessidades desta tecnologia.

### 2.3.1. O que é domótica?

Podendo também ser denominado de edifício inteligente, define-se através da integração de mecanismos automáticos em um determinado espaço. Domótica deriva de “domus” ou casa em conjunto com robótica. Casualmente a domótica surge como forma de lidar com necessidades energéticas, crescendo para muito mais que isso apenas. Sendo também encarada como uma forma de lidar com questões de segurança e conforto habitacional. Recentemente a domótica evoluiu de forma a poder integrar ainda mais dispositivos de uma habitação, sendo que atualmente, virtualmente todos os dispositivos elétricos podem ser ligados a este sistema, não só os ligando e desligando, mas fazendo muito mais que isto (Ricquebourg, et al., 2006).

Com o avanço tecnológico, a domótica permite monitorizar o ambiente interno e externo e as atividades executadas enquanto o edifício esta a ser utilizado. O resultado principal da domótica e o seu avanço tecnológico significa por isso a capacidade de independentemente gerenciar a habitação através de uma quantificação e otimização do ambiente, definindo parâmetros consoante o sistema ache necessário ou conforme o utilizador ache apropriado. O coração da domótica passa por garantir que diferentes dispositivos estão emparelhados entre si, significando isto que podem comunicar e transmitir informações uteis para a tomada de decisões, podendo até interagir com a internet garantindo que o utilizador possa ter acesso a toda a informação e decisão tomada, mesmo quando não presente (Ricquebourg, et al., 2006).

Com este avanço tecnológico o “edifício inteligente”, está agora capacitado não só para simplificar a vida dos utilizadores, mas para garantir conforto e segurança e sobretudo garantir o aumento da eficiência energética. Sendo através do aumento da eficiência energética onde podemos encontrar um valor acrescido na tecnologia que entra de acordo com as necessidades de uma arquitetura nZEB.

Com a aplicação da tecnologia é possível garantir o mesmo ou melhor conforto e segurança, no entanto, a possibilidade de controlar parâmetros de gastos energéticos que não são facilmente reconhecidos pelo ser humano é onde a domótica entra no parâmetro mundial de conservação

energética. Neste sentido a domótica está de acordo com o que se pretende de nZEB, garantir a eficiência energética, mas nunca sacrificando o conforto do utilizador. A domótica nos permite criar um futuro melhor com um ganho acrescido no aumento da eficiência energética e estando de acordo com a direção em que os nossos edifícios caminham num futuro próximo. Sendo nZEB uma realidade próxima, a domótica permitirá melhorar nZEB ou até no caso do parque europeu edificado, em que edifícios se encontram em decadência, permitirá pelo menos uma aproximação de nZEB no caso dos que não estarão sujeitos a grandes intervenções.

### 2.3.2. Domótica e conservação energética

Para que se possa dar o devido valor a uma catalogação de domótica relevante para um futuro nZEB, é necessário perceber até que ponto podem chegar os benefícios desta simbiose tecnológica e percebendo como se encaixa numa narrativa nZEB. Podendo criar arquitetura que protege o nosso futuro, não só através de meios mecânicos, mas que amplifica as suas próprias vantagens com os recursos que atualmente dispomos no ramo da tecnologia. Ou como disse a KNX Association (Konnex [KNX], um protocolo informático de domótica), “a criatividade do designer é agora convocada, assim aproximando o objetivo de uma criação expressiva e emocionante de arquitetura que é tanto ecológica como rentável. Uma coisa é clara - nós temos o controlo das alterações climáticas!” (KNX Association, n.d.)

Apenas existem alguns casos de estudo dos quais se podem retirar informações sobre os benefícios de domótica, sendo que ainda não é de uso generalizado. Os resultados variam no que respeita a conservação energética alcançada explica Rozite (2018) no seu relatório sobre Eficiência Inteligente (Intelligent Efficiency). Vida Rozite, consultora de Connected Devices Alliance (CDA), uma aliança de 350 instituições governamentais e industriais unidas para desenvolver a eficácia energética através de dispositivos ligados em rede, esclarece ainda que isto acontece devido a diferentes fatores. Estes fatores relacionados não só com os dispositivos aplicados ao sistema de domótica, mas também devido a como o utilizador interage com os sistemas que podem variar no seu nível de independência do utilizador. Sobre esta situação, acrescenta ainda Van Dam (2013), conforme analisado pela autora, que alguns estudos realizados chegam a apresentar uma falta de persistência por parte do utilizador, o que indica a necessidade, por parte de alguns sistemas, de interação e de um papel ativo por parte do utilizador. Algo que não acontece com sistemas capazes de tomar decisões autonomamente.

Rozite (2018) facilita ainda uma listagem de fatores dos quais dependem os ganhos energéticos, estes fatores vão limitar ou expandir os benefícios abrangidos:

- Dispositivos de domótica – a sua eficiência energética de forma individual
- Sistemas de domótica – a influência dos sistemas sobre outros dispositivos, fazendo-os trabalhar de forma mais ou menos eficiente
- Nível de automatismo e premissas do sistema – se eficiência energética esta na base da criação do sistema ou se apenas é uma opção na qual o utilizador precisa exercer um papel ativo
- Padrão de comportamento do utilizador – quão envolvido é o utilizador em supervisionar a informação apresentada pelo sistema e se toma medidas para melhorar as preferências do sistema baseado na informação que obtém

Com base no seu estudo, Rozite indica que a utilização de dispositivo singular inteligente pode representar um ganho energético significativo, no entanto um sistema de gestão mais complexo poderá multiplicar isso. Acrescenta ainda que apesar de diversos aplicativos ou sistemas terem o mesmo objetivo, por exemplo no caso de termostatos inteligentes e zoneamento inteligente (ambos afetam a temperatura e ventilação), quando combinados com sistemas mais complexos o seu impacto pode ser significativamente maior do que poderiam apresentar de forma individual. Segundo o estudo realizado pela autora, diferentes elementos trabalhando de forma independente, representam ganhos significativos, mas como um conjunto o seu potencial é multiplicado, coordenando-se entre si para obter os melhores resultados. Podemos observar isso pela tabela apresentada a baixo, realizada pela autora (Fig. 26).

<b>Tecnologia</b>	<b>Benefício</b>	<b>Faixa de energia economizada</b>
<b>Termostato inteligente</b>	O aquecimento e o arrefecimento podem ser ligados e desligados remotamente e a temperatura ajustada para cima e para baixo	5-10% Aquecimento 8-16% Arrefecimento 2-16% Eletricidade 5-22% Combustível fóssil
<b>Zoneamento inteligente</b>	Permite que salas ou zonas individuais sejam aquecidas ou arrefecidas a uma temperatura específica, em uma hora específica do dia	10% Aquecimento ou arrefecimento
<b>Controlo inteligente de janelas</b>	Controla a quantidade de luz deixada passar e pode bloquear o calor ou o frio	11-20% Aquecimento ou arrefecimento
<b>Iluminação baseada na ocupação</b>	Os sensores monitoram a ocupação da sala e ligam a luz quando necessário e desligam quando os quartos estiverem vazios	30-41% Eletricidade utilizada
<b>Iluminação inteligente</b>	Iluminação que pode ser controlada remotamente, automatizada, reage à ocupação	1-10% Eletricidade utilizada

<b>Tomada elétrica inteligentes</b>	Transforme um produto não conectado em um produto conectado, permitindo que os clientes recebam algumas das funcionalidades oferecidas por dispositivos inteligentes com dispositivos tradicionais existentes, a um custo muito menor	1-4.6% Eletricidade utilizada
<b>Sistema de monitorização energética</b>	Fornecer informações aos consumidores de energia sobre como eles usam energia em casa e/ou solicitam a modificação do consumo.	4-7% Eletricidade utilizada
<b>Portal de energia</b>	Um tipo de sistema de monitorização de energia doméstica que está vinculado a uma plataforma baseada na Web que fornece informações sobre o uso de energia e sugestões sobre como melhorar a eficiência.	5.7% - 7.4% Eletricidade 5.7% - 13% Combustível fóssil
<b>Sistema de monitorização energética (display) com precificação dinâmica</b>	Fornecer informações aos consumidores de energia sobre como eles usam energia em casa e/ou solicitam que modifiquem o consumo conectado a um programa de resposta à demanda que incentive a reduzir o uso de energia através das tarifas de eletricidade.	8-22% Eletricidade 8-22% Combustível fóssil
<b>Sistema de gestão energética</b>	Oferece ao utilizador a capacidade de controlar processos que consomem energia em casa, remotamente por meio de um smartphone ou serviço da Web ou com base em um conjunto de regras, que podem ser agendadas ou otimizadas com base no comportamento do utilizador.	7.8% Energia geral utilizada 20% Energia geral utilizada
<b>Casa inteligente</b>	Combinação de tecnologias domésticas inteligentes que fornecem medição, monitorização, exibição de informações, gestão, controle, automação, zoneamento, sistemas de ocupação, etc.	27% Energia geral utilizada

**Fig. 26 - Benefícios energéticos da tecnologia de domótica (Rozite, 2018)**

Isto indica uma poupança significativa de energia que poderia rondar entre os 20 a 30%. A autora fornece ainda 3 exemplos de países ligados à Connected Devices Alliance (CDA) para demonstrar o potencial que pode ser alcançado. No Reino Unido, onde os ganhos poderiam chegar até 3 megatoneladas equivalentes de petróleo (Mtep), o exemplo do Japão em que poderia alcançar até 3.9 Mtep e ainda dos EUA onde os ganhos poderiam chegar até 23.5 Mtep e com potencial para crescer até 30 Mtep.

Mais informação pode ser obtida através do artigo Energy Efficiency with KNX fornecido pela KNX Association (n.d.). É importante a relevância desta Associação já que se trata de uma entidade sem fins lucrativos sediada na Bélgica, da qual fazem parte diversos fabricantes de dispositivos de domótica baseados em KNX, proporcionando-nos uma visão mais clara sobre os seus resultados. Apesar de uma aplicação num edifício comercial, um dos casos apresentados no seu artigo trata-se de um edifício de Madrid, Espanha, pertencente a Canon España S.A. (Fig. 27), onde foram aplicados 664 elementos KNX, desde sensores, atenuadores, gateways, etc.



**Fig. 27 – Edifício sede da Canon España S.A. (KNX Association, n.d.)**

Neste edifício, a fachada envidraçada, representa desafios em termos de iluminação e climatização especialmente durante o verão, onde a luz pode ser mais intensa e também a radiação solar, afetando a climatização. No entanto, estes 664 elementos de diferentes fabricantes, trabalhando em conjunto e tomando decisões em conjunto, permitem ganhos energéticos excecionais, alcançando um ganho de até 60% em energia desperdiçada em iluminação e 40% na redução de energia gasta em climatização.

Evidentemente, este último caso representa um investimento significativo em tecnologia e componentes, para não falar em horas de trabalho no que respeita a montagem e instalação do sistema, tendo somado um investimento na ordem dos 400 000€. No entanto, outras instalações mais simples ou de menor volume, não necessariamente se tornam inválidas. Podemos ver isso no exemplo também apresentado por KNX Association (n.d.), na instalação realizada no Instituto Politécnico da Guarda em Portugal.

Este edifício apesar de representar uma construção significativamente mais antiga que o anterior exemplo, datando de 1980, sofreu ganhos energéticos significativos. Com a aplicação de sensores e outros elementos, capazes de regular a iluminação necessária e um sistema inteligente de controlo de projeção solar, capaz de medir radiação solar e apenas alguns mais elementos,

relata-se uma poupança energética que pode variar entre 10 a 30%. Apesar de os ganhos apresentados serem consideravelmente inferiores ao exemplo anterior, é de notar que apenas envolve 15 componentes e uma instalação de 80 horas de trabalho.

Jennifer King autora do relatório Energy Impacts of Smart Home Technologies para a American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) trata-se de uma analista sénior que se foca em eficiência energética e edifícios de alta performance. Este relatório em particular foca-se no estudo de habitações unifamiliares, examinando a funcionalidade e potencial da tecnologia, no qual ela refere que a maior parte da informação que podemos obter sobre a eficácia da domótica, apenas a podemos obter através de informação e estudos disponibilizados pelos fabricantes/representantes da domótica e alguns estudos independentes realizados (King, 2018). A maior parte destes estudos realizados tem como base a análise de termostatos inteligentes e é de notar que cada vez mais tem havido desenvolvimentos neste campo, tornando-se os dispositivos de melhor qualidade e sobretudo eficiência. Refere ainda que apesar disto tudo as análises mais conservadoras estimam ganhos entre 6 a 10% em climatização e estudos mais recentes relatam ganhos de 15% em aquecimento de água.

Continua ainda King (2018) explicando que apesar de alguns estudos oferecerem expectativas baixas, estes devem ser considerados como estudos conservadores. Cita o exemplo de um estudo realizado pelo Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energia Solar relatando ganhos de apenas até 5% em 2015. Para se entender o que refere como conservadores, a autora disponibiliza outro exemplo que permite obter uma visão mais realista e que ela considera mais apropriada. Comparando-o com o estudo realizado pela Autoridade de Pesquisa e Desenvolvimento do Estado de Nova York. Este realizado em 2017, conforme apresenta a autora, executado em 50 habitações norte americanas, reflete ganhos significativos de até 22% para climatização e de até 13% na redução de consumo elétrico da habitação. Ponto este que está também de acordo com o já referido por Rozite (2018), podendo indicar uma variação nos ganhos devido aos fatores anteriormente referidos, como por exemplo os dispositivos aplicados ou comportamento do utilizador.

A autora fornece-nos ainda resultados obtidos através de um questionário realizado pela ACEEE a entidades empresariais ligadas á tecnologia de domótica. Estes sendo questionados sobre a eficácia dos sistemas que representam. Pedindo que atribuíssem um valor de alto, medio ou baixo ao desempenho dos dispositivos tendo em conta a sua eficácia energética (Fig. 28, Fig. 29 e Fig.30). Questionados sobre a eficiência de sistemas de diversos campos da domótica, especificamente aqueles ligados com a climatização da habitação, a sua iluminação e sobre eletrodomésticos e dispositivos utilizados habitualmente na habitação. E obteve os seguintes resultados (King, 2018):

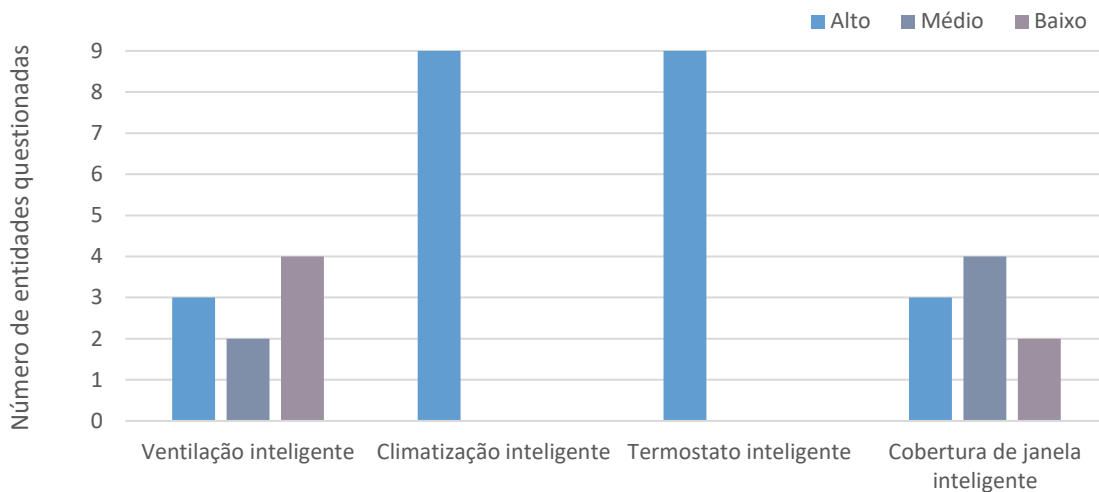


Fig. 28 – Ganhos energéticos em climatização e arrefecimento inteligente – Adaptado de (King, 2018)

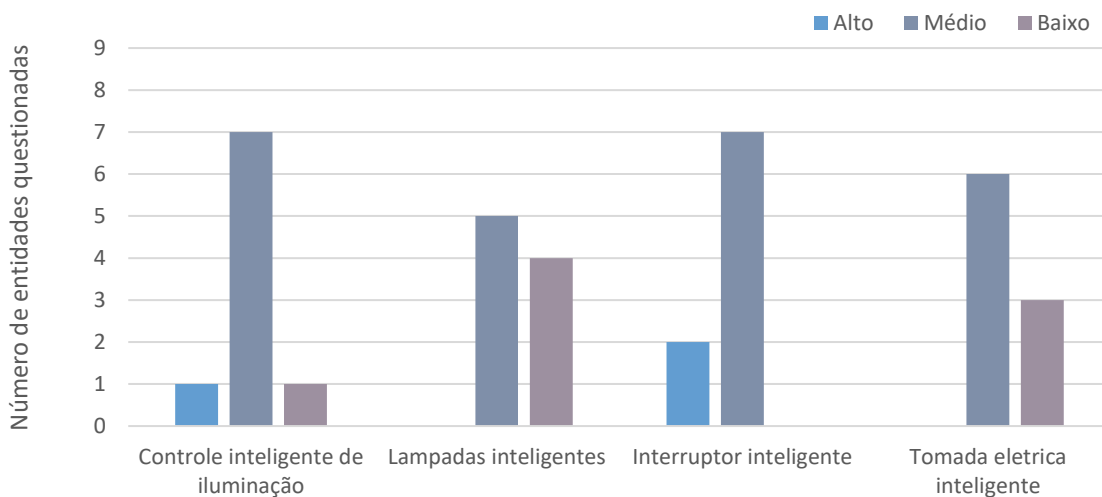


Fig. 29 – Ganhos energéticos em iluminação inteligente – Adaptado de (King, 2018)

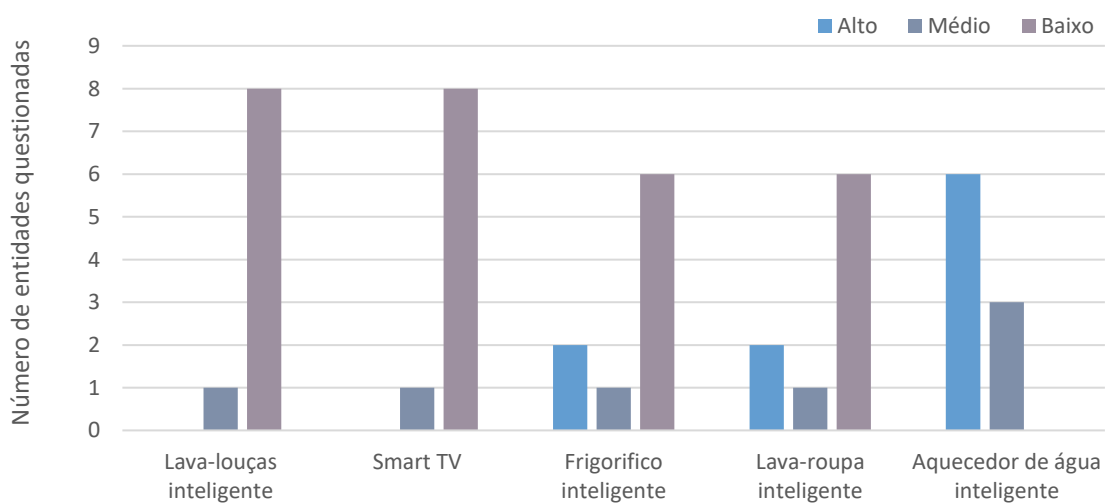


Fig.30 – Ganhos energéticos em eletrodomésticos inteligentes – Adaptado de (King, 2018)

Estes dados obtidos pela ACEEE, permitem verificar que como demonstrado por outros estudos já mencionados, inclusive as empresas que disponibilizam o serviço de domótica no mercado, ou pelo menos os seus representantes, concordam com a eficácia da domótica. Mostrando também eles que existe um grande potencial em gestão energética na climatização da habitação e na sua iluminação.

Podemos ainda considerar o apresentado por Monteiro (2017) na sua dissertação de mestrado em engenharia eletrotécnica “Sistemas Inteligentes para melhoria da eficiência energética em edifícios”, analisando o impacto da domótica numa habitação sem medidas de otimização energética. No seu estudo, após a análise da habitação, passa a propor e desenvolver medidas e soluções de domótica, observando o seu impacto na eficiência energética da habitação. Conclui assim que a instalação de um sistema de domótica, o qual é proposto e desenvolvido por si, poderia representar ganhos consideráveis num período de 6 meses de inverno conforme o que analisou. Conclui o autor que com a aplicação de LED é capaz de reduzir custos em 84%, complementando isso com uma redução de 71% com um sistema de controlo de iluminação. O controlo do sistema de AVAC representa um ganho energético de até 35% e a utilização de energias renováveis acopladas com um sistema de armazenamento proporcionam ainda ganhos de 72%. Tudo isto conclui, representa uma redução da potência contratada de 10,35 kVA para 6,9 kVA. Como conclusão do seu estudo, refere que se torna evidente que existe um problema com a energia consumida nas habitações. Passando pelo desperdício de iluminação natural, como pela negligência dos habitantes deixando equipamentos conectados á rede elétrica mesmo apos a sua utilização.

E aqui é onde se torna importante a simbiose da domótica com a habitação, permitindo controlar pequenos fatores que de outra forma passariam despercebidos, quer pela falta de consciência humana como até mesmo pela sua ausência ou dificuldade em controlar todos os pequenos detalhes capazes de ser geridos de forma consideravelmente mais eficiente por um sistema autónomo. Aumentando não só o conforto e segurança, mas também reduzindo o consumo energético da habitação nZEB, permitindo ao utilizador disfrutar de outra forma da sua habitação e ainda potencializando a habitação. Cada vez mais se torna relevante o tema da domótica ou casa inteligente, trazendo a habitação “tradicional” para o “futuro”, ou neste caso o presente, sendo que cada vez mais a sociedade se rege pela tecnologia. Sendo por isso imperativo que o arquiteto tome um papel ativo em todos os aspetos do desenvolvimento do projeto, sendo também a domótica um ramo significativo do qual deveria tomar partido, não só entendendo o processo do seu desenvolvimento, mas tomando um papel ativo no seu design. Podendo assim alcançar um conforto ambiental magnificante a um menor custo económico.

### 2.3.3. Síntese

Definindo-se por ser uma integração de mecanismos automáticos num edifício, sendo muitas vezes denominado de edifício inteligente, a domótica surge com o objetivo de lidar com as necessidades energéticas. Alcançando ainda soluções de melhoria da segurança e conforto e tendo tornando-se estas o lado mais comercial da domótica, pelo qual é mais conhecida a tecnologia. Com a evolução desta é agora virtualmente possível conectar todos os dispositivos debaixo de uma rede de domótica e assumindo o total controlo destes.

Esta tecnologia permite a monitorização do ambiente externo e interno, avaliando mudanças e atividades no edifício, capacitando-o de dados quantitativos que lhe permitirão gerenciar eficazmente as condições e otimizando o ambiente a um gasto energético reduzido. As aplicações destas medidas poderão ainda ser decididas automaticamente ou tomadas pelo utilizador, podendo ainda ter uma serie de dispositivos emparelhados e partilhando a informação pela internet, permitindo o controlo do edifício á distancia pelo usuário.

O avanço significativo ocorrido nesta tecnologia permite que agora se torne relevante quando falamos de conservação energética ou de um edifício nZEB. Sendo capaz de não só melhorar o conforto do utilizador, mas representando um potencial aumento significativo na conservação energética. Encontrando-se por isso no caminho de nZEB que também tem o objetivo de uma melhoria energética sem sacrificar o conforto a que estamos habituados, permitindo uma melhoria da eficácia de nZEB e inclusive um apoio para uma aproximação de nZEB em edifícios não sujeitos as exigências da legislação.

No que respeita a domótica, a sua eficácia é determinada por diversos fatores, variando conforme os dispositivos aplicados e até o protocolo escolhido exercendo diferentes níveis de influência sobre os dispositivos ligados a rede. Também é importante que se defina o objetivo da domótica aplicada, isto é, se é aplicada com o objetivo de melhoria do conforto, segurança ou eficiência energética, podendo exercer os três benefícios, mas as premissas escolhidas determinarão o potencial da efetividade do sistema. Importante ainda referir a relação existente com o utilizador, podendo este estar mais ou menos envolvido com a informação apresentada e a tomada de decisões.

Estudos existentes relatam o potencial existente nesta tecnologia, sendo referido que existe potencial na aplicação de dispositivos individuais, mas que este potencial poderá ser mais bem explorado quando a aplicação em rede, trabalhando assim em conjunto na procura de um mesmo objetivo, sendo assim viável uma poupança energética que poderá chegar até 30%. Exemplos apresentados relatam casos individuais de grandes aplicações de domótica que chegam a baixar consumos numa média de 50% (Canon España S.A.), no entanto arrastando consigo um custo

acrescido na aplicação. Mas ainda outras aplicações de significativamente menor valor continuam a apresentar ganhos de até 30% num edifício de construção mais antiga (Instituto Politécnico da Guarda).

Os estudos possíveis de analisar detalhadamente, normalmente são fornecidos por empresas associadas á domótica, no entanto é possível esperar até 10 a 22% de conservação em climatização, até 15% em preparação de AQS e até 13% em consumo elétrico na habitação. No entanto estes ganhos poderão variar significativamente consoante a abordagem escolhida para a instalação, dispositivos ou até o comportamento do utilizador. Podendo ainda contrastar com as conclusões chegadas por Monteiro (2017), em que foi capaz de desenvolver a aplicação de um sistema que representou um ganho de 71% em iluminação, 35% em climatização e ganhos de energias renováveis que rondariam os 72%.

Estudos como estes demonstram o potencial de uma tecnologia que não é normalmente encarada como parte do projeto arquitetónico. Mas com a entrada em vigor da nova legislação e a procura por nZEB, a domótica deverá ser vista como parte do processo para alcançar nZEB, permitindo tornar um edifício já eficiente em algo que muitas vezes é visto como uma utopia e assim enaltecendo o estatuto de nZEB. nZEB refere-se a um edifício de consumo energético quase nulo, no entanto deveríamos ponderar como podemos chamar a um edifício de nZEB se na realidade não utilizarmos todas as ferramentas ao nosso dispor para alcançar um consumo energético quase nulo.

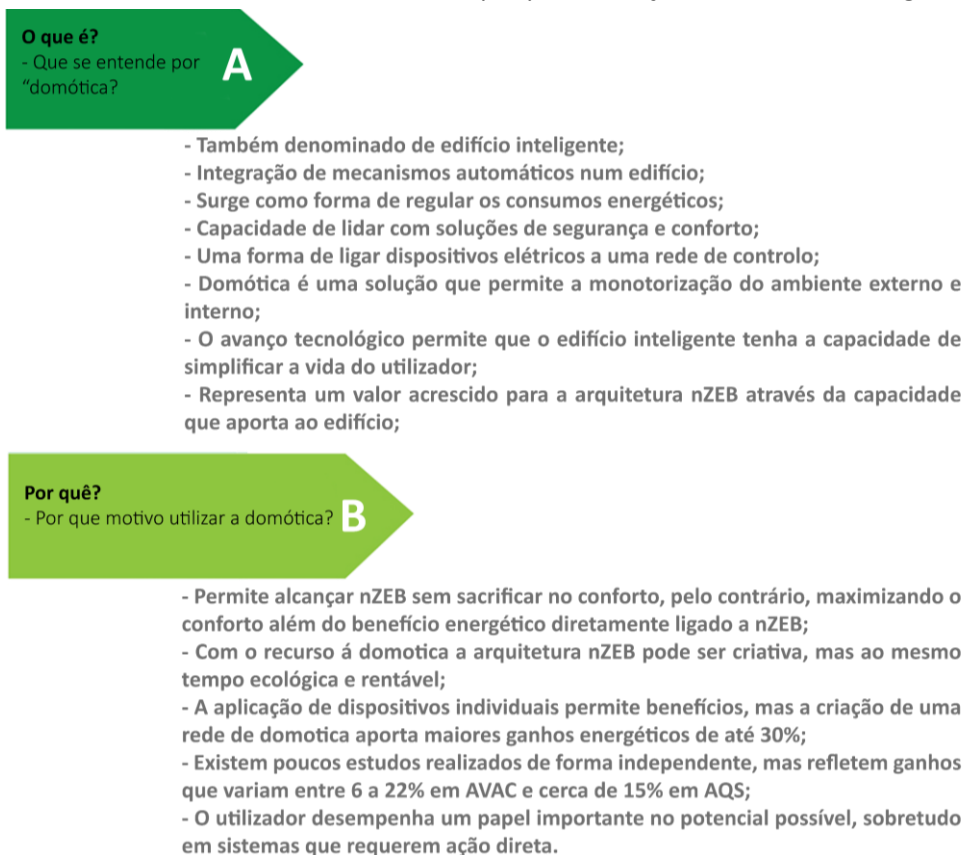


Fig. 31 – Síntese da definição de domótica e possíveis benefícios energéticos (Autoria própria)

## 2.4. Protocolos de domótica

---

Com a capacidade de poder tomar decisões baseadas em parâmetros pré-definidos ou de facilitar informação relevante para que o utilizador tome a decisão, será capaz de retirar dados quantitativos que lhe permitirão analisar e tomar uma decisão sempre acertada em relação ao gasto energético. Trabalhando em conjunto com sistemas passivos da arquitetura bioclimática e com sistemas de energia renovável, trará a vantagem de entender ao segundo o que fazer para manter o consumo energético o mais baixo possível ao mesmo tempo que assegurando o conforto ambiental. Estas capacidades indo de acordo com a mentalidade nZEB e assegurando que todos os elementos da arquitetura, desde sistemas bioclimáticos até de energias renováveis, trabalhem em conjunto, assegurando a eficiência de nZEB.

De novo utilizando a analogia dos automóveis, estes por mais económicos, eficientes e seguros que pudessem ser, foram levados a outro nível energético graças à utilização de protocolos dedicados. Algo que permitiu maior conforto e segurança além da vantagem energética. A arquitetura de igual forma está agora a passar uma fase de transição para nZEB nesta procura pela eficiência energética, algo que pode ser ainda mais explorado, permitindo a entrada de outros campos de inovação na arquitetura e trabalhando com eles.

A domótica representa este campo de inovação, permitindo um aumento da eficiência energética, arrastando consigo os benefícios de um possível maior conforto e segurança. Ainda mais, nZEB será estendido a edifícios novos e grandes intervenções, o que representa uma grande percentagem do parque edificado que não será alcançado, sendo assim a domótica algo a ponderar em pequenas intervenções, talvez por vezes não permitindo alcançar nZEB, mas permitindo uma aproximação.

Atualmente, existem vários sistemas de domótica no mercado capazes de ser aplicados na habitação de variadas formas e com diferentes características. Sistemas estes ligados a uma rede de internet e que conforme descreve a associação norte americana de tecnologia para o consumidor, está a mudar a forma como consumimos e poupamos energia. Referindo ainda um estudo realizado pela associação nos Estados Unidos da América, demonstrando uma diminuição média de 10% no consumo energético anual de uma habitação (Consumer Technology Association, 2017).

Estes sistemas baseiam-se em protocolos que conforme explica o dicionário da Porto Editora, um protocolo de comunicação refere-se a especificações objetivas entendidas por um computador. Tratando-se assim de regras que respeitam um formato e sequencia quando transmitem informação entre computadores. Sendo por isso necessário que dois ou mais computadores, para que comuniquem entre si, respeitem a utilização do mesmo protocolo (Porto Editora, s.d.).

Podemos assim chamar a um protocolo uma linguagem estabelecida entre dois dispositivos de forma a se comunicarem e partilharem informação. Por norma, propositadamente criados e desenvolvidos para a automação dos edifícios, existe uma ampla variedade de protocolos disponíveis no mercado todos eles com características semelhantes e outras diferentes, alguns capazes de comunicar com outros de uma linguagem distinta e outros que apenas interagem com dispositivos que falam a mesma linguagem ou protocolo.

Diferentes protocolos permitem diferentes instalações, apresentando diferentes características e vantagens sobre outros. Tratando-se também de um setor em movimento, visto surgirem novos protocolos e se tornarem outros obsoletos, dos diferentes protocolos catalogados escolheram-se alguns que tem vindo a demonstrar maior presença no mercado para analisar com algum detalhe. A análise destes protocolos não pretende um esclarecimento aprofundado de informática ou do seu funcionamento, mas sim entender as características que cada linguagem ou protocolo trás para a instalação, requerendo diferentes cuidados na hora de projetar e permitindo diferentes benefícios.

	<b>Como é o conceito geral de um protocolo de rede?</b>	<b>Qual é a estrutura do conceito de protocolos quando integrado?</b>
1	Um protocolo é uma forma de comunicação entre dois dispositivos	Um ou mais computadores
2	Um protocolo é uma forma de comunicação na internet	A internet
3	Um protocolo representa as regras utilizadas na internet	A internet
4	Um protocolo é um padrão/standard	Algo que vai além das redes de computadores

**Fig. 32 - Formas de experienciar o conceito geral de um protocolo (Berglund, 2002)**

Como forma de análise dos mesmos, tem-se em conta as vantagens demonstradas pelos mesmos, o método de configuração de forma simplificada e diferentes aplicações em que se demonstram as suas utilidades. Logo, o estudo dos diferentes protocolos será desenvolvido da seguinte maneira:

O protocolo – Uma visão geral sobre o protocolo expondo ainda algumas das funcionalidades e particularidades que se pode esperar;

Vantagens – Quais as vantagens que determinado protocolo tem em termos de instalação e dispositivos associados;

Configuração de rede – Tipos de instalação suportadas e explicação básica do que compreende essa instalação. Alguns protocolos devido a sua forma de funcionamento específica, poderão exigir uma análise mais aprofundada da configuração devido a sua forma particular de funcionamento;

Ferramentas – Ferramentas disponibilizadas (software), sempre e quando este ponto se aplicar, já que nem todos os protocolos possuem uma ferramenta dedicada para a sua instalação;

Parâmetros de instalação – A análise deste ponto não será desenvolvida em todos os protocolos, sendo analisada naqueles que se comunicam de apenas uma forma específica e que por isso necessitam que a sua aplicação leve em conta alguns detalhes particulares;

Aplicações – Que tipo de aplicações ou funcionalidades são suportadas pelo protocolo, sendo alguns apenas desenvolvidos para uma funcionalidade específica.

### 2.4.1. KNX

Como forma de transferir informação dos pontos de controlo para todos os sistemas do edifício, requer-se uma forma, protocolo, que todos os diferentes componentes comuniquem entre si, uma língua em comum. KNX tem sido o *standard* na Europa por mais de 25 anos de experiência no mercado esclarece a associação do protocolo (KNX Association, 2014). Continuando, a empresa australiana My Smart CTI explica que KNX trata-se de uma associação sediada em Bruxelas e suportada pelos líderes em fabricação de componentes elétricos (My Smart CTI, 2013).

Através de KNX todos os dispositivos estão conectados e têm a capacidade de comunicar entre si. Estes dispositivos podem variar desde sensores ou atuadores necessários para a gestão de um edifício como: iluminação, persianas/estores, sistemas de segurança, controlo energético, aquecimento, ventilação, ar-condicionado, sistemas de monitorização, interfaces de controlo, vídeo, áudio, etc. Todas as funcionalidades podem assim ser controladas e sinalizadas através de um sistema uniforme.



Fig. 33 - Algumas aplicações de KNX (KNX Association, n.d)

KNX considera-se de *standard*, tendo mais de 8000 produtos certificados, disponibilizados por pelo menos 495 empresas que fabricam produtos baseados neste protocolo (KNX Association, n.d). Aparte disso KNX é aprovado como *standard* internacional (ISO/IEC 14543-3), bem como *standard* europeu (CENELEC EN 50090 e CEN EN 13321-1). Isto significa que produtos KNX de diferentes fabricantes podem ser combinados e funcionar corretamente (KNX Association, 2014).

Este tipo de instalação baseada em KNX, permite soluções que seriam apenas disponíveis com meios tradicionais através de instalações custosas. Com recurso a um elemento tátil é possível assim controlar todas as funcionalidades do edifício, providenciando melhor conforto, segurança e controlo energético. Todos os produtos certificados pela associação devem conter o logo KNX garantindo o bom funcionamento (My Smart CTI, 2013).

#### i) Vantagens

A associação KNX continua explicando algumas das vantagens (KNX Association, 2014), tais como:

1 – *Standard* Internacional – por ser um *standard* internacional, será teoricamente, sempre possível de encontrar dispositivos no mercado ao longo do tempo

2 – Através de uma certificação dos produtos, KNX permite a interoperabilidade dos produtos – A certificação dos diferentes produtos de diferentes fabricantes permite que os produtos operem e comuniquem entre si, garantindo flexibilidade na extensão e modificação da instalação do edifício. Acrescentando-se que desta forma nunca se estará cingido por apenas um fornecedor de produtos ou fabricante (My Smart CTI, 2013).

3 – Produtos KNX garantem alta qualidade – A Associação KNX exige um alto nível na produção e controlo de qualidade dos produtos certificados, sendo todos os produtos classificados com qualidade ISO 9001.

4 – *Software* independente ETS (*Engineering Tool Software*) – *Software* que permite o desenvolvimento e configuração de instalações KNX

5 – KNX pode ser utilizado em todas as áreas de aplicação de controlo de edifício – KNX pode ser aplicado em todas as funções possíveis de controlar, desde iluminação, controlo de fachada, segurança, controlo de temperatura, ventilação, regulação de água e energia e muitos outros aplicativos.

6 – KNX é compatível com diferentes tipos de edifícios – em pouco tempo e com relativamente pouco investimento, pode ser estendido e adaptando para responder a novas necessidades em edifícios existentes ou novos.

7 – KNX suporta diferentes tipos de configuração – Instalação simples (E-mode) é feita sem a necessidade de programação, utilizando um controlo central ou pressionando botões nos aplicativos. Uma instalação de sistema (S-mode) requer um planeamento da instalação e configuração da mesma com recurso ao *software* ETS.

8 – KNX suporta diferentes meios de comunicação – A comunicação entre dispositivos pode ser realizada de diferentes modos de acordo com as características dos produtos, podendo ser realizada por cabo independente (KNX TP), redes elétricas (KNX PL), sinais de radio frequência (KNX RF) e ligações de *ethernet* ou WiFi (KNX IP)

## ii) Configuração de rede

Também para diferentes casos (KNX Association, 2014), é possível efetuar diferentes instalações respondendo a diferentes necessidades.

### Instalação simples (E-mode)

Esta configuração destina-se a instaladores com conhecimentos básicos de KNX. Produtos compatíveis com E-mode oferecem funcionalidades limitadas, sendo que já esta pré-programados

e com parâmetros pré-definidos, podendo apenas ser ajustados dentro dos parâmetros estabelecidos.

