



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Automação de Soluções de Arquitetura Solar Passiva

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente
na Especialidade de Território e Gestão do Ambiente

Autor

Américo Rafael Marques Santos Pinho

Orientador

Fernando José Telmo Dias Pereira

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, julho, 2015

AGRADECIMENTOS

A concretização desta dissertação marca o fim de uma importante etapa da minha vida, pelo que não poderia perder a oportunidade de mostrar todo o meu agradecimento aos que estiveram do meu lado.

As minhas primeiras palavras de gratidão são dirigidas ao meu orientador, Professor Fernando José Telmo Dias Pereira, por toda a sua disponibilidade, sugestões, esclarecimentos e conhecimentos partilhados que me foram tão úteis ao longo destes meses de projeto.

A todos os meus amigos que me acompanharam ao longo destes anos, o meu obrigado pela paciência e acima de tudo o companheirismo de todos os dias.

Aos meus familiares por todo o apoio e incentivo demonstrado durante todo o percurso académico.

Por último, queria agradecer aos meus pais pela aposta que fizeram em mim, por todo o esforço para que este sonho fosse realizado e pela educação que me deram e que faz de mim o que sou hoje.

RESUMO

A necessidade do ser humano se fixar e combater as instabilidades do meio ambiente foram as razões para o aparecimento das primeiras habitações. No entanto, a procura do conforto da habitação em toda a sua plenitude tem levado a um uso excessivo de recursos energéticos. Por isso mesmo são estudadas formas de combater este consumo a nível habitacional.

A introdução de diferentes soluções de arquitetura solar passiva nos projetos correntes de arquitetura proporcionam o aproveitamento da energia solar e das condições climatéricas exteriores à habitação para que o conforto térmico de uma habitação seja conseguido muitas vezes sem recurso a qualquer tipo de consumo de energia elétrica.

A domótica, devido ao seu desenvolvimento e preço de mercado, começa cada vez mais a fazer parte integrante dos planos de construção. É uma tecnologia que atua na segurança, economia, conforto, ecologia e integração e que pretende criar um ambiente mais autónomo e cómodo com proveitos significativos no uso das energias.

Com esta dissertação pretende-se mostrar de que forma se pode potenciar o uso de arquitetura solar passiva através da introdução de automação em soluções construtivas, visando o aquecimento pelos ganhos solares e a ventilação natural. É previsível que para o nosso clima estas soluções são capazes de satisfazer os parâmetros de conforto térmico das habitações ou pelo menos permitir a redução dos consumos energéticos habitacionais.

ABSTRACT

The human need to fix and fight the instabilities of the environment were the reasons for the appearance of the first habitation. However the search for habitation's comfort in all its fullness has led to excessive use of energy resources. For this reason ways to combat this habitational consumption are studied.

The introduction of different solutions of passive solar architecture in the current architecture projects provides the use of solar energy and meteorological conditions so that the thermal comfort of an habitation can be achieved often without using any electric energy consumption.

Due to their development and market price, home automation increasingly begins to integrate the construction plans. It is a technology that works in security, economy, comfort, ecology and integration and that wants to create a more autonomous and comfortable environment with significant gains in the use of energy.

This thesis intends to demonstrate how to potentiate the use of passive solar architecture by introducing automation in constructive solutions that aim the heating by solar gain and natural ventilation. It is predictable that for our climate these solutions are able to satisfy the parameters of thermal comfort of habitation or at least allow its energy consumption reduction.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE QUADROS	viii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento e Motivação	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura da dissertação	3
2 ESTADO DO CONHECIMENTO NO DOMÍNIO	5
2.1 Introdução	5
2.2 Aspetos Principais da Revisão Bibliográfica	5
2.2.1 Arquitetura Solar Passiva	5
2.2.2 Arquitetura Solar Passiva em Portugal	10
2.2.3 Automação em Edifícios	12
2.2.4 A Realidade da Domótica	14
2.3 Conceitos de Arquitetura Solar Passiva	17
2.3.1 Envolvente Exterior à Habitação	17
2.3.2 Sistemas Passivos de Aquecimento	21
2.3.3 Sistemas Passivos de Arrefecimento	22
2.4 Conceitos de Domótica	23
2.4.1 Principais Funcionalidades	23
2.4.2 Dispositivos Constituintes de uma Rede de Domótica	24
2.4.3 Diferença entre Sistemas e Protocolos de Domótica	24
2.4.4 Protocolos de Domótica	25
3 TECNOLOGIAS SOLARES PASSIVAS	31
3.1 Introdução	31
3.2 Tecnologias de Aquecimento Passivo	31
3.2.1 Tecnologias de Ganho Direto	31
3.2.2 Tecnologias de Ganho Indireto	33
3.2.3 Tecnologias de Ganho Separado	38
3.3 Tecnologias de Arrefecimento Passivo	41
3.3.1 Tecnologias de Refrigeração Direta	41
3.3.2 Tecnologias de Refrigeração Indireta	46
3.3.3 Tecnologias de Refrigeração Separada	47
4 DOMÓTICA – PROTOCOLO E SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO	48

4.1	Introdução	48
4.2	Protocolo KNX	48
4.2.1	Exemplo de aplicação	51
4.3	Sistemas de Domótica.....	52
4.3.1	Siemens AG - Gamma Instabus	52
4.3.2	Hager – Sistema Tébis	54
5	CENÁRIOS DE AUTOMAÇÃO DE TECNOLOGIAS SOLARES PASSIVAS	57
5.1	Introdução	57
5.2	Estufa/Solário.....	57
5.2.1	Princípios de funcionamento	58
5.2.2	Exemplo de aplicação	59
5.2.3	Componentes do sistema de automação	59
5.2.4	Funcionamento do sistema de automação	60
5.3	Sistema de Ventilação Noturna.....	63
5.3.1	Princípios de funcionamento	63
5.3.2	Exemplo de aplicação	64
5.3.3	Componentes do sistema de automação	65
5.3.4	Funcionamento do sistema de automação	65
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	68
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 “Casa-Átrio”, residência particular dos Romanos (Fonte: Moita, 2010).	6
Figura 2.2 Sistemas Bioclimáticos em Habitações (Fonte: Mendonça, 2005).	9
Figura 2.3 Evolução legislativa em Portugal (Fonte: Fragoso, 2013).	11
Figura 2.4 Vista exterior e interior do Edifício Lloyds (Fonte: Lloyds@, 2015).	13
Figura 2.5 – Representação em % de cada país no mercado Europeu da domótica (Fonte: Gebäude Forum, 2015).	15
Figura 2.6 Evolução da domótica (Fonte: Gebäude Forum, 2015).	17
Figura 2.7 Diferentes localizações para edifícios ou aglomerados de edifícios (Fonte: Moita, 2010).	18
Figura 2.8 Variação da altura solar (Fonte: Moita, 2010).	19
Figura 2.9 Diagrama Solar (Fonte: Moita, 2010).	19
Figura 2.10 Esquema com os tipos de sistemas de arrefecimento passivo (Fonte: Soares, 2013).	22
Figura 2.11 Representação de automação em X-10 (Fonte: Electrónica@, 2015).	27
Figura 2.12 Representação de forma esquemática do modo de funcionamento do sistema X-10 (Fonte: Neto e Lopes, 2004).	27
Figura 3.1 Representação esquemática de um sistema de ganho direto; efeito do tipo de vidro na difusão da radiação solar (Fonte: Moita, 2010).	32
Figura 3.2 Representação esquemática de uma Parede de Trombe (Fonte: Soares, 2013).	35
Figura 3.3 Casa Schäfer”, Porto Santo. Fotografia do especto exterior de uma parede de Trombe; esquema do seu funcionamento consoante as estações do ano (Fonte: Lanham et al., 2004).	36
Figura 3.4 Diferentes tipos de parede de acumulação térmica: A) parede irradiante; B) parede com ventilação; C) acumulação com contentores de água; D) combinação de contentores de água e alvenaria; E) enrocamento e contentores (garrafas de água); F) enrocamento e sistema de ventilação duplo independente (Fonte: Moita, 2010)... ..	37
Figura 3.5 Janela de Fluxo de Ar (Fonte: Soares, 2013).	38
Figura 3.6 Representação esquemática de uma Estufa (Fonte: Gonçalves e Graça, 2004).	39
Figura 3.7 Diferente forma de sombreamento para estufas (Fonte: Moita, 2010).	40

Figura 3.8 Sistemas de termossifão: a) Termossifão colocado em parede exterior; b) Termossifão colocado abaixo do pavimento (Fonte: Soares, 2013).	41
Figura 3.9 Representação de diferentes sistemas de proteção solar exteriores para envidraçados (Fonte: Mendonça, 2005).	42
Figura 3.10 Representação esquemática de um Sistema de Ventilação Cruzada (Fonte: Mendonça, 2005).	43
Figura 3.11 Representação esquemática de um sistema de extração de ar por efeito chaminé (Fonte: Mendonça, 2005).	44
Figura 3.12 Representação esquemática de um Sistema de câmara solar na cobertura (Fonte: adaptado de Mendonça, 2005).	44
Figura 3.13 Representação esquemática de um sistema de ventilação com aspirador estático (Fonte: Mendonça, 2005).	45
Figura 3.14 Representação esquemática de um sistema de ventilação com torre de vento (Fonte: Mendonça, 2005).	45
Figura 4.1 Representação de forma esquemática de uma instalação do sistema KNX tendo <i>Twisted Pair</i> como meio de comunicação.	49
Figura 4.2 Sistema bus de dois fios, <i>Twisted Pair</i> , acompanhando em paralelo a rede elétrica de 230 V (Fonte: Schneider Electric@, 2015).	50
Figura 4.3 Exemplo de aplicação de KNX numa sala de reuniões – Cenário de Apresentação elaborado através do ETS (Fonte: Schneider Electric@, 2015).	51
Figura 4.4 Sistema Gamma Instabus da Siemens AG – representação das diferentes áreas que podem ser controladas de forma manual ou de forma autónoma pelo computador central do sistema (Fonte: Siemens@, 2015).	53
Figura 5.1 Representação de um sistema de um sistema de estore para sombreamento de uma estufa (Fonte: adaptado de Moita, 2010).	58
Figura 5.2 Esquema de funcionamento do sistema de automação aplicado a uma estufa durante a estação de aquecimento.	62
Figura 5.3 Representação em corte do sistema de automação que propomos a aplicar na estufa e compartimento A.	63
Figura 5.4 Esquema de funcionamento do sistema de automação aplicado na ventilação noturna de uma habitação.	67
Figura 5.5 Representação em corte do sistema de ventilação que propomos a aplicar no compartimento A.	67

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 5.1 Lista de Dispositivos/componentes necessários para automação de um sistema baseado num Solário/Estufa e seus endereços.	60
Quadro 5.2 Lista de Dispositivos/componentes necessários para automação de um sistema de ventilação baseado na ventilação noturna e seus endereços.	65

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e Motivação

Desde os tempos mais longínquos que as populações têm a necessidade de se fixar. Assim surgiram as primeiras habitações cuja sua principal finalidade era ajudar o ser humano a combater as instabilidades do meio ambiente assim como das condições climáticas adversas.

Relativamente ao continente Europeu com o passar dos tempos até a atualidade, verificou-se que o aumento da população, o desenvolvimento económico e a alteração do modo de vida, levou a um investido significativo na construção de edifícios para satisfazer as necessidades da sociedade.

O setor residencial é o que apresenta maior impacto nesse investimento. A realidade é que de acordo com Boermans et al. (2011) e BPIE (2011), citado por Raposo (2014) os edifícios consomem 40% das necessidades energéticas totais na Europa, representando o maior setor de consumo.

Perante a realidade associada a este consumo energético e todas as consequências decorrentes do mesmo, competiu à Comissão Europeia (CE) a criação de um conjunto de políticas de forma a reverter esta situação e obrigar os Estados-Membros a aumentarem o desempenho energético dos seus edifícios mostrando assim, uma posição de responsabilidade relativamente às questões ambientais decorrentes dos excessos de consumo energético verificados atualmente.

Conhecida por Estratégia Europa 2020 ou EU 20-20-20, uma das mais recentes políticas aplicadas na União Europeia, estabelece três objetivos até 2020: reduzir em 20% a emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE) relativamente aos níveis de 1990; aumentar em 20% a eficiência energética na UE; utilizar 20% de energias renováveis no consumo total de energia na UE (Comissão Europeia@, 2015).

Atendendo aos objetivos propostos e ao facto de o setor residencial representar 40% das necessidades energéticas totais na Europa, podem surgir formas de atenuar esta percentagem. Atuar na altura do planeamento e construção dos novos edifícios é cada vez mais importante. A introdução de novos métodos construtivos pode levar à redução dos consumos energéticos e

às correspondentes emissões de gases que contribuem para o aquecimento global ou efeito de estufa, sem colocarem em risco a satisfação dos parâmetros de conforto térmico das habitações.

Desde os anos 90 que em Portugal se tenta salvaguardar as condições de comportamento térmico através de um instrumento legal (RCCTE, 1990). Ao longo do tempo houve uma reformulação no sentido de propiciar melhores condições de habitabilidade (em termos térmicos) e simultaneamente colocar legislação no domínio em consonância com as Diretivas comunitárias.

O facto de não ser um país de fontes de energia não renováveis, nomeadamente petróleo, carvão e gás natural, faz de Portugal um país dependente da importação de recursos energéticos. Crises como as que ocorreram no início da década de 1970 e mais recentemente em 2008 (e que levaram a um aumento significativo do preço do barril de petróleo (Sousa et al. 2012)) colocam o país numa situação de grande vulnerabilidade.

Foi na primeira crise energética acima referida que o termo solar se transformou num termo de uso corrente cada vez mais ligado à arquitetura. Desde então, principalmente em países europeus de economia mais avançada, tem surgido um profundo trabalho em torno das potencialidades da captação e utilização da energia solar.

Em termos de automação doméstica, os primeiros passos também surgiram nos anos 70 e estavam associados à melhoria dos sistemas de Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) e foi aí que se fomentou a ideia de tornar os edifícios “inteligentes” através de uma utilização mais racional desses equipamentos.

São assim duas áreas com objetivos comuns de redução dos consumos energéticos, satisfazendo as necessidades de conforto térmico habitacional.

Salienta-se que esta dissertação não é dedicada especificamente à arquitetura solar passiva ou à automação. Trata-se sim da conjugação das duas.