### Instalação de sistema (S-mode)

A instalação S-mode é intencionada para instaladores qualificados, possibilitando configurações avançadas de controlo do edifício. As instalações são planeadas no *software* ETS e configurados os componentes através da mesma. Deste modo, S-mode fornece a maior flexibilidade na configuração do controlo do edifício.

Assim como diferentes instalações, também diferentes modos de comunicação se aplicam a diferentes casos. Entre eles, os compatíveis com KNX, segundo a associação (KNX Association, 2014), são:

#### Cabo independente (TP)

Utilizando o cabo com certificação KNX permitindo a comunicação entre dispositivos na mesma rede.

#### Rede elétrica (PL)

Produtos KNX funcionam e comunicam através da rede elétrica da edificação.

#### Radiofrequência (RF)

Dispositivos que suportam radiofrequência para comunicar entre si, transmitindo mensagens numa frequência de 868 MHz. Os elementos KNX RF estão preparados para ser usados diretamente e com um baixo consumo de energia, requerendo apenas repetidores de sinal em casos pontuais.

#### Ethernet/WiFi (IP)

Comunicação entre produtos pode ainda ser realizada através de cabos ethernet ou WiFi, podendo também comunicar entre pela internet.

### iii) Ferramentas

O software ETS (Engineering Tool Software) é independente de qualquer produto ou fabricante, funcionando para planear e configurar sistemas inteligentes de controlo do edifício. A associação KNX é a provedora do programa ETS, sendo este tido como parte do sistema KNX.

Ainda uma aplicação que serve de apoio ao programa ETS, podendo ser atualizada e utilizada diretamente, funcionando de forma semelhante a uma aplicação de telemóvel.

Estas ferramentas são fornecidas pela associação do protocolo, de forma independente e garantindo a sua interoperabilidade entre produtos (KNX Association, 2014).

#### iv) Aplicações

KNX pode ser utilizado para controlar qualquer equipamento e executar qualquer função possível dentro da habitação e controlo de edifícios. KNX pode ser utilizado como um protocolo capaz de controlar iluminação, fachadas automáticas, sistemas de manutenção térmica, gestão energética, segurança ou ainda aplicações de conforto e comodismo como efeitos audiovisuais e acesso remoto (My Smart CTI, 2013).

Tecnicamente KNX pode estender-se e tornar-se ilimitada a sua utilização, podendo albergar 64 dispositivos por linha, no entanto estas linhas podem ser colocadas em paralelo não existindo um limite de número de linhas (My Smart CTI, 2013).



Fig.34 - Áreas de aplicação do KNX (KNX Association, n.d)

## 2.4.2. BACnet

BACnet, diminutivo de *Building Automation and Control Networks*, é um protocolo focado no controlo do edifício criado em 1987 na Universidade de Cornell, tendo mais de 800 distribuidores com centenas de produtos capazes de comunicar entre si através de uma rede conforme explica a empresa Schneider Electric (Schneider Electric, 2015). Os produtos compatíveis com este protocolo são construídos através de um standard estabelecido para que haja interoperabilidade entre diferentes produtos (Bacnet International, 2014).

### i) Vantagens

BACnet pode ser programado para que, de forma unilateral ou bilateral, informações e dados recolhidos pelos produtos sejam partilhados na rede. Isto possibilita o armazenamento de dados, construção de gráficos e relatórios com informação relevante a respeito do edifício (Bacnet International, 2014).

Esta partilha de dados resulta em aspetos principais onde o protocolo BACnet se evidencia, sendo capaz de programar eventos e alarmes, organizar tarefas e gerir dispositivos (Schneider Electric, 2015).

### ii) Configuração de rede

O funcionamento da rede em que comunica BACnet pode ser composta de diferentes meios de transporte de informação. Schneider Electric explica ainda que esta rede pode ser de cabo de par traçado, fibra ótica ou uma rede sem fios, estando esta rede ligada a internet (Schneider Electric, 2015).

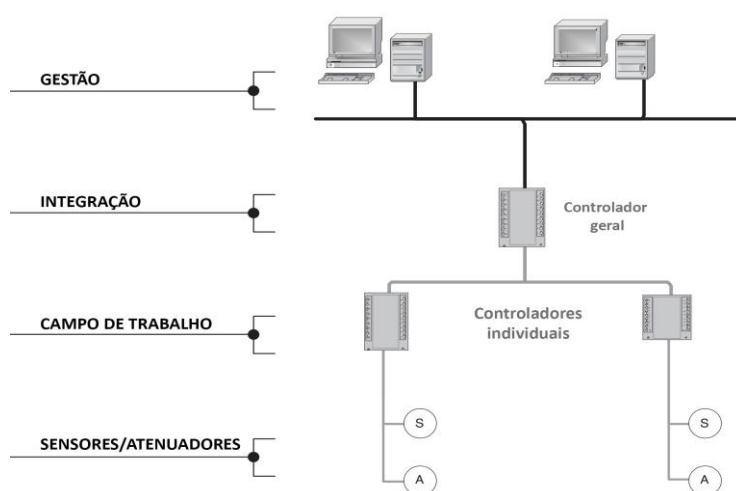


Fig. 35 – Configuração de um sistema BACnet (Honeywell International, Inc., 2009)

### iii) Aplicações

Suportando a maioria das operações executadas no edifício, Schneider Electric explica que BACnet é um sistema capaz de controlar sistemas térmicos, iluminação, proteção contra incêndios e sistemas de segurança.

### 2.4.3. DALI

No final dos anos 90, *Digital Addressable Lighting Interface Activity Group* (DALI-AG), compromete-se em desenvolver um protocolo digital para iluminação comercial (Artistic Licence, n.d.), que os principais requerimentos sejam um sistema de baixo custo e de simples instalação, com um controlador individual e a possibilidade de acoplar sensores e outros equipamentos. Lançando assim em 2001 e tornando-se um *standard* em iluminação, expandindo de luz comercial para outros espaços onde se procura o controlo de iluminação artificial.

Hoje em dia, adiciona DALI AG, a procura por tecnologia de iluminação aumenta cada vez mais (DALI AG, 2001), procurando-se a melhoria da funcionalidade dos sistemas e a conservação energética como objetivo. Instalações elétricas tradicionais, que se caracterizam por simples interruptores ligados a atenuadores de corrente, não são capazes de responder a estes novos objetivos procurados pelo consumidor final.

Isto foi o que criou a área em que se desenvolveu DALI, oferecendo um protocolo com elementos de baixo custo monetário e de simples manuseamento (DALI AG, 2001). *Digital Addressable Lighting Interface* tornou-se desta forma um *standard* internacional que garante a interoperabilidade de elementos fabricados por diferentes grupos empresariais. Não havendo requerimentos especiais, garante DALI AG, para a cablagem necessária na sua instalação, ou proteções contra reflexos na corrente elétrica.

#### i) Vantagens

Existem várias vantagens inerentes a uma instalação DALI (DALI AG, 2001), desde a simplicidade na sua instalação, a possibilidade de controlar elementos individuais, parcelas de elementos ou todas as unidades em simultâneo. O protocolo fornece ainda informação ao usuário sobre problemas na instalação e deteta automaticamente dispositivos de controlo. Outra vantagem proporcionada por DALI é uma instalação que recorre a algoritmos para regular a intensidade luminosa, conseguindo balancear a iluminação com a sensibilidade ocular.

#### ii) Configuração de rede

Devido a baixa complexidade do sistema DALI, a gestão de um edifício não é possível explica a própria associação (DALI AG, 2001), sendo necessário utilizar DALI como um subsistema de iluminação, que funciona em parceria com outro protocolo mais adequado a gestão necessária. O seu funcionamento como sistema independente é a opção mais básica possível para o caso. Trata-se de uma instalação que não tira todo o proveito possível de DALI, e que todas as funções são executadas no local.

Existe ainda a possibilidade de manter a independência do sistema e ao mesmo tempo trabalhar como subsistema, explica o manual da associação, na gestão do edifício (DALI AG, 2001). Neste caso apenas algumas informações seriam partilhadas com o protocolo principal, como por exemplo deficiências na rede. Isto significa que se por algum motivo o sistema principal de gestão do edifício não se encontrar operacional, DALI continuaria ativo e em funcionamento normal.

No caso de a instalação ser planeada única e exclusivamente como subsistema, requer-se uma unidade especial que faria a tradução das diferentes linguagens entre os dois protocolos. Os elementos aplicados devem ser capazes de comunicar com os diferentes protocolos e assim estabelecer um meio de comunicação entre DALI e por exemplo, KNX que utiliza elementos compatíveis (DALI AG, 2001).

### iii) Aplicações

Para o funcionamento do sistema DALI, é necessário um controlador DALI, um transformador para fornecimento de energia elétrica, cablagem e dispositivos compatíveis com DALI (Artistic Licence, n.d.). Este sistema pode ser utilizado sempre que exista a necessidade de ter sobre controlo a iluminação de determinado espaço ou local, podendo variar desde espaços comerciais, habitações ou ate mesmo espaços públicos acrescenta. No entanto DALI está limitado em termos de velocidade, número de dispositivos a aplicar e produtos disponíveis no mercado, restringindo assim algumas aplicações do protocolo. Por estes motivos, a cablagem do sistema não deverá exceder os 300 metros do controlador com um fio de no mínimo 1.5 mm<sup>2</sup> em um circuito de dois fios, albergando no máximo 64 dispositivos, um máximo de 16 grupos de elementos e capacidade para 16 cenários luminosos diferentes. (DALI AG, 2001) (Artistic Licence, n.d.).

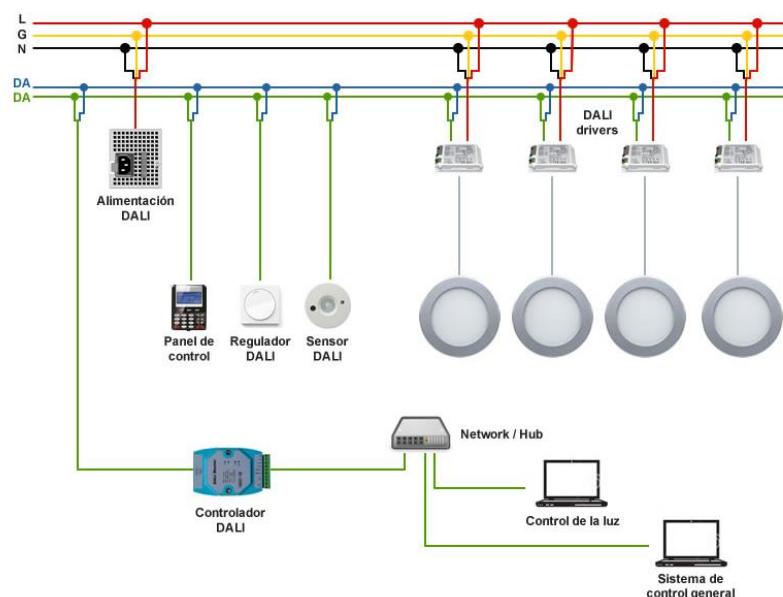


Fig. 36 - Esquema de uma instalação DALI (<https://blog.ledbox.es/wp-content/uploads/2015/01/esquema-dali-iluminacion-led1.jpg>)

#### 2.4.4.Z-Wave

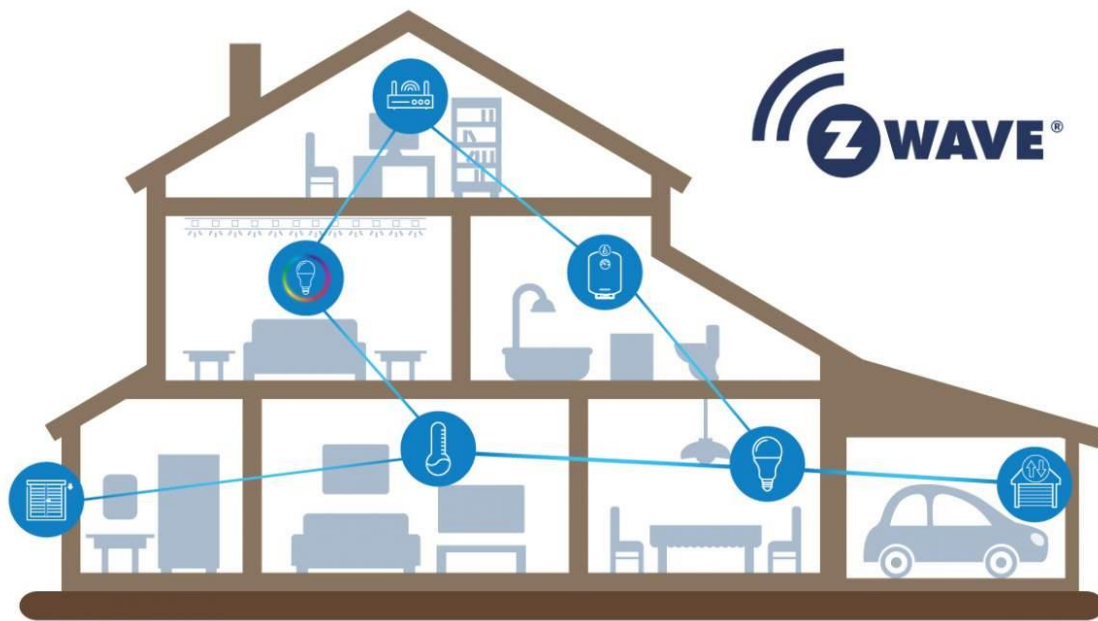


Fig. 37 – Ligações Z-Wave ([https://qubino.com/wp-content/uploads/2019/10/web\\_slika-1-1170x658.jpg](https://qubino.com/wp-content/uploads/2019/10/web_slika-1-1170x658.jpg))

Um *standard* internacional na área da domótica sem fios é como a empresa se descreve (Z-Wave, 2011). Um sistema que permite a ligação de diferentes elementos da habitação que funcionem com eletricidade como iluminação, controlo térmico, cozinha, segurança entre outros. Z-Wave comunica entre aparelhos com uma tecnologia sem fios desenhada para controle remoto de aplicações. Funciona através de radio frequências que variam a volta de 900 MHz que corresponde a frequência de alguns dispositivos como telefones sem fio, no entanto não interferindo com redes WiFi e outros sistemas sem fios. Comparada a outros sistemas como o KNX, conforme explica a empresa por detrás do protocolo (Z-Wave, 2011), que se impõe no mercado como um *standard* incontestável, apesar de ser extremamente fiável requer um extenso planeamento de cablagens durante o processo de construção. Deste modo tornando-se inconvenientes para soluções parciais ou após concluída a construção, dando lugar a outras tecnologias sem fios.

##### i) Vantagens

De forma similar a um Endereço IP, Z-Wave usa uma Rede IP e Ponto ID, sendo configurada uma rede de comunicação. Entre os diferentes pontos, são transmitidos sinais numa rede de radio frequência e criando um mapa de rede, funcionando cada ponto ligado a rede elétrica como um repetidor de sinal entre dispositivos distantes (pontos de corrente D/C [Bateria] não funcionam como repetidores). Podendo acoplar até 232 pontos, uma rede é organizada através de um controlador principal.

## ii) Configuração de rede

Z-Wave é uma rede de baixo consumo em que cada ponto ou dispositivo é capaz de receber e enviar mensagens de comando através de paredes e pavimentos, usando pontos intermediários para circular a volta de obstáculos da habitação ou pontos mortos causados pela distância entre dispositivos. Utilizando ondas de radio frequência, Z-Wave demonstra ser mais fiável que outros sistemas similares, sendo mais forte e de sinal mais estável (Z-Wave, 2011).

Com uma distância máxima, em condições perfeitas, de 100 metros e uma distância ótima de 50 metros, dispositivos comunicam entre si usando outros pontos como ponte para superar obstáculos na comunicação. Conforme exemplifica Honeywell, uma mensagem de A para C pode ser entregue ainda que supere a distância máxima ou aconteçam obstáculos na comunicação, sempre que o ponto B esteja em comunicação com A e C (Honeywell International, 2013). Quando a linha de preferência A para C esteja obstruída, o dispositivo responsável por enviar a mensagem procurará outro caminho até conseguir uma comunicação bem-sucedida. Isto permite assim que a comunicação possa exceder facilmente a distância máxima entre dispositivos. Mensagens transmitidas por ondas de radio frequência significa que é assim possível o sinal atravessar obstáculos, ainda que diminuindo a força do sinal. Estas limitações (Z-Wave, 2011), significam que durante o processo de instalação, deve ser tido em conta estes fatores, evitando simplesmente a colocação de elementos de forma aleatória.

Na Europa, Z-Wave utiliza a rede ISM (Industrial-Científica-Médica), uma rede aberta para diferentes aplicações. Esta rede, continua Z-Wave, é de 868.42 MHz com um comprimento de 34 centímetros de onda.

### Controladores

---

Um controlador é definido como uma unidade capaz de contruir um mapa da rede e tabela de roteamento, calculando diferentes rotas entre pontos. Existem diferentes tipos de controladores, sendo pelo menos dois dos mais comuns segundo Honeywell (Honeywell International, 2013):

- Controlador primário: responsável por atribuir a Rede ID e o Ponto ID. Controla a saída de mensagens e a rede Z-Wave.

- Controlador secundário: contem o mesmo ID de rede que o primário, mas permanece presente apenas para manter conhecimento da tabela de roteamento.

Honeywell explica ainda que qualquer controlador pode ser o primário, no entanto, apenas um pode existir como controlador primário por rede, definindo ele e apenas ele o Ponto ID de outros dispositivos. Reunindo informação com outros pontos pode, cada dispositivo, comunicar e assim

contruir uma tabela de roteamento. Essa informação sendo depois passada para o controlador secundário.

## Pontos

---

Pontos são dispositivos que se caracterizam por poderem conter um mapa da rede, mas não uma tabela de roteamento, contendo direções para outros pontos se assignado pelo controlador. Se o ponto estiver programado para “ouvir”, pode assim funcionar como um repetidor de sinal dentro da rede, sempre que este seja ligado a rede elétrica. Conforme Honeywell explica (Honeywell International, 2013), pontos de funcionamento a bateria não podem funcionar como repetidores devido a poder prolongar o tempo de vida da bateria.

## Rede ID

---

A Rede ID serve como forma de distinguir a rede Z-Wave de outras redes, usando um ID específico para cada rede. Este é definido pelo controlador primário durante o processo de instalação.

## Ponto ID

---

Um ponto é por si só um modulo Z-Wave, contendo cada um o seu Ponto ID, servindo como endereço do mesmo, sendo este atribuído pelo controlador primário e podendo haver até um máximo de 232 dispositivos dentro da rede incluindo o controlador primário.

## Roteamento

---

Os controladores têm conhecimento da tabela de roteamento da rede, dando-lhes a capacidade de calcular todas as rotas dentro da rede Z-Wave, tendo assim conhecimento de que caminho utilizar para comunicar com determinado ponto. (Honeywell International, 2013)

## Rede de larga inclusão (NWI)

---

Em inglês, *Network Wide Inclusion*, NWI, é o processo pelo qual se pode acoplar pontos ao controlador primário ainda que estes estejam fora do seu alcance. Neste processo de instalação, acopla-se primeiro os pontos que estão dentro do alcance do controlador primário, de seguida, como explica Honeywell, o instalador pode incluir na rede os próximos dispositivos que se encontrem fora do alcance do controlador primário. No entanto os pontos mais próximos devem ser compatíveis com o sistema NWI de forma a poder acoplar os pontos mais distantes.

### iii) Parâmetros de Instalação

#### Informação geral

---

- Alcance: 100 metros em condições perfeitas (50 metros de distância ótima)

## Considerações do meio ambiente

Honeywell explica que ao desenhar uma rede Z-Wave, alguns utensílios da habitação podem interferir com a rede e o seu funcionamento, especialmente aqueles que utilizem ondas de radio frequência (Honeywell International, 2013). Exemplos destes são: telefones sem fios; sistemas de som sem fios; antigos monitores de bebe.

Elementos eletrónicos que transmitam uma frequência radio, acrescenta Z-Wave, devem por isso ser colocados a uma distância mínima de 50 centímetros ou mais, de forma a prevenir interferências com computadores, micro-ondas ou transformadores elétricos (Z-Wave, 2011). No caso de telefones sem fios e dos monitores de criança aconselha-se uma distância de 3 metros, assim como no caso de proximidade com motores elétricos ou instrumentos médicos (Paetz, 2015).

Além destes, também pode acontecer de elementos construtivos restringirem a eficácia da rede cortando o seu sinal e comunicação entre pontos e controladores, como isolamentos metalizados, papel de parede metalizado e betão armado. Por este motivo, Z-Wave é especialmente indicado para o uso em habitações e pequenas áreas comerciais, sendo a forma ideal da construção um retângulo onde o controlador se situa centralizado.

## Calcular percas de comunicação

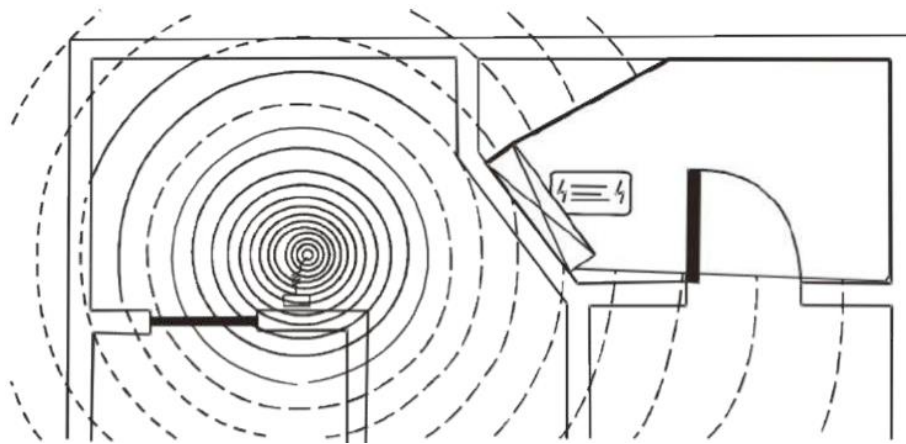
Tendo o máximo de 100 metros de alcance e um ótimo alcance a 50 metros, é importante calcular a colocação de pontos e controladores. Devendo ter em atenção a distância entre pontos e controladores, largura de paredes, atenção a materiais isolantes e outros materiais de construção (Z-Wave, 2011). Acrescentando ainda que se deverá ter em conta a colocação do mobiliário, revestimentos metálicos e até mesmo a humidade do ar, sendo estes elementos importantes na hora de planear a rede. Com recurso à Fig. 38 abaixo apresentada por (Paetz, 2015), pode-se assim calcular de forma mais eficaz as perdas de sinal.

Material	Espessura	Atenuação
Reboco	< 10 cm	10%
Vidro (Sem revestimento metálico)	< 5 cm	10%
Pedra	< 30 cm	30%
Pedra-Pomes	< 30 cm	10%
Betão	< 30 cm	20%
Bloco tijolo	< 30 cm	35%
Betão armado	< 30 cm	30-90%
Malha metálica	< 1 mm	90%
Revestimento de alumínio	< 1 mm	100%

Fig. 38 - Perca de sinal através de diferentes materiais (Paetz, 2015)

## Desenhar o roteamento

Um bom plano de roteamento tem pontos bem distribuídos pela rede, criando vários caminhos para diversos pontos. Se uma rede for planeada com áreas onde não existe rede ou uma densidade desuniforme, criam-se problemas no roteamento e problemas no funcionamento da rede. Honeywell explica que isto é importante para que os pontos mais distantes não estejam todos dependentes de um único ponto para transmitir as mensagens entre eles (Honeywell International, 2013). Sombras de radio também são importantes de ter em conta conforme explica Z-Wave, sendo estas sombras zonas em que por estruturas metálicas ou algum tipo de mobiliário, não seja possível transmitir um sinal (Z-Wave, 2011). Apesar que a sombra radio causada por um elemento metálico possa ser utilizada para refletir o sinal e ainda assim conseguir uma ligação, mas para isso devendo haver um correto teste da rede para garantir o funcionamento já que estes reflexos são imprevisíveis (Paetz, 2015).



**Fig. 39 - Exemplo de uma sombra de radio (Z-Wave, 2011)**



Fig. 40 – Insteon interface (<https://www.silverbytes.com/wp-content/uploads/2019/07/insteon-home-slider.jpg>)

Insteon trata-se de uma instalação de baixo custo de dispositivos ligados entre si (Insteon, 2013), através da rede elétrica da habitação, radiofrequência ou até mesmo uma combinação dos sistemas. Dispositivos estes que permitem efetuar diferentes tarefas na habitação, manejando diferentes dispositivos e sensores, com o objetivo de realizar a gestão do edifício.

Insteon faz parte do grupo empresarial *Smarthome* permitindo assim ter acesso direto a consumidores e experiência no mercado adquirida internacionalmente, em mais de 130 países, por *Smarthome* desde 1992. Insteon, como um distribuidor importante de aparelhos, apercebe-se de problemas na fiabilidade de diferentes dispositivos e conclui que existe uma necessidade por dispositivos mais robustos e fiáveis, permitindo a criação de uma ‘verdadeira’ casa inteligente (Insteon, 2013). No ano 2000 Insteon considera que protocolos existentes se encontram envelhecidos e com limitações, dando lugar a novos protocolos que solucionam alguns problemas a custo de se tornar um investimento elevado e não se adaptando corretamente as necessidades por esse motivo.

Insteon observa que outros protocolos são mais acessíveis, mas requerendo roteamentos mais complexos, envolvendo um confuso número de elementos de diferentes características, e tornando-se as vezes pouco fiáveis. Tendo em mente estes problemas e com o objetivo de tornar esta tecnologia acessível a todos, Insteon lança-se no mercado procurando uma solução simples e de valor reduzido, (Insteon, 2013).

## i) Vantagens

Na criação da sua nova tecnologia, Insteon explica que se teve em conta a necessidade de um produto que responde a certos parâmetros (Insteon, 2013):

### Sistema responsivo

Um sistema capaz de tomar decisões e assumir comandos de forma praticamente instantânea e não perceptível, procurando usar ao mesmo tempo elementos de baixo custo.

### Fácil instalação

Instalação em habitações já existentes não requer qualquer tipo de nova cablagem sendo que Insteon utiliza a rede elétrica da habitação ou no caso de não ser possível, radiofrequências. Também não se requer qualquer tipo de roteamento, todos os dispositivos de fábrica possuem um ID próprio o que significa que se juntam à rede assim que forem ligados.

### Simplicidade de uso

Para que um elemento controle outro apenas é necessário pulsar um botão por 3 segundos, ficando assim ligados entre si. Além disso os componentes fornecem informação ao utilizador de forma praticamente instantânea e de forma simplificada.

### Fiabilidade

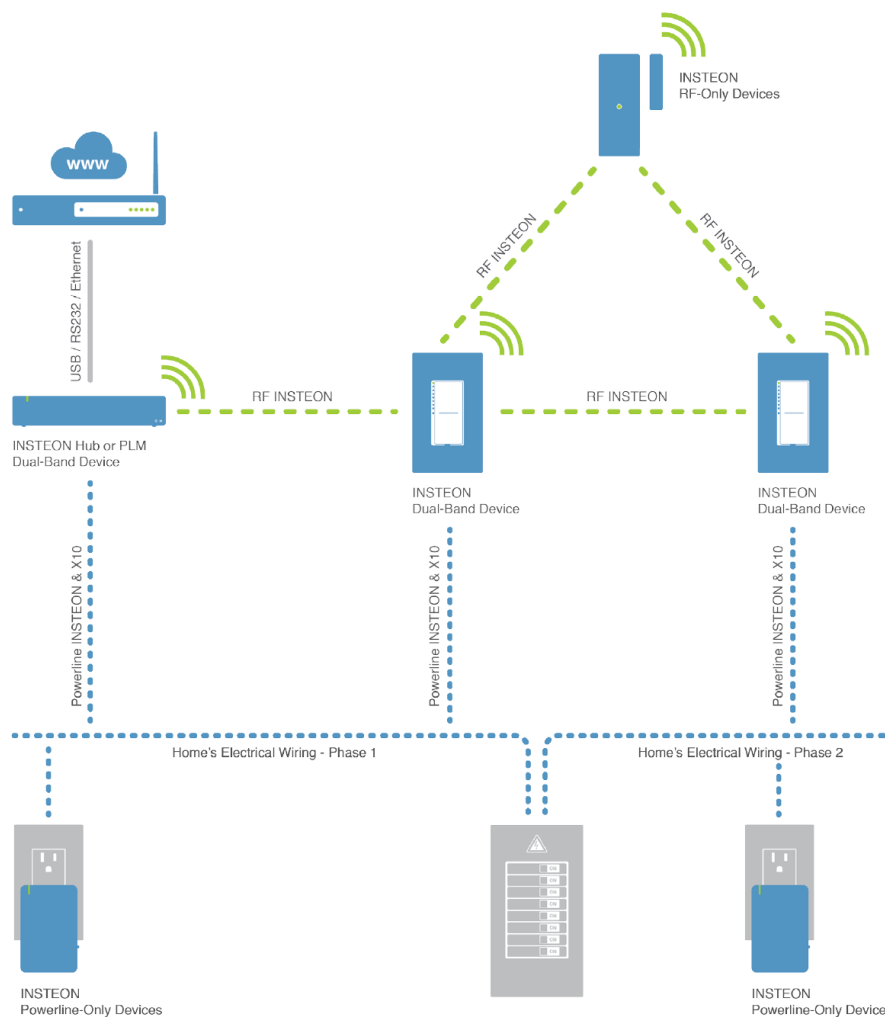
Conforme se expande a rede, a rede torna-se mais fiável já que todos os elementos são capazes de receber e enviar sinais, criando assim uma rede estável, emitindo sinais pela rede elétrica e radiofrequência simultaneamente e garantindo o funcionamento.

### Baixo custo

Como rede desenvolvida especialmente para ser aplicada em habitações, os elementos aplicados não estão preparados para receber grandes quantidades de informação, conseguido assim baixar o custo para o consumidor. Aparte disso, já que todos os elementos são capazes de receber e enviar informação, não existe uma necessidade de haver um controlador principal, reduzindo assim o custo para o mínimo possível.

## ii) Configuração de rede e parâmetros de instalação

Conforme ilustra a Fig. 41, através de um módulo ligado a internet, que por sua vez liga por rede elétrica e por radiofrequência todos os elementos que comunicam entre si com o protocolo Insteon PL com recurso a rede elétrica ou com o protocolo Insteon RF recorrendo a radiofrequência. Elementos dual-band são capazes de se comunicar com os dois protocolos suportados.



**Fig. 41 - Exemplo de instalação INSTEON (Insteon, 2013)**

Mais que isso acrescenta com a Fig. 42, uma representação de como a rede se torna mais fiável consoante o número de diferentes dispositivos integrados (Insteon, 2013). Percebe-se a vantagem de dispositivos capazes de receber e partilhar informação em simultâneo e automaticamente assim que ligados e sem necessidade de configurações para a sua integração na rede. Mesmo onde elementos se encontram numa rede elétrica diferente, se pretendido, podem ser interligados através dos elementos de radiofrequência, tendo estes um limite de 45 metros de sinal não estando este interrompido por nenhum obstáculo. Como complemento a esta forma de comunicação, redes Insteon repetem as mensagens partilhadas um número específico de vezes, isto permite que se por algum motivo a mensagem não for recebida, esta será repetida até que seja executado o comando e o dispositivo executor responda afirmativamente. Deste modo consegue-se uma rede simples e sem necessidade de complexos roteamentos (Irwin, et al., 2011).



## Controlo de ligações

---

Este método exige do utilizador que, para que possa criar uma ligação entre dispositivos, os tenha fisicamente acessíveis para os poder interligar. Deste modo, ainda que a rede seja subjugada a mensagens de outra rede distinta, estas serão desqualificadas dentro da rede.

Esta necessidade de possuir os dispositivos para os interligar à rede, reflete-se em que para que isso aconteça, o utilizador deva pressionar um botão específico no dispositivo no momento da instalação, pressionando tanto no dispositivo de 'controlo' como no de 'resposta', garantindo que um dispositivo não responda a um comando efetuado por outro que não esteja ligado desta forma (Insteon, 2013).

## Encriptação de mensagens

---

Esta encriptação é necessária já que estando a rede ligada ao mundo exterior através da internet ou outro método, mensagens entre dispositivos Insteon apenas serão reconhecidas por outros que estão manualmente ligados a rede ou que tenham conhecimento do endereço digital da rede. Isto permite que a rede seja encriptada para aqueles que a partida, nunca deveriam ter acesso a mesma.

### iii) Aplicações

Tecnologia Insteon, pode ser aplicada em conjunto com vários elementos que não foram desenhados e desenvolvidos para interagir com um protocolo. Sendo assim inúmeras as aplicações disponíveis, refere Insteon, e apresentando uma pequena lista de funções para o qual estaria capacitado (Insteon, 2013):

- Gestão habitacional, incorporação de sensores, controlo de temperatura, ventilação
- Controlo remoto audiovisual
- Gestão energética
- Monitorização remota via internet
- Possibilidade de operar via comandos de voz

Também como vantagem, Insteon é compatível, usando as pontes necessárias, com outros protocolos que possam estar ou vir a ser aplicados como ZigBee, Z-Wave, HomeRF, CEBus, entre outros (Insteon, 2013).

#### 2.4.6. Síntese

A possibilidade da implementação de domótica numa habitação, ou nouro tipo de edificação, representa mais do que uma redução do consumo energético, representa informação. Informação pertinente para o utilizador que será capaz de obter todos os dados necessários, se necessário ao segundo, para garantir o aumento da eficiência energética sem que seja necessário restringir o conforto desejado.

Sendo que nos encontramos numa altura de transição na arquitetura, estando esta avançando velozmente para nZEB, e por fim estendido o conceito a todos os novos edifícios e grandes intervenções, a domótica trás a possibilidade e flexibilidade de uma fácil implementação que poderá permitir pelo menos uma aproximação também das pequenas intervenções a nZEB.

De forma sucinta a domótica baseia-se num sistema de protocolos, isto é, especificações ou linguagem entendida por um computador, permitindo que sejam passadas informações e ações a serem realizadas pelo sistema. No entanto não se trata de uma linguagem universal, o que significa que diferentes componentes desenvolvidos por diferentes empresas, muitas vezes não são capazes de comunicar entre si, ao mesmo tempo que apresentam benefícios que diferem no que respeita a sua metodologia de instalação ou recursos que dispõem.

Um dos protocolos mais abrangentes é KNX. É conhecido como sendo um *standard* de domótica na Europa, tendo uma vasta experiência no mercado e trabalhando com diferentes desenvolvedores de produtos, garantindo-lhe uma ampla gama de dispositivos (mais de 7000) certificados e desenvolvidos por mais de 340 empresas. Isto garante que o protocolo de KNX seja capaz de lidar com virtualmente todos os aspetos necessários de gestão do edifício. Uma outra vantagem associada a este fator é a de que se trata de um protocolo que não está restrito a apenas um fornecedor do serviço, garantindo flexibilidade e a competitividade entre fornecedores o que garante melhorias contantes no seu desenvolvimento. KNX trata-se também de uma garantia de qualidade, sendo que produtos desenvolvidos para este protocolo requerem um rigoroso controlo de qualidade para que possam ser certificados como KNX.

Fatores a levar em consideração trata-se da sua capacidade de instalação em novos edifícios ou em preexistentes, embora este seja um aspeto mais ou menos constante no que respeita este tipo de tecnologia. A metodologia de instalação, KNX podendo ser mais ou menos complexa, passa desde uma instalação simples ou uma instalação de sistema que requererá um planeamento e configurações avançadas. Assim como as diferentes capacidades de comunicação, sendo talvez este o aspeto mais importante na hora de escolher um protocolo. As capacidades de comunicação são as formas diferentes em como os dispositivos falam entre si, permitindo assim ultrapassar ou não

obstáculos físicos e executar a sua função de forma eficaz. Respeito a isto, KNX permitirá todo tipo de comunicações, sendo por radiofrequência, ligações de Ethernet e WiFi, redes elétricas ou até uma rede dedicada. Acompanhado de todas estas variantes, KNX não impões no sistema um limite de dispositivos, podendo a rede ser o mais complexa, não havendo limite de possibilidades.

Sendo KNX um *standard* no mercado, não podemos excluir outras possibilidades, havendo imensas de onde escolher e de uma maneira ou outra, aportando todas elas essencialmente as mesmas capacidades, variando apenas em alguns aspetos que as distinguem. Exemplo disso é o protocolo BACnet, com mais de 800 distribuidores e uma ampla gama de dispositivos associados. Este protocolo apresenta vantagens pela sua facilidade de partilha de informação com o utilizador, fornecendo a possibilidade de elaboração de gráficos e relatórios relevantes, junto da capacidade de programar eventos e alarmes ou organizar tarefas. Isto não é dizer que outros protocolos não podem fazer o mesmo, apenas se trata de ser uma base fundamental associada com o protocolo em específico. BACnet possui ainda capacidades semelhantes, mas mais limitadas que KNX no que respeita a sua facilidade de comunicação entre mecanismos, podendo comunicar por Ethernet, redes sem fios e fibra ótica, podendo também estar ligada a internet.

Outros protocolos existem mais dedicados à execução de um trabalho específico, como é o caso de DALI. Dala também é considerado um standard no mercado, no entanto trata-se de um sistema dedicado a iluminação artificial. Um protocolo de baixo custo e simples funcionamento que exclui a necessidade de cablagem especial ou proteções elétricas associadas à sua instalação. DALI permite um controlo pormenorizado da iluminação, fornecendo informação sobre problemas detetados e uma forma de funcionamento que garante um balanço correto com a sensibilidade ocular dos utilizadores. Não podendo funcionar como gestor de um edifício, DALI é um protocolo dedicado, no entanto com capacidade de estar associado a outro protocolo como KNX e funcionar como subsistema e permitindo outros protocolos obterem os resultados de sua especialidade, podendo isto por si só ser considerado uma vantagem também.

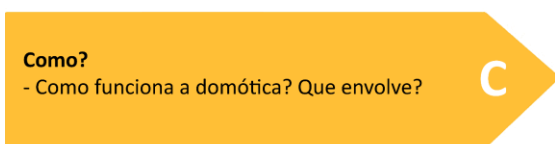
Como uma forma mais simplificada de pensar a domótica, existem também protocolos como Z-Wave e Insteon. Estes tratando-se de soluções mais simplificadas no que respeita a sua instalação e possivelmente de uma interface mais orientada ao consumidor final desde o seu desenvolvimento. Z-Wave tratando-se de um protocolo utilizado por vários desenvolvedores de produtos e Insteon um protocolo criado por um desenvolvedor específico.