1.2 Objetivos

A presente Dissertação de Mestrado tem como intuito a aquisição de conhecimentos na área da arquitetura bioclimática assim como na área da domótica e verificar de que forma pode ser introduzida automação em sistemas passivos, tanto de aquecimento como de arrefecimento das habitações.

Deste modo, ao longo do trabalho devem ser alcançados os seguintes objetivos:

- Verificar a génese e evolução da arquitetura solar passiva e da domótica;
- Consolidação dos conceitos na área da arquitetura bioclimática e da domótica;
- Identificação das soluções genéricas dos sistemas de aquecimento e arrefecimento passivo;
- Identificação do protocolo de domótica com maior impacto na atualidade;
- Consolidação da base de funcionamento do protocolo identificado e de alguns dos sistemas associados ao mesmo;
- Estudar através de cenários teóricos como pode ser introduzida automação em sistemas solares passivos de modo a tirar o maior proveito destes.

Salienta-se ainda que estas questões são importantes do domínio da Engenharia do Ambiente uma vez que se trata da minimização dos consumos energéticos. Por outro lado, o estudo realizado na área da domótica permitirá o domínio de tecnologia aplicável a outras situações da engenharia.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em sete capítulos com o seguinte conteúdo.

No presente capítulo, “*Introdução*”, realiza-se uma introdução ao tema, através de um breve enquadramento e dos objetivos pretendidos com a dissertação.

O segundo capítulo, “*Estado do Conhecimento no Domínio*”, apresenta os aspetos importantes da revisão bibliográfica e foca-se no desenvolvimento e estudo da matéria apresentando conceitos relativos à Arquitetura Solar Passiva e à Domótica.

Depois de introduzidos os conceitos na área da Arquitetura Solar Passiva, o terceiro capítulo, “*Tecnologias Solares Passivas*”, especifica as tecnologias de aquecimento e de arrefecimento passivo que poderão ser utilizadas no quinto capítulo.

O quarto capítulo, “*Domótica – Protocolo e Sistemas de Automação*”, aborda de uma forma mais aprofundada o protocolo KNX e alguns dos sistemas de automação desenvolvidos na base deste protocolo.

O quinto capítulo, “*Cenários de Automação de Tecnologias Solares Passivas*”, surge depois do levantamento realizado no capítulo três e quatro e destina-se à explicação de como pode ser introduzida automação em alguns sistemas solares passivos.

No penúltimo capítulo, “*Conclusões e Trabalhos Futuros*”, são apresentadas as considerações retiradas da presente dissertação e são apresentadas ideias para futuros trabalhos.

Por último o capítulo “*Referências Bibliográficas*” apresenta a listagem de todas as referências citadas ao longo da dissertação.

2 ESTADO DO CONHECIMENTO NO DOMÍNIO

2.1 Introdução

Este capítulo pretende descrever de que forma os edifícios têm evoluído ao longo dos tempos e a sua importância para o Homem. Nele se explica como a introdução de soluções de arquitetura solar passiva e de automação nos edifícios se torna benéfica não só para o ambiente como para atingir o conforto térmico nas habitações. São apresentados os principais conceitos relativos à arquitetura solar passiva e à domótica e a sua evolução.

2.2 Aspetos Principais da Revisão Bibliográfica

2.2.1 Arquitetura Solar Passiva

A necessidade do ser humano se fixar assim como o desenvolvimento da civilização fizeram aparecer os primeiros grandes centros urbanos. Segundo Moita (2010), desde os tempos mais remotos que a principal finalidade das habitações era ajudar o ser humano a combater melhor as instabilidades hostis do meio ambiente e a proteger-se das condições climáticas adversas.

Mendonça (2005) refere que “os edificios constituem abrigos contra as intromissões dos agentes exteriores, incluindo as adversidades do clima” e que nestes estão refletidas as influências construtivas de cada região, do seu clima, geografia, história e cultura.

Relativamente ao passado recente dos edifícios, Sustelo (2008) menciona que até 1900 os edifícios se caracterizavam pela construção em alvenaria estrutural com pedras de grande espessura que suportavam as cargas transmitidas pelos pavimentos e pela utilização de estruturas de madeira. Posteriormente, na segunda metade do século XX surgem os edifícios em betão armado que proporcionam a possibilidade de construção em altura, o aumento dos vãos e a diminuição da espessura das paredes.

De facto a evolução nos métodos construtivos, dentro de todas as vantagens associadas, tem contribuído para melhores condições de conforto dentro dos edifícios. Olygay, em 1973, definiu zona de conforto, como aquele ponto no qual a pessoa necessita de consumir a menor quantidade de energia para se adaptar ao ambiente circundante (Sistema Dryvit®, 2007).

A crescente procura de um elevado nível de conforto traduz-se num acréscimo de investimento e maior consumo de energia nas habitações, tendo isto como repercussão o aumento de emissão de gases com efeito de estufa. De facto, os edifícios são responsáveis por uma grande percentagem do consumo energético na Europa. Em Portugal, no ano de 2005, estes foram responsáveis por 30% do consumo total de energia primária do país e 62% dos consumos de eletricidade. No mesmo ano o setor residencial conta com cerca de 3,3 milhões de edifícios que contribuíram com 17% nos consumos de energia primária em termos nacionais e 29% dos consumos de eletricidade (EnerBuilding, 2008).

De forma a reduzir os consumos no setor residencial, pode ser mencionado do ponto de vista histórico que os Romanos foram o primeiro povo a profanar o direito ao sol (Moita, 2010). Estes, preocupados em poupar madeira para aquecimento, dispunham de práticas no uso da energia solar e os seus edifícios obedeciam a regras de construção de acordo com a localização geográfica. O reflexo dessa preocupação é visível através da “Casa-Átrio”, Figura 2.1, que já remonta os anos 200 a. C.. Neste tipo de residência o sol de inverno e de verão era doseado recorrendo a janelas e sombreadores devidamente dimensionados.

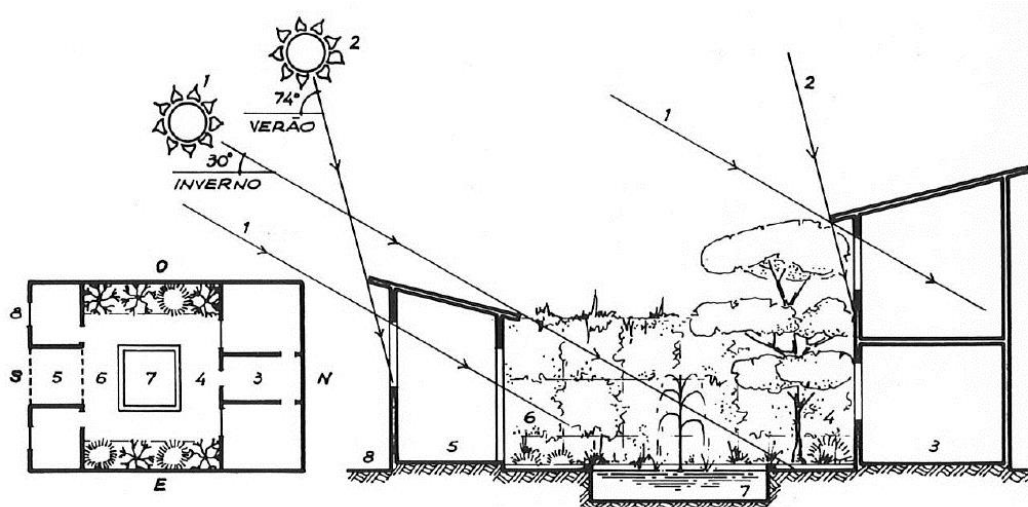


Figura 2.1 “Casa-Átrio”, residência particular dos Romanos (Fonte: Moita, 2010).

O uso de diferentes estratégias para o melhor aproveitamento da energia proveniente do sol no inverno assim como a forma de evitar ou colmatar a exposição excessiva do verão era evidente neste tipo de residência. Exemplo disso é a existência de janelas voltadas a sul e inexistência a norte, o recurso a vegetação para impedir as grandes amplitudes térmicas, o revestimento da fachada voltada a sul com recurso a uma trepadeira de folha caduca que assim regulava sazonalmente a radiação nesta fachada e o pequeno lago com repuxo que nos dias quentes ajudava na necessária refrigeração através de processos evaporativos.

Ainda relacionado com o nível de conforto, são vários os fatores como a temperatura do ar e das paredes circundantes, velocidade do ar e a humidade relativa, que quando relacionados entre si influenciam o conforto fisiológico dentro de uma habitação. Assim os edifícios devem ser projetados para proporcionar conforto aos seus utilizadores.

Gomes (2010) menciona que a climatização desempenha um papel fulcral para que seja assegurado o bem-estar das pessoas no interior das habitações independentemente da altura do ano ou das condições climatéricas. No entanto, nos tempos que decorrem, o uso de técnicas de climatização que recorrem ao consumo de energia elétrica deve ser minimizado e para tal podem ser usados sistemas solares passivos para aquecimento e arrefecimento através de ventilação. Refere ainda que o dimensionamento de qualquer sistema de climatização deve necessariamente ter em conta o nível térmico das pessoas no seu interior, independentemente do fim a que estes se destinam.

A ventilação natural através de técnicas e estratégias específicas, são um princípio básico da arquitetura bioclimática e quando bem utilizadas e implementadas formam uma clara solução económica e muito eficaz para se manter uma boa qualidade do ar interior e atingir um certo nível de conforto térmico (Moita 2010).

Apesar de, desde os tempos mais antigos, a poupança energética nos edifícios ser alcançada através da implementação de sistemas passivos de captação solar, não torna estes sistemas em algo desatualizado ou ultrapassado. Estes sistemas continuam a ser implementados e de alguma forma atualizados com a utilização de novos materiais ou forma de construção e a presente dissertação pretende demonstrar que estes podem ser ainda mais potenciados através da introdução de automação.

Mendonça (2005) e Moita (2010) definem sistemas solares passivos como sistemas capazes de captar e transmitir a energia térmica de uma forma natural por processos de convecção, condução e radiação, sem a utilização de qualquer tipo de meio mecânico. Outra definição foi dada por Tavares (2012), na sua tese de doutoramento sobre “Sistemas Solares Passivos na Arquitetura em Portugal”, onde definiu sistemas solares passivos como sistemas integrados aos edifícios, cujo objetivo é contribuir para um melhor comportamento térmico e uma melhor eficiência energética dos mesmos.

Ao contrário dos sistemas de aquecimento solar ativo um projeto passivo não envolve o uso de dispositivos mecânicos e elétricos, tais como bombas, ventiladores, ou controladores elétricos para circulação do calor (The Worlds of David Darling@, 2015). No entanto é importante referir que um sistema não deixa de ser passivo por admitir contributos exteriores, desde que estes não excedam energeticamente 2% da energia captada. Estes contributos pretendem

potenciar e aumentar o rendimento dos sistemas e estão relacionados com dispositivos que promovam o isolamento periódico, a circulação de ar, mobilidade de sombreadores, entre outros (Mendonça, 2005 e Moita, 2010).

De acordo com Mendes da Silva e Ramos (2003) a construção solar passiva caracteriza-se pelo uso de elementos construtivos (como paredes, janelas, telhados e pisos) com capacidade de coletar, armazenar e distribuir a energia térmica proveniente da radiação solar e, por outro lado, também prevenir o aquecimento excessivo.

A construção de uma “casa solar” também passa por construir de acordo com o clima presente na área de construção. Devem ser consideradas as diferentes condições climáticas de cada região para que as técnicas de construção sejam desenvolvidas e apropriadas, assim em cada caso o clima interior de cada habitação é otimizado e confortável.

Mendonça (2005) refere que quando as construções são criadas de raiz e a intenção dos arquitetos e construtores é a de ter um melhor aproveitamento térmico, estas podem ser construídas já com a implementação de várias soluções passivas.

A conceção de edifícios cada vez mais tem de ter em conta a vida útil do edifício e considerar o facto de que estes podem ainda estar presentes quando as reservas de petróleo e gás natural se esgotarem (Bradshaw 1993, citado por Mendonça 2005). Assim a sua construção deve precaver:

- Uso do mínimo de energia não só na construção como na manutenção do conforto térmico (através da implementação de sistemas ativos e passivos de captação solar);
- Sejam concebidas para que no futuro possam utilizar outras fontes de energia.

De facto, compete não só ao futuro proprietário mas também aos projetistas, legisladores e promotores estimularem a construção de edifícios equipados com tecnologias ativas e passivas que permitam de igual forma atingir as necessidades de conforto e segurança, mas de forma mais económica.

De acordo com Mendonça (2005) o mais comum é os projetistas conceberem edifícios sem a devida atenção aos aspetos bioclimáticos ou então o contacto com empresas e engenheiros especializados em térmica de edifícios ser muitas vezes realizados à posteriori da fase de projeto. Este facto pode levar à ocorrência de erros na fase de construção, que mesmo com a introdução de soluções de climatização se limitam a remediar problemas já existentes.

Efetivamente é importante a conceção de edifícios com atenção aos aspetos bioclimáticos, uma vez que como refere Mendonça (2005) a energia solar pode ser aproveitada para aquecimento

e arrefecimento das habitações, através do recurso a diferentes sistemas que podem ser classificados como passivos ou ativos como apresentado na Figura 2.2.

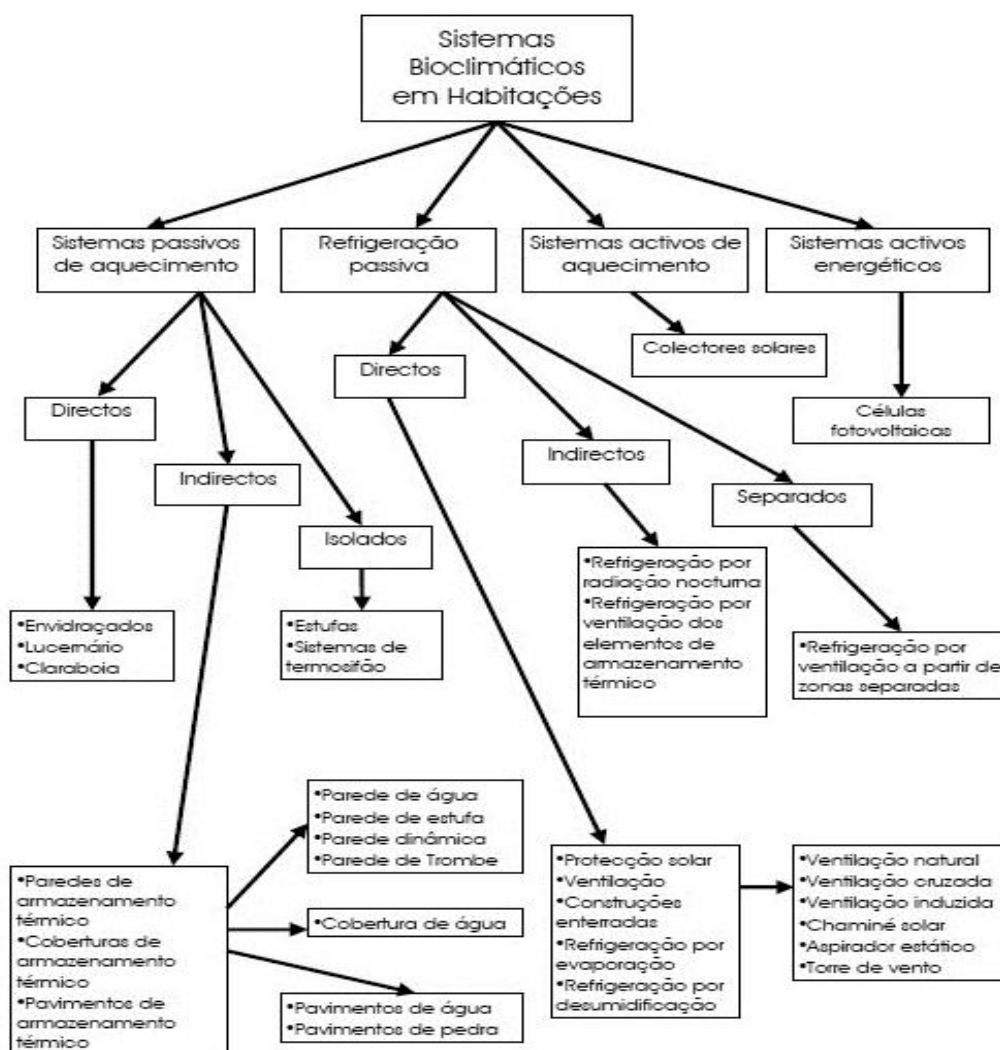


Figura 2.2 Sistemas Bioclimáticos em Habitações (Fonte: Mendonça, 2005).

O interesse pelo aproveitamento da energia solar marca, segundo Magalhães (2004), o início do “Movimento Solar Passivo” que surge nos anos 30 com a investigação de Fred e William Keck sobre envidraçados residenciais orientados a sul. Nessa mesma altura Walter Gropius e Marcel Breuer aplicaram análises climáticas na conceção de generosos envidraçados orientados a Sul devidamente sombreados. Posteriormente, nos anos 40 devido ao desenvolvimento tecnológico do vidro surgem as “casas solares” de baixo custo.

Um facto a realçar é que foram as crises energéticas muitas vezes associadas à quebra do petróleo que originaram a promoção do aquecimento solar. Numa primeira instância através do aquecimento solar ativo e pouco tempo depois no aquecimento solar passivo (Magalhães, 2004). A exploração da radiação solar por parte dos arquitetos fez surgir em meados dos anos

70 a designação “Arquitetura solar”, onde os arquitetos de forma voluntária integravam soluções de possível exploração energética da radiação solar (Fernandes e Maldonado 1991, citado por Mendonça 2005).

2.2.2 Arquitetura Solar Passiva em Portugal

Apesar de um clima suave, onde 3 a 4 meses são de inverno moderado e as temperaturas médias para o mês mais frio (janeiro) rondam os 4° a 12° C, a maioria dos edifícios em Portugal são frios e não atingem o conforto térmico (Magalhães, 2004).

De facto a existência de um clima suave podia ser mais aproveitada. No entanto como referido por Moita (2010) apesar da suavidade do nosso clima, no inverno existem edifícios nos quais se passa mais frio no interior que no exterior e que tal podia ser combatido com uma correta aclimatização dos edifícios recorrendo a estratégias passivas de aproveitamento da energia solar.

Segundo Magalhães (2004) este tipo de clima conduz à não existência de sistemas de aquecimento ou arrefecimento central na maioria dos edifícios com exceção dos edifícios de serviços. O registo de dias de sol e boas temperaturas no inverno é muito favorável ao uso de sistemas solares passivos no entanto, durante o verão onde a amplitude térmica é consideravelmente alta torna-se necessário recorrer a estratégias de proteção e ventilação noturna.

Mendonça (2005) refere que em países com um clima ameno como o de Portugal a construção de edifícios e das suas fenestraçãoes devidamente orientadas e dimensionadas, associadas à existência de soluções passivas de aproveitamento da energia solar, permitem atingir a zona de conforto.

Relativamente aos edifícios solares passivos, Magalhães (2004) menciona que estes são algo recente e não se sabe ao certo quantos existem, mas que um pequeno número deste tipo de edifícios foi construído nas últimas três décadas. De acordo com Gonçalves e Cabrito (2004) os primeiros exemplos surgiram durante a década de 80 por iniciativa de alguns arquitetos que assumidamente integraram essa perspetiva nos seus projetos.

Magalhães (2004) refere ainda que estudos realizados por alguns autores permitiram identificar e apresentar cerca de 20 edifícios solares passivos, cujas principais características eram ter boa orientação, bom nível de isolamento térmico, envidraçados orientados a sul, uso de sistemas solares de aquecimento passivo, como paredes de Trombe e estufas, e ainda estratégias de arrefecimento passivo, como a ventilação cruzada noturna e utilização de dispositivos de sombreamento.

Mendonça (2005) relata que infelizmente a situação mais comum em Portugal é a conceção de edifícios sem a devida atenção aos aspetos bioclimáticos e que o contacto com empresas e engenheiros especializados em térmica de edifícios é muitas vezes realizados à posteriori da fase de projeto.

Moita (2010) refere que apesar de todas as condições climáticas acima mencionadas, a realidade é que em Portugal a legislação relativa a processos arquitetónicos e urbanísticos voltados para construção de edifícios com integração de princípios climático-solar é inexistente ou então deficiente. “...continua a construir-se com o total desprezo pelos princípios de integração climático-solar, tantas vezes com o argumento de que a suavidade do nosso clima «tudo» permite!”. Salienta-se aqui que esta citação é bastante anterior (1ª edição de 1987/1988) à data da referência bibliográfica (2010). Contudo, na realidade a regulamentação existente a nível nacional não obriga diretamente à utilização de soluções passivas. Esta é voltada para a regulamentação das características de comportamento térmico dos edifícios assim como para o seu desempenho energético.

De um modo geral esta legislação tem evoluindo desde os anos 90 até à atualidade (Figura 2.3). Recentemente deve muito às diretivas publicadas pela União Europeia e que tiveram de ser transpostas para a legislação nacional.



Figura 2.3 Evolução legislativa em Portugal (Fonte: Fragoso, 2013).

Em 1990 foi publicado o primeiro instrumento com vista a melhorar a qualidade térmica dos edifícios, e consequentemente o conforto térmico sem necessidades energéticas excessivas, o “Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios” (RCCTE, 1990).

Mais tarde, 1998, foi publicado o “Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios” que estabelece um conjunto de requisitos para o dimensionamento e instalação de sistemas energéticos de climatização em edifícios (RSECE, 1998).

Com a Diretiva n.º 2002/91/CE, de 16 de dezembro relativa ao desempenho energético dos edifícios surge três Decretos-Lei em Portugal, o Decreto-Lei n.º78/2006 relativo ao Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE), o Decreto-Lei n.º 79/2006 que aparece como uma reformulação do RSECE e por último o Decreto-Lei n.º 80/2006 que também apresenta uma nova versão do RCCTE, veja-se Fragoso, 2013.

No ano de 2013, surge o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que transpõe a Diretiva n.º 2010/31/EU, de 19 de maio, para o quadro nacional com o objetivo de melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética. Este Decreto-Lei apresenta num único documento o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), veja-se Pereira, 2015.

Salienta-se na legislação mais recente uma valorização atribuída à utilização de determinado tipo de equipamentos, o que não tem nada a ver com a perspetiva da arquitetura solar passiva e por outro lado fragiliza a legislação face à constante evolução tecnológica e ao custo de mercado das fontes energéticas

2.2.3 Automação em Edifícios

A palavra Domótica surge da junção de *domus*, que deriva do latim e significa casa, e Robótica que significa controlo automatizado de algo. Desta forma, Alves e Mota (2003), no seu livro “Casas Inteligentes” definem domótica como a possibilidade de controlo de forma automática das nossas casas tornando-as no que vulgarmente se designa por casas inteligentes. Em Portugal esta designação teve grande influência do termo francês *Domotique*.

Os primeiros sistemas de edifícios controlados eletricamente, surgiram nos anos 70 e foram sistemas de Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado, AVAC. Foi nesta altura que se fomentou a ideia de tornar os edifícios “inteligentes”, mas ainda sem qualquer tipo de integração. Sustelo (2008) refere que nos anos 70 ocorreu um aumento no domínio da capacidade de automação e na aplicação de sistemas de controlo devido ao desenvolvimento dos microprocessadores. Por outro lado Steve Wozniak (cofundador da *Apple Computer* citado

por Paulo Oliveira, Scribd@, 2010) há cerca de 25 anos predisse que a generalização do Computador Pessoal (PC) levaria à automação doméstica.

Mais tarde, anos 80, aspetos como segurança, conforto e flexibilidade ganharam grande destaque e assim surgem os primeiros edifícios onde se pretendia controlar a iluminação, climatização e a segurança, assim como criar a interligação entre os 3 elementos (Alievi, 2008).

Em 1986, construído em Londres e projetado pela Richard Rogers Partnership, o Lloyds Building (Figura 2.4) foi o primeiro edifício da geração das casas inteligentes. O edifício possuía um sistema de gestão que incluía avançados sistemas tecnológicos, no entanto estes não estavam interligados.



Figura 2.4 Vista exterior e interior do Edifício Lloyds (Fonte: Lloyds@, 2015).

Alves e Mota (2003) afirmam que atualmente já existem construções às quais se pode chamar de verdadeiros edifícios inteligentes devido às tecnologias utilizadas e respetiva integração entre elas. Explicam ainda que a grande diferença entre um edifício inteligente seja ele de habitação, industria, comércio ou serviços está na forma como todas as funcionalidades se integram e complementam.

Relativamente ao mercado da domótica, referem que existem muitas empresas a utilizar o termo de “casas inteligentes” quando estas apenas utilizam alguns automatismos isolados sem que seja possível fazer a integração ou expansão dos mesmos. Em detrimento destes aspetos existe alguma desconfiança entre os clientes particulares ou profissionais que ainda procuram elementos de referência numa tecnologia que ainda não conhecem.

No artigo publicado por Nunes (2002) também são apresentadas razões que levaram à dificuldade de implementação da domótica. É referido que já existem soluções satisfatórias em

termos tecnológicos desde há cerca de três décadas, no entanto o processo de implementação foi dificultado devido á incompatibilidade das diferentes alternativas existentes.

De modo a ultrapassar estes problemas surgiram vários movimentos de normalização na década de 90. Outro acontecimento que ajudou na implementação da domótica foi a patente da tecnologia X-10, extremamente popular nos Estados Unidos da América, ter expirado sendo assim acessível a qualquer empresa sem necessidade de qualquer pagamento de direitos.

Os movimentos de normalização e de abertura ocorridos, como supra mencionados, conduziram a que várias tecnologias ficassem disponíveis e concorressem entre si sem a existência de uma tecnologia que fosse dominadora no mercado da domótica. No entanto existem autores como Nunes (2002) que defendem que os movimentos de normalização e abertura têm dificultado a divulgação da domótica pois não têm contribuído para uma maior redução de custos e que muitas vezes levam ao problema de qual tecnologia escolher. Esta incerteza levou empresas a optar por usar produtos próprios em detrimento de soluções normalizadas.

Por outro lado, Faria (2010) refere que o facto de as tecnologias serem de protocolos abertos leva à existência de um elevado número de fabricantes. Dado que estes são livres de desenvolver e comercializar novos produtos, desde que sejam cumpridos os requisitos das tecnologias de domótica em questão, faz com que o número de produtos com capacidade de corresponder às expectativas desejadas pelo utilizador seja maior.

Outro problema, segundo Sustelo (2008), está no uso da palavra inteligente. Esta induzia nos clientes expectativas que estavam longe da realidade e sugere que a forma de eliminar as principais críticas em torno do mercado da domótica passaria por criar um sistema de controlo que conseguisse a integração e organização entre os diversos equipamentos e serviços do edifício de um modo inteligível.

Paulo Oliveira (Scribd@, 2010) menciona que a “inteligência” de uma casa e do seu espaço envolvente está na integração do ou dos sistemas domóticos utilizados com os diversos dispositivos e sistemas. Diz ainda que “uma casa inteligente é aquela que promove a transferência de dados de um sistema para outro...”.

2.2.4 A Realidade da Domótica

Como visto anteriormente, a introdução de sistemas de domótica nos edifícios de hoje em dia passou por um processo gradual de aceitação até que nos dias de hoje já é uma realidade nos países mais desenvolvidos.

Já em 2004 Nunes refere no seu artigo, “Modelo de Especificação e Programação de um Sistema Domótico”, que a domótica tem tido uma divulgação crescente devido aos benefícios que oferece, uma vez que pode proporcionar melhores níveis de conforto e ao mesmo tempo otimizar os gastos energéticos conduzindo a poupanças nos consumos de eletricidade, gás e água.

De facto a domótica já é uma realidade à escala mundial e a sua evolução tem sido exponencial apresentando como maior destaque o número de *standards*, o melhor processamento da informação, as interfaces de comunicação e a miniaturização dos componentes. Neste momento a Ásia encontra-se a fazer competição com a Europa e os Estados Unidos da América. Esta tem-se afirmado como um polo dinamizador, não só capaz de implementar eficientemente sistemas domóticos em grande escala, mas também capaz de competir para liderar em inovação.

Na Europa, assim como em muitas outras áreas tecnológicas, é a Alemanha que toma o papel fundamental em toda a evolução no ramo, possuindo simultaneamente os principais fabricantes e o maior mercado dos dispositivos que compõem os sistemas de domótica. A Figura 2.5 corresponde aos dados apresentados no Gebäude Forum - ISH Frankfurt que ocorreu em março de 2015 e onde se verifica um claro domínio da Alemanha face aos restantes países da Europa.