Sem a necessidade de instalações complexas, Z-Wave funciona através de uma rede sem fios que pode acoplar até 232 pontos os quais funcionam eles como repetidores de sinal numa rede que não vai interferir com outras redes sem fios, estando esta numa amplitude de onda e frequência

utilizada pela indústria científica e médica. Isso sim, ao contrário de outros protocolos que podem superar obstáculos através de instalações complexas e manter a sua fiabilidade, Z-Wave requer um planeamento, já que obstáculos podem causar interferências e existindo um limite de 100 metros (para condições perfeitas) para que haja uma comunicação fiável. Mas ainda assim existindo a possibilidade de dois pontos poderem comunicar entre si utilizando um terceiro ponto como ponte para passar a informação, junto da capacidade de a rede criar um mapa da rede para que conheça os caminhos possíveis de utilizar.

Semelhantemente, Insteon é um protocolo simplificado de fácil instalação. Utilizando radiofrequência e a rede elétrica como forma de comunicação, evita a necessidade de grandes intervenções para o seu funcionamento correto, evitando também a necessidade de roteamento, o que significa que os dispositivos se ligam automaticamente á rede e funcionando cada um como emissor e recetor. Neste caso não há a necessidade de um controlador principal o que reduz os custos da instalação, mas também que a torna mais adequada a ser aplicada em habitações. A rede por isso se vai tornando mais fiável consoante o número de dispositivos interligados, procurando caminhos e repetindo o sinal até que o comando seja executado.

Tendo sidos analisados alguns dos mais comuns protocolos, é importante notar que não é necessariamente importante, para o bom funcionamento de uma rede de domótica, optar por um protocolo em específico. Até porque optando por um, normalmente estes são capazes de comunicar com diferentes protocolos, mesmo no caso dos mais simplificados. Podendo teoricamente obter benefícios de diferentes tipos de instalação.



**Como?**  
- Como funciona a domótica? Que envolve?

- A domótica abre as portas para uma arquitetura nZEB mais eficiente;
- Uma possibilidade de avançar energeticamente pequenas intervenções;
- Baseia-se em dispositivos que partilham informação e tomam ações através de uma linguagem propria denominada de protocolos;
- Partilha de informação com o utilizador;
- Diferentes protocolos requerem diferentes tipos de intalação e planeamento;
- Possibilidade de optar por intalações complexas ou simplificadas;
- Capacidade de controlar todos os aspetos de um edificio;
- Diferentes opções na comunicação de dispositivos dependendo do protocolo;
- Necessidade de planear a disposição garantindo o bom funcionamento;
- Associação de diferentes protocolos, permitindo retirar diferentes beneficios;
- Em geral garantindo a capacidade de contolo habitacional no que respeita consumo energetico, segurança e conforto;
- Possibilidade de executar um controlo detalhado mesmo a distancia

**Fig. 43 – Funcionamento da domótica (Autoria própria)**



### 3. Casos de estudo

Como forma de acelerar o processo de atingir e entender edifícios de gastos energéticos quase nulos (nZEBs) integrando sistemas de domótica, casos de estudo providenciam informação relevante quantitativa e qualitativa. A sua relação com uma arquitetura nZEB passiva, facilita uma janela para podermos quantificar esta relação e concluir a eficácia desta simbiose com tecnologia.

É ainda importante entender como a domótica pode melhorar este campo de trabalho, de forma a proporcionar não só maior conforto e segurança, mas também melhor eficiência energética. Neste sentido, foram encontrados e analisados casos de estudo direcionados ao controlo energético. Servindo como forma de identificar e analisar a aplicação de domótica na arquitetura. Apesar de a

domótica ser algo relativamente comum, nem sempre a sua utilização se associa com o controlo energético.

Pretende-se deste modo analisar a aplicação de domótica beneficiando a eficiência energética, de forma a demonstrar o benefício alcançado e a prover uma resposta a quão eficientes são os edifícios nZEB apoiados por uma simbiose com a domótica. E com isto demonstrar a pertinência da utilização destes sistemas tecnológicos, que justificam a necessidade de uma catalogação extensiva e relevante, que gira em torno da habitação nZEB e não de forma independente como tem sido abordada até agora por profissionais da área.

Com este ponto em mente, foram utilizados dois critérios na seleção das amostras de casos de estudo:

- 1) Construções existentes que fossem desenvolvidas ou remodeladas a partir do ano 2010;
- 2) Edificações dotadas de sistemas tecnológicos de domótica, responsáveis por gestão energética.

A análise dos casos de estudo da aplicação de domótica, é realizada a duas construções. Sendo um dos casos uma edificação para fins de prestação de serviços estatais e outro caso de estudo um exemplo de um edifício de habitação. Apesar de não serem os dois casos referentes a edifícios de habitação, isto não representa uma menos-valia da informação que se pode retirar. Procura-se com isto obter informação relativa à relação existente da arquitetura passiva de um nZEB com a domótica. O que permite verificar a sua eficiência e quantificar os resultados obtidos pelos casos de estudo.

O primeiro dos casos de estudo analisado trata-se de um edifício público desenvolvido especificamente com o objetivo de maximizar a eficiência energética, ao mesmo tempo que procura responder a todas as outras exigências do programa. Este permite observar a integração de múltiplos sistemas numa arquitetura mais complexa, funcionando em conjunto com sistemas passivos para uma maximização da sua rentabilidade energética.

O segundo caso de estudo analisado é uma habitação unifamiliar. Apesar de se tratar de um projeto protótipo, esta habitação foi habitada por uma família de 4 elementos durante aproximadamente um ano, de onde se pode retirar as informações para concluir sobre a sua eficiência energética. Trata-se de um projeto de menor complexidade, que, no entanto, procura responde a todos os requisitos energéticos estabelecidos.

### 3.1. Camara Municipal de Freiburg



Fig. 44 – Camara Municipal de Freiburg ([https://www.dreso.ch/fileadmin/\\_processed\\_/d/5/csm\\_NVZ\\_Freiburg\\_c\\_HG\\_Esch\\_5e935dc259.jpg](https://www.dreso.ch/fileadmin/_processed_/d/5/csm_NVZ_Freiburg_c_HG_Esch_5e935dc259.jpg))

#### 3.1.1. Descrição do projeto

##### Identificação geral do edifício

**Arquiteto:** Ingenhoven Architects

**Localidade:** Freiburg - Alemanha

**Ano:** 2017

**Estado:** Edifício novo

Tipo de edifício: Edifício público

**Área:** 26115 m<sup>2</sup>

Número de pisos: 7

**Descrição geral:** É descrito pelos arquitetos como sendo o primeiro edifício público do mundo de energia positiva (PEB). Neste sentido trata-se de um edifício que além de cumprir os requisitos de um nZEB, vai mais além podendo assim ser considerado como o futuro ao que caminham os nZEB. Com este projeto o objetivo era fornecer um estímulo á modernização da cidade.

##### Programa

O espaço foi desenvolvido tendo em mente os princípios de abertura e transparência, incorporando o conceito de “*green-campus*” com o objetivo de criar consciência em relação ao meio ambiente e assim ligar três áreas distintas do projeto. O programa pretendia ainda unificar diferentes setores públicos, estando anteriormente 16 setores espalhados pela cidade, que agora se reúnem debaixo

de um teto acomodando mais de 800 funcionários e uma creche. Acomodando assim um centro de serviço ao cidadão no primeiro piso assim como salas de conferencia e um restaurante para funcionários. No segundo piso estão situados os escritórios individuais e duplos, assim como uma área de trabalho aberta com diferentes departamentos organizados.

### Localização

O projeto articula-se ainda com o parque Eschholz e com o hospital universitário e assim criam uma praça publica para a cidade. Situado no centro da cidade, encontra-se numa área de alta densidade, mas com fácil acesso às vias de circulação e de transportes públicos de forma a garantir o fácil acesso.

### Implantação

Encontrando-se no cruzamento entre a via de circulação a nascente e a linha ferroviária de transportes públicos a poente, o edifício não tem uma orientação especifica, estando ele orientado ao interior, no entanto com o acesso á entrada sendo realizado a norte.

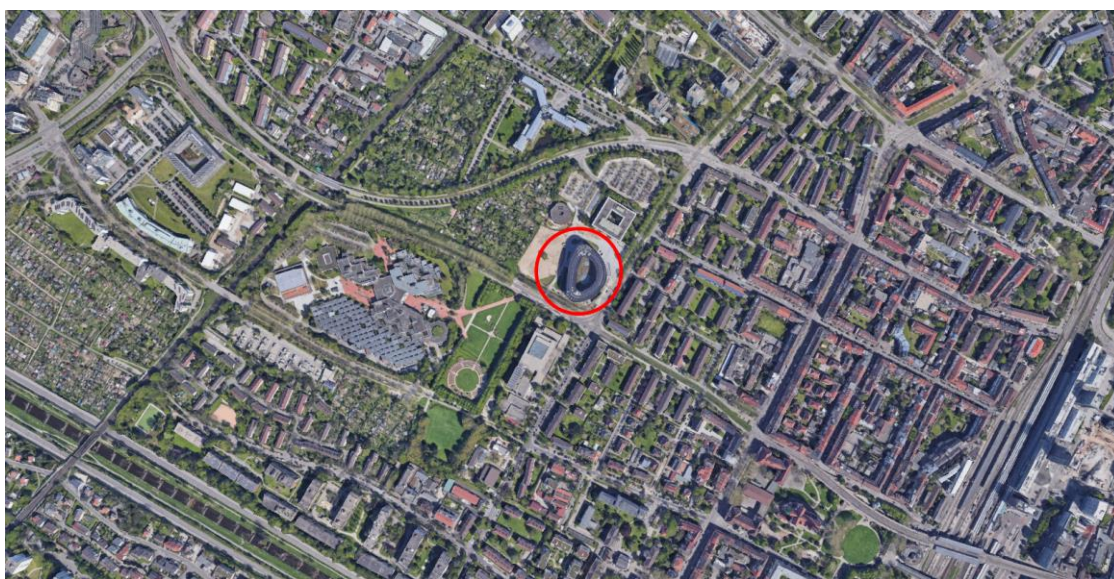


Fig. 45 - Fotografia de implantação Camara Municipal de Freiburg (<https://www.google.com/maps>)

### 3.1.2. Sistemas passivos

#### Orientação de vãos e iluminação natural

O edifício possui uma forma circular e neste caso não possui uma orientação especifica, tendo todo ele vãos direcionados ao exterior do círculo e ao seu interior. Sendo por isso que utiliza uma combinação de persianas, painéis fotovoltaicos verticais e elementos estruturais de forma a regular a iluminação natural e os ganhos térmicos causados pela radiação direta.

Faz ainda recurso a duas claraboias que permitem a entrada de luz direta ao interior do piso térreo, sendo este mais extenso que os restantes e assim minimizando a necessidade de iluminação artificial.

Graças a esta combinação extensiva de aberturas e vãos, conseguiu reduzir-se consideravelmente a necessidade de iluminação artificial durante o verão, havendo um pico nas estações de arrefecimento quando a iluminação artificial se torna mais escassa, o mesmo acontecendo com a necessidade de fontes de aquecimento.



Fig. 46 – Fachada da Camara Municipal de Freiburg (<https://urbannext.net/freiburg-town-hall>)

#### Forma e conceito

O objetivo deste projeto era conseguir um edifício público eficaz não só em termos administrativos, mas também na sua sustentabilidade. Com isto em mente os arquitetos procuraram criar um complexo de edifícios que permitiriam aglomerar todos os departamentos anteriormente espalhados pela cidade e localizando-o de forma a ter fácil acesso de bicicleta, criando percursos entre os 5 edifícios do complexo, mas também fácil acesso através de estações de metro e autocarro, tornando-o a partida mais consciente da sua pegada ecológica.

Tendo também em mente estratégias planeadas a aplicar no edifício, a sua forma permitiria uma exposição solar maximizada, admitindo uma fachada inteligente que também fosse capaz de produzir energia através de painéis fotovoltaicos, ao mesmo tempo que se articulando com os restantes edifícios do complexo para criar um percurso harmonioso que articula outras áreas da cidade.

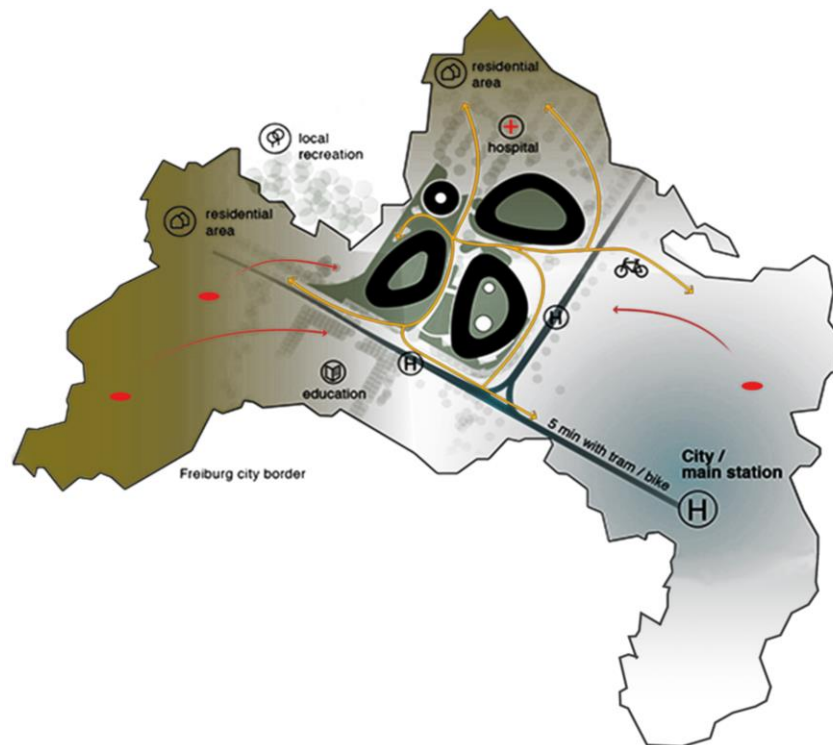


Fig. 47 – Conceito da Camara Municipal de Freiburg, Alemanha – Adaptado de ([https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/INGENHOVEN-ARCHITECTS-Rathaus-Freiburg-info\\_graphic-10.jpg](https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/INGENHOVEN-ARCHITECTS-Rathaus-Freiburg-info_graphic-10.jpg))

## Vegetação

Não possui vegetação no exterior com o objetivo de regular a radiação natural. No entanto o edifício possui uma forma tubular a partir do primeiro piso, significando isso que o piso térreo esta interligado e excluído desta forma tubular. Desta forma, radiação solar permanece no interior da forma cilíndrica, podendo causar uma ilha térmica para o piso térreo.

A solução foi conseguida através de uma cobertura verde que permite um controlo mais eficiente da radiação absorvida e evitando que aconteça uma subida excessiva da temperatura, mantendo assim os níveis de conforto.



Fig. 48 – Cobertura verde utilizada na Camara de Freiburg (<https://urbannext.net/freiburg-town-hall/>)

## Isolamento térmico/inércia térmica

---

A fachada é constituída maioritariamente por envidraçados, sendo por isso que se optou pela utilização de vidro triplo permitindo uma maior eficiência térmica. As superfícies opacas são revestidas por um isolamento pelo exterior, não se conseguindo informação específica sobre o tipo de isolamento pelo que se optou. No entanto sabe-se que o edifício tem uma performance térmica de  $0,8 \text{ W/m}^2\Delta K$  para as superfícies envidraçadas e de  $0,1 \text{ W/m}^2\Delta K$  para as superfícies opacas (Réhault, Engelmann, Lämmle, & Munzinger, 2019).

### 3.1.3. Integração de sistemas renováveis

#### Sistemas de aquecimento e arrefecimento renováveis

---

A produção de calor é realizada pela combinação de duas bombas de calor acopladas a água subterrânea, fornecendo água quente a  $28^\circ\text{C}$  para piso e tetos radiantes, radiadores nos escritórios com água a  $60^\circ\text{C}$  e unidades de tratamento de ar com água a  $35^\circ\text{C}$ . Como forma de garantir o fornecimento de calor, possui ainda uma caldeira a gás, sendo utilizada apenas em situações em que exista uma necessidade acrescida.

O arrefecimento faz utilização do piso e tetos radiantes, fornecendo o sistema com água a  $18^\circ\text{C}$  e as unidades de tratamento de ar com água a  $15^\circ\text{C}$ , estando estas equipadas com serpentinas para aquecimento e arrefecimento. O arrefecimento desta água é feito de forma gratuita utilizando a salmoura do lençol freático.

O funcionamento destes sistemas está associado às previsões do tempo, garantindo que a temperatura se mantém constante, variando entre  $20$  a  $26^\circ\text{C}$  entre as estações de arrefecimento e de aquecimento respetivamente.

#### Sistemas de energia renovável

---

É entendido que um grande edifício em zonas urbanas de densidade alta tem dificuldade em alcançar valores positivos de produção energética, isto devido ao espaço limitado existente na cobertura para colocação de painéis fotovoltaicos (Réhault, Engelmann, Lämmle, & Munzinger, 2019). No entanto, o edifício faz utilização da cobertura, mas também da fachada para a instalação dos painéis fotovoltaicos, gerando até  $682 \text{ kW}_p$ , dos quais a fachada contribui aproximadamente 32% da energia total. A energia produzida no local é depois utilizada pelo edifício ou partilhada para a rede pública conforme a necessidade energética da Câmara Municipal de Freiburg.

Existe ainda necessidade de água quente especialmente para o refeitório. Neste sentido foram instalados  $43 \text{ m}^2$  de painéis fotovoltaicos-térmicos, sendo assim capazes de garantir 15% das

necessidades de água quente. Este tipo de painéis é aplicado ao custo de uma menor produção de energia elétrica, no entanto a sua aplicação garante a produção elétrica assim como térmica, significando uma maior eficiência energética referem os autores.

Das instalações fotovoltaicas aplicadas, pouco é informado sobre a área abrangida pelos sistemas, no entanto, relativamente aos sistemas aplicados na fachada, foram aplicados cerca de 880 painéis que somam uma área de 2156 m<sup>2</sup> entre sul e noroeste. Estes tendo sido calculado que deveriam poder suprir 215,6 kW<sub>p</sub> da energia produzida pelo sistema (Deutsche BauZeitschrift, 2018). Quanto aos custos da instalação, relata Höhl (2020), num artigo de jornal, que até a atualidade o município de Freiburg ainda não fez públicos os custos detalhados da obra.

#### 3.1.4. Implementação de domótica

A aplicação de domótica foi solucionada com os sistemas proporcionados por Wago, uma empresa que trabalha com sistemas de automação de edifícios baseados primariamente no protocolo Modbus.

Os produtos de Wago, da gama flexROOM, foram escolhidos devido á sua facilidade de instalação, a qual não requer nenhum tipo de programação, facilitando e acelerando o processo da sua implementação. Isto devido a que foi desenhado tendo em mente o conceito de *plug and play*, incorporando todos os componentes necessários num só elemento, incluindo interfaces necessários para a instalação. Como resultado, minimiza a necessidade de cablagem, reduzindo custos da instalação, não sacrificando a capacidade de controlo automatizado da iluminação, proteção solar e controlo da temperatura.

O funcionamento do sistema é baseado no conceito de eixos (Fig. 49), estando cada controlador já configurado com todos os cenários possíveis, sendo apenas necessário definir os parâmetros desejados através de um browser de internet. Desta forma, definiu-se assim parâmetros como o da temperatura, funcionando em três níveis, a temperatura do espaço baixa durante a noite, voltando a subir perto da hora de trabalho e finalmente subindo para em média 21 °C quando deteta a presença de uma pessoa. O sistema flexROOM trabalha em conjunto com elementos DALI, responsáveis pela iluminação e facilitando a informação sobre a presença de uma pessoa no espaço. Além disto DALI controla a necessidade de iluminação, o que significa que se existe suficiente iluminação natural, a iluminação artificial é regulada.

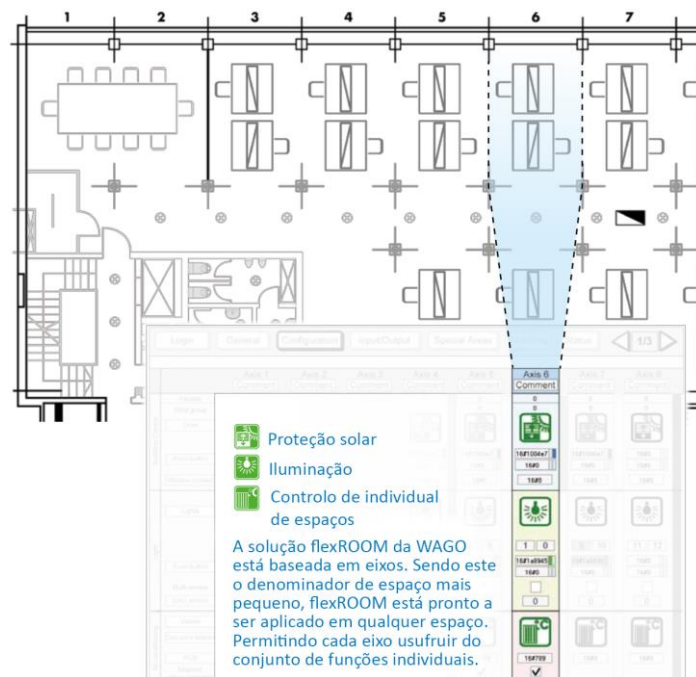


Fig. 49 - Conceito de eixos da Wago (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG, 2013)

Outra das funções é a regulação das persianas, fechando-as durante a noite, evitando uma maior oscilação da temperatura e melhorando a inercia do edifício. Além disto, em situações de fortes ventos, as persianas voltam a abrir evitando assim danos que possam ser causados pelas condições meteorológicas.

Entre outros elementos de domótica e sensores para recolha de dados, foram instalados 130 elementos flexROOM, cada um capaz de processar as diversas informações e configuráveis através de um browser, o que permitiu uma instalação mais eficiente, e permitindo os utilizadores regularem parâmetros conforme as suas necessidades sem saírem do seu posto de trabalho.

Outros elementos de Wago foram instalados em zonas como por exemplo a cozinha e a cafetaria, devido a não serem regidos por eixos como os escritórios. Estes elementos tiveram de ser programados individualmente, providenciando as mesmas possibilidades e sendo controlados por ecrãs táteis de 10 polegadas.

Com a aplicação da domótica e outras escolhas realizadas para o edifício, este foi capaz de ganhar o primeiro premio numa competição de edifícios sustentáveis em 2018, realizada pelo Conselho Alemão de Edifícios Sustentáveis (German Sustainable Building Council), sobre a qual diz um responsável da instalação dos automatismos, “a automação da eficiência energética do espaço fez uma contribuição definitiva” (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG, 2020).

### 3.1.5. Desenho técnico e esquemas de funcionamento

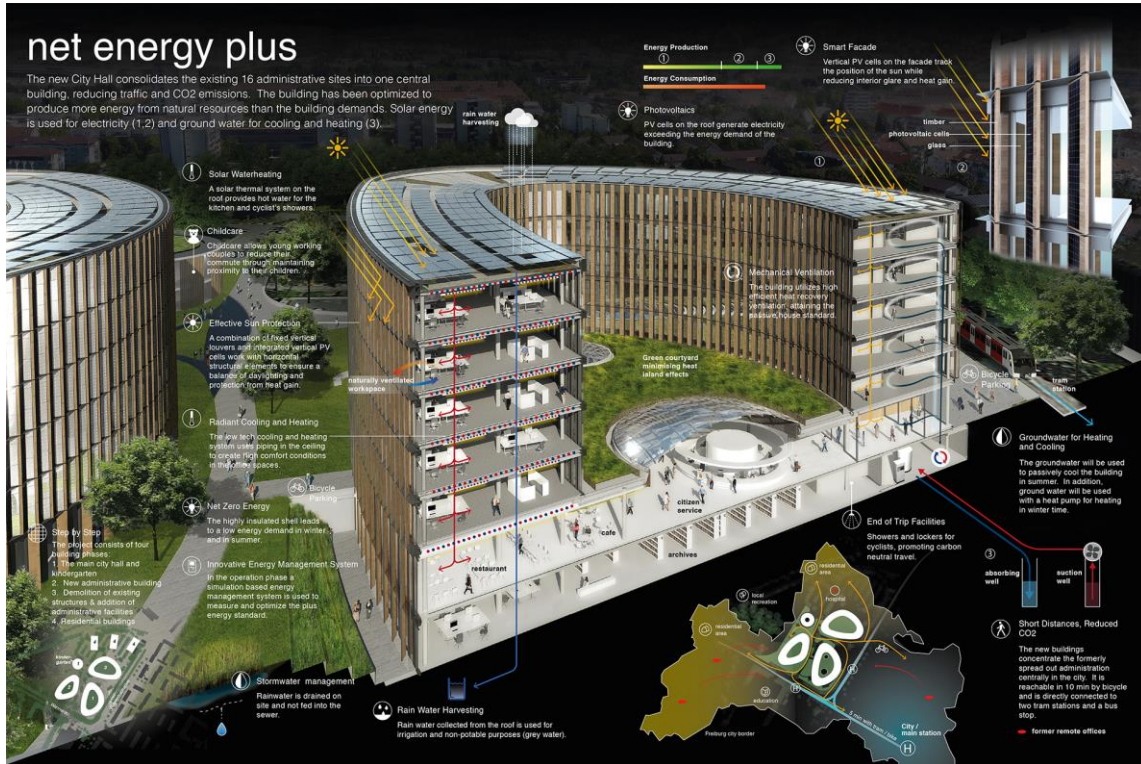


Fig. 50 – Esquemas e informações gerais sobre a Camara Municipal de Freiburg, Alemanha ([https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/INGENHOVEN-ARCHITECTS-Rathaus-Freiburg-info\\_graphic-10.jpg](https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/INGENHOVEN-ARCHITECTS-Rathaus-Freiburg-info_graphic-10.jpg))

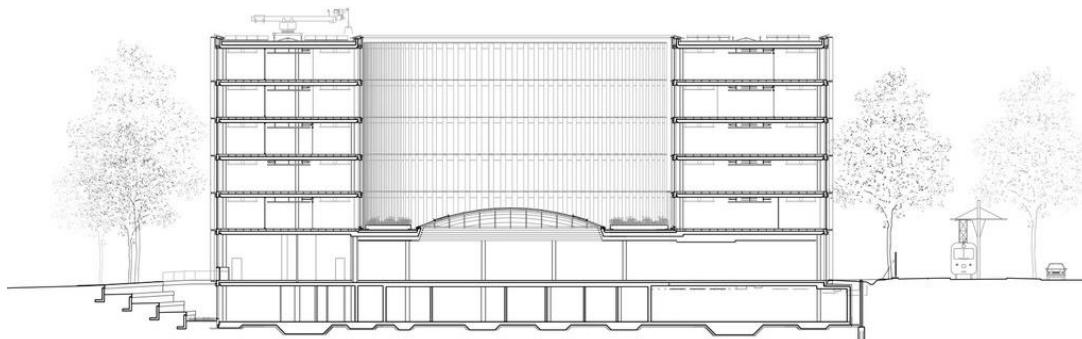
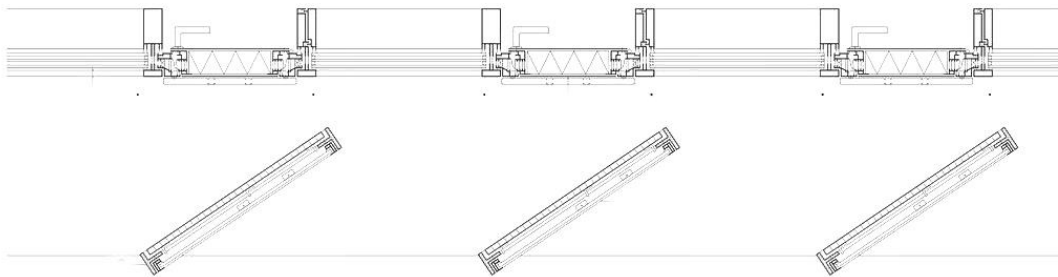
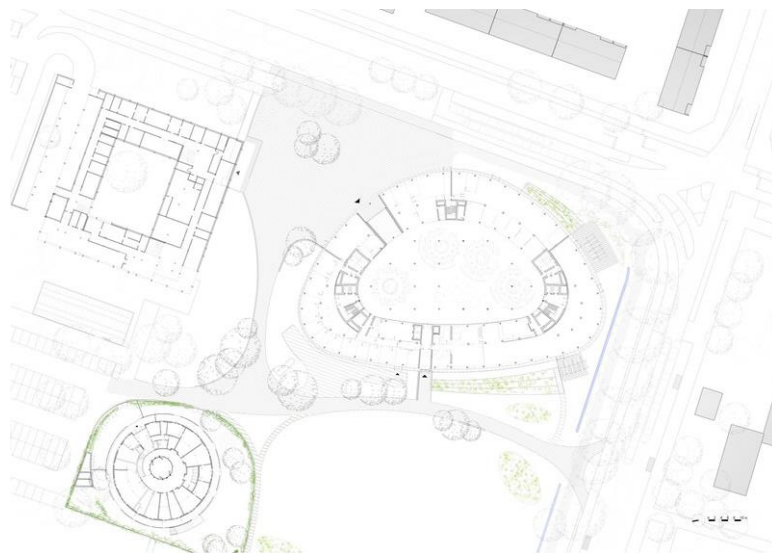


Fig. 51 – Corte da Camara Municipal de Freiburg (<https://archello.com/story/50247/attachments/drawings/3>)



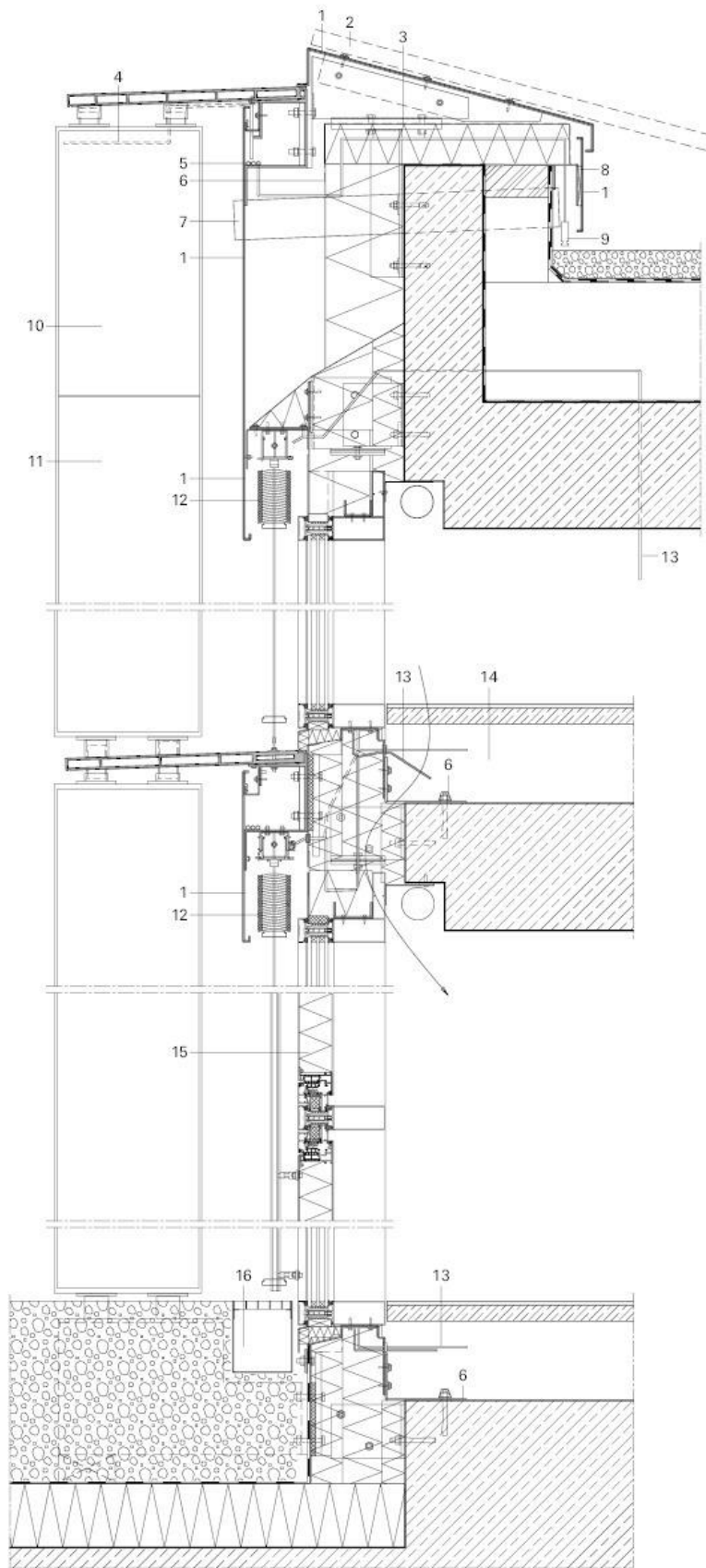
**Fig. 52 – Secção horizontal da fachada da Camara de Freiburg**

(<https://i.pining.com/originals/49/20/d2/4920d2575d79f40298f872bec3668b67.jpg>)



**Fig. 53 – Planta de implantação da Camara de Freiburg**

(<https://archello.com/story/50247/attachments/drawings/6>)



**Fig. 54 – Secção vertical da fachada da Camara de Freiburg**

<https://i.pinimg.com/originals/1e/4b/ad/1e4badf23590d314b990fdbd27289bc8.jpg>

### 3.1.6. Resultados

Uma medição realizada em 2018 analisou que o edifício foi capaz de produzir 1385,2 MWh, consumindo 1402 MWh. Apesar dos resultados serem abaixo do esperado, leva-se em consideração falhas que aconteceram nos sistemas e que causaram esta variação (Réhault, Engelmann, Lämmle, & Munzinger, 2019). Segundo calculado, na ausência destes problemas ocorridos, os resultados deveriam ser positivos com um excesso de entre 1,3 a 30 MWh.

#### BALANÇO DE ENERGIA PRIMÁRIA MENSAL

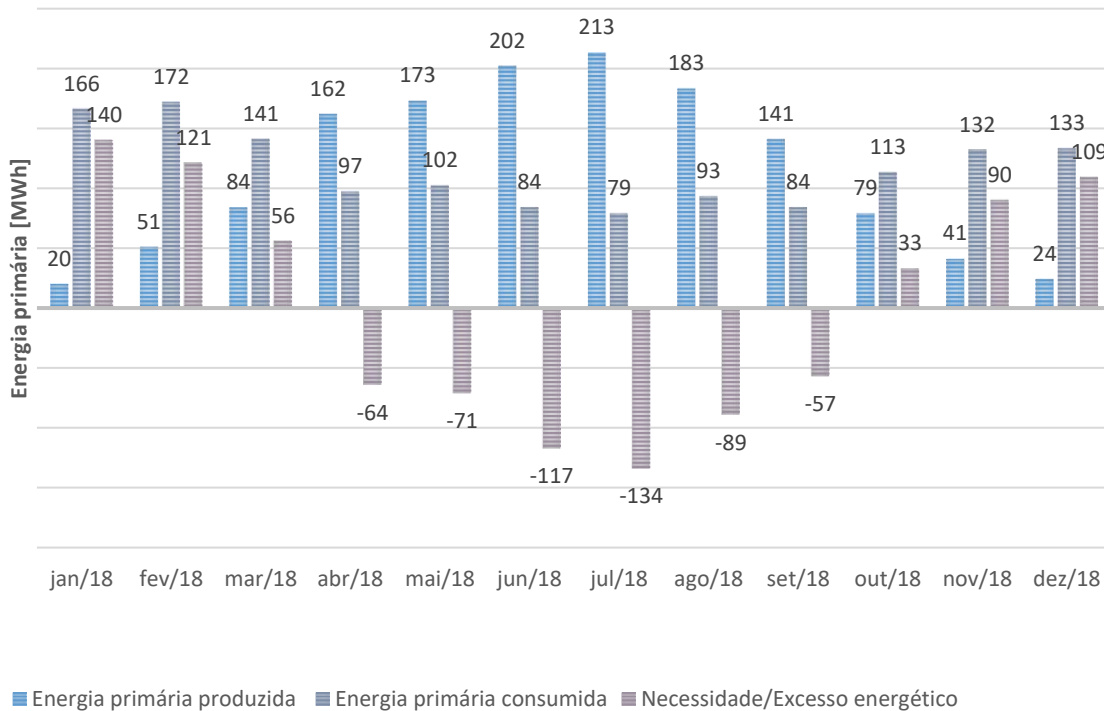


Fig. 55 - Balanço de energia primária mensal (Réhault, Engelmann, Lämmle, & Munzinger, 2019)

No que respeita ao consumo energético dos sistemas de aquecimento e arrefecimento, também foram encontrados obstáculos refletindo-se nos resultados. Nos primeiros meses de funcionamento era necessário ter havido ajustes no funcionamento das bombas de calor, o que resultou num aumento de 78% do consumo de calor esperado. Ainda assim contribuindo com 579 MWh, recorrendo-se á caldeira a gás apenas para um consumo de 44 MWh. O consumo energético para arrefecimento foi positivo, estando abaixo do esperado em 51%.

Com isto, os autores concluem que este tipo de aplicação de sistemas de aquecimento e arrefecimento, combinados com sistemas de produção fotovoltaica e tecnologias autónomas, capazes de fazer uma gestão mais eficiente, representa uma pedra angular no desenvolvimento do futuro de edifícios de energia positiva.

## 3.2. Efficiency House Plus with E-mobility



Fig. 56 - Efficiency House Plus with E-mobility (<https://www.buildup.eu/en/practices/cases/efficiency-house-plus-berlin>)

### 3.2.1. Descrição do projeto

#### Identificação geral do edifício

<b>Autores:</b>	Heike Erhorn-Kluttig, Hans Erhorn, Antje Bergmann, Instituto Fraunhofer de Física da Construção
<b>Localidade:</b>	Berlim, Alemanha
<b>Ano:</b>	2011
<b>Estado:</b>	Edifício novo
<b>Tipo de edifício:</b>	Edifício residencial
<b>Área:</b>	203 m <sup>2</sup>
<b>Número de pisos:</b>	2
<b>Descrição geral:</b>	Trata-se de um edifício de habitação piloto com a capacidade de produzir a sua própria energia, partilhando-a com os veículos elétricos da habitação, sendo capaz de armazenar a restante energia e/ou partilhar com a rede local.