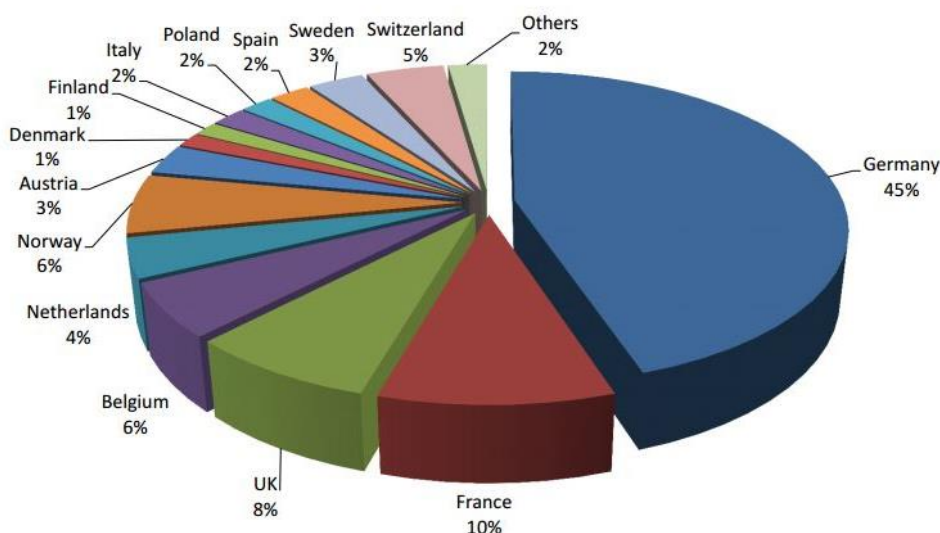


Figura 2.5 – Representação em % de cada país no mercado Europeu da domótica (Fonte: Gebäude Forum, 2015).

Em Portugal, segundo Paulo Oliveira (Scribd@, 2010), a domótica surgiu há 20-25 anos com o objetivo de construir edifícios inteligentes com interação de todas as funções de automação numa única estrutura central. Os hotéis, grandes edifícios e centros comerciais foram os primeiros a receber equipamentos de gestão técnica centralizada.

Segundo Sustelo (2008) Portugal ainda é um mercado que se encontra em forte expansão e que muitas empresas deste ramo estão a aparecer e a representar varias marcas internacionais. Refere ainda que a domótica como qualquer outra área relacionada com edifícios inteligentes necessita de mão-de-obra qualificada em eletricidade, segurança, telecomunicações, informática, climatização e outras tantas vertentes de igual importância.

Com a Expo-98 apareceram em Portugal projetos imobiliários inovadores, que assim trouxeram para o mercado novos valores e apetências do ponto de vista do consumidor. Depois destes surgiram projetos similares um pouco por todo o país fazendo o que em tempos era inovação ser uma norma. Mais recentemente esta vertente do mercado tem dado grandes sinais de receptividade a este tipo de soluções, o que reflete o interesse dos consumidores finais para a gestão técnica personalizada dos vários aparelhos e equipamentos já disponíveis e acessíveis nas habitações portuguesas. Outro facto que se tem verificado é que os construtores começam a encarar a automação doméstica como algo benéfico na apresentação do seu produto perante os consumidores finais.

Sustelo (2008) refere que a gestão integrada de equipamentos avançados pode ser encontrada em empreendimentos como o Centro Colombo em Lisboa, o edifício do INE e a sede da Caixa Geral de Depósitos. Os estádios de Alvalade, Luz e Dragão, assim como alguns edifícios da Tagus Park, em Lisboa, são exemplos de instalações onde foram instalados sistemas de gestão baseados no protocolo EIB-KNX.

Relativamente ao futuro da domótica, Alves e Mota (2003) mencionam que este passa pelo desafio de explorar de forma inteligente, com olhos postos na segurança e no conforto e que assim a casa de cada um revelará a forma como cada um de nós demonstra os seus valores, conceitos de vida, relação com a família e com o mundo. Chegam mesma a afirmar: “Mostrame a tua casa, dir-te-ei quem és”.

O mercado europeu da domótica foi abordado no Gebäude Forum que ocorreu em Frankfurt em março de 2015 no qual surgiu o documento “The European Markets of Building Automation and Controls”. Neste pode ser encontrada a Figura 2.6 onde se verifica que o futuro da domótica passa pela apresentação de sistemas sofisticados que sejam capazes de aprender o comportamento e o estilo de vida de cada utilizador e assim responder adequadamente às suas necessidades. A este futuro da domótica eles atribuíram a expressão “*UBIQUITOUS*” HOME.

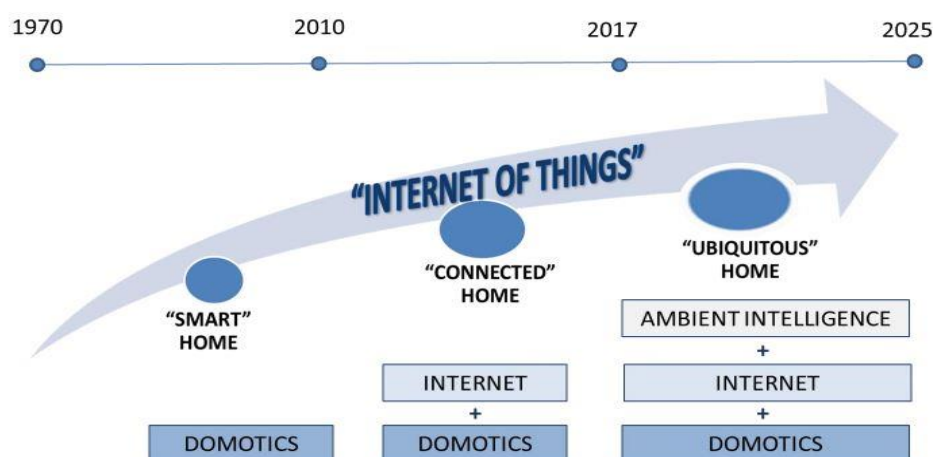


Figura 2.6 Evolução da domótica (Fonte: Gebäude Forum, 2015).

Faria (2010) no seu artigo, “Domótica e a Requalificação de Edifícios”, refere que atualmente a área da domótica se encontra em franca expansão com principal relevância nos países mais desenvolvidos, apresentando estes um crescimento de mercado de mais de 10% ao ano.

Paulo Oliveira (Scribd@, 2010) refere que os “Edifícios Inteligentes” são construídos há algumas décadas, nomeadamente grandes empresas e sedes de bancos. No setor residencial, a aplicação de estruturas inteligentes limitou-se nos últimos anos a casas de luxo. No entanto nos últimos 10 anos a indústria da domótica iniciou um crescimento sustentado que permitiu levar este mercado a todo o tipo de residências. Paulo Oliveira (Scribd@, 2010) afirma que “Hoje, a domótica é mais do que um luxo ou extra, uma necessidade”

2.3 Conceitos de Arquitetura Solar Passiva

2.3.1 Envoltente Exterior à Habitação

Um dos grandes erros na construção das denominadas “casas solares” está associado ao tratamento de forma isolada da fenestração ou então do isolamento das partes envolventes de um edifício sem ter em conta outros aspetos tão importantes como a localização e orientação do edifício, forma e relação com os espaços exteriores, estruturação do espaço interior, introdução de vegetação circundante e utilização de sombreadores móveis. Moita (2010) refere que a otimização da utilização passiva da energia solar passa pela integração de todas as vertentes acima mencionadas.

“Preocupações energéticas a longo prazo implicam mais do que a correta exposição solar e desenho de vãos” (Mendonça 2005). O autor usa esta afirmação pois menciona outras vertentes de atuação que devem ser tomadas em consideração, como:

- A forma do edifício que pode levar à redução de perdas energéticas;
- A topografia do local, que influencia o grau de exposição solar e a ventilação natural;
- O aumento da inércia térmica com o aumento das paredes e utilização de materiais mais densos;
- Enterrar parte das construções.

O estudo do local de implementação de um edifício é de extrema importância. Como mostra a Figura 2.7 na zona A o aglomerado encontra-se a barlavento, lado de onde sopra o vento, e os edifícios aí construídos estão sujeitos aos ventos noturnos e ao frio decorrente do vale; na zona B o aglomerado encontra-se numa zona de grande erosão devido à zona ser de máxima intensidade do vento; na zona C o aglomerado encontra-se a sotavento, lado oposto ao local de onde o vento sopra, os edifícios encontram-se protegidos devido ao monte e o facto de estarem próximos de água faz com que as amplitudes térmicas sejam baixas.

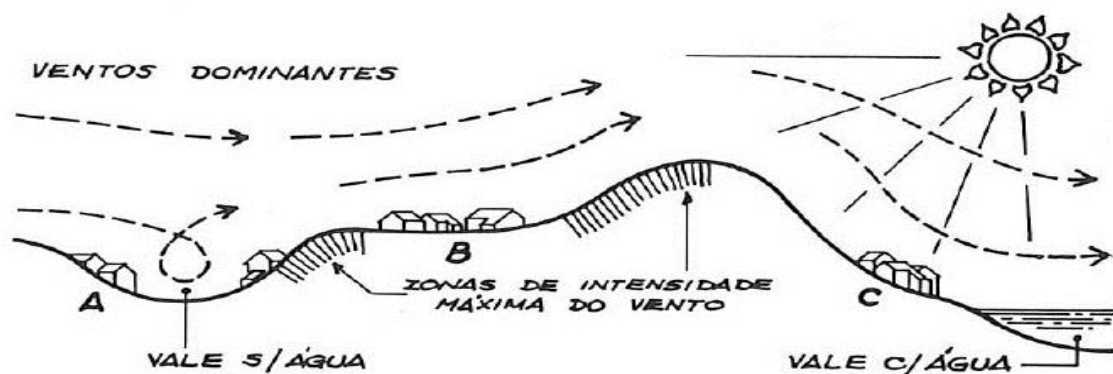


Figura 2.7 Diferentes localizações para edifícios ou aglomerados de edifícios (Fonte: Moita, 2010).

A localização do edifício associada à configuração topográfica do terreno é um dos fatores que exerce grande influência nas condições microclimáticas do local e até mesmo da região.

Fazer um estudo ao local de implementação do edifício também passa por realizar um estudo relativo à altura solar. Como mostra a Figura 2.8 a altura do sol vai variando ao longo do ano o que faz com haja diferentes ângulos de incidência dos raios solares e assim as temperaturas no verão e no inverno sejam diferentes.

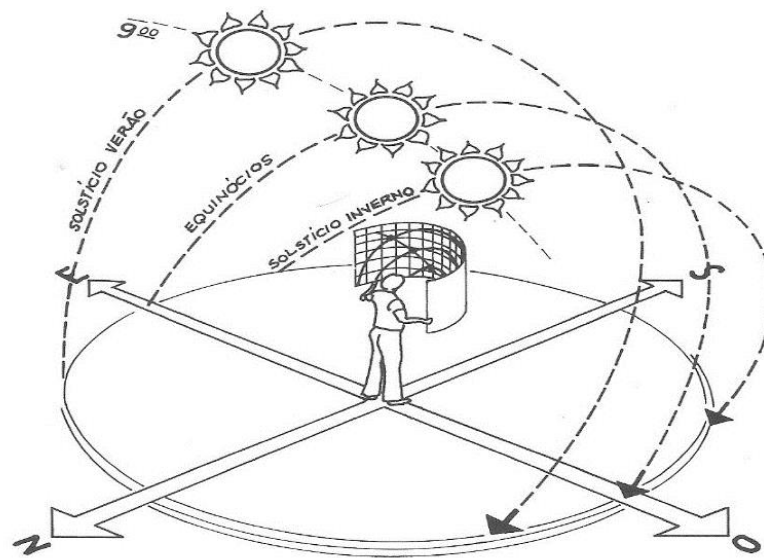


Figura 2.8 Variação da altura solar (Fonte: Moita, 2010).

A incidência da radiação solar não só varia com a altura do ano como também com a latitude do local de implementação. De forma a facilitar a integração desta variável nos projetos de arquitetura existem os diagramas solares (Figura 2.9).

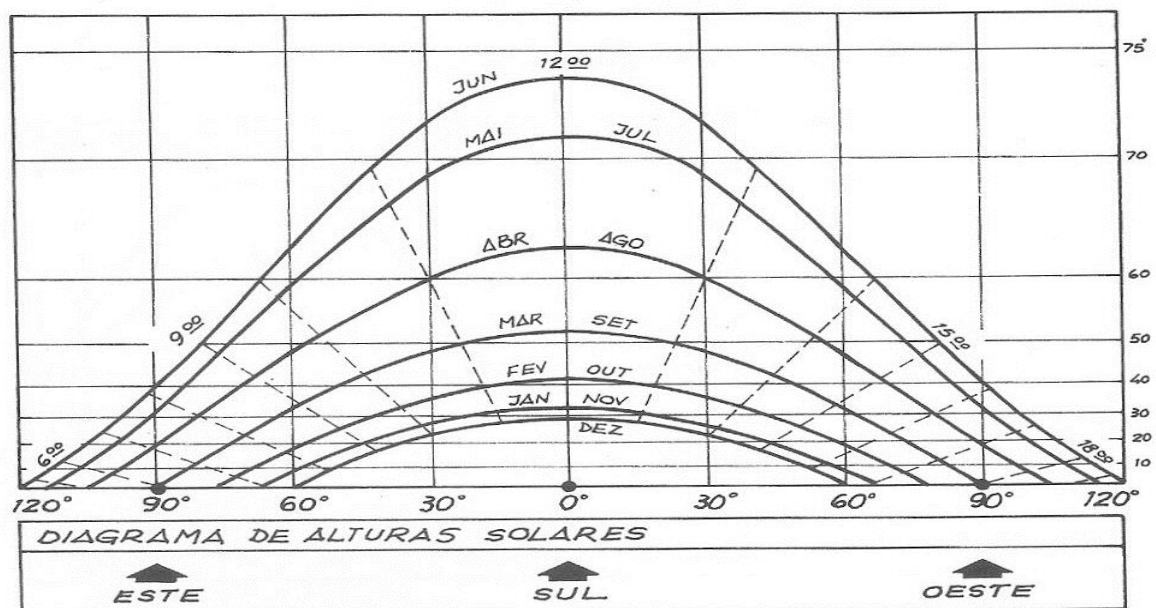


Figura 2.9 Diagrama Solar (Fonte: Moita, 2010).