#### Programa

Um espaço de habitação composto por um espaço coberto que funciona como garagem dando acesso a entrada principal. Entrando na habitação, temos acesso a um espaço aberto que funciona

como salão de estar e de jantar compartilhado com uma cozinha aberta, tendo estes espaços acesso direto a um terraço e o apoio de uma instalação sanitária. No restante do piso térreo temos acesso a uma escadaria para acesso ao piso superior e também um quarto técnico para a tecnologia da habitação. O piso superior é composto uma instalação sanitária e de 3 quartos dos quais um detém um vestíbulo que funciona ainda como área de arrumos.

### Localização

Localizada no centro de Berlim, o edifício encontra-se numa área de densidade de construção alta, mas que, no entanto, lhe aporta benefícios possuindo ótima localização no que respeita a acessibilidade da mesma a transportes públicos de diferentes tipos e inclusive uma fácil conectividade através destes aos aeroportos mais próximos.

### Implantação

O edifício encontra-se orientado a poente através do acesso a ele e a nascente onde se encontram a maior parte dos vãos existentes, estando também articulado pela via de circulação a noroeste.

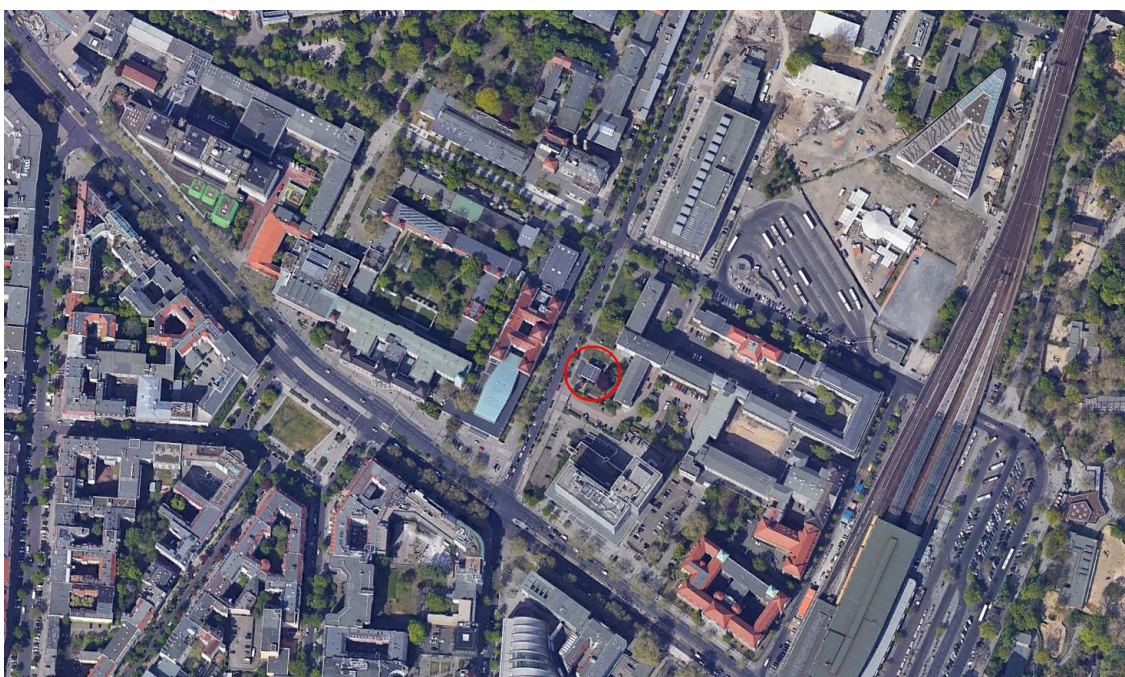


Fig. 57 – Fotografia de implantação (<https://www.google.com/maps>)

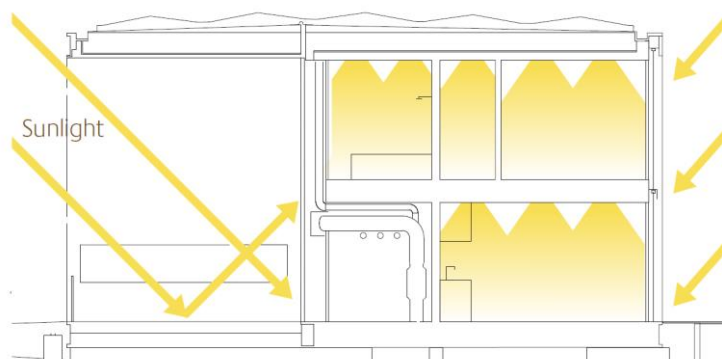
## 3.2.2. Sistemas passivos

### Ganhos passivos

#### Orientação de vãos e iluminação natural

Com a orientação dos seus vãos maioritariamente a nascente e também a poente isto permite uma excelente iluminação natural no interior da habitação. No entanto de maneira a regular a quantidade de radiação que entra na habitação, existe na fachada Este uma tela que funciona como

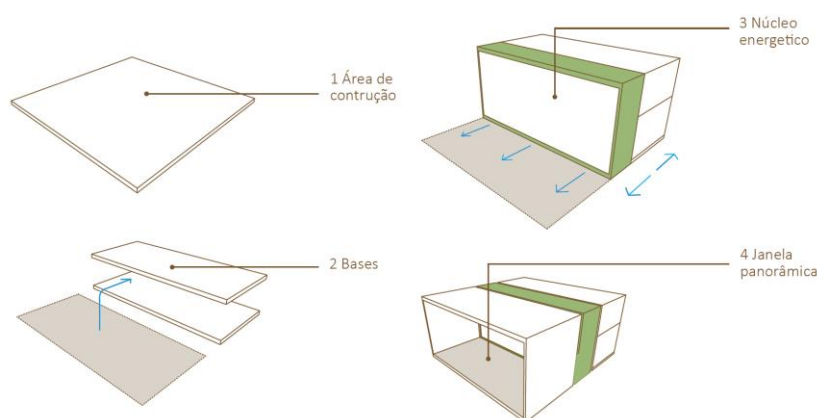
estore ajustável, já na fachada Oeste, este sistema foi considerado desnecessário, sendo que são os próprios elementos construtivos os que providenciam a proteção solar necessária. (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)



**Fig. 58 – Incidência de radiação solar sobre a habitação** (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)

#### Forma e conceito

O desenvolvimento deste projeto tinha como objetivo integrar uma habitação unifamiliar num ambiente urbano e, portanto, foi considerado que a melhor solução seria uma habitação compacta e otimizada para a localização pretendida. Além disso pretendia-se uma habitação extremamente eficiente, sendo que foi dada atenção a que a sua forma possibilitasse o máximo de ganho energético e também o mínimo de perdas energéticas. Estes objetivos, não deveriam de qualquer forma interferir com a comodidade do edifício, sendo por isso que foi definido que seria utilizado o máximo de espaço disponível, orientando a edificação cuidadosamente, o que lhe garante uma máxima área de exposição solar para sistemas de produção de energia renovável. Foi ainda definido que os elementos energéticos, teriam a sua base em um núcleo energético, onde se encontrariam todos os elementos de controlo da habitação.



**Fig. 59 – Conceito da Efficiency House Plus with E-mobility** (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)

### Vegetação

Existe vegetação na zona este da habitação, servindo de complemento o terraço privado existente, no entanto no que refere a ganhos energéticos, esta vegetação não foi pensada com este objetivo em mente.

### Isolamento térmico/inércia térmica

O isolamento é feito pelo interior das paredes, sendo o resultado da utilização de celulose projetada para o isolamento térmico da habitação e ainda da utilização adicional de isolamento de Cânhamo (*Cannabis ruderalis*) para um aumento do isolamento acústico.

## 3.2.3. Integração de sistemas renováveis

### Sistemas de aquecimento e arrefecimento renováveis

O aquecimento da habitação é da responsabilidade de um sistema radiante no solo, com recurso a uma bomba de calor, composto de o tanto quanto possível, materiais recicláveis. Sendo que a temperatura exterior é durante 312 dias do ano inferior a 18°C, aquecimento é uma necessidade a ter, no entanto, graças a boa exposição solar da habitação, o número dos dias em que é necessária a sua utilização foi reduzido significativamente.

Os sistemas de arrefecimento foram considerados desnecessários, sendo por isso o controlo da temperatura interior feito por sistemas de proteção contra a radiação solar e por sistemas de ventilação mecânica e passiva.

### Sistemas de energia renovável

A utilização de energias renováveis está por detrás do desenvolvimento do conceito desta edificação. Sendo por isso que foi decidido maximizar o espaço utilizado, desta forma permitindo que painéis fotovoltaicos montados sobre o edifício pudessem obter a melhor radiação possível na mais vasta quantidade possível. Como resultado, obteve-se uma habitação que não só alcança o necessário para se independentizar da rede local energética, mas que ainda é capaz de fornecer energia a automóveis elétricos, guardar energia para quando esta não estiver disponível de forma natural e ainda a possibilidade de partilhar energia com a rede energética.

A instalação de painéis fotovoltaicos é composta por 98 m<sup>2</sup> de painéis monocristalinos com uma eficiência de 15% montados na cobertura do edifício e 73 m<sup>2</sup> na fachada de 12% de eficiência. O conjunto é calculado que possui a capacidade de produzir aproximadamente 16 MWh por ano (Hendricks, 2014). Os custos da sua instalação não são conhecidos, no entanto, e possivelmente de forma mais interessante, com a elaboração deste protótipo e outros projetos dentro do programa *Efficiency Houses*, concluiu-se que o custo de uma instalação ao nível da *Efficiency House Plus*

poderá rondar entre 230 a 325€/m<sup>2</sup> sobre o custo base da obra. No que respeita elementos de forma individual (paredes e janelas de eficiência energética, sistemas de ventilação altamente eficientes, sistemas de bomba de calor, sistemas fotovoltaicos, sistemas de bateria elétrica) concluiu-se que estes poderiam rondar sobre 30 a 90€/m<sup>2</sup>, relata INTELI - Inteligência em Inovação (n.d.).

### 3.2.4. Implementação de domótica

Possui um sistema de controlo energético inteligente, que ao mesmo tempo comunica com o utilizador através do seu smartphone pessoal, estando preparada também para que o seu sistema seja vinculado a veículos futuros que permitam o utilizador ter acesso a toda a informação relevante.

O sistema adotado cria um balanço positivo no consumo energético, garantindo que não seja criado um pico de consumo, encontrando a melhor solução para manter um correto funcionamento da habitação. Uma forma em como realiza essa tarefa é em encontrar períodos do dia em que o sistema autónomo considera mais benéficos. O abastecimento energético dos veículos ocorrerá durante o dia havendo energia suficiente para ser disponibilizada para esta função, ou então através da rede energética pública durante a noite, havendo sempre a possibilidade de esta ser depois devolvida através das energias renováveis da habitação. Uma outra característica pertinente, é a capacidade do sistema de domótica, autonomamente ser capaz de prever condições climáticas, criando ele um estudo sobre o que será capaz de recolher e o que será gasto baseado na sua experiência, podendo assim ajustar parâmetros e balanceando entre as baterias, corrente gerada e rede elétrica pública (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012).

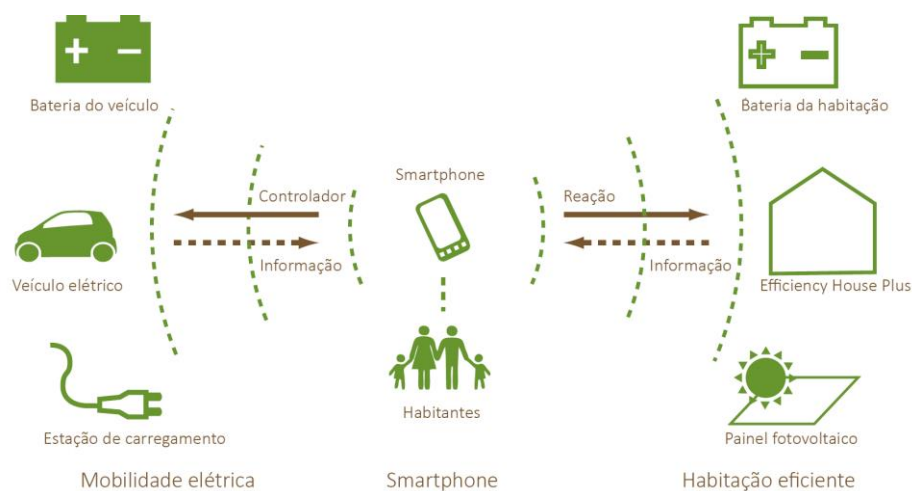


Fig. 60 – Conceito de domótica (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)

### 3.2.5. Desenho técnico e esquemas de funcionamento

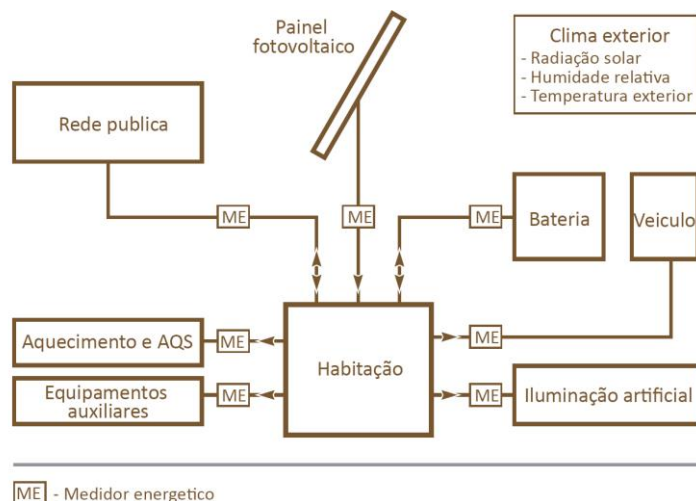


Fig. 61 – Esquema de funcionamento do sistema de domótica (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)

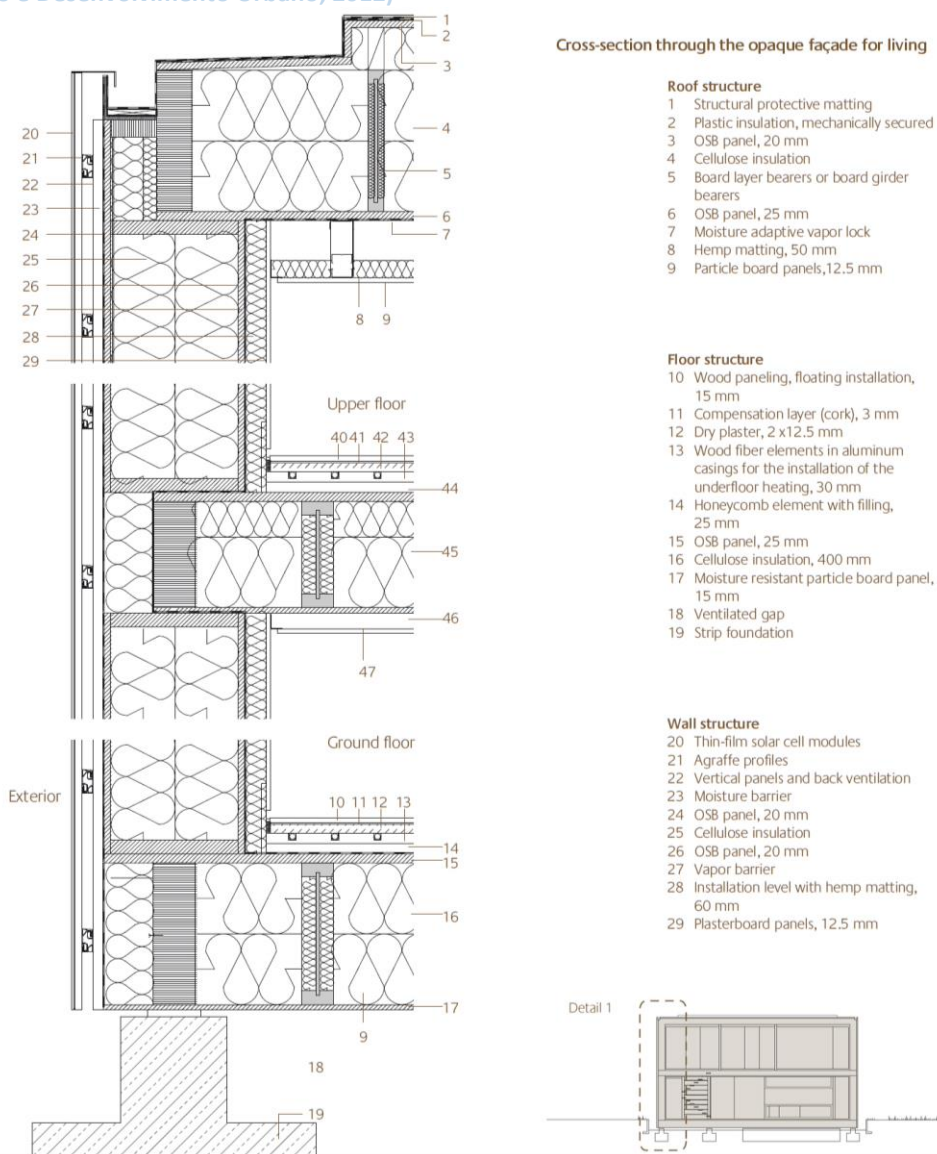
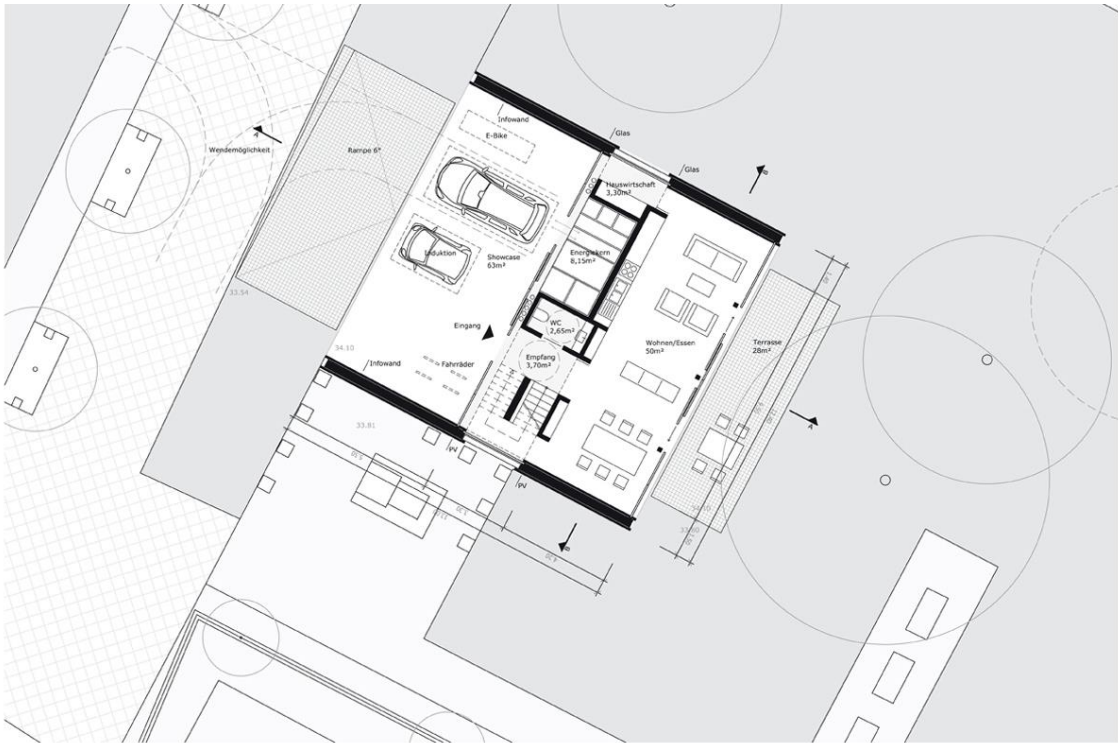
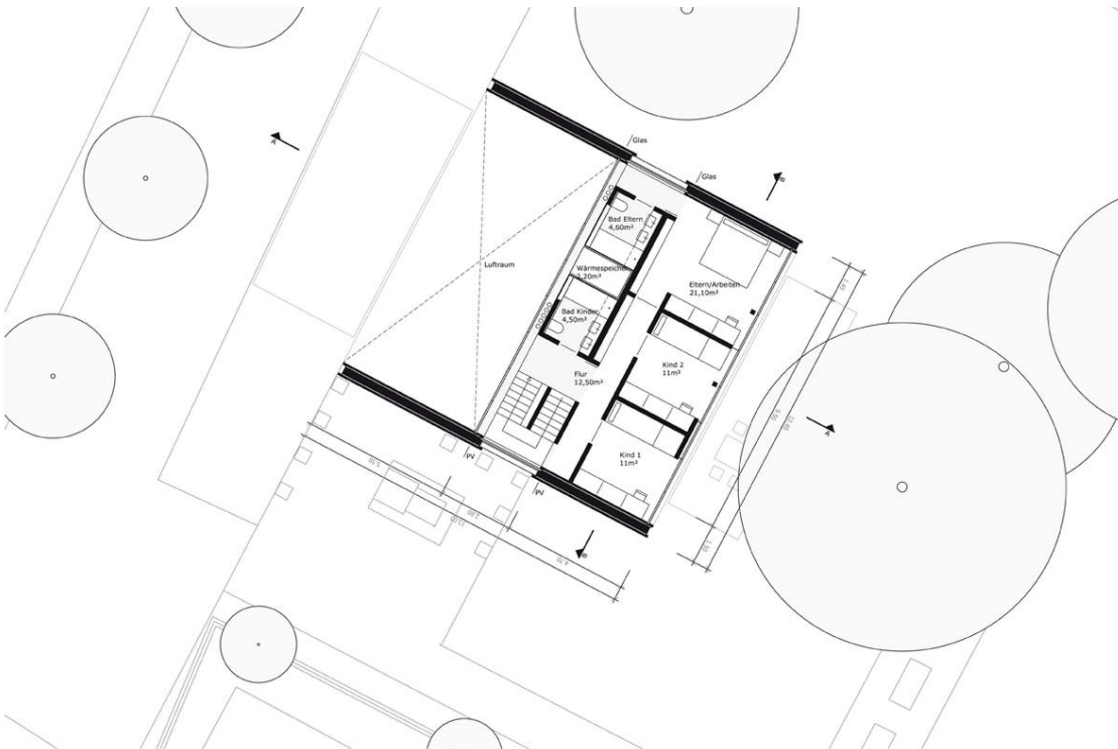


Fig. 62 – Detalhe construtivo da fachada sul da Efficiency House Plus with E-mobility (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)



**Fig. 63 – Planta do piso 0 da Efficiency House Plus with E-mobility**

(<https://www.archdaily.com/94774/plus-energy-house-with-electromobility-ilek>)



**Fig. 64 - Planta do piso 1 da Efficiency House Plus with E-mobility**

(<https://www.archdaily.com/94774/plus-energy-house-with-electromobility-ilek>)

### 3.2.6. Resultados

Graças a simbiose criada entre a habitação de características nZEB e a utilização da domótica como elemento potencializador, os resultados foram extremamente agradáveis. Em 2012/2013 foram analisados estes resultados e a eficiência da habitação, concluindo-se que a energia gerada pelos painéis fotovoltaicos era mais do que a suficiente para alimentar a habitação produzindo 65.6 kWh/m<sup>2</sup>.ano. Sendo a necessária para alimentar a habitação de apenas 61.3 kWh/m<sup>2</sup>.ano. Tendo em conta que as condições climáticas nem sempre são favoráveis, o sistema autónomo da habitação toma a liberdade de retirar da rede publica 28.8 kWh/m<sup>2</sup>.ano, no entanto devolvendo a esta 33.3 kWh/m<sup>2</sup>.ano. Isto significa que não só esta habitação devolve a energia que utilizou, mas significa também que graças a uma boa gestão energética possibilitada pela domótica, é capaz de doar do seu sistema 4.5 kWh/m<sup>2</sup>.ano, provendo este sistema de um rácio de 107% de energias renováveis contribuídas (Erhorn & Erhorn-Kluttig, 2014).

#### UTILIZAÇÃO ENERGÉTICA

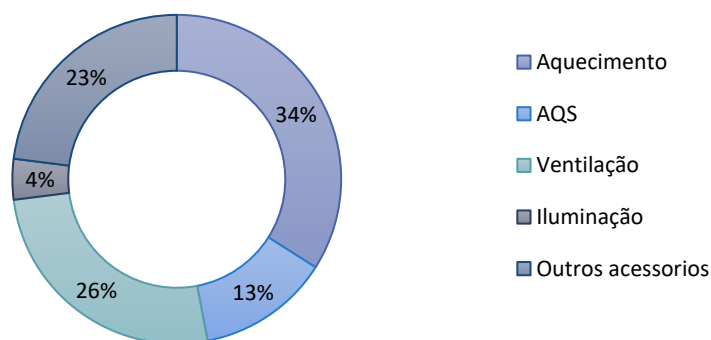


Fig. 65 - Utilização energética da Efficiency House Plus with E-mobility (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)

#### PROJEÇÃO DE ENERGIA PRODUZIDA E UTILIZADA ANUALMENTE

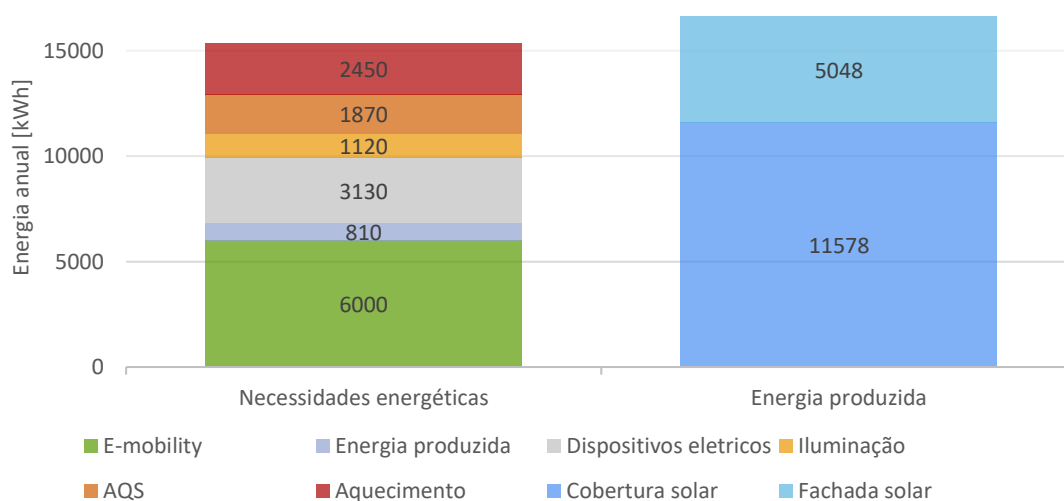


Fig. 66 - Projeção de energia produzida e utilizada anualmente, valida a outubro de 2011 (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)

### 3.3. Análise comparativo

---

Casos de estudo são uma excelente forma de verificar informações obtidas através de diferentes fontes. Permitem que seja feita uma comparação entre o que é esperado e o que acontece na realidade, verificando a sua validade e provendo informações de como foi abordado um problema e que resultados foram obtidos de uma solução.

Neste caso foram analisados casos de estudo que nos permitem observar os efeitos da domótica em duas tipologias de edifícios, um edifício público de grande volume e um edifício habitação unifamiliar. Edifícios estes que se consideram nZEBs ou de uma classe superior, denominados de PEBs (edifício de energia positiva), de forma a verificar a eficácia da aplicação da domótica e como é abordada a sua aplicação nestes dois diferentes casos.

A análise realizada aos casos de estudo permite retirar conclusões sobre o aumento da eficiência de um nZEB. Isto demonstrando a importância de uma catalogação que permitirá ao arquiteto tomar as melhores decisões na sua abordagem ao projeto. Guiando-se assim por uma catalogação que leva em consideração o aumento da eficiência energética e não outros parâmetros menos relevantes quando falamos de um nZEB.

O primeiro caso de estudo analisado tratando-se de um edifício público, a Câmara Municipal de Freiburg, é descrito como o primeiro edifício público de energia positiva no mundo. Tendo sido desenvolvido debaixo de um conceito de “*green-campus*”, pretendia a consciencialização para o meio ambiente, ao mesmo tempo que respondendo as necessidades do programa, que passava pela unificação de diversos setores de serviços estatais. Reunindo-se todos estes elementos debaixo de um teto, albergando mais de 800 funcionários e uma creche no centro da cidade, criando uma praça pública que a unifica.

A sua forma tubular peculiar faz com que não haja uma orientação do edifício em particular, estando desta forma os seus vãos distribuídos uniformemente ao seu redor, orientados ao exterior e interior do edifício. Utilizando por isso uma combinação de persianas, painéis fotovoltaicos e elementos estruturais como forma de controlar os ganhos energéticos causados pela radiação solar direta. Além disso recorre-se ainda à utilização de claraboias para o piso térreo, estendendo-se este sobre toda a área do edifício, evitando assim a utilização excessiva de iluminação artificial. Com este arranjo de aberturas e controlo passivo, foi possível uma redução significativa de iluminação artificial e a necessidade de aquecimento, aumentando apenas nas estações de arrefecimento.

Uma outra forma de controlo passiva aplicada passa pelo recurso a vegetação. Não necessariamente vegetação alta, mais bem uma cobertura verde. Esta localizada no centro do

edifício, que devido a sua forma tubular cria um microclima que é regulado pela cobertura verde, evitando problemas térmicos no piso térreo.

A produção de calor é realizada por sistemas sustentáveis, utilizando primariamente bombas de calor e recorrendo a uma caldeira a gás apenas em situações extraordinárias. O arrefecimento é realizado pelo piso e teto radiante, utilizando a salmoura do lençol freático. Estes funcionando de forma autónoma controlados por domótica, recorrendo a sistemas de previsão meteorológica e gerindo automaticamente a qualidade térmica do interior.

Também recorrendo ao máximo aproveitamento da forma, foi possível maximizar a exposição solar, sendo isto importante para a aplicação de painéis fotovoltaicos numa fachada inteligente, permitindo uma sustentabilidade energética significativa, estando a fachada responsável por pelo menos 32% da produção elétrica. Recorrendo a domótica, também é possível um controlo personalizado do interior, com um sistema desenhado para uma fácil instalação que minimiza a necessidade de instalações complexas, reduzindo assim os custos e o tempo necessário. Funcionando a base de eixos permite um controlo detalhado, regulando temperatura, iluminação (trabalhando em conjunto com DALI) e controlo individual de espaços. A domótica também é responsável por regular as perdas térmicas, fechando as persianas durante a noite o que melhora a inércia térmica do edifício, vigiando também por condições climatéricas prejudiciais que possam causar danos a este sistema. A parte disto, o sistema de domótica é regulado através de um browser, o que permite o utilizador regular individualmente o seu espaço.

O resultado é um edifício altamente eficiente, em que apesar de alguns problemas encontrados em 2018, foi capaz de produzir pelo menos 98% da energia primária necessária, estabelecendo-o como um nZEB. Calcula-se que na ausência destes problemas encontrados seria possível alcançar um excesso de até 30 MWh. Considerando-se assim que o edifício verifica que a aplicação deste tipo de sistemas de aquecimento e arrefecimento, juntamente com um controlo detalhado pela domótica, representam uma pedra angular no desenvolvimento futuro de outros edifícios PEB.

Um outro exemplo dos benefícios da domótica num edifício nZEB é o da Efficiency House Plus with E-mobility em Berlim. Trata-se de um edifício piloto que é capaz de produzir a sua própria energia, inclusive partilhando-a com veículos elétricos e/ou com a rede pública. Dividindo-se essencialmente em três componentes, uma área coberta que funciona como garagem e proteção solar, um bloco destinado principalmente aos mecanismos do edifício e o terceiro bloco destinado á habitação em si.

Este projeto localizado no centro da cidade, encontra-se orientado a poente e nascente onde se encontram a maior parte dos vãos, permitindo uma excelente iluminação natural no interior. O

objetivo do edifício era o de criar uma habitação que maximiza o ganho energético e minimiza as perdas, nunca interferindo com o conforto da habitação. Como forma de regular a iluminação e os ganhos diretos causados pela radiação solar, possui a nascente uma tela que funciona como estore, tendo sido considerado desnecessário a poente devido a cobertura naturalmente causada pela arquitetura do projeto (Fig. 58).

De forma a regular as perdas energéticas e melhorar a inércia da habitação, foi optado um isolamento pelo interior. O aquecimento é realizado por um sistema radiante no solo recorrendo a uma bomba de calor. Estando localizada numa área em que as temperaturas são baixas na maior parte do ano, o aquecimento é uma necessidade, mas optou-se por não aplicar sistemas de arrefecimento, sendo apenas utilizado um controlo de exposição cuidado, juntamente com o bom planeamento da orientação do edifício.

Quanto a energia elétrica, foram colocados painéis fotovoltaicos na cobertura, alcançando assim um edifício independente da rede elétrica. Este é capaz de sustentar as necessidades energéticas da habitação, partilhar a sua energia com veículos elétricos e também armazenar ou partilhar com a rede pública a energia em excesso. Como parte disto, a domótica representa um papel importante, executando um controlo energético constante. O sistema aplicado permite ao utilizador obter as informações todas que necessite, mas também está preparado para um futuro em que possa comunicar com os veículos vindouros.

Outros detalhes da domótica são a sua capacidade de tomar decisões. Esta disponibilizará energia para os veículos durante o dia, quando esta é mais abundante, ou utilizará a rede elétrica pública durante a noite para o efeito. Após isso, devolverá a energia a rede pública durante o dia, mantendo nulo o défice energético. Aparte disto o sistema recorre a previsões climatéricas para tomar decisões relativas à habitação. Criando um estudo baseado em experiências recolhidas, balançando a utilização das baterias, capacidade de produção elétrica e a rede pública.

Os resultados são promissores produzindo mais energia do que a necessária entre 2012/2013. O sistema autónomo retirou energia quando precisou da rede pública, devolvendo posteriormente um valor maior à rede, o que foi permitido graças a uma boa gestão da domótica, que permitiu que houvesse um excesso para poder ser partilhado com a rede.

Em conclusão observa-se o papel importante desempenhado pela domótica. Podemos observar que estes dois edifícios, desenvolvidos para haver as menores perdas térmicas possíveis e serem o mais neutros possível energeticamente, foram potencializados pela domótica. É possível desta forma, fazer o argumento da eficácia da domótica por si só já que é esta que leva estes edifícios

mais além. No entanto podemos observar que o verdadeiro ganho em eficiência está numa associação de duas tecnologias, em que cada uma explora o melhor potencial da outra.

#### Como?

- Como contribui a domótica para o aumento da eficiência energética da habitação nZEB?

C

- nZEB trabalha em conjunto com a domótica para potencializar o ganho energético;
- Consta-se uma aplicação de técnicas passivas que são acompanhadas de um fator tecnológico que lhes garante uma vantagem sobre uma técnica tradicional;
- Possibilidade de controlar ambientes manualmente e de forma individual, garantindo que continue a haver eficiência energética;
- Controlo automatizado da fachada permite assegurar a integridade de componentes que desempenham um fator importante na conservação energética;
- Combinação da arquitetura com um fator de mobilidade, aumentando a eficiência do nZEB mas também do dia a dia do utilizador;
- Verifica-se que a domótica por si só é capaz de garantir melhorias na eficiência energética, no entanto é a combinação de técnicas construtivas com a domótica que possibilita o melhor resultado possível;

Fig. 67 – Síntese do contributo da domótica em nZEB (Autoria própria)



#### 4. Sistematização da informação

As discussões sobre "edifícios do amanhã" seguem principalmente uma das duas rotas separadas. Do ponto de vista de edifícios energeticamente eficientes ou sustentáveis, questões como eficiência de recursos e uso de energias renováveis são levantadas, enquanto a perspectiva de 'automação predial' faz uso extensivo de tecnologias de informação e comunicação (TIC) com uma resposta inteligente aos requisitos do usuário. Esses dois caminhos geralmente são seguidos isoladamente, sem muito esforço sendo feito para explorar as sinergias entre eles. - (Rohracher, 2002, p. 8.241)

Desde o surgimento da domótica (Addington & Schodek, 2005), o material inteligente, torna-se a principal resposta as necessidades do século XXI, aparecendo em todo tipo de áreas desde aviões inteligentes, nano sistemas e inclusive na arquitetura com as casas inteligentes.

Acompanhando este crescimento e procura por um futuro inteligente, acrescenta Li, Li, Mak e Tang (2016), em décadas recentes se tem observado o aumento do consumo energético, consumo e escassez de recursos como a água e o aumento de emissões de CO<sup>2</sup>, responsáveis por aos poucos destruir o nosso planeta. Por conseguinte, causando um crescimento no surgimento de novas tecnologias de forma a tentar balançar o consumo dos nossos recursos. Deste modo, aplicativos inteligentes para a habitação surgem numa altura ideal para potencializar a forma como vivemos e providenciar soluções sustentáveis, aumentando a eficiência energética num conceito nZEB.

A casa inteligente é uma terminologia correntemente utilizada com a ideia de domótica, referindo-se ao meio em como a domótica distribui informação e comandos (Li, Li, Mak, & Tang, 2016), através de uma rede que interliga diferentes dispositivos e partilhando a informação com outros através da internet. Através deste mecanismo de partilha de informação, o utilizador receber informação e pode interagir com a mesma em qualquer lugar ou momento, controlando sistemas de segurança, iluminação ou climatização. Sobretudo trazendo o potencial de conservar energia e aumentar a segurança e eficiência energética (Balasubramanian & Cellatoglu, 2008). No entanto, refere Rohracher, apesar de a domótica não ser um campo de estudo novo e já existir há vários anos, nunca penetrou bem o mercado até recentes anos, tendo entrado principalmente pelo sector industrial e mostrando os seus benefícios (Rohracher, 2002).

Dentro de todas as aplicações da domótica, as com o maior potencial para o aumento da eficiência energética são as que estão relacionadas com os sistemas de climatização e iluminação. Estes sistemas podem incluir diversas funções variando desde o controlo de climatização, ventilação de espaços, iluminação, presença do utilizador e outros. Podendo ainda ser criados padrões e automações de acordo com o que o sistema seja capaz de registrar. No entanto de outras maneiras, refere ainda Rohracher, a domótica pode cooperar para a eficiência energética, especialmente provendo informação instantânea sobre os consumos realizados ao instante ou sobre um período (Rohracher, 2002). Permitindo, à distância, o utilizador poder fazer alterações e uma gestão pessoal da energia que esta a ser despendida.

Neste sentido, pretende-se agora responder ao segundo e último objetivo, catalogar sistemas tecnológicos de domótica aplicável ao conceito de nZEB. Tendo em vista que nZEB pretende essencialmente uma melhoria da eficiência energética, faz sentido que esta catalogação seja direcionada nesta direção, fornecendo uma ferramenta de trabalho para o arquiteto. Não sendo

este um ramo de estudo da arquitetura, a domótica pode tornar-se um meio desconhecido e um vasto campo de elementos, os quais podem ajudar o aumento da eficiência energética, mas também outros menos relevantes para o conceito nZEB. Com esta catalogação, não pretendendo ela ser completa ou recolher toda a informação, possibilita um conhecimento básico do que existe no mercado e aspetos essenciais para o aumento da eficiência de nZEB.