A duração dos dias assim como a intensidade e quantidade de radiação solar variam com a inclinação solar ao longo do ano. No entanto esta intensidade solar também varia com as condições atmosféricas.

No entanto a implementação de um edifício não deve apenas ter em conta a sua localização e orientação. Características como a humidade do local, existência de zonas de sombra e os ventos predominantes têm de ser tidos em conta.

Como referido acerca da Figura 2.7, a existência de zonas aquáticas na periferia da construção (se estas forem de grandes quantidades) reduzem substancialmente as amplitudes térmicas diárias e anuais contribuindo assim para uma maior amenidade do local.

Nos centros urbanos a implementação de zonas verdes e até a construção pequenas estruturas aquáticas possibilitam uma redução das amplitudes térmicas e assim conseguir um clima mais ameno.

A forma do edifício é outro parâmetro a ter em conta durante a fase de projeto pois este tem bastante influência nas perdas térmicas dos edifícios. Uma maneira de reduzir as perdas de calor e assim melhorar o balanço térmico global de uma habitação passa por esta ter uma forma compacta e com reduzidas saliências e reentrâncias. Ainda em relação à forma do edifício devemos sempre que possível conseguir expor a maior superfície à radiação solar. Para que tal aconteça a face orientada a sul deve ser sempre mais longa que as orientadas a nascente e poente.

Além de tudo isto, a forma e orientação de um edifício deve ter em conta a inclinação e direção da radiação solar de modo a que o aproveitamento desta radiação seja máximo, mas também devem ter em consideração os efeitos aerodinâmicos provocados pelos ventos. Assim, a intensidade do vento, frequência e direção dominante são fatores a considerar a quando da conceção do projeto do edifício.

Relativamente à orientação do edifício, como apresentado na Figura 2.1, a “Casa-Átrio” é um exemplo da preocupação mostrada no máximo aproveitamento da energia solar. É imprescindível garantir que no inverno a fachada exposta a sul tenha direito ao sol na sua totalidade e assim assegurar que os ganhos solares proporcionem melhores condições térmicas e de bem-estar. A fachada orientada a norte deve ser cega ou conter o menor número possível de fenestraçãoes. Deve ser junto a esta fachada que devem ficar garagens, arrumos, escadas e corredores de forma a proporcionar uma maior proteção térmica às restantes divisões da casa.

Moita (2010) refere que é de toda a conveniência que a conceção espacial dos edifícios seja feita de forma hierarquizada em termos térmicos. As divisões destinadas a funções secundárias situadas a norte e dar prioridade às divisões com funções principais para ocuparem uma posição mais a sul.

Ainda referente à envolvente exterior, temos vegetação que como referido por Moita (2010) apesar de ser desprezada por muitos é um elemento de grande importância na regularização e equilíbrio das condições climáticas extremas. Os fatores que fazem esta ter influência sobre os microclimas urbanos está associado ao tipo e densidade de folhagem, ao ordenamento entre si, ao seu posicionamento no terreno e ao seu débito de evaporação

Por último, ainda pode ser feita a implementação de sombreadores na parte exterior da habitação, no entanto estes também podem ser interiores. A sua eficiência depende do tipo e dimensionamento. Os mais recomendáveis são os sombreadores instalados fora do edifício uma vez que sombreadores interiores podem contribuir para o aquecimento do ambiente interior através de efeitos de convecção.

A conceção de sombreadores fixos exteriores através de saliências na fachada como por exemplo prolongamento do telhado ou até mesmo construção de plataformas são muitas vezes frequentes. No entanto mesmo que devidamente dimensionados para permitir a incidência de radiação solar direta no inverno, estes ainda podem constituir um obstáculo à radiação difusa na estação de inverno. Além disso podem não conseguir evitar a incidência de radiação direta no verão.

O mais recomendável e de mais fácil aplicação e utilização em qualquer tipo de edifício são os sombreadores móveis como o caso de toldos, palas de recolher ou lamelas amovíveis. Uma outra solução para edifícios de pequena altura passa pela utilização de vegetação, como o caso de vegetação de folha caduca, pois estas perdem a folhagem nos meses mais frios e assim permitem que a fachada receba a radiação solar.

2.3.2 Sistemas Passivos de Aquecimento

As tecnologias solares passivas estão associadas a um *design* que utiliza os elementos estruturais de um edifício para aquecimento/arrefecimento sem utilização de qualquer meio mecânico. Neste tipo de projeto solar passivo há que ter em consideração fatores como o clima, as características do terreno e a orientação do edifício (The Worlds of David Darling@, 2015).

As tecnologias/sistemas de aquecimento pretendem maximizar a captação solar nos meses mais frios (inverno) muito através de vãos envidraçados devidamente dimensionados e direcionados aos quais ainda se pode associar elementos que permitam armazenar a energia solar para que esta possa ser utilizada em horas posteriores.

2.3.3 Sistemas Passivos de Arrefecimento

Assim como os sistemas passivos de aquecimento permitem durante as épocas mais frias atingir de forma completa ou parcial as condições ambientais de conforto, os sistemas de arrefecimento passivo conseguem ter o mesmo impacto nas épocas de maior calor.

De acordo com Mendonça (2005) estes sistemas podem:

- Permitir uma redução dos gastos energéticos associados aos meios mecânicos de refrigeração;
- Servir para dispensar totalmente os meios mecânicos de refrigeração, em países com um clima como o de Portugal;
- Afirmar-se na maior parte das zonas climáticas de Portugal, pela amenidade do clima, desde que os edifícios sejam bem concebidos.

Os sistemas de arrefecimento passivo assim como os sistemas de aquecimento podem ser classificados em três grupos: Direto, Indireto e Separado (Figura 2.10).



Figura 2.10 Esquema com os tipos de sistemas de arrefecimento passivo (Fonte: Soares, 2013).

2.4 Conceitos de Domótica

2.4.1 Principais Funcionalidades

A domótica pode atuar sobre amplas áreas dentro de uma habitação nas quais se destacam a segurança, iluminação, aquecimento, controlo e regulação de cortinas, toldos, estores e controlo de sistemas de rega (Alves e Mota, 2003).

Apesar de todas as áreas de atuação acima descrita, a domótica apresenta maior visibilidade no controlo e regulação da iluminação. Neste sentido, podem ser criados diferentes cenários de automação dos sistemas de iluminação mediante as divisões da habitação. A presença de pessoas pode ser verificada através de detetores de movimento fazendo assim que iluminação seja ativada/desativada e mediante sensores de luminosidade seja possível conferir o nível de luminosidade do espaço. O nível de luminosidade dos sistemas de iluminação pode ser regulado mediante o espaço e a altura do dia podendo ser elaborados cenários para o período noturno e para o período diurno.

Na área da climatização, um sistema de domótica permite fazer uma gestão tendo em conta informações relativas a outras partes do sistema, como por exemplo (Alves e Mota, 2003):

- Sistema de alarme: quando este é ativado o sistema de climatização é automaticamente desligado ou então colocado num patamar de funcionamento mínimo;
- Sistema de deteção de abertura de janelas: uma interação entre o sistema de deteção de abertura de janelas com o sistema de climatização permite que os sistemas de climatização sejam desligados sempre que nessa divisão esteja uma janela aberta. Assim verifica-se uma redução do consumo de energia que seria completamente desperdiçada;
- Central meteorológica: existem sistemas de domótica que tem na sua constituição uma central meteorológica permitindo assim que os sistemas de climatização funcionem não só com base na temperatura que se pretende para o interior mas também com base na temperatura exterior, fazendo assim com que muitas vezes se tire proveito da temperatura exterior para atingir a temperatura pretendida no interior.

Este tipo de automatismos é escolhido e alterado pelo utilizador que mediante as suas rotinas diárias e aquilo que pretende do sistema pode criar os seus próprios cenários.

O controlo de abertura e fecho de cortinas, toldos e estores é outra das áreas em que a domótica também se integra. Segundo Alves e Mota (2003) a abertura e fecho destes sistemas de forma a se situar numa respetiva posição deve ter em conta diversos fatores: ciclo diário/semanal, a intrusão e a luminosidade. Dão ainda como exemplo as salas de exposições, onde existe um

controlo constante da luminosidade e a posição dos toldos é ajustada automaticamente em função da incidência solar.

2.4.2 Dispositivos Constituintes de uma Rede de Domótica

Para um correto funcionamento de um sistema de domótica é necessário que a rede seja constituída por um conjunto de dispositivos devidamente pensados e distribuídos pela habitação. De acordo com Sustelo (2008) os principais dispositivos constituintes de uma rede de domótica são: atuadores, controladores, interfaces e sensores.

- **Atuadores**

São dispositivos com a capacidade e finalidade de controlar determinado elemento final. Ou seja, permitem o controlo de elementos como motores de estores ou portas, ligar/desligar ou até mesmo fazer variar as condições de aparelhos de ventilação, aquecimento, iluminação e ar condicionado.

- **Controladores**

Dispositivos com a finalidade de gerir a instalação. Estes recebem toda a informação proveniente dos sensores e transmitem aos atuadores.

- **Interfaces**

São ferramentas gráficas que permitem a entrada e a saída de informação assim como o controlo dos constituintes do sistema por parte dos utilizadores. As interfaces mais utilizadas nos sistemas de domótica são telemóveis, Tablet, PDA, computadores e ecrãs táteis.

- **Sensores**

São um tipo de dispositivo com a aptidão de receber e responder a determinados estímulos ou sinais. Dependendo do tipo de sensor pode ser possível receber informação do local onde é instalado relativamente à temperatura, luminosidade, humidade, presença de pessoas, fugas de água ou gás, deteção de fumos, entre outros. No entanto, os sensores devem trabalhar de forma integrada para que o mesmo sensor possa desempenhar varias funções e assim evitar o excesso de equipamento instalado na habitação (Sustelo, 2008).

2.4.3 Diferença entre Sistemas e Protocolos de Domótica

De acordo com Sustelo (2008) a diferença entre sistema e protocolo de domótica reside no facto de:

- Um sistema corresponde a um conjunto de dispositivos que juntos formam uma rede de domótica e utilizam um determinado protocolo para estabelecer comunicação entre os diversos elementos;
- Um protocolo de domótica descreve a forma de comunicação e tipo de linguagem que permite os diversos elementos de um sistema de domótica comunicar entre si.

Os principais sistemas implementados podem ser designados por sistemas abertos ou sistemas proprietários, podendo estes serem proprietários abertos ou proprietários fechados.

Os sistemas abertos permitem sem qualquer tipo de impedimento a interação de dispositivos fabricados por diferentes fabricantes. O simples facto de os principais protocolos serem usados neste tipo de sistemas faz com que o utilizador tenha a liberdade de escolha nos componentes a instalar no seu sistema.

Sustelo (2008) refere que os sistemas baseados no protocolo EIB, *European Installation Bus*, não apresentam qualquer tipo de incompatibilidade, através do qual todos os produtos licenciados pela EIBA, *European Installation Bus Association*, coexistem sem qualquer restrição.

Os sistemas proprietários, abertos ou fechados, diferem no nível de restrições impostas relativamente à utilização de fornecedores ou marcas.

Os sistemas proprietários fechados são sistemas criados pelas empresas que se restringem à utilização de um único fornecedor ou marca. A este tipo de sistemas está muitas vezes associado os riscos inerentes ao desenvolvimento, manutenção e continuidade da marca, isto devido ao facto de estarem exclusivamente dependente de um certo fornecedor ou marca. Segundo Sustelo (2008) este tipo de risco faz com que a implementação deste tipo de sistema seja pouco recomendada apesar de muitos destes sistemas ser da autoria de fabricantes conceituados.

Os sistemas proprietários abertos são desenvolvidos e implementados com base em protocolos *standard* apresentando como grande vantagem comparativamente aos sistemas proprietários fechados o facto de poderem integrar várias marcas de vários fornecedores. Devido ao maior número de equipamentos disponibilizados no mercado este tipo de sistema apresenta maiores garantias comparativamente ao sistema anterior (Sustelo, 2008).

2.4.4 Protocolos de Domótica

Alves e Mota (2003) identificam como principais protocolos o X-10, LonWorks, EIB (*European Installation Bus*), KNX, CAN (*Controller Area Network*), CEBus e Smart House.

Dos vários protocolos identificados é dado maior destaque ao protocolo X-10 e ao protocolo KNX.

2.4.4.1 X-10

Desenvolvida pela Pico Electronics, X-10 é uma tecnologia que tem como objetivo a transmissão de dados através da linha elétrica a baixa velocidade e segundo Alves e Mota (2003) trata-se do protocolo mais utilizado no mundo, principalmente em pequenas habitações.

Trata-se da tecnologia mais conhecida e com o maior mercado de domótica do mundo, tendo vendido nos últimos 15 anos mais de 100 milhões e equipamentos (PT@, 2015).

Uma das grandes vantagens deste sistema de automação é o facto de os módulos comunicarem entre si de forma completamente independente e através da rede elétrica. Assim não se torna necessário a instalação de qualquer tipo de cabos nem a execução de qualquer tipo de obras para a sua implementação na habitação. Desta forma, este tipo de sistema pode ser instalado em qualquer altura da construção ou então em fase posterior.

A possibilidade de os módulos comunicarem entre si de forma completamente independente permite que esta tecnologia possa ser instalada nas habitações de forma escalável. Começando na base do essencial e passando gradualmente para combinações e integração de diferentes módulos de modo a atingir o desejado por cada utilizador.

É um sistema que permite através de qualquer computador, telefone ou telemóvel comandar tarefas rotineiras como o controlo da luminosidade, estores elétricos, sistemas de aquecimento, ventilação, sendo ainda possível programar sequências de ações, simular uma presença em casa ou recriar ambientes (PT@, 2015).

O sucesso do X-10 deve-se sobretudo à sua facilidade de instalação e à sua fácil adaptação a diversos ambientes. O sistema foi concebido para ser instalado sem recurso a técnicos especializados. De facto, existem muitos circuitos adicionais e *software* que permitem, que um utilizador com poucos conhecimentos técnicos e de uma forma simples, consiga desenvolver circuitos para uma “Casa Inteligente” através da integração de conjunto de acessórios e dispositivos (Electrónica@, 2015).

Os sistemas de domótica, baseados no protocolo X-10 são compostos por vários tipos de controladores destinados a diferentes tipos de aplicação (Electrónica@, 2015). A Figura 2.11 representa de forma esquemática uma habitação e os diferentes controladores e dispositivos associados à automação em X-10.

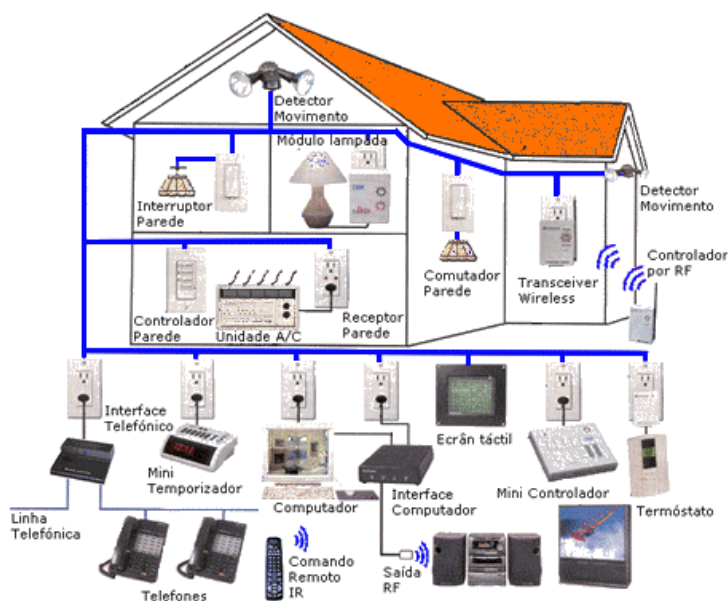


Figura 2.11 Representação de automação em X-10 (Fonte: Electrónica@, 2015).

Nestes sistemas a base de funcionamento está na configuração dos módulos controladores que se ligam diretamente à tomada (Figura 2.12). Estes através da rede elétrica enviam sinais digitais codificados que são recebidos pelos módulos recetores colocados nas lâmpadas ou outros aparelhos elétricos que o utilizador pretende controlar.

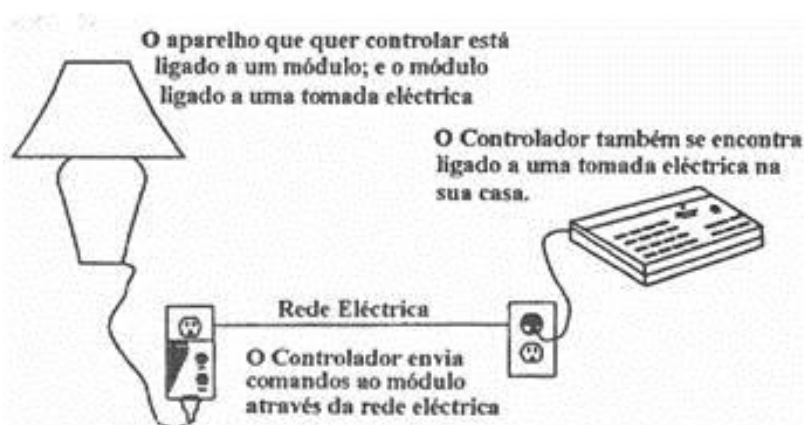


Figura 2.12 Representação de forma esquemática do modo de funcionamento do sistema X-10 (Fonte: Neto e Lopes, 2004).

Os módulos recetores possuem dois comutadores giratórios através dos quais é definido o endereço de cada módulo. Um comutador permite definir o *House code*, que corresponde a um determinado circuito de comando com 16 posições disponíveis através das letras de A a P, o outro permite definir o *Unit Code* que corresponde ao dispositivo ou zona de um determinado circuito, também com 16 possíveis definições através dos algarismos 1 a 16 (Sustelo, 2008).

Sendo assim existem 256 possibilidades de endereços podendo ainda vários módulos possuir o mesmo endereço. Neste caso um possível sinal enviado para este endereço vai ser lido e executado por todos os módulos que tenham esta configuração.

A configuração dos módulos controladores deve ser feita de acordo com as necessidades e padrões de conforto que o utilizador pretende para a sua habitação. Estes podem ser configurados para ligar/desligar dispositivos de luminosidade e motores elétricos como o caso dos estores e sistemas AVAC.

3.2.4.2 KNX

O protocolo de domótica KNX surgiu após mais de 15 anos de experiência no mercado dos seus antecessores EIB (*European Installation Bus*), EHS (*European Home Systems*) e BatiBUS (PT@, 2015).

De acordo com a plataforma *online* da KNX a grande meta definida pelas empresas é promover o desenvolvimento dos sistemas de gestão técnica de edifícios de forma a este ser o único protocolo aberto standard no mundo. A *KNX Association* tem acordos de parceria com mais de 35 000 instaladores espalhados por 120 países, mais de 90 universidades bem como mais de 250 centros de formação (KNX@, 2015).

Em Portugal já existem mais de 280 parceiros KNX, que prescrevem, instalam e integram os sistemas KNX (Schneider Electric@, 2011).

Segundo Palma e Pinto (2007) os objetivos da iniciativa por parte dos antecessores eram:

- Criar a nível europeu um único *standard* para a domótica e automação de edifícios que cobrisse todas as necessidades e requisitos das instalações profissionais e residenciais;
- Melhorar as prestações dos diversos meios físicos de comunicação sobretudo na tecnologia de radiofrequência;
- Introduzir novos modos de funcionamento que permita aplicar uma filosofia *Plug & Play* (sistemas com a capacidade de reconhecer e configurar automaticamente qualquer dispositivo que seja instalado, de forma a evitar a configuração manual) a muitos dispositivos típicos de uma casa;
- Envolver as empresas fornecedoras de serviços como as de telecomunicações e de eletricidade com o objetivo de desenvolver a telegestão nas habitações.

De uma forma geral o grande objetivo era a partir dos sistemas EIB, EHS e BatiBUS criar um único *standard* europeu que fosse capaz de competir não só em qualidade e fiabilidade como

também em prestações e preços com outros sistemas norte-americanos como o Lonworks ou CEBus (Palma e Pinto, 2007).

O KNX é hoje o único *standard* mundial com protocolo aberto para a automação predial e residencial (EURODOMÓTICA@, 2015). Prova disso (veja-se KNX@, 2015) é o facto de o KNX ser neste momento aprovado como:

- Norma internacional (ISO/IEC14543-3)
- Norma europeia (CENELEC EN50090 e CEN EN 13321-1 e 13321-2)
- Norma chinesa (GB/T 20965)
- Norma ANSI/ASHRAE (ANSI/ASHRAE 135)

O logótipo "KNX" oferece aos seus utilizadores todas as garantias de uma marca de qualidade e de plena compatibilidade e apesar de ser um protocolo de comunicação já com mais de 20 anos de existência, este continua em constante evolução (Hager@, 2015).

Como supramencionado a tecnologia KNX é o resultado da associação de conhecimento e experiência de três tecnologias. Na sua plataforma *online*, a *KNX Association* apresenta 10 principais vantagens no uso e implementação da norma KNX:

- Norma internacional, logo compatível com o futuro;
- Através da certificação de produtos, a KNX garante a interoperabilidade e conjugação dos produtos;
- KNX significa alta qualidade dos produtos;
- Uso de um ETS® (*Engineering Tool Software, software* de ferramenta de engenharia) exclusivo, independente do fabricante;
- Pode ser utilizada para todas as aplicações de domótica;
- Adequa-se à utilização em diferentes tipos de edifícios;
- Suporta diferentes modos de configuração;
- Suporta diversos meios de ligação;
- Pode ser acoplada a outros sistemas;
- É independente de qualquer tecnologia de *hardware* ou *software*.

Todavia ainda se encontram outras vantagens na utilização deste protocolo, como:

- A redução da linha de 220 V AC por uma linha de baixa tensão de segurança de 30V torna-se uma grande vantagem devido à redução do perigo de incêndio, um aumento de segurança da instalação e uma diminuição da radiação eletromagnética;

- A introdução de um cabo bus acarreta uma maior simplicidade da instalação acabando-se com os complexos emaranhados de cabos elétricos. Todos os botões são ligados aos dois fios do bus e a relação entre estes e os atuadores define-se através do *software*.
- Uma instalação convencional permite poucas alterações e necessita sempre de alterar a cablagem perante ampliações ou modificações do uso. Uma instalação do tipo bus permite modificar o seu uso muitas vezes através da reprogramação de alguns componentes e as ampliações são geralmente simples de levar a cabo. Por outras palavras existe uma maior facilidade e flexibilidade nas ampliações.

3 TECNOLOGIAS SOLARES PASSIVAS

3.1 Introdução

Como referido por Mendonça (2005) e Moita (2010) um sistema passivo de captação solar é aquela cuja energia térmica é captada e transmitida de uma forma natural por processos de convecção, condução e radiação, sem a utilização de qualquer tipo de meio mecânico. Já Gonçalves e Graça (2004) explicam que quando se fala em sistemas passivos, referimo-nos a dispositivos construtivos que são integrados nas habitações com o intuito de contribuir para o seu aquecimento ou arrefecimento natural.

Neste capítulo são apresentadas diferentes tecnologias solares passivas que permitam alcançar o conforto térmico desejável de uma forma mais vantajosa e económica tanto para a estação de aquecimento (**Tecnologias de Aquecimento Passivo**) como para a estação de arrefecimento (**Tecnologias de Arrefecimento Passivo**).

3.2 Tecnologias de Aquecimento Passivo

3.2.1 Tecnologias de Ganho Direto

A simples captação da radiação solar para o interior das habitações através de vãos envidraçados está no cerne dos sistemas de ganho direto (Figura 3.1). Nestes sistemas é importante que os materiais constituintes da envolvente do espaço interior sejam materiais compactos e com capacidade de armazenamento térmico e que as suas superfícies tenham um elevado poder de absorção da radiação solar. É através da capacidade de absorção e armazenamento que ao anoitecer começa a libertar-se o calor até então armazenado e assim o aquecimento do ar interior ocorre por convecção natural.

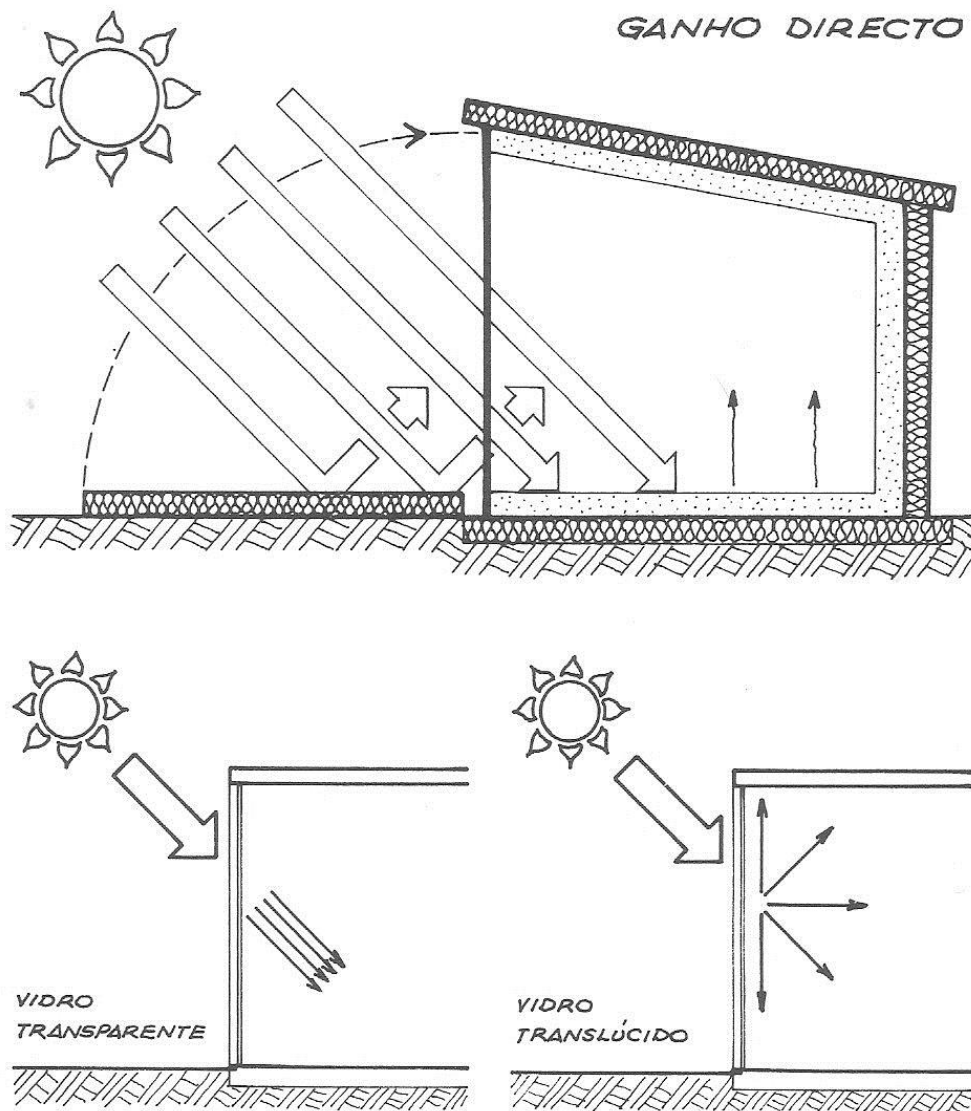


Figura 3.1 Representação esquemática de um sistema de ganho direto; efeito do tipo de vidro na difusão da radiação solar (Fonte: Moita, 2010).

As janelas existentes nas habitações são um dos principais elementos no contributo da energia solar para o aquecimento do ambiente interior. O tipo de vidro escolhido influencia na forma como a radiação solar se difunde no interior da habitação.

Na entanto, outro fator como a orientação é fundamental para que eficácia destes elementos seja garantida. Por isso devem ser orientadas a sul com afastamentos máximos de 15° este ou oeste (Moita, 2010). Além da orientação é importante referir que estes devem ser dimensionados de acordo com o espaço a aquecer e devidamente protegidos com dispositivos de sombreamento para o verão.

De acordo com Soares (2013) estas tecnologias/sistemas de ganho direto apresentam as seguintes vantagens:

- Rendimento elevado já que a energia utilizada por metro quadrado de captador é máxima;
- Baixo acréscimo de custos quando comparado com edifícios sem características solares;
- Redução do uso de energia para aquecimento;
- Aproveitamento da iluminação natural com luz direta;
- Permite vistas para o exterior;
- Simples e fáceis de construir usando tecnologias e materiais correntes, mesmo para os sombreadores solares;
- Fácil integração arquitetónica.