Como forma de catalogar os sistemas, é primeiramente realizada uma tabela que permite obter uma informação rápida sobre os meios de comunicação associados a diferentes protocolos de domótica. Indicando-se assim a sua forma de comunicação, com fios ou sem fios, podendo esta ser por radiofrequência, infravermelhos, rede elétrica e outros. De novo é importante realçar que esta listagem não pretende ser completa no que refere os protocolos ou meios de comunicação. Isto porque existe um número extenso de protocolos e possivelmente outros meios de comunicação não mencionados. No entanto esta listagem inclui sim os meios de comunicação mais comuns utilizados pela domótica e os protocolos mais usuais e comercializados.

Em segundo ponto, é realizada a catalogação que responderá ao objetivo. Esta também não sendo completa, pretende sim permitir um conhecimento mais alargado sobre as possibilidades disponíveis. O mercado da domótica e todas as tecnologias e avanços que envolve está constantemente em mudança, havendo cada vez mais formas de abordar um problema e cada vez com mais eficiência. No entanto a catalogação reflete diversos elementos disponíveis ao dia de hoje, que nos permite atingir o objetivo do aumento da eficiência energética. Baseada em três protocolos que representam o existente no mercado, e depois de serem analisados vários fabricantes de dispositivos, apenas alguns deles estão presentes na catalogação. Sendo que seria redundante incluir um número muito maior de fabricantes ou protocolos, comercializando todos eles, de uma forma ou de outra, dispositivos com características semelhantes ou que permitem resultados idênticos.

## 4.1. Arquitetura e domótica

Sendo nZEB essencialmente uma forma de abordagem à envolvente do projeto, requerendo cuidados no desenho arquitetónico para uma maximização da eficiência energética, a domótica encaixa-se como uma forma de encontrar um aumento acrescido dessa eficiência. Esta trás para a arquitetura uma componente tecnológica que maioritariamente passa despercebida.

O objetivo de nZEB é teoricamente alcançar um consumo quase nulo das energias necessárias para a gestão do edifício sem comprometer o conforto dos utilizadores. Sendo este um ponto de partida também para uma relação de nZEB com a domótica, a que permite aumentar a eficiência de sistemas passivos, maximizar o potencial de uma arquitetura bioclimática e virtualmente eliminar o fator de erro humano, tratando-se de um mecanismo automatizado. Ao mesmo tempo possibilita uma forma de gestão de energias renováveis, já que passam a ser obrigatória a sua utilização, assim como uma forma de apoio a sistemas de preparação de AQS.

Conforme foi possível observar na análise comparativa dos casos de estudo, a domótica possibilitou a elevação de projetos de arquitetura bioclimática nZEB. Apesar de se tratarem de projetos no estrangeiro, o objetivo foi o de observar o impacto da tecnologia da domótica num projeto passivo. O que demonstrou, em ambos os casos, um balanço positivo no aumento da eficiência energética. Maximizando o desempenho de sistemas passivos aplicados e também o bom planeamento do projeto. Conclui-se por isso que apesar de a domótica representar um avanço na eficiência energética, o seu verdadeiro potencial encontra-se numa boa relação com a arquitetura. Desta forma sendo importante que se continue a projetar com uma mentalidade sustentável onde a domótica poderá permitir o avanço no caminho para o aumento da eficiência energética.

Desta forma fundamenta-se a necessidade de uma catalogação que permitirá rapidamente obter uma base para o planeamento de sistemas de domótica a incluir no projeto de arquitetura. Esta catalogação direcionada ao aumento da eficiência energética de nZEB deverá por isso incluir apenas aqueles sistemas que permitem este aumento. É importante referir que a catalogação não é completamente abrangedora, isto é, não inclui inúmeros dispositivos disponíveis no mercado atual e todos os protocolos existentes. Sendo o objetivo desta de criar um resumo expandido do que se poderá considerar utilizar, fornecer informação sobre diferentes gamas de dispositivos e não sobre todos os disponíveis. De igual forma a catalogação resume-se a apenas 3 protocolos de comunicação, que de igual forma resumem a disponibilidade atual em termos de fabrico e comunicação entre dispositivos.

Apresentam-se ainda fichas de autoria própria, relativas a cada grupo catalogado, que permitem observar visualmente a relação entre a arquitetura de nZEB com recurso a sistemas passivos, com

a utilização de domótica como forma de maximização dos resultados obtidos por parte da arquitetura. Sendo possível analisar os diferentes grupos catalogados e os diferentes recursos que poderão ser abrangidos pela domótica, assim como a sua integração num projeto arquitetónico. Como complemento às fichas e à catalogação, a figura abaixo (Fig. 68) permite uma visualização rápida dos recursos afetados.

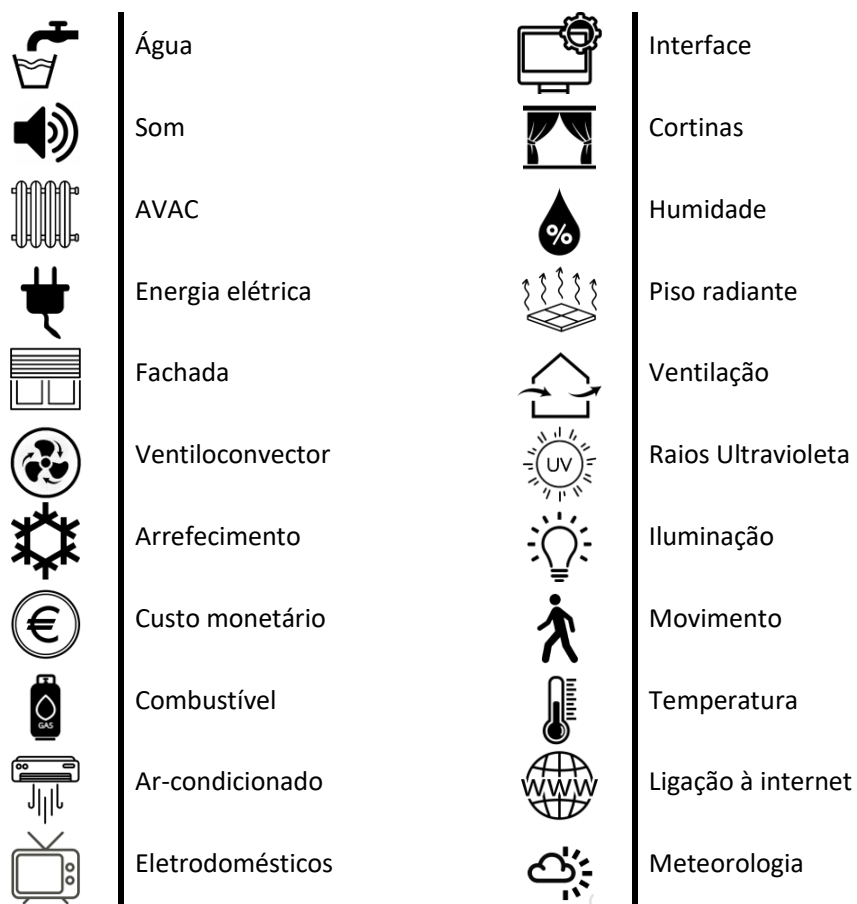


Fig. 68 - Simbologia de recursos para atuação da domótica (Autoria própria)

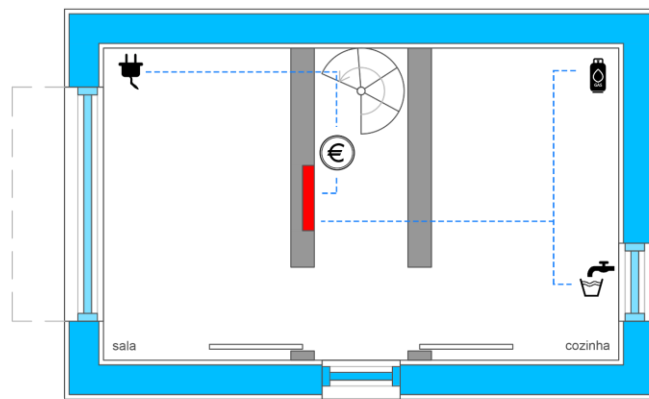
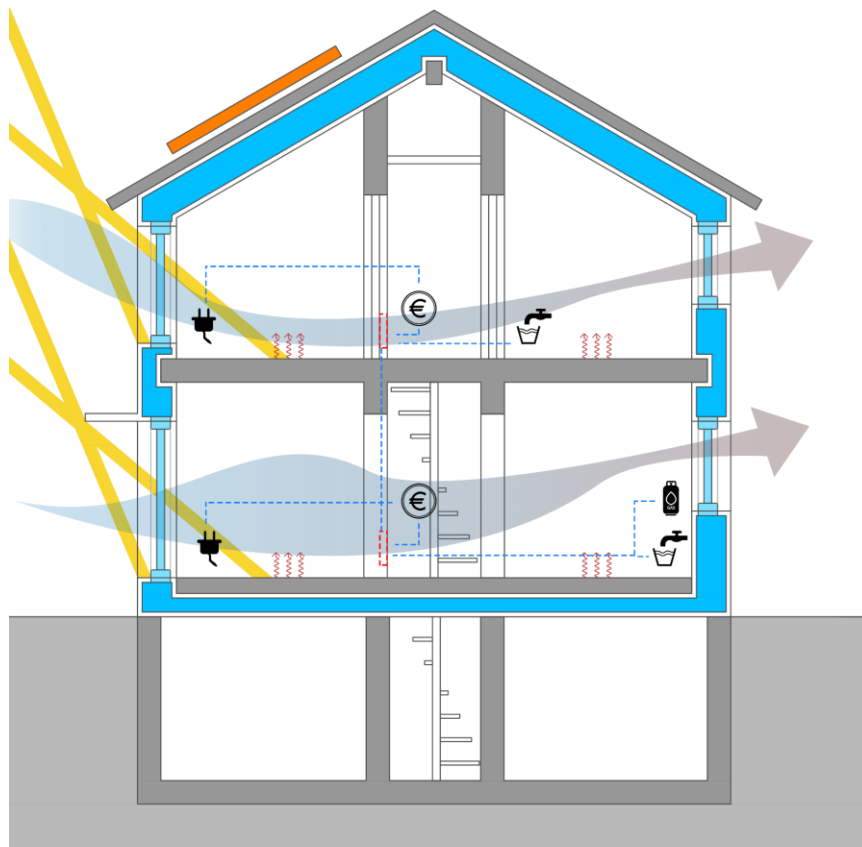
### Monitorização de recursos

---

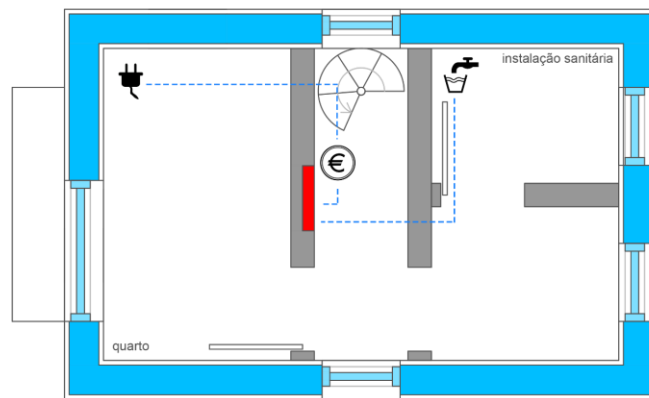
Dispositivos que permitem a monitorização dos recursos permitem o utilizador obter informação relevante sobre a gestão destes. Esta informação permite que sejam feitas alterações na rede ou até incentivar uma alteração de comportamento dos utilizadores de forma a maximizar a eficiência energética.

Existe ainda a possibilidade de programação dos dispositivos para de forma automatizada realizarem ações de forma a maximizar a gestão e eficiência energética.

Estes podem ser utilizados para calcular o consumo energético de virtualmente qualquer mecanismo consumidor de recursos, o que aporta um controlo total da energia despendida pela edificação.



rés do chão



1º andar



Fig. 69 - Monitorização de recursos (Autoria própria)

### Climatização

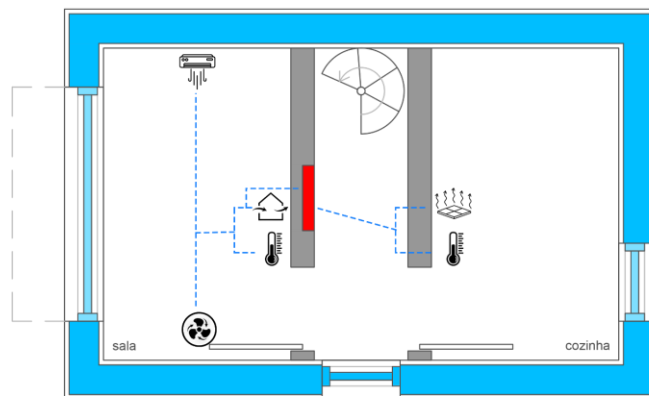
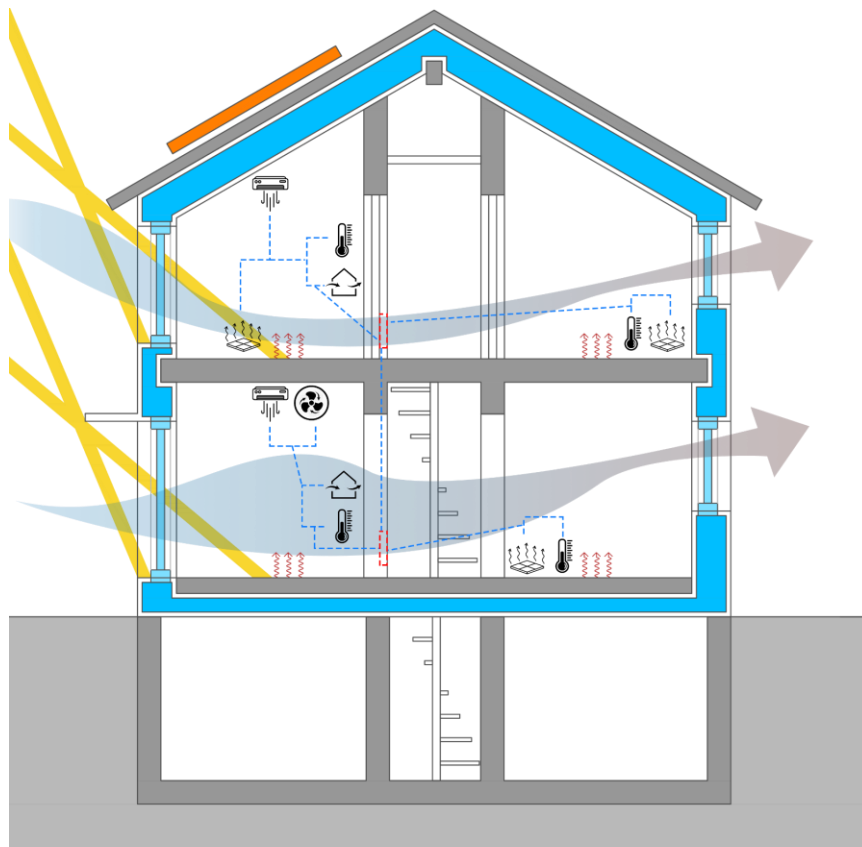
---

O processo de controlo da climatização passa pela associação de diferentes dispositivos para que a sua eficiência seja a maior possível.

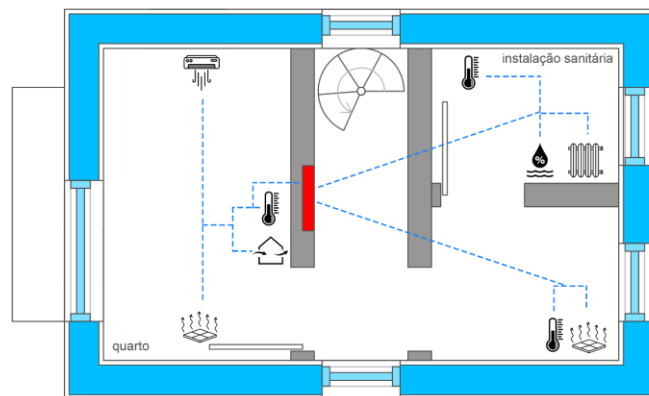
Entre estes, encontram-se principalmente os sensores e os atuadores. Os sensores facilitam a informação ao sistema de domótica da habitação, que por sua vez pode tomar decisões e agir sobre elas com recurso aos atuadores.

Acrescenta-se também a vantagem de poderem ser adaptados a todas as divisões, garantindo um controlo minucioso da climatização.

Note-se ainda que os sistemas de climatização podem ser apoiados também por sistemas de fachada (Grupo D), maximizando ganhos passivos de forma a atingir um maior aumento da eficiência energética.



rés do chão



1º andar

Isolamento térmico	Solestícios solares	Bastidor	Ventilação natural	norte
Matéria com inércia	Painel solar	Radiação		

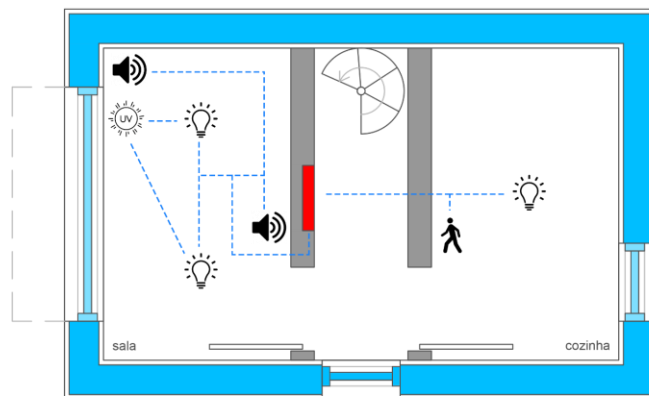
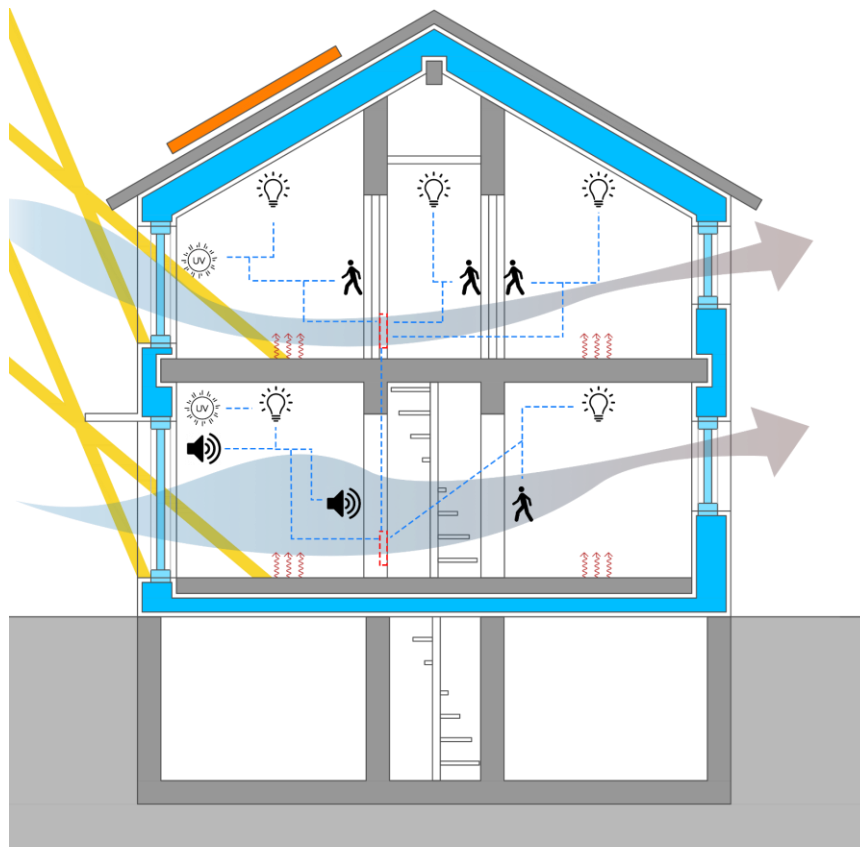
Fig. 70 – Climatização (Autoria própria)

### Iluminação

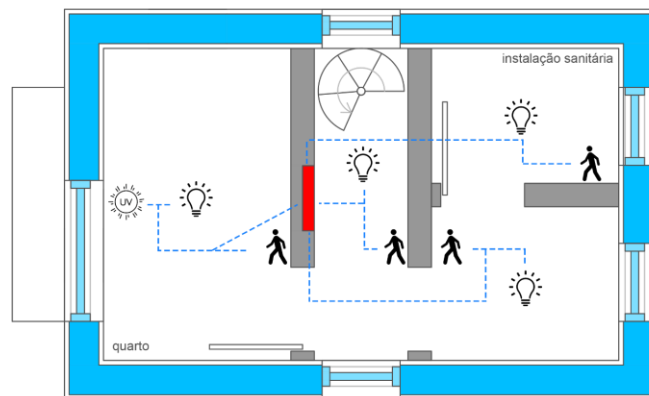
---

Os sistemas de iluminação quando associados com sensores de luminosidade, movimento, presença, atuadores ON/OFF e dimmer, garantem uma correta gestão da necessidade luminosa. Garantindo um conforto visual acrescido, mas sobretudo agindo em função do aumento da eficiência energética.

Como outros sistemas de gestão de domótica, a sua eficácia reside na sua associação com sensores, mas também na interação com outros sistemas, nomeadamente sistemas de fachada (Grupo D). Obtem-se assim um equilíbrio correto entre luminosidade artificial e natural. Isto nunca retirando do utilizador a possibilidade de executar um controlo manual.



rés do chão



1º andar

Isolamento térmico	Solestícios solares	Bastidor	Ventilação natural	norte
Matéria com inércia	Painel solar	Radiação		

Fig. 71 - Iluminação (Autoria própria)

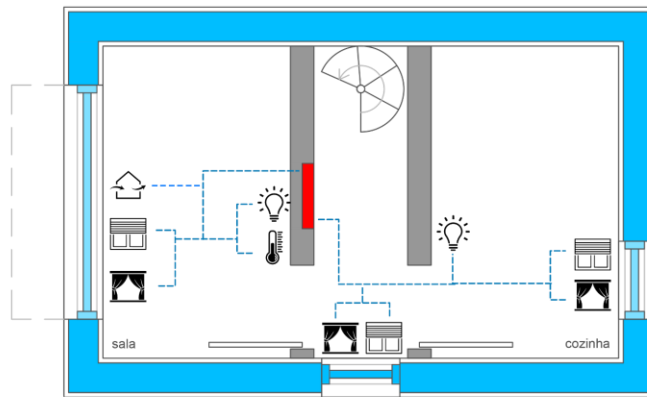
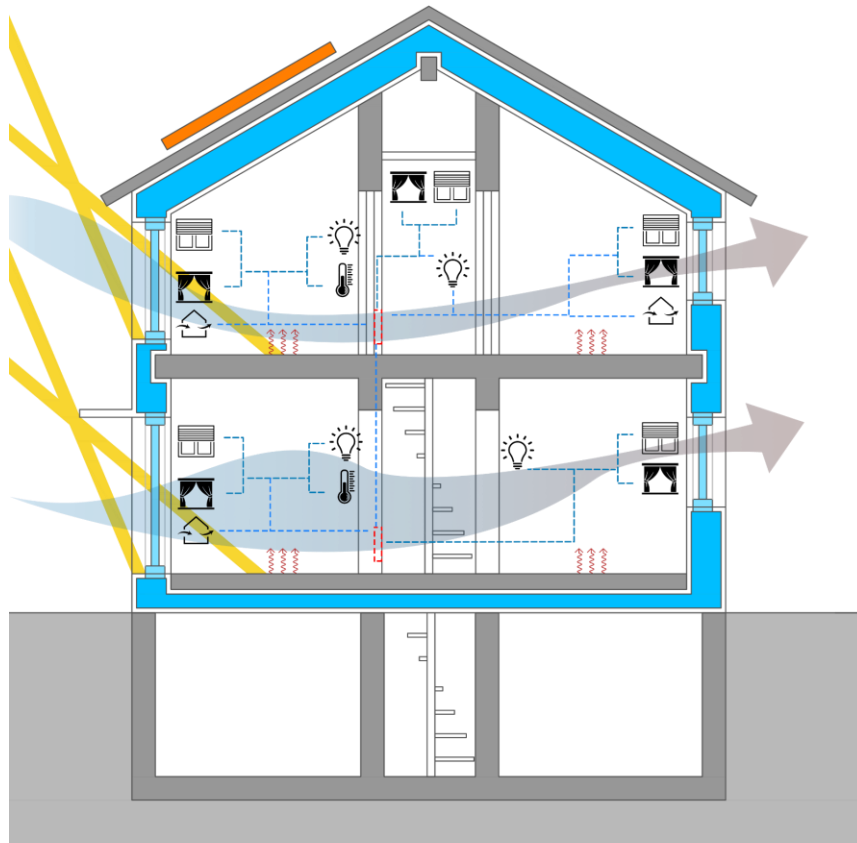
### Controlo de fachada

---

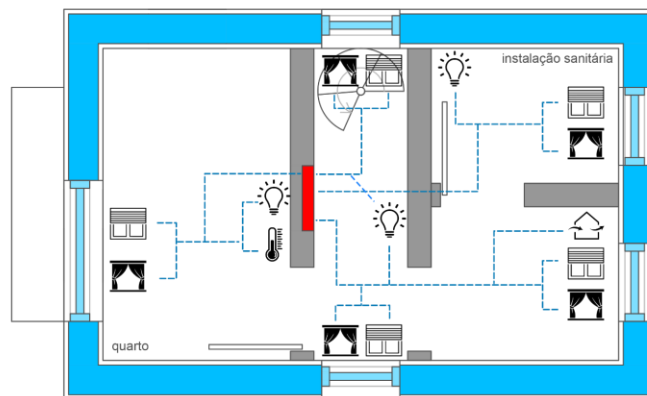
O controlo da fachada é de importância acrescida, este pode estar associado com sistemas de luminosidade e/ou climatização (Grupos B e C).

Atuando diretamente na envolvente do edifício, estes representam uma interação direta com sistemas passivos presentes no projeto. Sendo por isso importante a informação provida por sensores dos grupos B e C que permitem a rede de domótica encontrar um equilíbrio adequado para maximizar a sua eficiência energética.

Estes sistemas sobretudo funcionam como um apoio para outros sistemas e procuram encontrar um correto equilíbrio energético necessário para uma gestão eficiente da energia.



rés do chão



1º andar



Fig. 72 – Controlo de fachada (Autoria própria)

### Multifunções

---

Os sistemas multifunções representam um grupo de dispositivos que não tem uma função específica. Estes podendo ser sensores que calculam um vasto número de informações, desde luminosidade, temperatura, ventilação, humidade, radiação UV, meteorológica, entre outros.

Podem ainda representar atuadores que de igual forma tem a capacidade para controlar diferentes elementos, normalmente de diferentes categorias ou grupos e outros que simplesmente funcionam como uma forma de conectividade de eletrodomésticos para que possam ser controlados pela rede de domótica.

No entanto representam um grupo importante no sentido que poderão facilitar instalações de domótica e/ou servir como sensores multifacetados para outros sistemas de controlo.

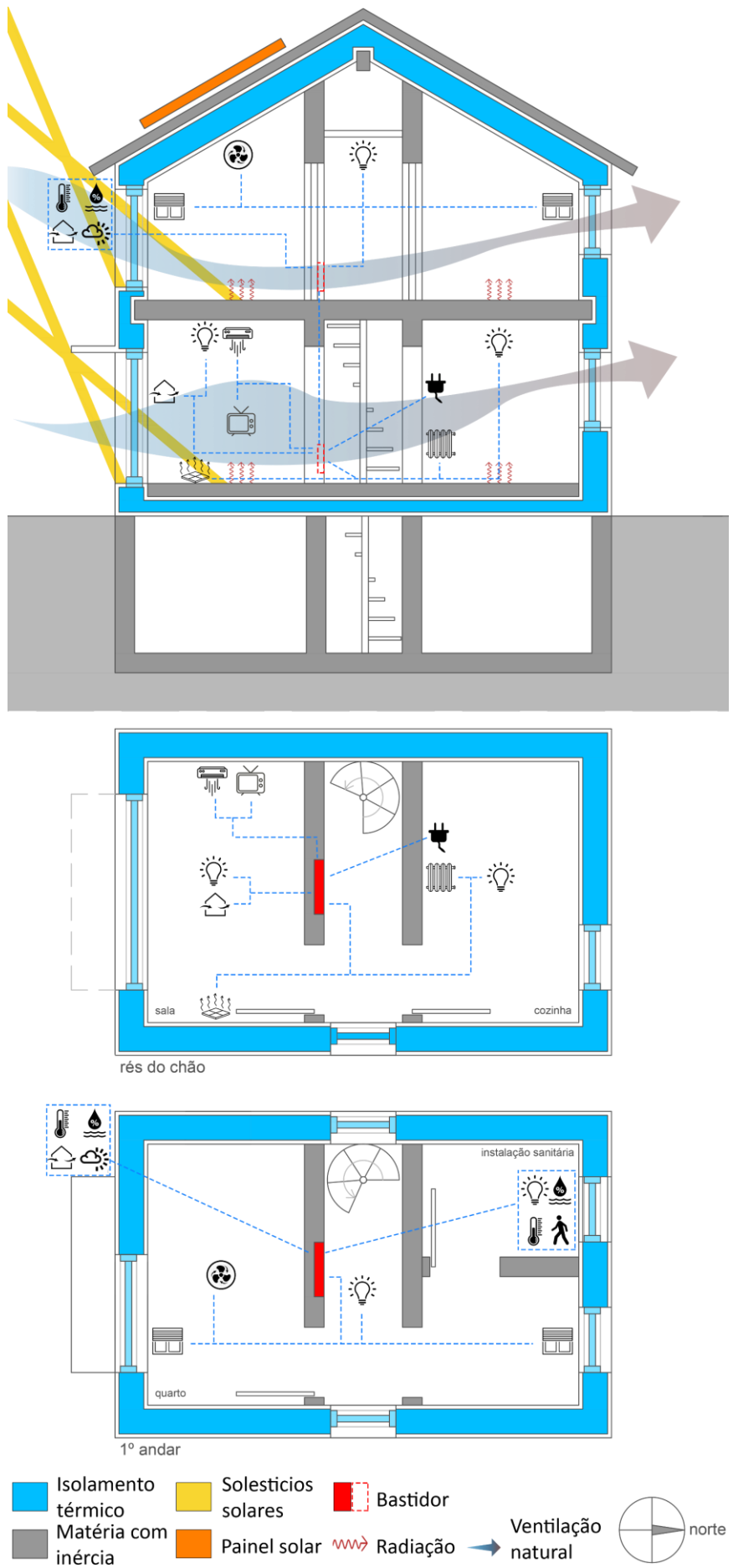


Fig. 73 – Multifunções (Autoria própria)

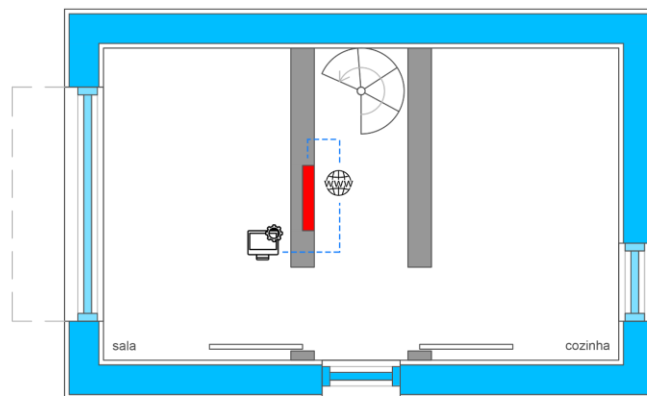
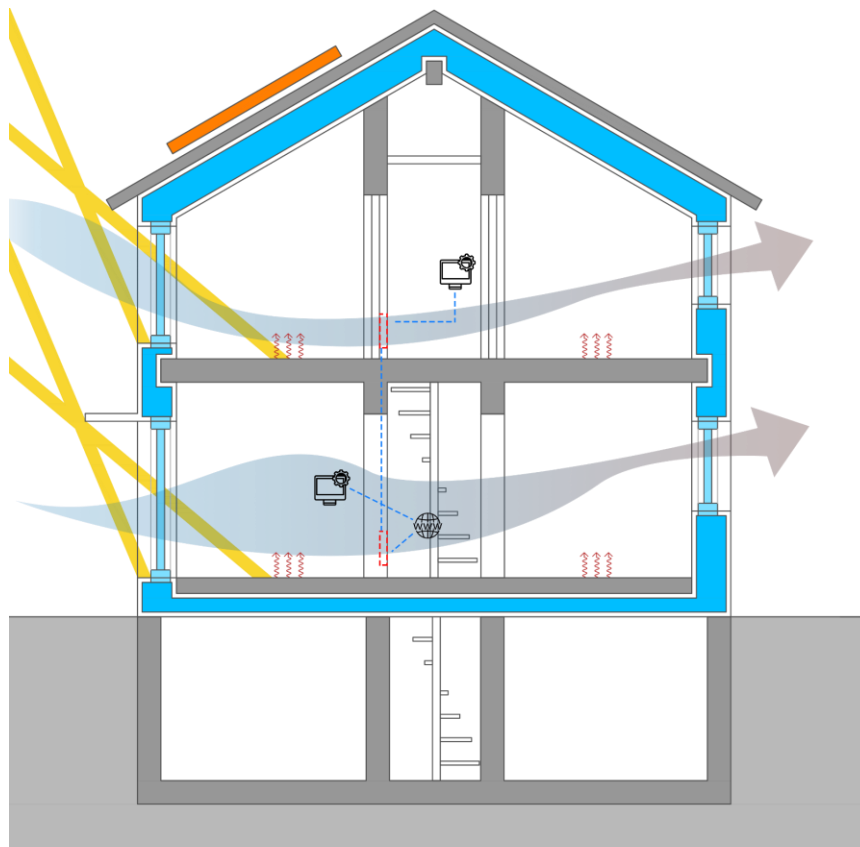
### Interfaces e controladores

---

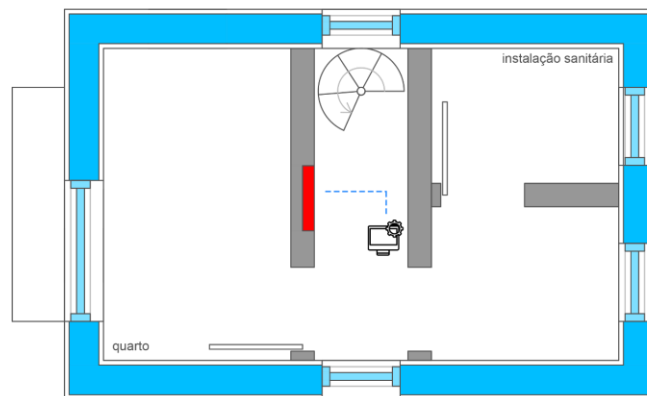
Os interfaces e controladores são a componente que faz a ligação da rede com a componente humana.

Estes permitem o utilizador obter todo tipo de informações sobre o edifício, desde controlo de fachada, climatização, iluminação e monitorização de recursos e permitem ainda controlar inúmeros dispositivos domésticos. Sendo desta forma uma peça importante do sistema de domótica, não só aumentando o conforto do utilizador, mas sobretudo capaz de prover a informação necessária para que exista um aumento da eficiência energética.

Através dos controladores e interfaces o utilizador poderá fazer ajustes na rede, encaixando-se com as suas necessidades que poderão variar com o passar do tempo e nunca perdendo de vista o aumento da eficiência energética.



rés do chão



1º andar



Fig. 74 - Interfaces e controladores (Autoria própria)

## 4.2. Formas de comunicação de protocolos

---

Como parte de uma correlação entre a domótica e o aumento da eficiência energética dos edifícios nZEB, tendo entendido as necessidades de nZEB e entendendo também o funcionamento e possível benefício da domótica, segue-se uma listagem de diferentes protocolos ou *software*. Composta pelos diferentes sistemas disponíveis e mais comuns no mercado.

Esta listagem, apesar de não indicar a influência sobre o consumo energético, possibilita um conhecimento básico de formas de comunicação dos elementos possíveis de aplicar. O que permite entender de uma forma rápida possíveis desafios na hora de agregar um sistema de domótica com a arquitetura. Isto não significa que eventualmente estes protocolos não possam vir a incorporar diferentes formas de comunicação, visto se tratar de uma tecnologia que sofre constantes atualizações tanto a nível de *hardware* como de *software*.

Esta é uma forma mais direta de comparação entre os diferentes protocolos, permite retirar algumas conclusões rápidas relativas a necessidade de infraestruturas e viabilidade de comunicação entre dispositivos, sem requerer uma informação mais pormenorizada. Outros protocolos existem, todavia, esta listagem apenas pretende representar aqueles que são mais comercializados, permitindo assim uma visão geral sobre as diferentes possibilidades.

Protocolo	Meio de comunicação					
	RF (Radiofrequência)	PLC (Comunicação via rede elétrica)	Cabo de par traçado	IR (Infravermelho)	Ethernet	Fibra Ótica
AllJoyn					•	
Bluetooth Mesh	•					
C-Bus	•		•			
CEBus	•	•	•	•		•
DALI		•				
DECT	•					
Dynalite		•			•	
EnOcean	•					
ESP Easy	•					
Instabus			•			
Insteon	•	•				
KNX	•	•	•	•	•	•
LonTalk	•	•	•			•
LonWorks	•	•	•			•
MiWi	•					
MyriaNed	•					
One-Net	•					
OpenWebNet					•	
PLCBUS	•					
SCS			•			
Thread	•					
UPB		•				
VSCP					•	
WeMo	•					
X10	•	•				
XAP	•		•		•	
XPL					•	
Zigbee	•					
Z-Wave	•			•		

Fig. 75 - Catalogação de comunicação de protocolos de domótica (Autoria própria)

### 4.3. Catalogação de dispositivos dedicados ao controlo e redução do consumo energético

Além de conhecer os métodos de comunicação entre dispositivos, faz sentido apresentar uma catalogação de elementos de relevância a nZEB. Estes representam aqueles que proveem um benefício acrescido no aumento da eficiência energética. Sendo fácil reduzir o consumo energético simplesmente abdicando de algum conforto, não é isso que nZEB pretende. Com o apoio a este recurso, a domótica possibilita o oposto, o aumento do conforto a custo de um aumento da eficiência energética conforme já foi analisado. Esta catalogação não pretende incluir todos os elementos disponíveis do mercado ou todos os protocolos. Sendo virtualmente impossível de incluir todos estes, esta catalogação foca-se em três protocolos, KNX, Insteon e Z-Wave, catalogando dispositivos relevantes ao aumento da eficiência energética.