Apresentam também as seguintes desvantagens:

- Falta de privacidade e iluminação excessiva no espaço interior;
- Não possui características de arrefecimento;
- Armazenamento térmico de curto período com flutuações térmicas;
- Perdas térmicas elevadas pelos envidraçados;
- Possível degradação dos materiais devido à radiação solar direta;
- Desconforto local devido a assimetrias na temperatura interior;
- Dispositivos manuais de isolamento tais como proteções móveis das aberturas requerem a devida e cuidada atenção para serem eficazes.

3.2.2 Tecnologias de Ganho Indireto

Ao contrário das tecnologias de ganho direto em que o espaço que se pretende aquecer recebe a incidência da radiação solar, nestes sistemas a captação de energia solar é feita essencialmente com recurso a um meio coletor. Este meio coletor é construído com materiais pesados como o betão, tijolo maciço e até mesmo pedra e baseia-se em estruturas que se situam entre o espaço a aquecer e um vidro que forma uma proteção com o exterior.

Assim como para as tecnologias/sistemas diretos, Soares (2013) também apresenta vantagens e desvantagens associadas às tecnologias/sistemas indiretos.

Vantagens das tecnologias/sistemas de ganho indireto:

- Ganhos de calor durante o dia por convecção de ar quente e também durante a noite (mais desejado) por radiação da energia armazenada na massa térmica;

- Permitem maior controlo das quantidades de calor cedidas ao compartimento do que nos ganhos diretos;
- Não possuem problemas da degradação de objetos expostos a radiação solar direta e excessos de luminosidade;
- Podem contribuir para o arrefecimento no verão;
- Flutuações térmicas menores;
- Dispositivos fáceis de instalar em construções novas com baixos custos adicionais;
- Podem dar um contributo estético às habitações.

Desvantagens das tecnologias/sistemas de ganho indireto:

- As paredes de armazenamento térmico obrigam orientação a sul;
- As perdas térmicas noturnas podem ser elevadas;
- As massas de armazenamento térmico podem ocupar espaço habitável e aumentam o peso do edifício;
- Necessidade de isolamento noturno normalmente móvel que requer ação manual;
- Paredes de armazenamento térmico reduzem a luz direta e podem criar dificuldades na ventilação natural.

Como exemplo de sistemas de aquecimento por ganho indireto serão apresentados: Paredes de Trombe, Paredes de Água e as Janelas de Fluxo de Ar.

3.2.2.1 Parede de Trombe

Em 1881 foi patenteada por Edward Morse uma parede de armazenamento térmico com orientação a sul, cor escura, maciça e com uma superfície exterior envidraçada de modo a reduzir as perdas para o exterior (Magalhães, 2004).

Mais tarde este sistema sofreu alterações por parte do engenheiro Félix Trombe fazendo com que este sistema ficasse conhecido por “Parede de Trombe”. Esta parede, como apresentado na Figura 3.2, é essencialmente uma parede de armazenamento térmico com aberturas reguláveis, tanto no topo como no fundo da parede.

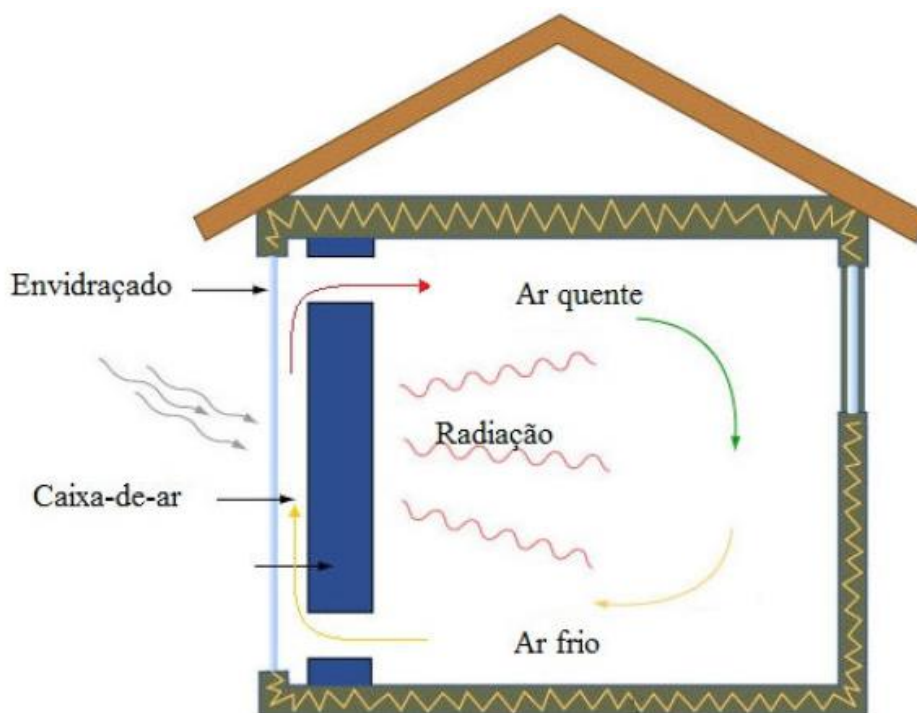


Figura 3.2 Representação esquemática de uma Parede de Trombe (Fonte: Soares, 2013).

O ar existente entre o vidro e parede aquece, sobe por convecção e circula para o interior através dos orifícios da parede contribuindo assim para o aquecimento do espaço interior. De salientar que ainda ocorre contributos para o aquecimento por radiação através da parede.

Este sistema de convecção pode ser ainda mais rentabilizado recorrendo-se à instalação de ventoinhas nos orifícios da parede e de sensores de temperatura tanto na caixa-de-ar como no interior do espaço a aquecer. Assim quando verificada uma diferença de temperaturas em que a temperatura exterior é superior à interior as ventoinhas são acionadas tornando o processo de convecção mais rápido e eficaz.

No verão, em que o objetivo já não é de aquecimento do espaço interior mas sim de arrefecimento, o orifício superior da Parede de Trombe deve ser fechado de forma a evitar a entrada de ar quente não desejado. Podendo-se ainda abrir um orifício na parte superior do envidraçado para assim facilitar o escoamento do ar para fora e assim promover a ventilação (Soares, 2013).

A Figura 3.3 mostra um exemplo de uma Parede de Trombe assim como o seu funcionamento em cada estação do ano, ou seja de que forma os orifícios são abertos e fechados para se atingir os objetivos de aquecimento e arrefecimento.

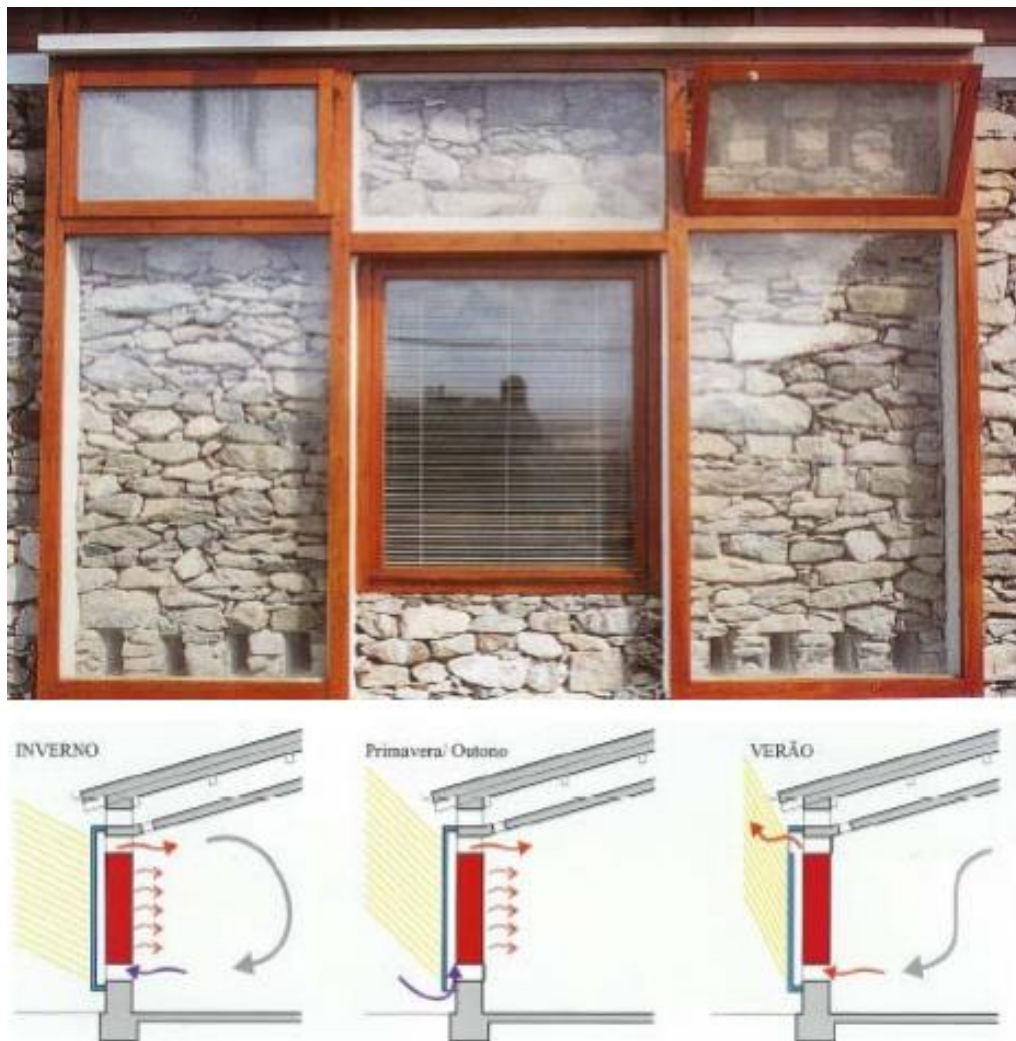


Figura 3.3 Casa Schäfer”, Porto Santo. Fotografia do especto exterior de uma parede de Trombe; esquema do seu funcionamento consoante as estações do ano (Fonte: Lanham et al., 2004).

Neste tipo de sistema pode ser aconselhável o uso de dispositivos de oclusão noturna que sejam móveis e que estejam preferencialmente localizados no exterior. Estes dispositivos representam um isolamento térmico adicional para as noites de inverno e previne o sobreaquecimento no verão (Mendonça 2005).

3.2.2.2 Parede de Água

Esta tecnologia/sistema é uma variante da Parede de Trombe. Neste caso o elemento de armazenamento térmico é a água. A água é armazenada em recipientes de cor escura com o intuito de absorver o máximo de radiação solar possível.

Na Figura 3.4 são apresentadas diferentes variantes de paredes de acumulação térmica. Sendo o caso C) e E) os que apresentam água como elemento constituinte da parede.

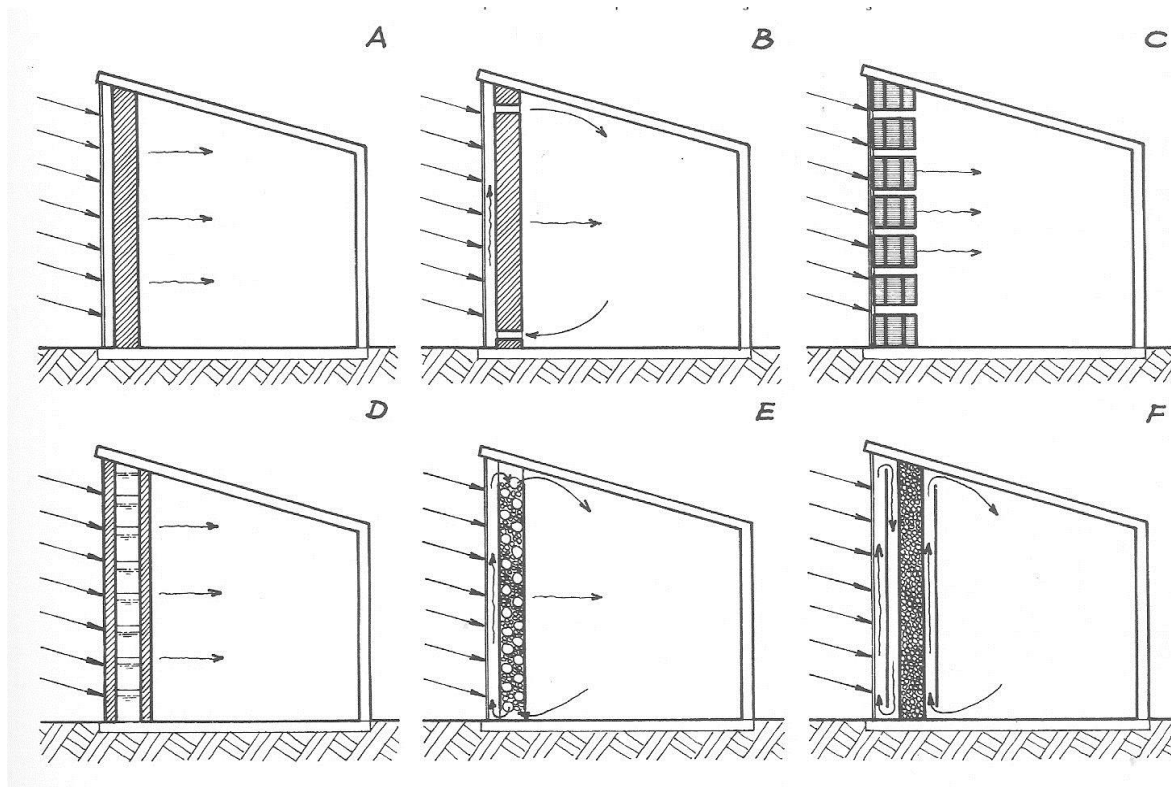


Figura 3.4 Diferentes tipos de parede de acumulação térmica: A) parede irradiante; B) parede com ventilação; C) acumulação com contentores de água; D) combinação de contentores de água e alvenaria; E) enrocamento e contentores (garrafas de água); F) enrocamento e sistema de ventilação duplo independente (Fonte: Moita, 2010).

Neste caso a capacidade de armazenamento de calor é enorme devido ao elevado calor específico e elevada condutibilidade da água, proporcionando uma grande diferença de funcionamento quando comparada com a convencional Parede de Trombe (Soares, 2013).