KNX sendo considerado um standard internacional que incorpora todos os meios de comunicação, faz sentido que seja analisado, podendo abranger uma maior variedade de produtos com diferentes características e funções que poderão ser de maior relevância no aumento da eficiência energética. Apesar de depender de terceiros no fabrico e comercialização, KNX garante uma infinidade de possibilidades no ramo de automação.

Insteon trata-se de um protocolo e fabricante de sistemas de automação, sendo de fácil instalação e possivelmente de preço mais reduzido. No entanto inclui uma menor variedade no número de elementos disponíveis, é uma escolha que representa um setor do mercado, já que se trata de um protocolo associado com os seus próprios elementos não envolvendo terceiros.

Z-Wave é o terceiro protocolo presente nesta catalogação. Z-Wave assim como KNX é considerado um standard de domótica, no entanto por outros motivos. Como KNX é dependente de terceiros no fabrico e comercialização, o que significa que existem disponíveis um vasto número de diferentes alternativas. No entanto, difere já que este é um standard em comunicação sem fios, possibilitando uma instalação mais simplificada e que promete benefícios energéticos.

Organizada em 6 grupos (A, B, C, D, E, F), a catalogação tem em conta a função dos dispositivos e os recursos que estes procuram abranger, levando em consideração os objetivos de nZEB, sendo esta a base da sua organização (Fig. 76). Complementar a isto cada grupo estará subdividido conforme o protocolo a que pertence cada dispositivo, o que influencia em certo grau as suas capacidades e funcionalidades.

## AUMENTO DA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE NZEB

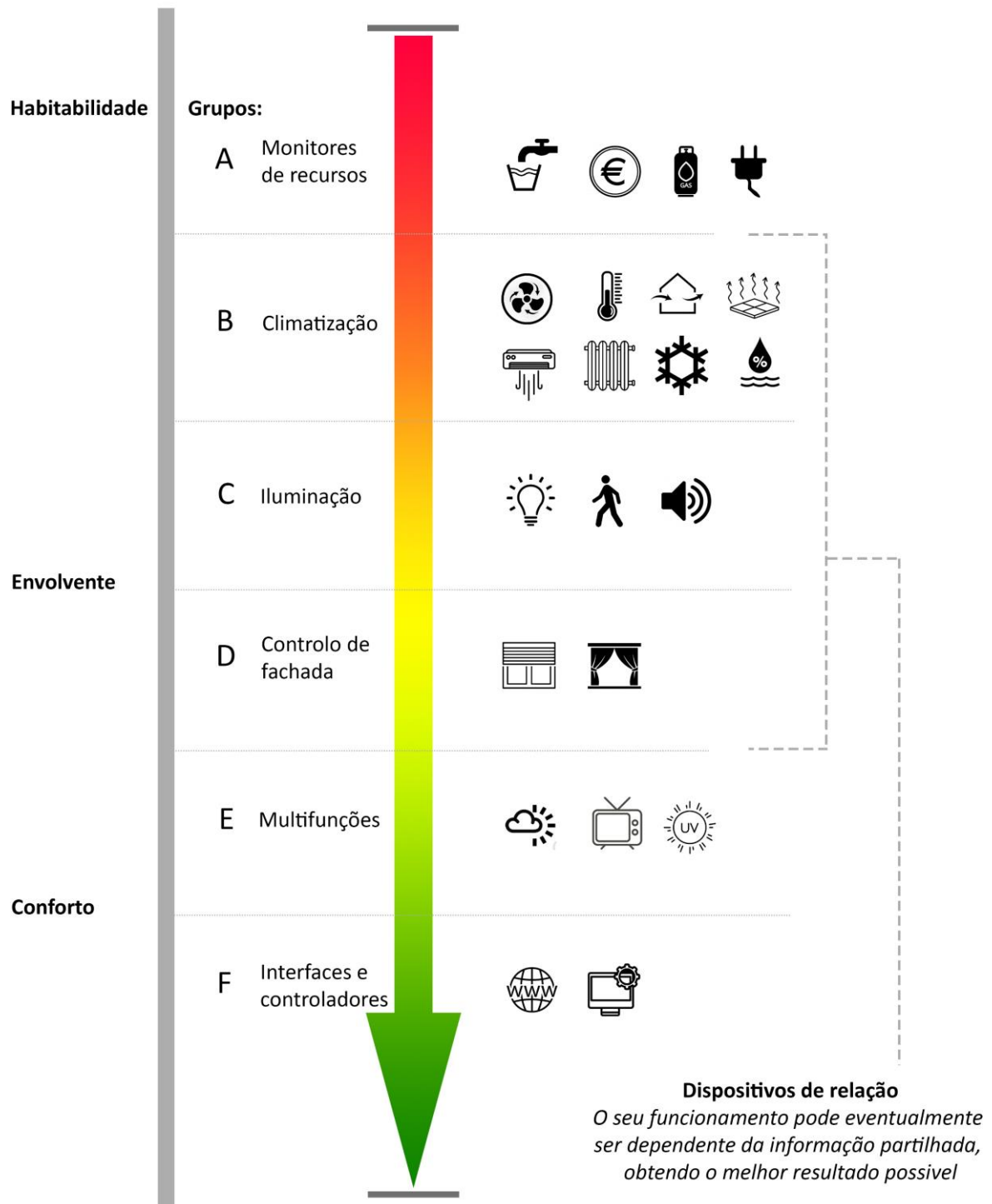


Fig. 76 - Esquema de desenvolvimento e organização da catalogação (Autoria própria)

É também possível relacionar esta catalogação com as fichas anteriormente apresentadas, que permite uma análise juntamente com a informação exposta, que por sua vez garante um melhor entendimento da sua relação com outros dispositivos e da sua integração no projeto arquitetónico. A disposição da informação desta catalogação permite ainda observar os equipamentos disponíveis e que seja feita uma rápida comparação entre os diferentes dispositivos apresentados, conforme representado pelo esquema da Fig. 77.

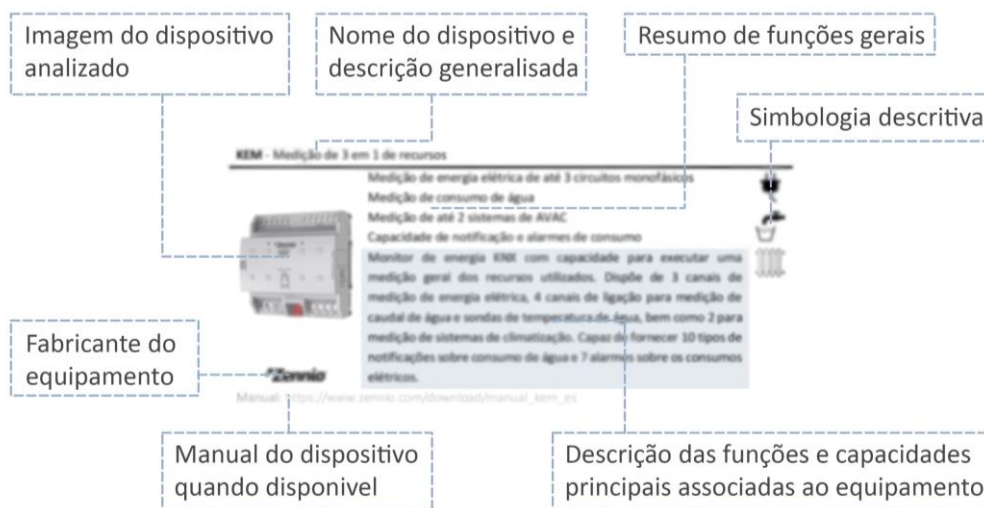


Fig. 77 – Esquema de informação da catalogação (Autoria própria)

A análise desta catalogação e das fichas apresentadas anteriormente, ainda assim não fornecem toda a informação necessária para o desenvolvimento de uma rede de domótica. Estas pretendem apenas criar uma base para a sua integração na arquitetura e no projeto arquitetónico. Tendo sido confirmadas as suas vantagens numa era nZEB e no aumento da eficiência energética, é de importância que se continuem a procurar formas de criar este aumento e a maior sustentabilidade do projeto arquitetónico.

## A - Monitorização de recursos

### Protocolo KNX

#### KEM - Medição de 3 em 1 de recursos



**Zennio**

Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_kem\\_es](https://www.zennio.com/download/manual_kem_es)

Medição de energia elétrica de até 3 circuitos monofásicos

Medição de consumo de água

Medição de até 2 sistemas de AVAC

Capacidade de notificação e alarmes de consumo

Monitor de energia KNX com capacidade para executar uma medição geral dos recursos utilizados. Dispõe de 3 canais de medição de energia elétrica, 4 canais de ligação para medição de caudal de água e sondas de temperatura de água, bem como 2 para medição de sistemas de climatização. Capaz de fornecer 10 tipos de notificações sobre consumo de água e 7 alarmes sobre os consumos elétricos.



#### Acessório KEM - Sensor/Sonda de fluxo e temperatura da água



**Zennio**

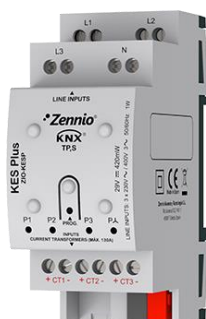
Medição do fluxo de água

Medição de temperatura

Um acessório para o medidor KEM da Zennio, capaz de medir o fluxo de água de uma canalização. Além disso inclui incorporado uma sonda de temperatura que permite uma recolha de informação mais detalhada.



#### KES Plus - Medição de consumo elétrico



**Zennio**

Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_kes\\_plus\\_es](https://www.zennio.com/download/manual_kes_plus_es)

Funcionamento com correntes monofásicas e trifásicas

Mede e notifica energia utilizada e produzida

Cálculo associado com até 6 tarifas diferentes e emissões de CO2

Possível autonomia para desligar elementos de baixa prioridade

Monitorização elétrica para redes monofásicas ou trifásicas, permitindo notificação dos consumos, assim como contabilizar o seu custo baseando-se em até 6 diferentes tarifas. Além disso é capaz de calcular as emissões de CO2 responsáveis pelo consumo energético, medindo a energia consumida e produzida. Possui ainda 10 funcionalidades autónomas, permitindo instalações mais eficientes e inclusive a capacidade de decidir desligar elementos secundários que causem consumos desnecessários.



#### KCI 4 - Medição de consumo elétrico e de água ou gás



**Zennio**

Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_kci-4s0\\_es](https://www.zennio.com/download/manual_kci-4s0_es)

Possibilidade de desativar canais de forma independente  
Cálculo de custos e emissões de CO2  
Alarmes de caudal excessivo e baixo

KCI 4 é um interface medidor de consumo, permitindo a medição do consumo de eletricidade e de água e/ou gás. Em caso de falha da rede elétrica, este dispositivo inclui uma pilha que lhe permite guardar as informações, para que possam ser recuperadas posteriormente.



#### TEMI KNX - Medição de consumo elétrico



**VIVO**

Manual: <https://www.vivoknx.com/products/knx-energy-meters/temi-knx/>

Medição elétrica de uma rede monofásica  
Cálculo de gastos de até 2 tarifas

Temi KNX é um monitor elétrico ativo, com capacidade de efetuar uma medição da energia gasta e calculação de gastos de acordo com até 2 tarifas diferentes. Possui um monitor digital que permite uma partilha rápida de informações e uma luz led que verifica o correto funcionamento do monitor.



#### SUSANO KNX - Medição de consumo elétrico



**VIVO**

Manual: [www.vivoknx.com/wp-content/uploads/2018/03/S2-Susano-KNX-instructionsheet.pdf](http://www.vivoknx.com/wp-content/uploads/2018/03/S2-Susano-KNX-instructionsheet.pdf)

Medição elétrica de uma rede trifásica  
Cálculo de gastos de até 2 tarifas

Susano KNX é um monitor elétrico de redes elétricas trifásicas. As suas capacidades incluem a medição de energia gasta da rede elétrica e permite ainda realizar um cálculo dos custos elétricos incorridos, baseando-se em 2 tarifas diferentes. Assim como o monitor de redes monofásicas, este inclui um monitor para partilha de informações rápidas e uma luz led que permite a verificação do seu funcionamento.



**Home Energy Meter Gen5 - Medição de consumo elétrico**



**Aeotec**

Manual: <https://www.intin.no/wp-content/uploads/2017/07/homeenergymetergen5userguide.pdf>

Medição elétrica de uma rede monofásica ou trifásica

Eficácia de medição de 99%

Medição em Watts ou kilowatt-hora

O medidor de consumo elétrico tem a capacidade de medir até 200 amperes com uma eficácia de 99%, garantindo que a qualquer momento seja possível verificar gastos energéticos possibilitando um ajuste da forma como esta é gasta. A sua instalação simples permite que possa ser utilizado numa variedade de aplicações e tipos de rede elétrica, trifásica ou monofásica.



**Smart meters - Medição de consumo elétrico**



**QUBINO**  
WIRELESS SMART HOME

Manual: <https://support.qubino.com/support/solutions/articles/44001757264-qubino-3-phase-smart-meter>  
<https://support.qubino.com/support/solutions/articles/44001757263-qubino-smart-meter>

Medição elétrica de uma rede monofásica ou trifásica

Possibilidade de ligar ou desligar dispositivos

Cálculo de energia despendida e cedida á rede publica

Alertas de consumo

Medição em 9 unidades diferentes

Disponíveis para redes monofásicas e trifásicas, estes dispositivos tem a capacidade de ajudar na redução de consumo energético mantendo o consumidor informado. Medindo os consumos e podendo ser controlado através de um smartphone. Além de permitirem conhecer os consumos, permitem ligar e ligar dispositivos, desde aparelhos domésticos a sistemas de carregamento de veículos elétricos, sendo apenas necessário alguns acessórios. Outra das suas funções é a possibilidade de cálculo da energia utilizada da rede pública e energia cedida á rede pública por sistemas de energia renováveis presentes no edifício.



**Walli Outlet E/F - Medição e controlo de consumo elétrico**



**FIBARO**

Manual: <https://manuals.fibaro.com//fgwoef-011-man>

Medição elétrica de uma rede monofásica

Função ON/OFF

LED indicador de consumo

Compatível com diferentes espelhos de instalação, esta tomada elétrica permite o controlo e a medição do consumo elétrico. LED de cor permite visualizar a energia utilizada. Além disso, permite o controlo de dispositivos ligados, podendo ligar e desligar sempre que houver necessidade.



#### MAXinBOX FANCOIL 2CH2P v2 - Atuador para ventiloconvetor



**Zennio**

- Capacidade de controlo de 2 unidades ventiloconvetoras
- 20 diferentes multi-operações configuráveis
- Capacidade para operação manual das unidades
- Capacidade de configuração de diferentes cenários



Trata-se de um atuador para duas unidades ventiloconvetoras, cobrindo as necessidades de controlo de climatização numa rede KNX. Possibilitando assim controlar a velocidade do ventilador como as válvulas de passagem de água, desta forma permitindo que o sistema de domótica obtenha controlo abrangente do sistema de AVAC. Permite ainda a definição de 20 diferentes multi-operações automatizadas e a configuração de diferentes cenários para garantir uma versatilidade do sistema.

Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_maxinbox-fancoil-xch2p-v2\\_en](https://www.zennio.com/download/manual_maxinbox-fancoil-xch2p-v2_en)

#### KLIC-MITT v2 - Gateway para unidade de ar-condicionado



**Zennio**

- Gateway para unidade de ar-condicionado Mitsubishi
- Controlo de funcionalidades principais
- Configuração de cenários
- Identificação de erros e outros problemas
- Até 10 multi-operações configuráveis



Um gateway para unidades de ar-condicionado Mitsubishi (disponível para outros fabricantes). Proporcionando um controlo amplo da unidade, desde a definição de temperatura, velocidade, posicionamento de palas e modo de funcionamento. A sua capacidade bidirecional permite que o controlo seja igual com KNX como utilizando os controlos de fábrica da unidade. Tem a capacidade de permitir a definição de funções automatizadas e a criação de cenários diferentes para uma maior personalização.

Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_klic\\_mitt\\_v2\\_en](https://www.zennio.com/download/manual_klic_mitt_v2_en)

## IS-IR-KNX-1- Interface para unidade de ar-condicionado



**Intesis**<sup>™</sup>  
BY HMS NETWORKS

Manual: <https://www.intesis.com/docs/user-manual-inknxuni001i000>

Compatibilidade com mais de 40 marcas

Possibilidade de controlo de AC através de comando ou rede KNX

Sensor de temperatura

Funções de eficiência energética

Permite uma flexibilidade no controlo do sistema de ar-condicionado. Isto significa que não está limitado a gerir o sistema pelos componentes KNX, permitindo o controlo pelo controlador de fábrica, partilhando a informação com um recetor infravermelho que transmite para a rede KNX toda a informação pertinente. Estende ainda as funções da unidade, permitindo alternar entre modos de eficiência energética como por exemplo “janela aberta”.



## KNX FCHC Actuator – Atuador de AVAC



**HDL**<sup>®</sup>

Manual: <https://www.hdlautomation.com/vancheerfile/Files/2020/7/20200714162448219.pdf>

Controlo de ventiloconvetor

Controlo de AVAC intuitivo combinado com sensores

Controlo preciso de temperatura e ventilação

Sistema de controlo ativo e passivo

Um controlador eficaz, com capacidade de controlo de ar condicionado, ventiladores e piso radiante. É possível ainda acoplar até 7 sensores diferentes, reunindo a informação necessária para o funcionamento correto. A sua capacidade acrescida de funcionamento ativo e passivo, possibilita obter instalações mais facilmente acomodadas com diferentes dispositivos.



## KNX HVAC Module - Atuador de AVAC



**HDL**<sup>®</sup>

Manual: <https://www.hdlautomation.com/vancheerfile/Files/2020/3/20200316120147099.pdf>

Controlo de ventiloconvetor

7 canais independentes de controlo de piso radiante

Até 7 sensores suportados

Estatísticas de funcionamento

Semelhante ao KNX FCHC, este tem capacidades abrangentes no que respeita número de sensores, podendo acoplar até 7 sensores dedicados a medição de temperatura. No entanto a sua característica principal é a possibilidade de controlo de múltiplos sistemas de piso radiante. Podendo definir parâmetros de diferentes características para cada caso necessário. Possui ainda a capacidade de funcionamento ativo ou passivo para instalações mais customizadas ás necessidades de cada caso.



### Flat Sensato - Sensor de temperatura e humidade



**Zennio**

- Medição de temperatura do ar
- Medição de humidade relativa do interior
- Alarme de temperatura e humidade mínima e máxima
- Notificação de funcionamento correto



Um sensor de temperatura e humidade capaz de fornecer notificações e alarmes quando valores máximos e mínimos são alcançados. Também com a capacidade de calcular o ponto de condensação da água, permitindo ao sistema calcular as melhores condições. Pode ainda ser configurado com sensores extra de temperatura através de entradas dedicadas ou sensores de movimento.

Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_flat\\_sensato\\_es](https://www.zennio.com/download/manual_flat_sensato_es)

### ZAC-NTC68 - Sondas de temperatura



**Zennio**

- Diversidade de materiais (aço inox e epóxi)
- Diversidade que garante uma fácil instalação



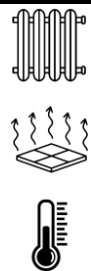
A sua função é de medir temperaturas, podendo ir de  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $90^{\circ}\text{C}$  para sondas de epóxi e até  $125^{\circ}\text{C}$  para sondas de aço inox. Os diferentes materiais de fabrico destinam-se a diferentes necessidades na instalação. Epóxi simples será destinada a uma instalação normal, epóxi rígido para facilitar a instalação quando exista necessidade de passar por obstáculos, como pode ser um piso radiante. A sonda de aço inox destina-se a medições realizadas dentro de condutos ou tubagens.

### KNX Valve drive 1B – Válvula de radiador e de piso radiante



**eelectron**

- Sensor de temperatura integrado
- Controlo de temperatura do espaço
- Ligação para sensor externo
- Função de proteção de válvula



Uma válvula motorizada para radiadores de aquecimento ou para arrefecimento. De fácil montagem, conectando com válvulas standard M30x1.5. Este dispositivo pode ser ligado a radiadores ou com sistemas de distribuição de piso radiante, permitindo uma gestão eficaz do sistema. Proporcionando assim apoio a outros sensores e atuadores, permitindo a regulação automática de diferentes elementos.

Manual: [www.eelectron.com/wp-content/uploads/2020/09/VD21A01KNXFI00030100\\_Handbook\\_EN.pdf](http://www.eelectron.com/wp-content/uploads/2020/09/VD21A01KNXFI00030100_Handbook_EN.pdf)

**Insteon Thermostats – Termostato com interface**



- Controlo automático de sistemas de AVAC
- Controlo remoto
- Comandos de voz através de Amazon Alexa
- Compatibilidade com ampla gama de sistemas
- Compatibilidade com sensores



O termostato de Insteon funciona também como uma interface para ajuste do sistema de AVAC. Partilhando ainda as suas capacidades pela rede o que permite um controlo remoto através de um smartphone ou comandos de voz com auxílio de Amazon Alexa. Funciona com a maior parte de sistemas de AVAC, com a excepção de bombas de calor e sistemas de triplo estado mais sofisticados. Permite ainda a conexão com sensores para regular a utilização do sistema, podendo até controlar a abertura de portas ou janelas.

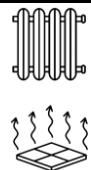
**I N S T E O N**

Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2441ZTH-en.pdf>

**Spirit Z-Wave Plus - Válvula de radiador**



- Fácil utilização
- Display iluminado
- Customização de horários de funcionamento
- Compatibilidade com maior parte de radiadores



Com este controlador a rede Z-Wave consegue incorporar um outro elemento de poupança energética. Inclui um sensor de temperatura que permite partilhar a informação necessária para a melhor rentabilidade. A sua função de “ferias” facilita a regulação dos desperdícios energéticos. Pode ainda ser desativado, continuando ainda assim a trabalhar como um repetidor da rede Z-Wave.

**ET** EUROTRONIC  
Technology GmbH

Manual: [https://eurotronic.org/wp-content/uploads/2018/08/Spirit\\_Z-Wave\\_BAL\\_web\\_DE\\_view\\_V5.pdf](https://eurotronic.org/wp-content/uploads/2018/08/Spirit_Z-Wave_BAL_web_DE_view_V5.pdf)

**Linkedgo flagship thermostats- Termostato com interface**



- Sensores de humidade e temperatura
- Controlo de zonas
- Aprendizagem de hábitos
- Informação de fácil acesso



O termostato da Linkedgo incorpora um sensor de temperatura e de humidade, permitindo um melhor controlo das condições de climatização. O seu desenho permite um funcionamento intuitivo facilitando a sua utilização. O termostato é também capaz de aprender hábitos garantindo um melhor conforto e eficiência.

**LINKEDGO**

Manual: <https://manuals.fibaro.com/t-man>

**The Heat Controller - Válvula de radiador**



## FIBARO

Manual: <https://manuals.fibaro.com/t-man>

Cálculo de tempo para aquecimento baseado nos m<sup>2</sup>

Cores como indicação de temperatura

Customização de horários de funcionamento

Reconhecimento de variações de temperatura

Geolocalização com Fibaro App

Dita como a válvula de radiador mais inteligente do mercado, permite um grande controlo e customização do espaço. Aprendendo a forma como o espaço aquece para melhorar a sua eficiência, capaz de reconhecer quedas de temperatura ajustando o seu comportamento. Permite a criação de horários e customização de espaço. Funções de geolocalização permitem o sistema prepara o espaço para a chegada do utilizador maximizando o ganho energético. A sua bateria assegura o funcionamento durante uma temporada completa.



## Flush On/Off Thermostat 2 – Termostato com sensor energético



QUBINO  
WIRELESS SMART HOME

Manual: [https://qubino.com/material/leaflet/Qubino\\_Flush\\_On\\_Off\\_Thermostat\\_2\\_leaflet\\_A5\\_PT.pdf](https://qubino.com/material/leaflet/Qubino_Flush_On_Off_Thermostat_2_leaflet_A5_PT.pdf)

Termostato para climatização ou água sanitária elétrica

Medição de consumo elétrico

Agendamento de atividade e planeamento de zonas

O termostato da Qubino permite o controlo de virtualmente todos os sistemas com água elétricos. Ao mesmo tempo calculando o consumo energético realizado. Permite realizar planos de agendamento de forma a customizar as necessidades de cada espaço e desenvolver zoneamento dos espaços para que trabalhem conforme a necessidade do utilizador.



## Fan Coil Thermostat – Termostato para ventiloconvetor



HELTUN

Manual: [https://drive.google.com/file/d/1LLGmj153Gnv\\_JATx25GXgWB8alshy8go/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1LLGmj153Gnv_JATx25GXgWB8alshy8go/view?usp=sharing)

Controlo de unidades ventiloconvetoras e AC

Sensor de temperatura e humidade

Cálculo de consumo energético e agendamento de atividade

Funcionando com unidades ventiloconvetoras e de ar condicionado, é possível analisar os seus consumos elétricos, mas também ajustar as condições presentes no espaço. Os seus sensores internos permitem uma medição correta do espaço, garantindo que as condições são sempre as desejadas. É possível criar planos de agendamento de forma a maximizar o ganho energético, mas também o conforto.



#### NarrowDIM X4 - Atuador dimmer para sistemas de iluminação



**Zennio**

Compatibilidade com diferentes tipos de instalação luminosa  
Customização de padrões e temporizador de iluminação  
4 canais de ligação

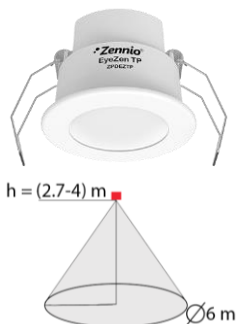


Até 10 funções autónomas personalizáveis  
Detecção de erros na rede

Um atuador dimmer universal com capacidade de ligação de até 4 canais (disponíveis atuadores de comunicação com mais canais). Permite um controlo manual através de pulsadores, ao mesmo tempo que permitindo um funcionamento autónomo determinado pela rede conforme os parâmetros escolhidos de funcionamento. Inclui 10 funções independentes, sendo ainda capaz de detetar erros na rede como curto-circuitos e problemas na alimentação elétrica.

Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_narrowdim\\_x4\\_en](https://www.zennio.com/download/manual_narrowdim_x4_en)

#### EyeZen TP - Sensor de luminosidade e movimento



**Zennio**

Detetor de movimento de teto  
Sensor de luminosidade  
Sensibilidade configurável



Com uma área de deteção de 360° a uma distância de até 4 metros por 6 metros de diâmetro, é um sensor de presença e ocupação, mas com capacidade de executar uma medição do nível de luminosidade. Permitindo calibrar a luminosidade conforme as necessidades de cada espaço, levando em conta iluminação natural ou a presença de um utilizador no espaço.

Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_eyezen\\_tp\\_es](https://www.zennio.com/download/manual_eyezen_tp_es)

#### DualTech KNX - Sensor de movimento e presença



**steinel**

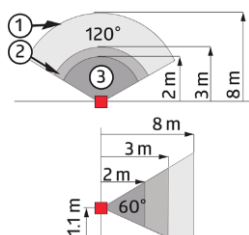
Detetor de movimento e presença  
Funcionamento por ultrassom  
Deteção de movimentos atrás de obstáculos  
Alcance de 28 m<sup>2</sup>



Um sensor de movimento e presença com capacidade de trabalhar mesmo com o desafio causado por obstáculos. O seu alcance de 28 m<sup>2</sup> a 360° cria uma imagem virtual que lhe garantem eficácia em situações mais complexas. Isto permite a rede conhecer a necessidade de iluminação ou outra necessidade programada.

Manual: [steinel.de/out/media/operationmanual/89643\\_110071195\\_BDAL\\_CONTROL\\_PRO\\_ULTRASCHALL\\_KNX\\_26-SPR\\_OB.pdf](http://steinel.de/out/media/operationmanual/89643_110071195_BDAL_CONTROL_PRO_ULTRASCHALL_KNX_26-SPR_OB.pdf)

## Indoor 140-L-KNX-DX- Sensor de luminosidade e movimento



**B.E.G.**

- Detetor de movimento de parede
- Modo inteligente semiautomático
- Modo totalmente automático
- Sensor de luminosidade
- Sensibilidade configurável
- Sensor de temperatura



Um sensor de movimento e presença com uma área de deteção de 120° por 60° até uma distância de 8 metros. É possível de configurar diferentes sensibilidades de funcionamento e de executar uma medição da luminosidade do espaço. Isto permite haver uma regulação adequada do gasto energético em iluminação dos espaços. Possui integrado um sensor de temperatura que funciona como apoio ao controlo de AVAC, permitindo explorar mais as possibilidades de controlo do conforto e eficiência energética.

Manual: <https://www.beg-luxomat.com/en-in/products/luxomatnet/knx/knx-gen6-deluxe-occupancy-detectors/indoor-140-l-knx-dx/printPage/>

## Protocolo Insteon

### Insteon Dimmer Outlet – Tomada elétrica com dimmer



- 1x Dimmer incorporado
- 1x Tomada elétrica tradicional
- Definição de cenários
- Programação de horários
- Integração estética
- Simples montagem tradicional



Uma tomada elétrica com capacidades acrescidas. Esta não precisa de qualquer tipo de instalação específica, funcionando com uma ligação tradicional, simplesmente substituindo uma tomada tradicional. Com duas ligações, uma funcionando de forma tradicional, estando sempre ligada e outra que funciona como dimmer controlado pelo protocolo. Possui ainda proteção contra adulteração tornando-a mais segura. O seu controlo pode ser feito diretamente na tomada ou através de um controlador ou smartphone.

**I N S T E O N**

Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2472D-en.pdf>

## Insteon Motion Sensor II – Sensor de movimento



Sensor de ocupação  
Comunicação com outros aplicativos  
Temporizador  
Ajuste da luminosidade  
Instalação simplificada



Este sensor permite a comunicação com outros dispositivos, provendo informação ao sistema sobre como trabalhar. As suas capacidades permitem uma poupança energética, desligando o funcionamento de dispositivos e luzes quando não necessárias. Aparte disto é possível ajustar um temporizador que permite que haja um atraso na desativação de dispositivos e definir a luminosidade de funcionamento.

**I N S T E O N**

Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2844-222-en.pdf>

## Dimmer Micro Module – Modulo dimmer de tamanho reduzido



Dimmer para iluminação  
Tamanho reduzido  
Adaptação a situações mais delicadas



O seu tamanho reduzido permite a instalação diretamente atrás de interruptores, adaptando-se assim a sistemas de iluminação que não permitam outra solução. Estendendo as suas capacidades permitindo o seu controlo remoto sem a sua alteração estética.

**I N S T E O N**

Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2442-x22-en.pdf>

## Dimmer DIN Rail Module – Modulo dimmer



Dimmer para iluminação  
32 níveis de intensidade  
Controlo por voz Amazon Alexa



Com o seu método de instalação em carril, permite uma melhor organização do sistema elétrico. Permitindo o fácil acesso ao mesmo tempo que aportando as suas vantagens de controlo de iluminação. Como outros sistemas Insteon, permite o controlo por voz, mantendo o controlo local no interruptor, mas podendo ainda ser controlado através de controladores remotos ou smartphone, ajustando a iluminação desde 0% a 100% em 32 níveis de intensidade diferentes.

**I N S T E O N**

Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2452-x22-en.pdf>

**RGBW Controller 2 – Modulo dimmer RGBW**



**FIBARO**

- Controlo de LED RGB/RGBW e outros tipos de lâmpadas
- Função dimmer
- Medição de consumo elétrico
- Controlo por voz
- Função de aviso de condições (temperatura, qualidade de ar)
- Função de alarme
- Agendamento de atividade



O modulo RGBW permite um vasto controlo de iluminação de varios tipos, inclusive LED RGBW. As suas funções de dimmer e medição de consumo permitem um correto ajuste de forma a melhorar a sua eficiência energética. Além disso, funções de controlo de voz permitem um conforto acrescido na utilização. Funções de alarme luminoso em caso de intrusão e funções de aviso de condições, que através de diferentes cores pode ser ajustado para visualmente indicar condições de temperatura e qualidade de ar.

Manual: <https://manuals.fibaro.com/content/manuals/en/FGRGBW-442/FGRGBW-442-T-EN-1.1.pdf>

**DIN Dimmer – Modulo dimmer**



**QUBINO**  
WIRELESS SMART HOME

- Função dimmer
- Controlo de diferentes tipos de lâmpadas
- Medição de consumo elétrico
- Instalação de rail
- Agendamento de atividade



A sua forma de montagem garante que não havendo espaço para outros sistemas de dimmer atrás do interruptor, é possível haver o controlo de luminosidade com este modulo de montagem em rail. Funções que permitem uma melhoria da energia consumida, ajudando a estabelecer planos de agendamento que garantem a maior eficiência possível. Além disso sendo capaz de quantificar a energia elétrica consumida de forma a poder ajustar os seus hábitos.

Manual: [https://qubino.com/manuals/Installation/DIN\\_Dimmer\\_PLUS\\_installation\\_manual.pdf](https://qubino.com/manuals/Installation/DIN_Dimmer_PLUS_installation_manual.pdf)

## Dimmer 2 – Modulo dimmer



**FIBARO**

Controlo de lâmpadas de vários tipos  
Função dimmer com  
Medição de consumo elétrico  
Controlo por voz  
Agendamento de atividade

As funções de dimmer permitem o controlo de iluminação de forma a reduzir o consumo energético. Este dispositivo permite uma fácil instalação atrás do interruptor, de forma a tornar mais fácil a adaptação dos espaços conforme a necessidade. Permite o agendamento de atividade e uma medição do consumo e custo energético. O controlo por voz torna-o mais intuitivo e de maior comodidade.



Manual: <https://manuals.fibaro.com/content/manuals/en/FGD-212/FGD-212-EN-T-v1.3.pdf>

#### MAXinBOX SHUTTER 4CH v2 - Atuador de persianas



**Zennio**

- Capacidade de comunicação com 4 canais de persianas
- 20 operações autónomas configuráveis
- Operabilidade manual ou autónoma



O atuador MAXinBOX SHUTTER 4CH v2 permite a conectividade com até 4 sistemas de persianas, havendo disponíveis atuadores para instalações mais complexas. Permite que sejam controladas autonomamente pela rede ou manualmente pelo utilizador, estando disponíveis ainda 20 diferentes operações que podem ser configuradas de forma a melhor servir cada necessidade encontrada.

Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_maxinbox\\_shutter\\_v2\\_xch\\_en](https://www.zennio.com/download/manual_maxinbox_shutter_v2_xch_en)

#### 4CH 10A Curtain Actuator – Atuador de cortinas



**HDL**

- Controlador de cortinas de 4 canais
- Possibilidade de controlo de persianas
- Controlo automatizado ou manual
- Controlo de cenários personalizado



Um atuador caracterizado pela performance e baixo consumo energético, possibilita o controlo individualizado de cortinas ou persianas. Com capacidade de efetuar um controlo automatizado definido por parâmetros estabelecidos ou controlo manual para conforto do utilizador. Permite que sejam definidos cenários de acordo com necessidades ou gostos.

Manual: <https://www.hdlautomation.com/vancheerfile/Files/2020/3/20200316115920801.pdf>

#### Open/Close Micro Module – Controlo de mecanismos



**I N S T E O N**

- Controlo de unidades motorizadas
- Instalação no interruptor
- Mantem-se as funções originais dos interruptores



O modulo de tamanho reduzido é instalado diretamente no interruptor original, permitindo assim manter as funcionalidades originais, mas mais que isso estende-las á rede de domótica. Permite assim o controlo de todos os elementos mecanizados que possam ser abertos ou fechados, como persianas, cortinas, portas, janelas e outros. As suas funções passando a fazer parte da rede, permitindo o controlo remoto.

Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2444-x22-en.pdf>

**Flush Shutter – Atuador de persianas, cortinas e janelas**



Manual: [https://qubino.com/manuals/Flush\\_Shutter.pdf](https://qubino.com/manuals/Flush_Shutter.pdf)

- Controlo de posicionamento
- Agendamento de atividade
- Controlo de angulo de abertura
- Cálculo de consumo elétrico
- Possibilidade de acoplação de sensor térmico

Este atuador de janelas e persianas, é capaz de ajustar a abertura da fachada á radiação solar, permitindo o ajuste da temperatura de forma natural. Podendo estar associado a um sensor térmico vendido separadamente, este dispositivo permite o agendamento e calibração necessários para um melhor conforto e ganho energético. Ao mesmo tempo reporta o consumo energético utilizado pelos motores dos mecanismos para um melhor controlo de gastos. Pode ainda ser utilizado em portas de garagem.



**Roller Shutter 3 – Atuador de persianas, cortinas e janelas**



Manual: <https://manuals.fibaro.com/fgr3-man>

- Controlo de posicionamento
- Agendamento de atividade
- Controlo de angulo de abertura
- Cálculo de consumo elétrico

Controlo de abertura de janelas, persianas e cortinas, podendo ainda abrir e fechar portas de garagem motorizadas. Este dispositivo permite o ajuste exato da abertura, podendo ser definidos parâmetros e agendamento do seu funcionamento. Além disto o dispositivo faz uma medição em Watts do consumo energético dos mecanismos associados.



**ALLinBOX 1612 - Atuador multifuncional**

**Zennio**

- Controlo de persianas em 8 canais
- Controlo de 16 On/Off
- Até 2 ventiloconvectores
- 12 ligações multifunções
- Configurável com até 4 termostatos
- Controlo básico de até 2 sistemas de luminosidade

Um atuador multifacetado, com capacidades que abrangem diversos campos de automação do edifício. Capaz de controlar até 8 conjuntos de persianas e função básica de ligar e desligar até 16 ligações. 12 ligações multifunções podem ser utilizadas como ligação para sensores de temperatura ou sensores de presença e movimento, e configurado com um máximo de 20 multi-operações para um melhor ajuste ás necessidades. Na ausência de um controlo abrangente da iluminação, este atuador permite um controlo simplificado de 2 sistemas diferentes.



Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_allinbox-1612-88\\_es](https://www.zennio.com/download/manual_allinbox-1612-88_es)

**PD00E03KNX - Sensor multifunções**

**eelectron**

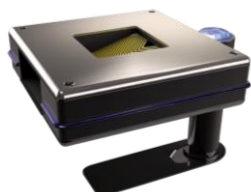
- Instalação de teto até uma altura de 4 metros
- Capacidade de detetar e medir diferentes variáveis
- Possibilidade de extensão com sondas
- Análise de atividade e presença

Um sensor completo que garante diferentes medições, possibilitando uma elaboração mais detalhada das necessidades de um espaço. Graças aos sensores que possui, partilha informação pertinente com sistemas de AVAC e de iluminação. Capaz de detetar a presença do utilizador e analisar o tipo de atividade, capacitando o sistema a executar um mapeamento de necessidades de climatização. O sensor de iluminação permite criar um gráfico, analisando a intensidade, temperatura e humidade admitindo o ajuste conforme o posicionamento solar e condições em geral.



Manual: [www.eelectron.com/wp-content/uploads/2020/02/PD00E0xKNXFI00020101\\_Handbook\\_EN.pdf](http://www.eelectron.com/wp-content/uploads/2020/02/PD00E0xKNXFI00020101_Handbook_EN.pdf)

## Quadra – Unidade de controlo de proteção solar



Rastreio solar mecanizado  
Medição meteorológica:  
Iluminação natural;  
Velocidade do vento;  
Precipitação;  
Temperatura;  
Humidade

Com 8 sensores disponíveis, é capaz de fazer uma previsão meteorológica assertiva, calculando diferentes fatores como vento, precipitação, exposição solar em 4 direções diferentes, cálculo de radiação solar e luminosidade existente. Ainda outras funções acrescidas são os programas de segurança de vento, precipitação e gelo.



Manual: [https://bms-solutions.de/wp-content/uploads/2017/05/Quadra\\_Manual\\_EN.pdf](https://bms-solutions.de/wp-content/uploads/2017/05/Quadra_Manual_EN.pdf)



## Weather Station KNX Plus – Estação meteorológica



Medição meteorológica:  
Iluminação natural;  
Velocidade do vento;  
Precipitação;  
Temperatura;  
Humidade

Cálculo de temperatura de conforto

De instalação no exterior, este sensor meteorológico tem a capacidade de obter informações úteis para a automação de um edifício. Permite obter informação de luminosidade natural o que leva a uma melhor gestão de iluminação artificial. Os sensores de temperatura, velocidade e direção de vento poderão eventualmente permitir uma melhoria de ventilação natural do edifício. Sensores de temperatura permitem que os sistemas de AVAC obtenham informação instantânea, levando a melhores ajustes.



Manual: [www.eelectron.com/wp-content/uploads/2019/11/WS00A01KNXFI00030100\\_Handbook\\_ENG.pdf](http://www.eelectron.com/wp-content/uploads/2019/11/WS00A01KNXFI00030100_Handbook_ENG.pdf)



## KNX Infrared Emitter – Unidade de controlo infravermelho



**HDL**<sup>®</sup>

- Comunicação infravermelha
- 960 códigos infravermelhos
- Comunicação com unidades de ar-condicionado
- Comunicação com dispositivos de uso geral

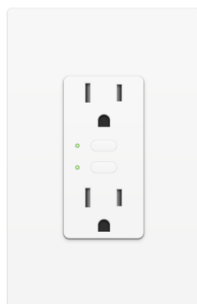


Um comunicador infravermelho capaz de permitir comunicação com qualquer dispositivo com a mesma capacidade. Isto significa que com 150 códigos é capaz de comunicar com aparelhos de uso comum com TV, DVD e outros. Os restantes códigos, 810 mais precisamente, comunicam com diferentes unidades de ar-condicionado. Este dispositivo permite assim aceder a funcionalidades uteis, permitindo um melhor controlo energético de virtualmente todos eletrodomésticos com comunicação infravermelha.

Manual: <https://www.hdlautomation.com/vancheerfile/Files/2020/3/2020031614116657.pdf>

## Protocolo Insteon

### On/Off Outlet – Tomada elétrica ON/OFF



- 2x Tomada elétrica ON/OFF
- Definição de cenários
- Programação de horários
- Integração estética
- Controlador auxiliar incorporado



Uma tomada elétrica que permite controlar uma variedade de dispositivos e sistemas de iluminação. As suas funções podem estar associadas a sensores ou ser controlado por um controlador remoto, smartphone ou diretamente na tomada em caso de necessidade. Resistente a adulterações, torna-o um mecanismo seguro, com capacidade de programação de horários e cenas para uma maior personalização das necessidades e sobretudo dos consumos energéticos.

**I N S T E O N**<sup>®</sup>

Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2663-222-en.pdf>

## Insteon Plug-In Devices – Módulos de adaptação de dispositivos



- Fácil instalação
- Desenhados para interior e exterior
- Definição de cenários
- Programação de horários
- Interação com interruptor, comando a distância e sensor
- 1x Modulo dimmer
- 1x Modulo ON/OFF interior
- 1x Modulo ON/OFF exterior



O protocolo e marca de produtos Insteon aporta a possibilidade de transformar sistemas de iluminação como candeeiros de mesa e pé ou outros dispositivos de funcionamento On/Off em parte da rede de domótica. Estes dispositivos funcionam como intermediário entre os aplicativos domésticos e a rede elétrica ligando através da tomada tradicional. Incluem botões de funcionamento para a eventualidade de serem necessários, mas estando desenhados para serem utilizados através de comandos a distância, interruptores ou smartphones. Permite ainda a integração de sensores, podendo executar as suas funções sobre ordem de sensores, por exemplo ligando as luzes conforme uma quebra de luminosidade natural ou ligando ventilação com o aumento de temperatura.

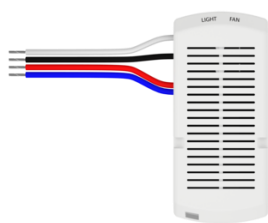
**I N S T E O N**

Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2635-222-en.pdf>;

<http://cache.insteon.com/documentation/2634-222-en.pdf>;

<http://cache.insteon.com/documentation/2457D2-en.pdf>

## Ceiling Fan and Light Controller – Controlador de luz e ventoinha



- Controlador dimmer para iluminação
- Controlador de ventoinhas

A sua função é simples, permitindo apenas a integração de sistemas de iluminação ou de ventoinhas na rede de domótica Insteon. Permite funções de dimmer para a iluminação ou de desligar/ligar e regular a potencia da ventilação. Podendo estes sistemas depois ser controlados por outros elementos ou manualmente através da interface ou smartphone.



**I N S T E O N**

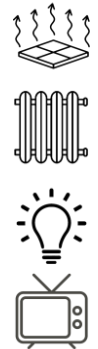
Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2663-222-en.pdf>

**Heatit Z-Water – Regulador de aquecimento hidronico e atuador**



- Controlo de atuadores de aquecimento
- Trabalho em conjunto com termostatos e sensores
- Controlo de outros atuadores

Um dispositivo de montagem em rail que pode trabalhar em conjunto com termostatos e sensores de forma a ajustar os sistemas de aquecimento hidronico, controlando atuadores de forma a uma melhor conservação de energia. Além disso pode controlar outros atuadores como atuadores On/Off para iluminação.



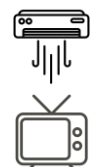
Manual: <https://www.intin.no/wp-content/uploads/2018/02/heatitzwatermanual.pdf>

**IR Transceiver – Unidade de controlo infravermelho**



- Comunicação infravermelha
- Comunicação com unidades de ar-condicionado
- Comunicação com dispositivos de uso geral

Disponível em diferentes cores, este permite controlar uma ampla variedade de dispositivos que funcionem com infravermelhos. Efetivamente controlando unidades de ar-condicionado e outros dispositivos de uso doméstico de forma a evitar e regular o consumo energético desnecessário, a partir de um smartphone.



Manual: [http://products.z-wavealliance.org/ProductManual/File?folder=&filename=Manuals/2303/HKZW\\_ACC01%20MANUL.pdf](http://products.z-wavealliance.org/ProductManual/File?folder=&filename=Manuals/2303/HKZW_ACC01%20MANUL.pdf)

**MultiSensor 6 – Sensor Multifunções**



- 6 diferentes sensores
- Funcionamento de 2 anos sem necessidade de carregamento
- Diferentes formas de montagem
- Possível instalação no exterior

Um completo sensor, com capacidade de detetar movimento que pode ser utilizado para segurança, mas também para controlar as condições térmicas e de luminosidade. O sensor de temperatura fornece informação a outros elementos para o ajuste da climatização. A luminosidade pode ser ajustada graças ao sensor incorporado, ajustando-a as condições, melhorando a eficiência energética. Dispositivos humidificador e desumidificadores podem beneficiar do sensor de humidade, assim como mecanismos de controlo de fachada podem ajustar as condições de acordo com o sensor ultravioleta. Por último um acelerómetro deteta se o sensor for movido ou a existência de uma tentativa de manipulação.



Manual: <https://aeotec.freshdesk.com/support/solutions/articles/6000057073-multisensor-6-user-guide->

### TriSensor - Sensor Multifunções

---



**AEOTEC**

3 diferentes sensores

Funcionamento de 2 anos sem necessidade de carregamento

Diferentes formas de montagem

Um sensor de movimento em conjunto com o de temperatura permitem o ajuste da climatização de acordo com a presença do utilizador e condições do espaço. O sensor de luminosidade partilha informação com a rede Z-Wave para ajustar as condições para uma melhoria energética. Pode ainda ser associado ao sistema de segurança ligando luzes para um melhor funcionamento de camaras de segurança.



Manual: <https://aeotec.freshdesk.com/support/solutions/articles/6000195459-trisensor-user-guide->

### Motion Sensor - Sensor Multifunções

---



**FIBARO**

4 diferentes sensores

Funcionamento de 2 anos sem necessidade de carregamento

LED de cores para indicação de temperatura visual

Sensores de temperatura e movimento trabalham em conjunto para melhorar a eficiência do sistema de climatização. Ao mesmo tempo o sensor de movimento funciona como um eficaz sistema de segurança. Um sensor de luminosidade permite ainda um correto ajuste de acordo com as necessidades para a melhor rentabilidade energética. Pode ainda ser configurado para “acordar” a habitação ao mesmo tempo que o utilizador despertar. Juntamente com o LED RGB informa visualmente das condições de climatização.



Manual: <https://manuals.fibaro.com/content/manuals/en/FGMS-001/FGMS-001-EN-T-v2.1.pdf>

#### Z41 COM – Controlador de rede com videoporteiro



**Zennio**

Manual: [https://www.zennio.com/download/manual\\_z41\\_lite\\_pro\\_com\\_es](https://www.zennio.com/download/manual_z41_lite_pro_com_es)

- Programação de cenários
- Programação de eventos
- Alertas de informação
- Sensor de temperatura incorporado
- Função de vídeo porteiro
- Controlo remoto com ligação a Internet



Um controlador de rede com videoporteiro. Permite o controlo de todas as funcionalidades ativas, possibilitando a execução de agendamentos, criação de cenários e ajuste manual. A sua ligação a internet permite que a rede possa ser controlada através da internet de coisas com uma aplicação dedicada, controlado da mesma forma todos os elementos disponíveis e estendendo as suas funcionalidades. Funciona ainda como videoporteiro e comunicador no interior do edifício.

#### Insteon Hub – Controlador de rede



**I N S T E O N**

Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2245-222-en.pdf>

- Controlo remoto com ligação a Internet
- Programação de eventos
- Programação de cenários
- Alertas de informação
- App detalhada para controlo intuitivo



O controlador de rede é responsável por unificar todos os elementos da rede, permitindo a ligação do edifício com a internet de coisas e o seu controlo a distância não só através de controladores na habitação, mas também através de um smartphone com a aplicação Insteon. Através desta é feito um controlo mais detalhado, agendando funções, controlando manualmente os elementos ou de forma automatizada. É possível criar cenários para maior conforto ou programar modos de funcionamento para uma maior eficiência energética.

**Home center 3 – Controlador de rede**



- Controlo remoto com ligação a Internet de coisas (IOT)
- Funcionamento sem internet
- Programação de eventos
- Alertas de informação
- App para controlo intuitivo
- Controlo de voz
- Comunicação com Android Auto e Apple CarPlay



Permitindo o controlo de vários aspetos da habitação independentemente de haver ou não ligação com a internet, o utilizador ajusta todos os parâmetros de acordo com os dados facilitados por sensores, controlando os mais variados dispositivos e mecanismos. Para facilitar a sua utilização permite o controlo de voz e a comunicação com novos veículos que incluem Android Auto ou Apple CarPlay, ajustando o edifício no momento exato consoante o tempo de chegada do utilizador baseando-se na sua localização. O agendamento de atividades e outras funcionalidades maximizam a eficiência energética.

**FIBARO**

Manual: <http://cache.insteon.com/documentation/2245-222-en.pdf>



## 5. Considerações finais

## 5.1. Conclusões específicas

A presente dissertação visou, em primeiro, definir as implicações de nZEB na arquitetura. Analisando-se algumas abordagens na Europa, mas sobretudo entendendo como influencia a arquitetura em Portugal. O segundo aspeto desta dissertação foi executar uma catalogação de domótica relevante para a arquitetura e que levasse em consideração nZEB e os objetivos a cumprir por este conceito de arquitetura. Esta constitui por isso uma síntese geral de nZEB e de domótica, o que permite responder aos objetivos definidos previamente, que levam em consideração a metodologia de investigação e os processos associados de forma a estabelecer uma ligação entre dois campos de investigação.

Desta forma, procedeu-se por partes, levantando perguntas sobre os temas que permitem posteriormente encontrar um campo comum de colaboração entre ambos. Estas perguntas (O que é? Por quê? e Como?), apesar da sua simplicidade, permitem uma resposta que facilita a compreensão e absorção da informação que se pretende obter. Primariamente estabelece-se uma fundamentação sobre os dois campos de investigação (O que é?), que posteriormente é acompanhada de um motivo e uma finalidade (Por quê?). Com este conhecimento, que possibilita uma base para a investigação, analisa-se de que modo que se aplicam na arquitetura os dois diferentes campos (Como?).

A abordagem da primeira área de investigação, o conceito nZEB, através do seguimento de estas perguntas orientadoras, fornecem a resposta ao **primeiro objetivo** desta dissertação, **definir as implicações do conceito nZEB para as habitações 2020**. Concluiu-se desta forma que nZEB, além do termo *Near Zero Energy Buildings*, parte da iniciativa e esforço da União Europeia de reduzir o consumo energético dos edifícios, que os aproxima de um consumo quase nulo e apoiado por energias renováveis de forma local. Também que climatização e aquecimento de águas sanitárias representam os maiores gastos energéticos da atualidade, contrastado com o facto de que pelo menos 75% das edificações europeias estão em decadência.

Neste sentido, a legislação portuguesa corroborada pela diretiva europeia, estabelece que um edifício nZEB deverá ser de necessidades energéticas quase nulas ou muito reduzidas, sendo a necessidade energética restante satisfeita maioritariamente por energia renovável produzida no local ou na proximidade. Isto é verdade relativamente a edifícios novos ou os considerados grandes intervenções conforme esclarece a legislação em vigor.

Infelizmente em Portugal a legislação não acompanhou adequadamente o pensar europeu. Enquanto que alguns países estabelecem legislação específica e valores energéticos máximos de um nZEB, em Portugal isto não acontece de igual maneira. Ainda assim, acompanhando a legislação

européia, tomou-se medidas que estabelecem um plano de ação para nZEB, especificamente com a criação de um Sistema de Certificação Energética e outra legislação relacionada com nZEB.

Em Portugal passa assim a ser obrigatória a instalação de painéis solares térmicos para preparação de AQS e define-se que um edifício deverá pelo menos obter uma classificação de B- no SCE, o que o caracterizará como um nZEB perante a legislação nacional. Mais que isso estabelece-se que deverá haver uma taxa mínima de renovação de ar de 0,4 por hora. Sendo assim nZEB reduzido a estes fatores, que entre outros detalhes e pormenores legislativos representam a visão portuguesa nesta abordagem arquitetónica. Ainda assim é de notar que o SCE fornece informação sobre problemas e as soluções que se podem aplicar para uma maior eficiência energética. Informação sendo de grande valor já que permite a consciencialização do consumidor e um maior entendimento sobre os imóveis, o que permite uma confrontação direta entre diferentes casos.

Conclui-se desta forma que as implicações de nZEB para as habitações 2020 em Portugal, baseia-se no cumprimento do SCE por parte de novas edificações ou aquelas sujeitas a grandes intervenções. Este que levará em conta o comportamento térmico da envolvente opaca e envidraçada, ventilação, necessidades nominais anuais de energia para aquecimento e arrefecimento, assim como preparação de AQS. Além do cumprimento deste certificado, nZEB para Portugal implica ainda a obrigatoriedade de painéis solares térmicos para preparação de AQS e o contributo de fontes de energia renovável no local ou na proximidade.

**O segundo objetivo** visava a **catalogação de sistemas tecnológicos de domótica aplicáveis ao conceito de nZEB**. Para a elaboração de uma catalogação foi necessário obter o conhecimento base sobre o que pretendemos catalogar, mais precisamente o que se entende por domótica. Podendo depois continuar com o motivo da sua utilização numa componente nZEB, percebendo assim o potencial que se poderá obter de uma simbiose de dois campos de investigação.

Foi possível entender o funcionamento básico de uma rede de domótica e fornecer a informação necessária para entender os resultados obtidos pelos casos de estudo analisados. Esclarecendo de uma forma simples quais os elementos que deveriam fazer parte de uma catalogação que se revelasse pertinente neste contexto de nZEB. Entendendo ainda as implicações de nZEB e demonstrar as possibilidades e vantagens alcançáveis com a domótica.

Por isso foi criada em primeira instância uma relação entre a arquitetura e a domótica, que permite visualizar a integração da domótica no projeto arquitetónico através de esquemas simples, para que de uma forma generalizada, esta seja incluída no desenvolvimento do projeto. Também uma listagem de protocolos que facilita a compreensão das formas de comunicação entre dispositivos que é dependente do protocolo escolhido. Sendo isto relevante para a catalogação e permitindo

esclarecer diferenças básicas entre protocolos e também como forma de alargar o conhecimento sobre o ramo tecnológico.

Esta listagem dá assim caminho a uma catalogação representativa do que podemos encontrar no mercado. Dividida também esta em 6 grupos diferentes conforme os esquemas de integração, estes organizados de forma a seccionar os diferentes elementos segundo as suas características e os recursos que pretendem afetar. Assim como a listagem apresentada, esta não é completa, existindo muitos mais dispositivos do que os presentes, mas estes representando as possibilidades existentes atualmente, segundo as funcionalidades que se revelaram importantes para nZEB. Baseada em três protocolos que também estes representam dispositivos comercialmente disponíveis, sendo eles considerados standard no mercado e produzidos por inúmeros fabricantes (KNX e Z-Wave) e também outro que representa uma gama de produtos fabricados por uma entidade provedora de protocolo (Insteon). A catalogação destes sistemas pretende prover uma ferramenta de trabalho e não toda a informação que poderia ser recolhida. Estabelece desta forma uma base que é importante e estabelece uma base que permite uma visão diferente sobre a arquitetura, englobando mais do que um conceito ou uma ideia, mas com uma visão clara sobre as possibilidades existentes.

Com esta catalogação preenche-se uma lacuna no conhecimento, havendo agora uma catalogação que estabelece uma base de trabalho. Não pretende ser extremamente abrangedora, mas sim permitir conhecer categorias de dispositivos que podem ser utilizados com o objetivo de aumento da eficiência energética em concordância com nZEB. Muitos outros protocolos, fabricantes e dispositivos poderiam ser catalogados, no entanto estes foram considerados redundantes até onde se pode observar, no sentido em que não aportariam nova informação que se revelasse importante no contexto em que se enquadra esta catalogação.

Isso sim, deve ser admitido que poderão existir fabricantes e/ou dispositivos que se revelem mais eficazes que os presentes, havendo apenas em KNX cerca de 8000 diferentes dispositivos certificados, mas isto requereria para isso uma investigação mais profunda sobre cada um e o apoio de um técnico especialista que poderá aportar mais informação. Ainda assim estabelece-se uma base em que o arquiteto poderá conceptualizar a implementação de domótica numa futura edificação nZEB.

## 5.2. Conclusões gerais

---

A análise das duas áreas de investigação, nZEB e domótica, veio reforçar a necessidade de consciencializar o arquiteto para a necessidade de prestar atenção ao desenvolvimento e progresso realizado no campo da domótica. Como arquitetos, e como seres humanos, queremos o melhor para o futuro da arquitetura. Pretende-se lutar por uma arquitetura mais sustentável, e esta passa por mais do que aplicar isolamentos, aplicar sistemas passivos e outras técnicas para melhorar a sustentabilidade e eficácia energética.

O desenvolvimento da domótica como parte do projeto arquitetónico é mais que um capricho, é uma necessidade, podendo ampliar a sustentabilidade da arquitetura e explorar todos os benefícios que anteriormente não podiam ser alcançados devido a uma falha tecnológica que já não existe, existindo apenas na forma como pensamos a arquitetura. Isto tornou-se evidente com o avanço da investigação realizada, começando sobretudo com a falta de casos de estudo realizados de forma independente, podendo, metaforicamente, ser contados pela mão. Isto demonstra que a domótica continua a não ser encarada como um auxílio ou solução realista de aumento da eficácia energética.

nZEB é mais do que uma ideia, passando, com o final de 2020, a ser uma verdade consolidada e generalizada na arquitetura e algo a que devemos e precisamos prestar atenção. Com a procura de formas de melhorar a sustentabilidade e eficiência, foi possível entender os esforços legislativos na comunidade europeia e também em Portugal, sobretudo com o desenvolver do SCE. Este passa a ser a forma como encaramos nZEB no país, juntamente com outras legislações e normas criadas e desenvolvidas de forma a encaixar este conceito na arquitetura nacional. No entanto, ficou evidente que a legislação, ao contrário de outros exemplos estrangeiros, não é suficientemente abrangente, mas ainda assim criando um caminho para seguir na busca da maior eficiência energética.

Independentemente da legislação, nZEB representa um conceito de arquitetura, existindo formas de a encarmos fazendo melhor arquitetura e alcançando os objetivos pretendidos. nZEB implica uma redução significativa da necessidade energética do edifício e a partir de aí uma fonte energética renovável deverá suprir as necessidades, tendo em vista um consumo quase nulo de energia. Isto varia consoante o país, havendo diferentes abordagens a como se materializa esta normativa europeia. Tendo sido analisadas técnicas que podemos utilizar para caminhar neste processo nZEB, objetivando a melhoria de como se faz arquitetura e não uma redução do conforto para alcançar os objetivos nZEB. Entra assim a arquitetura bioclimática, uma ferramenta que sempre esteve ao dispor do arquiteto, mas que ganha uma relevância acrescida num contexto de aumento da eficiência energética.

A arquitetura bioclimática faz recurso de soluções que estão em acordo com o meio ambiente e utiliza os recursos naturais disponibilizados. Permitindo soluções de aquecimento, arrefecimento e ventilação natural, fazendo uso da inércia do edifício e recorrendo a iluminação natural, tudo apoiado com um correto estudo da orientação do edifício, amplificando o potencial bioclimático. Compreenda-se que a arquitetura bioclimática não é parte de nZEB, mas sim que permite a arquitetura caminhar nessa direção, e de aí a importância de olhar para ela como ferramenta de trabalho.

Sobretudo a análise de domótica será a maior lição que se poderá retirar, podendo observar como o avanço tecnológico nos permitirá encarar a arquitetura de outro modo, respondendo a necessidades que de outra forma não seria possível. O que por sua vez, encaixa devidamente no pensar nZEB e podendo até ajudar com um processo de arquitetura bioclimática.

A responsabilidade do arquiteto passa por mais que o desenvolvimento e materialização de um conceito. Faz também parte garantir o melhor para o utilizador e também a melhor resposta a nZEB. Assim sendo, a domótica deverá ser encarada como uma necessidade e não um capricho. Sendo possível observar como realmente permite um significativo avanço na eficiência energética, maximizando o seu potencial numa arquitetura nZEB que já por si procura esta eficiência.

Derivada de dois termos, casa e robótica, a domótica surge inicialmente com o objetivo de melhoria da eficiência energética. Integrando com o tempo cada vez mais dispositivos elétricos num único sistema, dando origem à expressão casa inteligente. Como base nesta tecnologia, está a garantia de que diferentes elementos possam comunicar entre si de forma harmoniosa, podendo melhorar não só a eficiência, mas também o conforto e a segurança. No entanto perguntamos, por quê fazer recurso a uma tecnologia que já existe a tanto tempo, mas que nunca se tornou comum a sua utilização? Questionando-nos se haverá realmente uma vantagem a ser alcançada pela sua utilização.

Primariamente, antes de analisar resultados de domótica, devemos ter sempre em mente que resultados específicos não devem ser considerados como uma verdade absoluta. Isto é importante de ter em mente devido a influência que o utilizador pode causar sobre um sistema, onde decisões pessoais tendem a influenciar os resultados obtidos, podendo ainda o sistema ser mais ou menos autónomo e ainda existir variação do nível de eficiência dos dispositivos aplicados. Ainda assim, autores e investigadores, reportam que poderíamos esperar uma melhoria da eficiência energética entre 20 a 30%, sendo isto um valor significativo que não deve ser desconsiderado.

Exemplos disso foram analisados, com intervenções mais e menos complexas, variando o nível de automação e o nível de eficiência, no entanto obtendo resultados sempre positivos. Como é o caso

do edifício sede da Canon España S.A., onde a aplicação de 664 elementos permitiram um ganho energético de 60% em iluminação e de 40% em climatização. Apesar de este ser um investimento de valor acrescido, temos outros exemplos como do Instituto Politécnico da Guarda em Portugal. Este tendo apenas uma aplicação de 15 dispositivos, permitiu uma poupança energética que poderá variar entre 10 a 30%.

Cingidos com o conhecimento do potencial inerente à domótica, encontra-se desta maneira uma justificação para a necessidade de uma catalogação relevante para a arquitetura de nZEB. nZEB objetivando uma grande eficiência energética, por si só continua a ser um conceito de arquitetura que laqueia uma componente tecnológica. Tecnologia esta que já existe e tem provado o seu potencial num percurso de busca pelo aumento da eficiência energética. No entanto não existe nenhuma catalogação direcionada a nZEB e especificamente à busca de um consumo energético quase nulo.

Restando por isso responder a como é possível de fazer esta relação entre dois campos de investigação funcionar. Para isso analisam-se protocolos de domótica, dito de outra forma, a linguagem de comunicação entre dispositivos, sendo esta a base do seu funcionamento. Optando-se por alguns protocolos que representam o mercado atual de forma generalizada, de forma a entender o seu funcionamento que permitiu não só entender como a domótica funciona, mas a forma da sua integração com a arquitetura. É sempre importante lembrar que o funcionamento destes poderá variar com a evolução da tecnologia, podendo surgir novas formas de desempenho, eficiência e comunicação.

Respondendo ainda á questão de “Como?”, apresenta-se casos de estudo, permitindo uma resposta mais direta a esta questão. Estes casos de estudo representam a aplicação de domótica num edifício nZEB e ainda num edifício publico denominado de PEB (edifício de energia positiva). A pesar de serem os dois edifícios desenvolvidos mantendo uma mentalidade de conservação energética e maior eficiência possível, a domótica permitiu uma elevação do que seria possível de alcançar apenas com recurso a técnicas sustentáveis e ecológicas.

A Camara Municipal de Freiburg, Alemanha, representando o caso de estudo de uma edificação publica, é considerado um PEB. Esta categoria alcançada graças ao bom planeamento dos arquitetos, mas também ao apoio prestado pela domótica. Com um programa diversificado e complexo, pretendia-se a unificação de diferentes setores estatais debaixo de um edifício eficiente. A forma tubular escolhida permitiu a integração de sistemas de captação energética, utilizando-se ainda formas de arquitetura bioclimática, sempre tendo em mente a melhoria da eficiência energética do edifício, não sacrificando o conforto dos utilizadores. Juntamente associou-se um

complexo sistema de domótica, capaz de maximizar os ganhos obtidos. Os resultados são extraordinários, a domótica ajudando com a captação solar fotovoltaica da fachada, responsável por produzir 32% da energia elétrica e também pela climatização dos espaços interiores. Não retirando a possibilidade de personalização por parte dos utilizadores, mas maximizando a eficiência. Juntamente com a iluminação, cada utilizador pode regular o seu espaço pessoal, estando todo o edifício ligado entre si tomando decisões contantes sobre as medidas a serem tomadas. Este excecional exemplo relatou resultados positivos em 2018, deparando-se com problemas de funcionamento de alguns aspetos, ainda assim produzindo 98% da energia primaria anual. E calculando-se que funcionando tudo sem encontrar esses problemas, deveria ultrapassar as necessidades em pelo menos 30 MWh.

O segundo caso de estudo foi uma habitação unifamiliar nZEB. Desenvolvida na Alemanha, localizada no centro da cidade, este projeto faz recurso á arquitetura bioclimática de forma a melhorar o seu desempenho, sendo por isso considerado um edifício nZEB. Aparte disto recorre á domótica como forma a maximizar o seu potencial. Estando constantemente monitorizando a produção energética e regulando condições no interior para um maior conforto e mais importante, um aumento da eficiência energética. Permite ainda ser controlado á distancia, estando preparado para um futuro em que possa haver uma comunicação com veículos, integrando a habitação num complexo sistema que trabalha em conjunto. Aparte disto o sistema recorre a previsões meteorológicas para tomar decisões relativas à habitação, aprendendo conforme experiências obtidas. Os resultados apresentados entre 2012/2013 foram estes também positivos, produzindo uma energia primaria anual superior á necessária que efetivamente tornariam este edifício em mais que um nZEB, mas um PEB. O sistema autónomo da habitação retirou menos energia da rede publica do que a que foi capaz de prover, relatando assim uma eficiência energética de 107%.

Com esta informação sobre o potencial palpável da domótica, esta catalogação permitirá que o arquiteto obtenha conhecimento sobre o seu funcionamento e tudo o que envolve esta tecnologia. Não sendo necessário grandes particularidades sobre a mesma, mas sim um conhecimento básico, permitindo que seja feita a sua incorporação na arquitetura. De acordo com o objetivo de nZEB, esta catalogação foca-se em elementos que pretendem alcançar a melhoria da eficiência energética ou que de alguma maneira contribuem diretamente ou indiretamente neste sentido. Podemos por isso observar a existência de elementos, divididos em diferentes grupos, capazes de medir consumos, possibilitando o utilizador obter informação pertinente que poderá utilizar para o aumento da eficiência. Outros elementos apresentados, permitem o controlo da climatização a vários níveis diferentes, recorrendo a sensores que permitem o sistema aprender e tomar as decisões acertadas, assim como facilitando a interação adequada do utilizador. O mesmo podemos

dizer relativamente a dispositivos dedicados a iluminação, estes desenvolvidos especificamente para esta função, ou não, recorrendo a sensores que permitirão o ajuste correto.

Mais ainda, encontramos elementos que permitem um controlo de fachada ajudando o edifício a se adaptar a condições a que está exposto e também elementos multifunções que poderão executar mais que uma função. Tendo sido feita também referencia a interfaces e controladores, estes que representam a forma como o utilizador interage, não executando nenhum controlo específico, mas sim controlando outros dispositivos que serão responsáveis pela eficiência do nosso projeto fornecendo um método de interação com o utilizador.

A domótica é um vasto campo de investigação, avançando constantemente, sendo por isso necessário que haja um interesse pelo arquiteto em continuar a sua busca de informação sobre esta, não permitindo um afastamento entre as duas áreas. Isso é o que procura esta dissertação, instigar o interesse sobre algo que sempre esteve presente, no entanto foi deixado de parte no pensar arquitetónico. Assim como o mundo ao nosso redor continua a sua evolução e avanço, a arquitetura também deverá seguir este caminho. Apesar de podermos dizer que também a arquitetura continua a avançar, considero que estará a deixar para trás algo valioso e que deverá, desde o princípio, fazer parte de um conceito e de um pensar arquitetónico.

A presente dissertação colaborou para a consolidação de conhecimentos, métodos, técnicas e regras implícitas no processo de investigação científica, fortificando todos os saberes obtidos durante o curso. Acrescentando ainda um elemento de conhecimento novo que poderá eventualmente tornar-se vital numa arquitetura em constante evolução. A realização deste trabalho, considerando objetivos predefinidos e a investigação inerente a estes, foram o contributo para o conhecimento.



## Referências

Addington, M., & Schodek, D. (2005). *Smart Materials and New Technologies. For the architecture and design professions*. Cambridge, Estados Unidos da America: Elsevier.

ADENE. (n.d.). *Guia Prático do Certificado Energético da Habitação*. Lisboa: ADENE. Obtido de [http://www.greenplan.pt/ficheiros\\_artigos/Guia%20Prático%20do%20Certificado%20Energético.pdf](http://www.greenplan.pt/ficheiros_artigos/Guia%20Prático%20do%20Certificado%20Energético.pdf)

Albarello, L., Digneffe, F., Hiernaux, J.-P., Maroy, C., Ruquoy, D., & Saint-Georges, P. (1997). *Práticas e Métodos de Investigação em Ciências Sociais*. Gradiva.

Artistic Licence. (n.d.). *The DALI Guide* (3.1 ed.). Londres, Inglaterra. Obtido em 08 de Novembro de 2017, de

<http://www.artisticlicence.com/WebSiteMaster/User%20Guides/the%20dali%20guide.pdf>

Ascenso, R. (n.d.). O que vai mudar com os NZEB. *Edifícios e Energia*, 6-14. Obtido de <http://www.edificioseenergia.pt/media/53562/tcapa%201.pdf>

Attiaa, S., Eleftherioub, P., Xenii, F., Morlot, R., Ménézco, C., Kostopoulos, V., . . . Betanzos, J. H. (15 de Novembro de 2017). Overview and future challenges of nearly zero energy buildings (nZEB) design in Southern Europe. *Energy and Buildings*, 155, pp. 439-458. Obtido de <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.043>

Bacnet International. (2014). *Introduction to BACnet For Building Owners and Engineers* (1.0 ed.). Atlanta, Estados Unidos da America. Obtido de [http://www.big-eu.org/fileadmin/downloads/Introduction\\_to\\_BACnet-V3-1.pdf](http://www.big-eu.org/fileadmin/downloads/Introduction_to_BACnet-V3-1.pdf)

Balasubramanian, K., & Cellatoglu, A. (Novembro de 2008). Improvements in home automation strategies for designing apparatus for efficient smart home. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 54. Obtido de <http://ieeexplore.ieee.org/document/4711220/>

Berglund, A. (2002). *On the Understanding of Computer Network Protocols*. Uppsala, Suécia: Uppsala University.

Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto: Porto Editora.

Bree, A., Manteuffel, B., Ramaekers, L., & Offermann, M. (19 de Agosto de 2014). *Role of Building Automation related to Renewable Energy in nZEB's*. Ecofys. Kanaalweg: Ecofys. Obtido de <https://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2014-role-of-building-automation-in-nearly-zero-energy-buildings.pdf>

Consumer Technology Association. (2017). *2017 CES Green Guide Environmentally-friendly products at your fingertips*. Arlington, Estados Unidos da America: Consumer Technology Association. Obtido de <https://www.ces.tech/CES/media/pdfs/green-guide.pdf>

Costa, J. A. (2008). *A Evolução da Arquitectura Bioclimática - Contributo para a Sustentabilidade Arquitectónica e Urbana (Tese de doutoramento)*. Obtido de <http://repositorio.uportu.pt/jspui/bitstream/11328/603/21/TDH%2029%20%285%29.pdf>

DALI AG. (2001). *DALI Manual*. Frankfurt, Alemanha: DALI AG of ZVEI. Obtido de [http://www.dali-ag.org/fileadmin/user\\_upload/pdf/news-service/brochures/DALI\\_Manual\\_engl.pdf](http://www.dali-ag.org/fileadmin/user_upload/pdf/news-service/brochures/DALI_Manual_engl.pdf)

Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 07 de dezembro. (2020). *Diário da República n.º 237/2020, 1.º Suplemento, Série I*. Presidência do Conselho de Ministros. Obtido de <https://dre.pt/application/conteudo/150570704>

Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. (2013). *Diário da República, 1.ª série n.º 159*. Ministério da Economia e do Emprego. Obtido de <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2013/08/15900/0498805005.pdf>

Decreto-Lei n.º 194/2015 de 14 de setembro. (2015). *Diário da República*, 1.ª série, N.º 179. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Obtido de <https://dre.pt/application/conteudo/70280719>

Decreto-Lei n.º 28/2016 de 23 de junho. (2016). *Diário da República*, 1.ª série, N.º 119. Ministério da Economia e do Emprego. Obtido de <https://dre.pt/application/file/a/74775005>

Decreto-Lei n.º 52/2018 de 20 de agosto. (2018). *Diário da República*, 1.ª série, N.º 159. Ministério da Economia e do Emprego.

Despacho n.º 6469/2016 de 17 de maio. (2016). *Diário da República*, 2.ª série, N.º 95. Direção Geral de Energia e Geologia.

Deutsche BauZeitschrift. (2018). *Energie Spezial* 6. pp. 82-87. Obtido de [https://www.dbz.de/download/1307990/E-Mag\\_ES\\_3\\_2018\\_web.pdf](https://www.dbz.de/download/1307990/E-Mag_ES_3_2018_web.pdf)

Diaz, E., Vasquez, J., & Guerrero, J. (Janeiro de 2016). Intelligent DC Homes in Future Sustainable Energy Systems. *IEEE Consumwr Electronics Magazine*, 74-80. Obtido de [http://vicinity2020.eu/vicinity/system/files/publications/intelligent\\_dc\\_homes\\_in\\_future\\_sustainable\\_energy\\_systems\\_when\\_efficiency\\_and\\_intelligence\\_work\\_together\\_2016.pdf](http://vicinity2020.eu/vicinity/system/files/publications/intelligent_dc_homes_in_future_sustainable_energy_systems_when_efficiency_and_intelligence_work_together_2016.pdf)

Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho. (19 de Maio de 2010). *Jornal Oficial da União Europeia*. L153/13-L153/35. Obtido de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>

Domotica daVinci. (março de 2021). *Z-Wave Portugal*. Obtido de z-wave: <https://z-wave.pt/>

EOI Escuela de Negocios. (2008). *Manual de Eficiência Energética*. Andalucía, Espanha: Grupo Gas Natural. Obtido de [http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficiencianoconsumoppec/poupar/Documents/MEE\\_GNF.pdf](http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficiencianoconsumoppec/poupar/Documents/MEE_GNF.pdf)

Erhorn, H., & Erhorn-Kluttig, H. (2014). *Selected examples of Nearly Zero- Energy Buildings: Detailed Report*. Obtido de [https://www.epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2011/05/CT5\\_Report\\_Selected\\_examples\\_of\\_NZEBs-final.pdf](https://www.epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2011/05/CT5_Report_Selected_examples_of_NZEBs-final.pdf)

EuroX10. (março de 2021). Obtido de EuroX10: <https://www.eurox10.com/>

Feynman, R. P. (2 de Maio de 1956). The Relation of Science and Religion. *Transcrição de uma palestra*. California: Instituto de tecnologia da California. Obtido de [http://calteches.library.caltech.edu/49/2/Religion.htm?hc\\_location=ufi](http://calteches.library.caltech.edu/49/2/Religion.htm?hc_location=ufi)

Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (2015). *Feynman lectures on physics* (Vol. 1). Nova York: Basic Books.

Florensa, R. S., & Roura, H. C. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Edicions UPC. Obtido de <http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/Arquitectura%20y%20energia%20natural.pdf>

Frota, A. B., & Schiffer, S. R. (2001). *Manual de Conforto Térmico* (Quinta Edição ed.). São Paulo: Studio Nobel. Obtido de <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18350/material/ManualConfortoTERMICO.pdf>

Futurasmus. (março de 2021). *Futurasmus knxgroup*. Obtido de <https://www.futurasmus-knxgroup.es/>

Gil, A. (1995). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas.

Goldman, S., Ungar, L., Capanna, S., & Simchak, T. (2012). *Energy Efficiency: A Tool for Climate Change Adaptation*. Washington. Obtido de [https://www.ase.org/sites/ase.org/files/ASE-EE\\_A\\_Tool\\_For\\_Climate\\_Change\\_Adaptation.pdf](https://www.ase.org/sites/ase.org/files/ASE-EE_A_Tool_For_Climate_Change_Adaptation.pdf)

González, F. J. (2004). *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla-Lería.

Graña, S. (27 de Agosto de 2019). A Convergência para os NZEB. *Edifícios e Energia*. Algés, Portugal. Obtido em 11 de Junho de 2020, de <https://edificioseenergia.pt/forum/nzeb-927forum/>

Groat, L., & Wang, D. (2002). *Architectural Research Methods*. New York: John Wiley and Sons.

Hendricks, B. (Setembro de 2014). What makes an Efficiency House Plus? Obtido de [https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/en/documents/Areas-of-Expertise/heat-technology/2014-08\\_Broschuere\\_Wege-zum-Effizienzhaus-Plus\\_engl.pdf](https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/en/documents/Areas-of-Expertise/heat-technology/2014-08_Broschuere_Wege-zum-Effizienzhaus-Plus_engl.pdf)

Hermelink, A., Schimschar, S., Boermans, T., Pagliano, L., Zangheri, P., Armani, R., . . . Musall, E. (2013). *Towards nearly zero energy buildings*. Ecofys, Politecnico de Milão, Universidade de Wuppertal. Köln: Ecofys. Obtido de [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb\\_executive\\_summary.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb_executive_summary.pdf)

Höhl, V. (04 de Setembro de 2020). Rathaus im Stühlinger kostet Freiburg 82,5 Millionen Euro. *Badische Zeitung*. Obtido em 31 de 05 de 2021, de <https://www.badische-zeitung.de/rathaus-im-stuehlinger-kostet-freiburg-82-5-millionen-euro--193510388.html?mode=in>

Honeywell International. (2013). *Introduction to Z-Wave. An introductory guide to Z-Wave technology*. Morris Plains, Estados Unidos da America. Obtido de <http://library.ademconet.com/MWT/fs2/L5210/Introductory-Guide-to-Z-Wave-Technology.PDF>

Honeywell International, Inc. (2009). *BACnet Primer*. Estados Unidos da América: Phoenix Controls.

Insteon. (2013). *Insteon whitepaper: The Details* (2.0 ed.). Irvine, California, Estados Unidos da America. Obtido de [http://cache.insteon.com/documentation/insteon\\_details.pdf](http://cache.insteon.com/documentation/insteon_details.pdf)

INTELI - Inteligência em Inovação. (n.d.). Efficiency House Plus with Electromobility. *Smart City – Good Practice*. Obtido de [https://pocacito.eu/sites/default/files/EEHousePlus\\_Berlin.pdf](https://pocacito.eu/sites/default/files/EEHousePlus_Berlin.pdf)

International Green Roof Association (IGRA). (2014). *A Quick Guide to Green Roofs*. (W. Ansel, Ed.) Nürtingen, Alemanha: IGRA.

Irwin, D., Wo, A., Barker, S., Mishra, A., Shenoy, P., & Albrecht, J. (2011). *Exploiting Home Automation Protocols for Load Monitoring in Smart Buildings*. Massachusetts: University of Massachusetts Amherst. Obtido em 15 de 11 de 2017, de <http://www.cs.williams.edu/~jeannie/papers/insteon-buildsys11.pdf>

Kamal, M. A. (Janeiro de 2012). An overview of passive cooling techniques in buildings: Design concepts and architectural interventions. *Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture*, 55, 84-97. Obtido de <http://constructii.utcluj.ro/ActaCivilEng>

King, J. (2018). *Energy Impacts of Smart Home Technologies*. American Council for an Energy-Efficient Economy. Washington: American Council for an Energy-Efficient Economy. Obtido em 12 de 4 de 2020, de <https://www.aceee.org/research-report/a1801>

KNX Association. (2014). *The worldwide standard for home and building control*. Bruxelas, Belgica: KNX Association. Obtido em 14 de 10 de 2017, de [https://www.knx.org/media/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Introduction-Flyer/KNX-Introduction-Flyer\\_en.pdf](https://www.knx.org/media/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Introduction-Flyer/KNX-Introduction-Flyer_en.pdf)

KNX Association. (n.d.). *Smart Home and Building Solutions*. Obtido em 22 de 09 de 2019, de [https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Introduction-Flyer/KNX-Introduction-Flyer\\_en.pdf](https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Introduction-Flyer/KNX-Introduction-Flyer_en.pdf)

KNX Association. (n.d.). *Energy Efficiency with KNX*. Bruxelas: KNX Association. Obtido em 01 de 04 de 2020, de <https://crelectrics.com.au/wp-content/uploads/2015/05/energy-efficiency-with-KNX.pdf>

Lanham, A., Gama, P., & Braz, R. (2004). *Arquitetura Bioclimática Perspectivas de inovação e futuro*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa.

Lessard-Hébert, M., Boutin, G., & Goyette, G. (2013). *Investigação Qualitativa: Fundamentos e práticas*. Instituto Piaget.

Li, R. Y., Li, H. C., Mak, C. K., & Tang, T. B. (7 de Setembro de 2016). Sustainable smart home and home automation: big data analytics approach. *International Journal of Smart Home*, pp. 177-187. Obtido de <https://poseidon01.ssrn.com/delivery.php?ID=9480940851011001240990990900830011120500560570150480700890790891270040921020270651110350391210140390991180970951260030850190680180800260020360831191081250230190000290580860210240270150701100791020241020960980820>

Magrini, A., Lentini, G., Cuman, S., Bodrato, A., & Marengo, L. (20 de Junho de 2020). From nearly zero energy buildings (NZEB) to positive energy buildings (PEB): The next challenge - The most recent European trends with some notes on the energy analysis of a forerunner PEB example. (E. Ltd., Ed.) *Developments in the Built Environment*. Obtido de <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100019>

Marszal, A., & Heiselberg, P. (2010). *Zero Energy Building definition – a literature review*. Aalborg: Aalborg University. Obtido de <http://task9.iea-shc.org/data/sites/1/publications/T40A52-STA-Marzal-Report-2012-09.pdf>

Mendes, N. R. (2010). *Paredes de Trombe na Arquitectura Contemporânea (Dissertação de mestrado)*. Lisboa: Instituto Universitário de Lisboa. Obtido de <http://hdl.handle.net/10071/2295>

Mendonça, P. (2005). *Habitar sob uma segunda pele : estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados (Tese de doutoramento)*. Braga: Universidade do Minho. Obtido de <http://hdl.handle.net/1822/4250>

Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. (2004). *Memorando - Definições de espaços e de áreas utilizados na Ficha Técnica da Habitação (2004-10-15 ed.)*. Lisboa, Portugal: Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Obtido de [https://www.fep.up.pt/disciplinas/PGI921/LNEC\\_memorando\\_areas.pdf](https://www.fep.up.pt/disciplinas/PGI921/LNEC_memorando_areas.pdf)

Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano. (2012). *Efficiency House Plus with Electromobility - Technical Information and Details*. Berlim: Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano.

Monteiro, A. (2017). *Sistemas Inteligentes para melhoria da eficiência energética em edifícios*. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Moore, F. (1993). *Environmental Control Systems: Heating, Cooling, Lighting*. New York: McGraw-Hill.

My Smart CTI. (2013). *KNX The Smart Guide*. Obtido em 2018 de 3 de 6, de [https://www.mysmart.com.au/wp-content/uploads/2015/06/MYSCTI-KNX-SmartGuide\\_email-1.pdf](https://www.mysmart.com.au/wp-content/uploads/2015/06/MYSCTI-KNX-SmartGuide_email-1.pdf)

Neila González, F. J. (2004). *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla-Lería.

Olgay, V. (2006). *Arquitectura y Clima - Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gráficas 92.

Oliveira, T. (2006). *Sustentabilidade e Arquitectura: uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil (Dissertação de mestrado)*. Maceió: Universidade Federal de Alagoas Centro de Tecnologia. Obtido de <http://www.ctec.ufal.br/grupospesquisa/grilu/Artigos/Sustentabilidade%20e%20Arquitetura%20Uma%20Reflexão%20Sobre%20o%20Uso%20do%20Bambu%20na%20Construção%20Civil.pdf>

Paetz, C. (2015). *Z-Wave Essentials. Interoperability in Smart Homes* (3ª ed.). Zwickau, Alemanha: CreateSpace Independent Publishing Platform.

Paoletti, G., Pascuas, R. P., Perneti, R., & Lollini, R. (2017). *Nearly Zero Energy Buildings: An Overview of the Main Construction Features across Europe*. Bolzano, Italia: EURAC Research, Institute for Renewable Energy. Obtido de <https://www.mdpi.com/2075-5309/7/2/43/htm>

Pascual, R., Paoletti, G., & Anagnostopoulos, F. (2016). *Zebra2020: Nearly Zero-Energy Building Strategy 2020*. Vienna, Austria: Vienna University of Technology.

Portaria n.º 297/2019 de 09 de setembro. (2019). *Diário da República n.º 172/2019, Série I*. Ambiente e Transição Energética. Obtido de <https://dre.pt/application/conteudo/124539913>

Portaria n.º 319/2016 de 15 de dezembro. (2016). *Diário da República, 1.ª série, N.º 239*. Ministério da Economia.

Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro. (2013). *Diário da República, 1.ª série, N.º 232*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia.

Portaria n.º 379-A/2015 de 22 de outubro. (2015). *Diário da República, 1.ª série, N.º 207*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia.

Portaria n.º 98/2019 de 02 de abril. (2019). *Diário da República n.º 65/2019, Série I*. Ambiente e Transição Energética. Obtido de <https://dre.pt/application/conteudo/121854639>

Porto Editora. (s.d.). *Infopedia Dicionários Porto Editora*. (P. Editora, Editor) Obtido em 6 de 3 de 2018, de [https://www.infopedia.pt/\\$protocolos-de-comunicacao](https://www.infopedia.pt/$protocolos-de-comunicacao)

RedeRia - Innovation, S.A. (2013). *Domótica – Guia para a Reabilitação: Comunicações, Segurança e Conforto*. Vagos, Portugal: RedeRia - Innovation, S.A. Obtido de <http://www.inovadomus.pt/cooperar/wp-content/uploads/2013/07/08guia.pdf>

Réhault, N., Engelmann, P., Lämmle, M., & Munzinger, L. (Outubro de 2019). New town hall in Freiburg (D): concept, performance and energy balance after the first year of monitoring of a large net plus-energy building. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 352.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010 de 15 de abril. (2010). *Diário da República, 1.ª série, N.º 73*. Presidência do Conselho de Ministros. Obtido de <https://dre.pt/application/file/613593>

Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 de 10 de abril. (2013). *Diário da República, 1.ª série, N.º 70*. Presidência do Conselho de Ministros. Obtido de <https://dre.pt/application/conteudo/260463>

Ricquebourg, V., Menga, D., Durand, D., Bruno, M., Delahoche, L., & Laurent, C. (2006). The Smart Home Concept: our immediate future. Tunisia: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Obtido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/4152762>

- Rohracher, H. (2002). Smart Homes and Energy Efficiency Constructive Technology Assessment of ICT Use in Sustainable Buildings. *Human and Social Dimensions of Energy Use: Understanding Markets and Demand*, pp. 8.241-8.252. Obtido de [https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/library/conference\\_proceedings/ACEEE\\_buildings/2002/Panel\\_8/p8\\_20/paper.pdf](https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/library/conference_proceedings/ACEEE_buildings/2002/Panel_8/p8_20/paper.pdf)
- Rozite, V. (2018). *Intelligent Efficiency - A Case Study of Barriers and Solutions - Smart Homes*. IEA Technology Collaboration Programme on Energy Efficient End-Use Equipment. Connected Devices Alliance. Obtido de <https://www.iea-4e.org/document/413/intelligent-efficiency-a-case-study-of-barriers-and-solutions-smart-homes>
- Schneider Electric. (2015). *Guide to Open Protocols In Building Automation*. Paris, França. Obtido de [https://blog.schneider-electric.com/wp-content/uploads/2015/11/SE-Protocols-Guide\\_A4\\_v21.pdf](https://blog.schneider-electric.com/wp-content/uploads/2015/11/SE-Protocols-Guide_A4_v21.pdf)
- Serghides, D., Dimitriou, S., Katafygiotou, M., & Michaelidou, M. (2015). Energy Efficient Refurbishment Towards Nearly Zero Energy Houses, for the Mediterranean Region. *7th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings* (pp. 533-543). Chipre: Elsevier Ltd. Obtido de [https://ac.els-cdn.com/S1876610215028386/1-s2.0-S1876610215028386-main.pdf?\\_tid=deb44e27-fa90-4c66-9f86-f54908752c61&acdnat=1525284220\\_553a3f0d16173becfb41ea0e8a1d98c8](https://ac.els-cdn.com/S1876610215028386/1-s2.0-S1876610215028386-main.pdf?_tid=deb44e27-fa90-4c66-9f86-f54908752c61&acdnat=1525284220_553a3f0d16173becfb41ea0e8a1d98c8)
- Serra Florensa, S., & Roura, H. C. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Edicions UPC. Obtido de <http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/Arquitectura%20y%20energia%20natural.pdf>
- Setty, B., & Woods, J. (2014). *Toward Fully Functional Net-Zero-Energy Buildings: An Engineering Perspective*. Fairfax: Setty. Obtido de [http://www.setty.com/pdf/Setty\\_Net\\_Zero\\_Energy\\_Building.pdf](http://www.setty.com/pdf/Setty_Net_Zero_Energy_Building.pdf)
- Tarmac Ltd. (n.d.). Passive Solar Design. Obtido de <https://www.tarmac.com/media/756529/tarmac-passive-solar-design.pdf>
- van Dam, S. (2013). *Architecture and the Built - Smart Energy Management for Households* (Vol. 5). Roterdão: Delft University of Technology.
- WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG. (2013). *Building Automation: flexROOM*. Minden, Alemanha: WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG. Obtido de [http://www.dicomat.com/wp-content/uploads/catalogos/WAGO\\_Building\\_Flexroom.pdf](http://www.dicomat.com/wp-content/uploads/catalogos/WAGO_Building_Flexroom.pdf)
- WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG. (2020). *Securely Networked: Modern Automation and Cybersecurity are the Basis of Efficient Buildings*. Minden: WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG. Obtido de <http://elektrotehnika.mk/catalogs/wago/WAGO-direct-building.pdf>
- Yin, R. (1984). *Case Study: Research, Design and Methods*. Canada: Large Publications.
- Z-Wave. (2011). *Z-Wave Technical Basics* (01.06.2011 ed.). Copenhagen, Dinamarca. Obtido de <https://pt.scribd.com/document/295436743/Z-Wave-Technical-Basics>

Fig. 1 – Estruturação de conteúdos (Autoria própria)	25
Fig. 2 – Definição de nZEB ( <a href="https://www.buildup.eu/sites/default/files/illustrations/screenshot_2017-09-29_15.22.48.png">https://www.buildup.eu/sites/default/files/illustrations/screenshot_2017-09-29_15.22.48.png</a> )	32
Fig. 3 - Procura pela eficiência energética de nZEB (Autoria própria)	35
Fig. 4 - O futuro chama por nZEB ( <a href="https://media-exp1.licdn.com/dms/image/C4E1BAQFy4f5V4i4mSw/company-background_10000/0?e=2159024400&amp;v=beta&amp;t=1ITsTGu9c-uLADQqtfw8YgpRJO17ZE0bySSiUkaWm5Y">https://media-exp1.licdn.com/dms/image/C4E1BAQFy4f5V4i4mSw/company-background_10000/0?e=2159024400&amp;v=beta&amp;t=1ITsTGu9c-uLADQqtfw8YgpRJO17ZE0bySSiUkaWm5Y</a> )	36
Fig. 5 – Troca de radiação solar sobre superfícies envidraçadas (Frota & Schiffer, 2001)	40
Fig. 6 – Troca de radiação solar sobre superfícies opacas (Frota & Schiffer, 2001)	41
Fig. 7 - Coeficiente de estabilidade térmica em diferentes massas (Tarmac Ltd., n.d.)	42
Fig. 8 - Configuração de uma Parede de Trombe Adaptado de (Mendes, 2010)	43
Fig. 9 – Sistema de ventilação cruzada Adaptado de (Florensa & Roura, 1995)	45
Fig. 10 – Ventilação por estratificação Adaptado de (Florensa & Roura, 1995)	46
Fig. 11 - Chaminé solar Adaptado de (Florensa & Roura, 1995)	46
Fig. 12 – Arrefecimento evaporativo Adaptado de (Florensa & Roura, 1995)	47
Fig. 13 – Exemplos de acessórios de proteção solar exterior (Mendonça, 2005)	49
Fig. 14 - Classificação de coberturas verdes (International Green Roof Association (IGRA), 2014)	49
Fig. 15 - Representação do azimute solar (Autoria própria)	53
Fig. 16 - Horário de insolação para uma superfície vertical orientada SO em Portugal a uma latitude de 42° N (Autoria própria)	53
Fig. 17 - Ilustração de sombreamento relativo ao movimento solar (Autoria própria)	54
Fig. 18 - Gráfico de sobreaquecimento em Portugal a uma latitude de 42° N (Autoria própria)	55
Fig. 19 - Aplicação de sombreamento sobre carta solar em Portugal a uma latitude de 42° N (Autoria própria)	55

Fig. 20 - Síntese do conceito de nZEB (Autoria própria)	59
Fig. 21 – Logotipo da Plataforma para a promoção dos nZEB em Portugal ( <a href="https://pt-nzeb.pt/wp-content/uploads/2016/02/PTnZEB-logotipo-300x121.jpg">https://pt-nzeb.pt/wp-content/uploads/2016/02/PTnZEB-logotipo-300x121.jpg</a> )	62
Fig. 22 – Perdas e ganhos de calor de uma habitação em Lisboa ( <a href="https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2018/06/ADENE_certificado_energ%C3%A9tico_habita%C3%A7%C3%A3o.pdf">https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2018/06/ADENE_certificado_energ%C3%A9tico_habita%C3%A7%C3%A3o.pdf</a> )	64
Fig. 23 – Certificado energético Adaptado de ( <a href="https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2018/06/ADENE_certificado_energ%C3%A9tico_habita%C3%A7%C3%A3o.pdf">https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2018/06/ADENE_certificado_energ%C3%A9tico_habita%C3%A7%C3%A3o.pdf</a> )	65
Fig. 24 – Aplicação de nZEB em Portugal (Autoria própria)	67
Fig. 25 – A casa inteligente Adaptado de ( <a href="https://blog.hslu.ch/majorobm/files/2020/04/Untitled-design-4.png">https://blog.hslu.ch/majorobm/files/2020/04/Untitled-design-4.png</a> )	68
Fig. 26 - Benefícios energéticos da tecnologia de domótica (Rozite, 2018)	72
Fig. 27 – Edifício sede da Canon España S.A. (KNX Association, n.d.)	73
Fig. 28 – Ganhos energéticos em climatização e arrefecimento inteligente Adaptado de (King, 2018)	75
Fig. 29 – Ganhos energéticos em iluminação inteligente Adaptado de (King, 2018)	75
Fig.30 – Ganhos energéticos em eletrodomésticos inteligentes Adaptado de (King, 2018)	75
Fig. 31 – Síntese da definição de domótica e possíveis benefícios energéticos (Autoria própria)	78
Fig. 32 - Formas de experienciar o conceito geral de um protocolo (Berglund, 2002)	80
Fig. 33 - Algumas aplicações de KNX (KNX Association, n.d)	82
Fig.34 - Áreas de aplicação do KNX (KNX Association, n.d)	85
Fig. 35 – Configuração de um sistema BACnet (Honeywell International, Inc., 2009)	86
Fig. 36 - Esquema de uma instalação DALI ( <a href="https://blog.ledbox.es/wp-content/uploads/2015/01/esquema-dali-iluminacion-led1.jpg">https://blog.ledbox.es/wp-content/uploads/2015/01/esquema-dali-iluminacion-led1.jpg</a> )	88
Fig. 37 – Ligações Z-Wave ( <a href="https://qubino.com/wp-content/uploads/2019/10/web_slika-1-1170x658.jpg">https://qubino.com/wp-content/uploads/2019/10/web_slika-1-1170x658.jpg</a> )	89
Fig. 38 - Perda de sinal através de diferentes materiais (Paetz, 2015)	92









Fig. 39 - Exemplo de uma sombra de radio (Z-Wave, 2011)	93
Fig. 40 – Insteon interface ( <a href="https://www.silverbytes.com/wp-content/uploads/2019/07/insteon-home-slider.jpg">https://www.silverbytes.com/wp-content/uploads/2019/07/insteon-home-slider.jpg</a> )	94
Fig. 41 - Exemplo de instalação INSTEON (Insteon, 2013)	96
Fig. 42 - Comunicação entre elementos em diferentes instalações (Insteon, 2013)	97
Fig. 43 – Funcionamento da domótica (Autoria própria)	101
Fig. 44 – Camara Municipal de Freiburg ( <a href="https://www.dreso.ch/fileadmin/_processed_/d/5/csm_NVZ_Freiburg__c__HG_Esch_5e935dc259.jpg">https://www.dreso.ch/fileadmin/_processed_/d/5/csm_NVZ_Freiburg__c__HG_Esch_5e935dc259.jpg</a> )	105
Fig. 45 - Fotografia de implantação Camara Municipal de Freiburg ( <a href="https://www.google.com/maps">https://www.google.com/maps</a> )	106
Fig. 46 – Fachada da Camara Municipal de Freiburg ( <a href="https://urbannext.net/freiburg-town-hall">https://urbannext.net/freiburg-town-hall</a> )	107
Fig. 47 – Conceito da Camara Municipal de Freiburg, Alemanha Adaptado de ( <a href="https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/INGENHOVEN-ARCHITECTS-Rathaus-Freiburg-info_graphic-10.jpg">https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/INGENHOVEN-ARCHITECTS-Rathaus-Freiburg-info_graphic-10.jpg</a> )	108
Fig. 48 – Cobertura verde utilizada na Camara de Freiburg ( <a href="https://urbannext.net/freiburg-town-hall/">https://urbannext.net/freiburg-town-hall/</a> )	108
Fig. 49 - Conceito de eixos da Wago (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG, 2013)	111
Fig. 50 – Esquemas e informações gerais sobre a Camara Municipal de Freiburg, Alemanha ( <a href="https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/INGENHOVEN-ARCHITECTS-Rathaus-Freiburg-info_graphic-10.jpg">https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/INGENHOVEN-ARCHITECTS-Rathaus-Freiburg-info_graphic-10.jpg</a> )	112
Fig. 51 – Corte da Camara Municipal de Freiburg ( <a href="https://archello.com/story/50247/attachments/drawings/3">https://archello.com/story/50247/attachments/drawings/3</a> )	112
Fig. 52 – Secção horizontal da fachada da Camara de Freiburg ( <a href="https://i.pinimg.com/originals/49/20/d2/4920d2575d79f40298f872bec3668b67.jpg">https://i.pinimg.com/originals/49/20/d2/4920d2575d79f40298f872bec3668b67.jpg</a> )	113
Fig. 53 – Planta de implantação da Camara de Freiburg ( <a href="https://archello.com/story/50247/attachments/drawings/6">https://archello.com/story/50247/attachments/drawings/6</a> )	113
Fig. 54 – Secção vertical da fachada da Camara de Freiburg ( <a href="https://i.pinimg.com/originals/1e/4b/ad/1e4badf23590d314b990fdbd27289bc8.jpg">https://i.pinimg.com/originals/1e/4b/ad/1e4badf23590d314b990fdbd27289bc8.jpg</a> )	114
Fig. 55 - Balanço de energia primária mensal (Réhault, Engelmann, Lämmle, & Munzinger, 2019)	115
Fig. 56 - Efficiency House Plus with E-mobility ( <a href="https://www.buildup.eu/en/practices/cases/efficiency-house-plus-berlin">https://www.buildup.eu/en/practices/cases/efficiency-house-plus-berlin</a> )	116
Fig. 57 – Fotografia de implantação ( <a href="https://www.google.com/maps">https://www.google.com/maps</a> )	117
Fig. 58 – Incidência de radiação solar sobre a habitação (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)	118

Fig. 59 – Conceito da Efficiency House Plus with E-mobility (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)	118
Fig. 60 – Conceito de domótica (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)	120
Fig. 61 – Esquema de funcionamento do sistema de domótica (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)	121
Fig. 62 – Detalhe construtivo da fachada sul da Efficiency House Plus with E-mobility (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)	121
Fig. 63 – Planta do piso 0 da Efficiency House Plus with E-mobility ( <a href="https://www.archdaily.com/94774/plus-energy-house-with-electromobility-ilek">https://www.archdaily.com/94774/plus-energy-house-with-electromobility-ilek</a> )	122
Fig. 64 - Planta do piso 1 da Efficiency House Plus with E-mobility ( <a href="https://www.archdaily.com/94774/plus-energy-house-with-electromobility-ilek">https://www.archdaily.com/94774/plus-energy-house-with-electromobility-ilek</a> )	122
Fig. 65 - Utilização energética da Efficiency House Plus with E-mobility (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)	123
Fig. 66 - Projeção de energia produzida e utilizada anualmente, valida a outubro de 2011 (Ministerio Federal do Transporte, Construção e Desenvolvimento Urbano, 2012)	123
Fig. 67 – Síntese do contributo da domótica em nZEB (Autoria própria)	127
Fig. 68 - Simbologia de recursos para atuação da domótica (Autoria própria)	133
Fig. 69 - Monitorização de recursos (Autoria própria)	135
Fig. 70 – Climatização (Autoria própria)	137
Fig. 71 - Iluminação (Autoria própria)	139
Fig. 72 – Controlo de fachada (Autoria própria)	141
Fig. 73 – Multifunções (Autoria própria)	143
Fig. 74 - Interfaces e controladores (Autoria própria)	145
Fig. 75 - Catalogação de comunicação de protocolos de domótica (Autoria própria)	147
Fig. 76 - Esquema de desenvolvimento e organização da catalogação (Autoria própria)	149
Fig. 77 – Esquema de informação da catalogação (Autoria própria)	150



## Anexos

Modelo de certificado energético do Despacho n.º 6469/2016 de 17 de maio de 2016

 <b>Certificação Energética e Ar Interior EDIFÍCIOS</b>	<b>(tipo de certificado)</b> Edifício de Habitação	<b>SCE1234567890</b> Válido até xx/xx/xxxx
(foto do imóvel)	IDENTIFICAÇÃO POSTAL  IDENTIFICAÇÃO PREDIAL/FISCAL  INFORMAÇÃO ADICIONAL	
Este certificado apresenta a classificação energética deste edifício ou fração. Esta classificação é calculada comparando o desempenho energético deste edifício nas condições atuais, com o desempenho que este obteria nas condições mínimas (com base em valores de referência ou requisitos aplicáveis para o ano assinalado *) a que estão obrigados os edifícios novos. Saiba mais no site da ADENE em <a href="http://www.adene.pt">www.adene.pt</a> .		
INDICADORES DE DESEMPENHO	CLASSE ENERGÉTICA	
Determinam a classe energética do edifício e a eficiência na utilização de energia, incluindo o contributo de fontes renováveis. São apresentados comparativamente a um valor de referência e calculados em condições padrão.	Mais eficiente <span style="float: right;">                     Julho 2006   Dec 2013   Janeiro 2016*                 </span>	
 <b>Aquecimento Ambiente</b>		<div style="margin-bottom: 5px;"> <span style="background-color: #333; color: white; padding: 2px 5px;"><b>A+</b></span> 0% a 25%                     </div> <div style="margin-bottom: 5px;"> <span style="background-color: #333; color: white; padding: 2px 5px;"><b>A</b></span> 26% a 50%                     </div> <div style="margin-bottom: 5px;"> <span style="background-color: #333; color: white; padding: 2px 5px;"><b>B</b></span> 51% a 75%                     </div> <div style="margin-bottom: 5px;"> <span style="background-color: #333; color: white; padding: 2px 5px;"><b>B</b></span> 76% a 100%                     </div> <div style="margin-bottom: 5px;"> <span style="background-color: #ccc; color: white; padding: 2px 5px;"><b>C</b></span> 101% a 150%                     </div> <div style="margin-bottom: 5px;"> <span style="background-color: #ccc; color: white; padding: 2px 5px;"><b>D</b></span> 151% a 200%                     </div> <div style="margin-bottom: 5px;"> <span style="background-color: #ccc; color: white; padding: 2px 5px;"><b>E</b></span> 201% a 250%                     </div> <div style="margin-bottom: 5px;"> <span style="background-color: #ccc; color: white; padding: 2px 5px;"><b>F</b></span> Mais de 251%                     </div> <div style="margin-top: 10px; font-size: small;"> <span style="float: right;">Mínimo:</span> Edifícios Novos                     </div> <div style="margin-top: 5px; font-size: small;"> <span style="float: right;">Mínimo:</span> Grandes Intervenções                     </div>
 <b>Arrefecimento Ambiente</b>		
 <b>Água Quente Sanitária</b>		
ENERGIA RENOVÁVEL	EMISSÕES DE CO <sub>2</sub>	
Contributo de energia renovável no consumo de energia deste edifício.	Emissões de CO <sub>2</sub> estimadas devido ao consumo de energia.	
		
Entidade Gestora	Entidade Fiscalizadora	
 AGÊNCIA PARA A ENERGIA	 Direção Geral de Energia e Geologia	

**PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA**

As medidas propostas foram identificadas pelo Perito Qualificado e têm como objectivo a melhoria do desempenho energético do edifício. A implementação destas medidas, para além de reduzir a fatura energética anual, poderá contribuir para uma melhoria na classificação energética.

Nº da Medida	Aplicação	Descrição da Medida de Melhoria Proposta	Custo Estimado do Investimento	Redução Anual Estimada da Fatura Energética	Classe Energética (após medidas)
1					
2					
3					
4					
5					

**CONJUNTO DE MEDIDAS DE MELHORIA**

Representa o impacto a nível económico e do desempenho energético na habitação que este conjunto de medidas de melhoria terá, se for implementado.



**CUSTO TOTAL ESTIMADO DO INVESTIMENTO**



**REDUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA FATURA ENERGÉTICA**

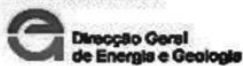
**CLASSE ENERGÉTICA APÓS MEDIDAS**

**RECOMENDAÇÕES SOBRE SISTEMAS TÉCNICOS**

Entidade Gestora



Entidade Fiscalizadora



**DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRAÇÃO**

**COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA HABITAÇÃO**

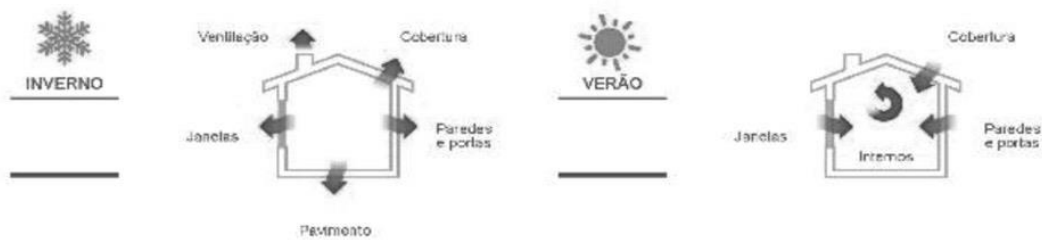
Descreve e classifica o comportamento térmico dos elementos construtivos mais representativos desta habitação. Uma classificação de 5 estrelas, expressa a referência adequada para esses elementos, tendo em conta, entre outros fatores, as condições climáticas onde o edifício se localiza.

Tipo	• Descrição das Principais Soluções	• Classificação
<b>PAREDES</b>		
<b>COBERTURAS</b>		
<b>PAVIMENTOS</b>		
<b>JANELAS</b>		

Por:   
Método: 

**PERDAS E GANHOS DE CALOR DA HABITAÇÃO**

Os elementos construtivos contribuem para o consumo de energia associado à climatização e para o conforto na habitação. A informação seguinte indica o contributo desses elementos em cada estação, bem como os locais onde ocorrem perdas e ganhos de calor.



**DEFINIÇÕES**

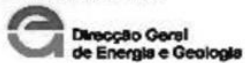
**INFORMAÇÃO ADICIONAL**

**NOTAS E OBSERVAÇÕES**

Entidade Gestora



Entidade Fiscalizadora



Esta secção do certificado energético apresenta, em detalhe, os elementos considerados pelo Perito Qualificado no processo de certificação do edifício/fracção. Esta informação encontra-se desagregada entre os principais indicadores energéticos e dados climáticos relativos ao local do edifício, bem como as soluções construtivas e sistemas técnicos identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel. As soluções construtivas e sistemas técnicos encontram-se caracterizados tendo por base a melhor informação recolhida pelo Perito Qualificado e apresentam uma indicação dos valores referenciais ou limites admissíveis (quando aplicáveis).

RESUMO DOS PRINCIPAIS INDICADORES		DADOS CLIMÁTICOS	
Sigla - Descrição	Valor / Referência	Descrição	Valor
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Altitude	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Graus-dia (h° C)	
QA	Energia útil para produção de água quente sanitária (kWh/ano)	Temperatura média exterior (T <sub>ext</sub> )	
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	Zona climática de inverno	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	Zona climática de verão	
Eren <sub>pot</sub>	Energia esperada, produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	Duração da estação de aquecimento	
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Duração da estação de arrefecimento	

\*Indicador de contribuição mínima a que estão sujeitos os edifícios novos e, a menos intervenção, caso não aplicável

**PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS**

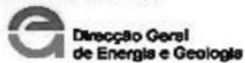
**VÃOS ENVIDRAÇADOS**

SISTEMAS TÉCNICOS E VENTILAÇÃO

Entidade Gestora



Entidade Fiscalizadora


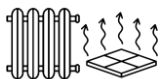
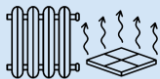



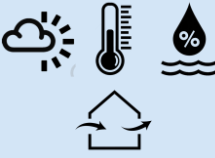



Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica – Tabela I.10  
(Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro, 2013)

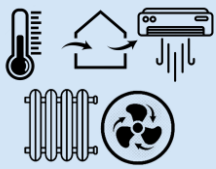






Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	entrada em vigor	31 dez 2015
Split, multissplit, VRF e compacto	C	B
Unidades do tipo <i>Rooftop</i>		
Unidades do tipo <i>Chiller</i> de compressão (Bomba de calor)		

Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores – Tabela I.16  
(Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro, 2013)


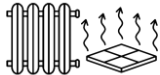


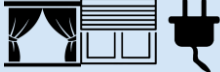






	Classe de eficiência energética	Rendimento nominal ( $\eta$ )
	Caldeiras	A++ (1)
A+ (2)		$96\% \geq \eta > 92\%$
A		$92\% \geq \eta > 89\%$
B		$89\% \geq \eta > 86\%$
C		$86\% \geq \eta > 83\%$
D		$83\% \geq \eta > 80\%$
E		$80\% \geq \eta > 77\%$
F		$\eta \leq 77\%$
Esquentadores	Potência (kW)	Rendimento
	$\leq 10\text{kW}$	$\geq 0,82$
	$> 10\text{ kW}$	$\geq 0,84$

	Dispositivo	Simbologia descritiva	Custo unitário aproximado em Euros (€)
<b>A - Monitorização de recursos</b>	Zennio – KCI 4		119,00€
<b>B - Climatização</b>	MDT – Termostato SCN-RT1GW.01		172,00€
	MDT – Atuador de electroválvulas AKH-0600.02		201,00€
<b>C - Iluminação</b>	Siemens – Atuador dimmer 5WG1 525-2AB13		174,00€
	Zennio – Sensor de movimento ZPDC30LV2		139,00€
<b>D - Controlo de fachada</b>	Siemens – Atuador de persianas 5WG1 523-1AB02		360,00€
<b>E - Multifunções</b>	Elsner – Estação meteorológica 70156		625,00€
<b>F - Interfaces e controladores</b>	Siemens – Painel tátil 5WG1 588-2AB13		1 490,00€

Preços baseados em: (Futurasmus, 2021)

	Dispositivo	Simbologia descritiva	Custo unitário aproximado em Euros (€)
<b>B - Climatização</b>	Insteon - Thermostats		80,00€
<b>C - Iluminação</b>	Insteon - Dimmer		60,00€
	Insteon - On/Off		60,00€
	Insteon - Motion II		50
<b>D - Controlo de fachada</b>	Insteon - Open/Close Micro Module		60,00€
<b>E - Multifunções</b>	Insteon - On/Off Outlet		45,00€
<b>F - Interfaces e controladores</b>	Insteon - Hub II		120,00€

Preços baseados em: (EuroX10, 2021)

	Dispositivo	Simbologia descritiva	Custo unitário aproximado em Euros (€)
<b>A - Monitorização de recursos</b>	Fibaro - Walli Outlet E/F		90,00€
<b>B - Climatização</b>	Fibaro - The heat controller		80,00€
<b>C - Iluminação</b>	Fibaro - Dimmer		60,00€
	Fibaro - Switche		60,00€
<b>D - Controlo de fachada</b>	Fibaro - Roller Shutter 3		60,00€
<b>E - Multifunções</b>	Fibaro - Smart Implant		45,00€
	Fibaro - Motion Sensor		58,00€
	Fibaro - CO <sup>2</sup> Sensor		100,00€
	Fibaro - Smole Sensor		65,00€
<b>F - Interfaces e controladores</b>	Fibaro - Swipe		150,00€
	Fibaro - Home Center 3		599,00€

Preços baseados em: (Domotica daVinci, 2021)