De acordo com Mendonça (2005) a capacidade de armazenamento de calor destas paredes é dez vezes mais elevada que as paredes de alvenaria de tijolo furado e cinco vezes em relação ao betão.

Soares (2013) explica que ao contrário da Parede de Trombe onde existe um grande desfaseamento temporal entre a absorção da energia e a sua libertação, nas Paredes de Água essa transferência de calor é muito rápida o que requer um maior controlo da distribuição de calor no interior do espaço a aquecer. Este problema pode ser resolvido isolando o elemento de armazenamento de calor durante o dia para o retirar à noite quando se pretender aquecer o

espaço, ou então atuando nas características dos contentores aumentando a sua espessura ou diminuindo a sua superfície de troca com o espaço interior.

3.2.2.3 Janelas de Fluxo de Ar

Este tipo de sistema consiste na sobreposição de duas janelas com um espaço de ar no seu interior (caixa-de-ar). Este sistema (Figura 3.5) é dotado de uma abertura inferior na janela exterior e uma abertura superior na janela interior possibilitando desta forma a passagem de ar por convecção pela cavidade interior.



Figura 3.5 Janela de Fluxo de Ar (Fonte: Soares, 2013).

O ar ao passar pela cavidade inferior entra na caixa-de-ar e é aquecido por meios passivos entrando no espaço a aquecer pela cavidade superior da janela interior.

Este sistema também pode ser considerado de ganho direto visto que os envidraçados permitem ao sistema obter ganhos de forma direta.

3.2.3 Tecnologias de Ganho Separado

As tecnologias de ganho separado baseiam-se em sistemas onde a captação solar se realiza num espaço como por exemplo uma estufa que se encontra separado da zona habitável. Nestes sistemas o calor é transferido para o interior por processos de convecção natural e radiação (Soares, 2013).

3.2.3.1 Estufas/Solários

De acordo com Soares (2013) as estufas/solários (Figura 3.6) são sistemas constituídos por um espaço fechado e coberto de vidro que expõe uma massa acumuladora térmica constituída pelo pavimento e a parede adjacente ao compartimento que se pretende aquecer.

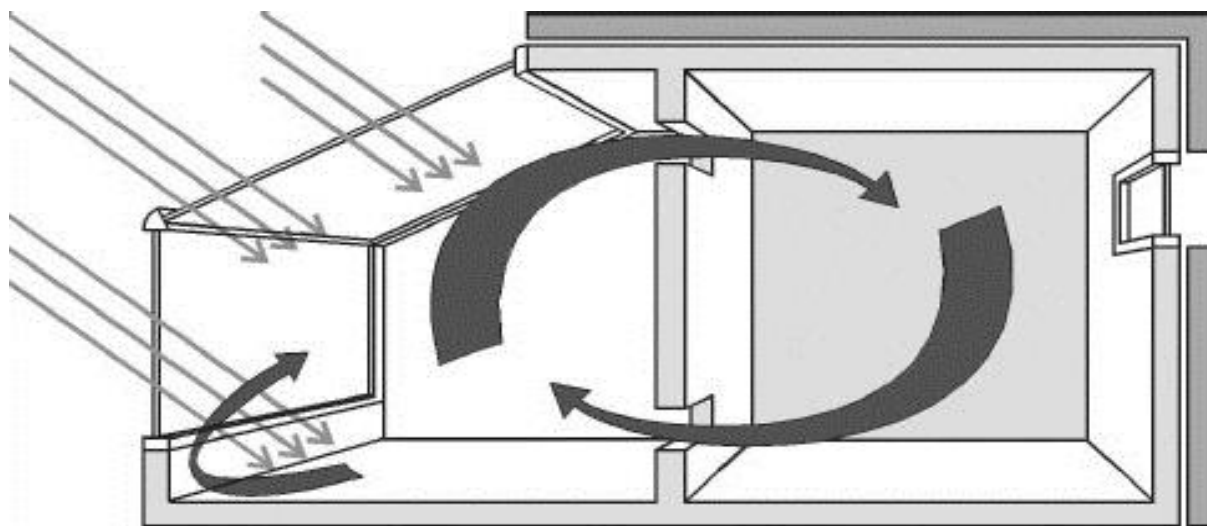


Figura 3.6 Representação esquemática de uma Estufa (Fonte: Gonçalves e Graça, 2004).

Estes sistemas devem ser instalados na fachada sul dos edifícios e dimensionados de forma a equilibrar a área de captação solar e a massa térmica de forma a evitar excessos de temperatura.

As estufas, exemplos deste sistema, utilizam a combinação dos efeitos de ganho direto e indireto. A energia solar é transmitida ao espaço vizinho à estufa por condução através da parede de armazenamento que os separa e ainda por convecção, no caso de existirem orifícios que permitam a circulação de ar.

Também exercem uma função de zona intermediária, zona tampão, ao compartimento a aquecer permitindo assim que nos dias frios e de fraca insolação ou então durante a noite as perdas energéticas sejam reduzidas (Moita, 2010, Soares, 2013).

De forma a evitar as temperaturas excessivas que podem ocorrer nos dias mais quentes as estufas devem estar não só equipados com dispositivos de ventilação e sombreamento mas também devem ser concebidas para ser desativadas se assim for caso disso (Moita, 2010).

Na Figura 3.7 são apresentados vários tipos de sombreamento aplicado em estufas, sendo a utilização de vegetação de folha caduca a forma mais simples, económica e de maior integração estética e ambiental (Moita, 2010).

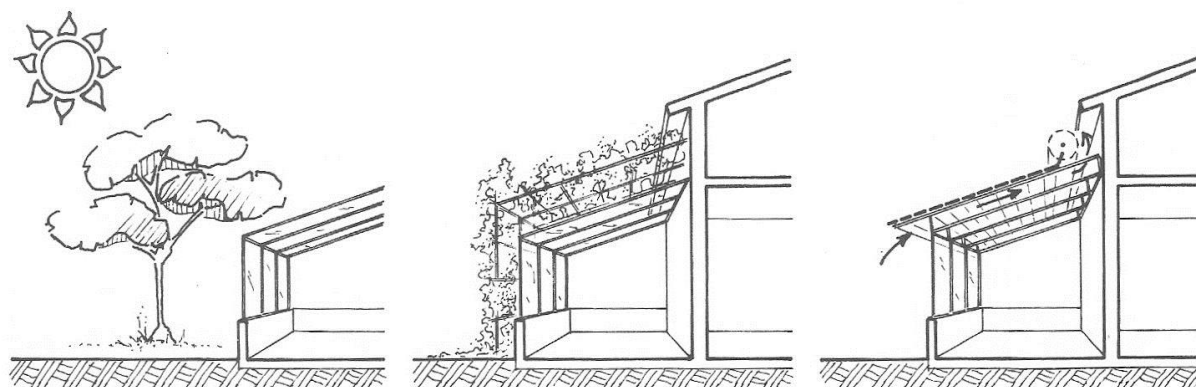


Figura 3.7 Diferente forma de sombreamento para estufas (Fonte: Moita, 2010).

No entanto, a utilização de estores/persianas pode mostrar ser bastante útil não só pelo seu fácil manuseamento mas também pelo facto de estas poderem ser automatizadas e assim a sua posição ser regulada de acordo com a posição solar e até mesmo de acordo com a temperatura interior e luminosidade pretendida.

Outra forma de se criar efeitos idênticos aos de uma estufa mas em edifícios de vários pisos é através das varandas. Quando fechadas e orientadas a sul, as varandas podem proporcionar os mesmos efeitos das estufas e assim contribuir para melhores condições térmicas do ambiente interior. Neste caso mostra-se mais promissor a utilização de estores, persianas ou toldos de forma a evitar a insolação excessiva e evitar temperaturas elevadas no seu interior.

De acordo com Mendonça (2005) este sistema de aquecimento apresentam vantagens e desvantagens. Apresentam como vantagens:

- Reduzem as perdas de calor do edifício atuando como espaço tampão;
- A variação de temperaturas dia/noite nos espaços habitáveis adjacentes é pequena;
- As estufas adossadas podem adaptar-se perfeitamente aos edifícios já existentes permitindo ainda um incremento do espaço habitável.

Desvantagens dos sistemas baseados em estufas:

- A eficácia térmica da estufa varia de acordo com a sua estrutura;
- A construção de estufas com elevada eficácia térmica pode ser cara;
- As oscilações de temperatura dentro da estufa são consideráveis o que torna bastante caro tentar converter este espaço num espaço habitável;
- Por vezes pode ser difícil integrar esta solução em edifícios já construídos.

3.2.3.2 Termossifão

A convecção térmica está na base dos sistemas de termossifão com o painel coletor solar a representar o elemento principal na convecção. Estes painéis são semelhantes aos painéis coletores ativos. No entanto, são montados na vertical nas paredes exteriores ou então abaixo do pavimento numa posição inclinada (Figura 3.8).

O facto dos sistemas de termossifão estarem isolados e separados dos espaços habitáveis, proporciona como vantagem a redução ou eliminação dos sistemas de controlo (Soares, 2013).

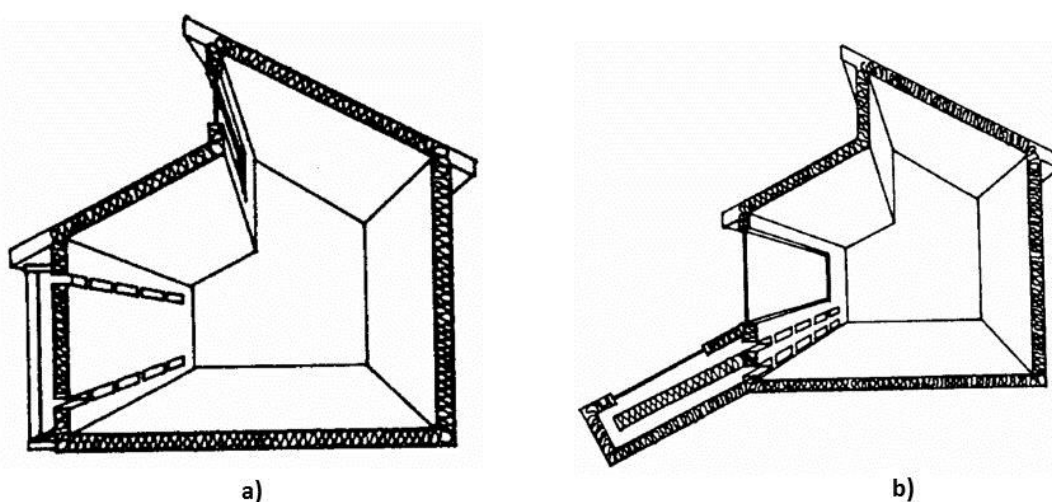


Figura 3.8 Sistemas de termossifão: a) Termossifão colocado em parede exterior; b) Termossifão colocado abaixo do pavimento (Fonte: Soares, 2013).

3.3 Tecnologias de Arrefecimento Passivo

3.3.1 Tecnologias de Refrigeração Direta

De acordo com Mendonça (2005) as tecnologias de refrigeração direta estão associadas à proteção solar e a mecanismo que proporcionam um contacto direto do ambiente a refrigerar com a fonte fria.

Este tipo de refrigeração pode incluir cindo tipos de mecanismos: ventilação, proteção solar, construções enterradas, refrigeração por evaporação de água e refrigeração por desumidificação (Mitjá 1986, citado por Mendonça 2005).

Nos próximos subcapítulos, será desenvolvido os sistemas relacionados com ventilação e com a proteção solar com o objetivo de perceber como podem ser introduzidos mecanismos de automação e assim potenciar os efeitos de refrigeração.

3.3.1.1 Proteção Solar

Com exceção dos locais que apresentam climas mais frios, o sombreamento é um fator essencial para o bom comportamento térmico das fachadas dos edifícios (Mendonça 2005).

O correto desenho e dimensionamento das estruturas protetoras da radiação solar é essencial e deve ter em conta fatores como as alturas e os azimutes solares. No entanto, de acordo com Mendonça (2005) a utilização de estores móveis exteriores em plano vertical é uma solução universal tanto em termos de orientação como de latitude.

De acordo com Mitjá (1986), citado por Mendonça (2005), durante o verão não só as fenestraçãoes localizadas a sul devem ser sombreadas como também as localizadas a nascente e a poente.

As estruturas protetoras podem ser naturais ou então elementos estruturais. Relativamente às estruturas naturais, como já referidas anteriormente, estas podem ser feitas com recurso a vegetação de folha caduca, que assim permitem a passagem de raios solares no inverno e no verão funcionam como barreira à radiação incidente.

Os elementos estruturais supra mencionados referem-se a elementos construtivos tais como estores, persianas manobráveis ou palas, que podem ser metálicas, de betão, entre outros materiais (Figura 3.9).

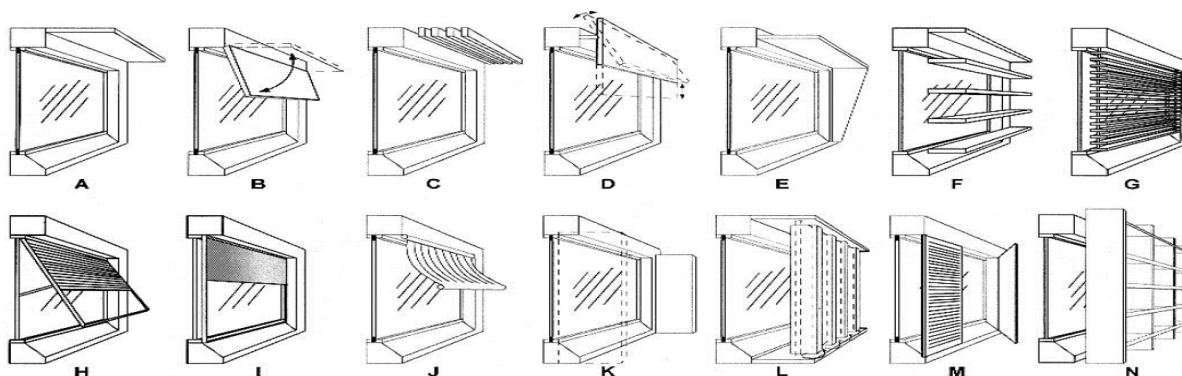


Figura 3.9 Representação de diferentes sistemas de proteção solar exteriores para envidraçados (Fonte: Mendonça, 2005).

De acordo com Mendonça (2005) a utilização de estores manobráveis apresenta como vantagens o facto de apresentarem baixo preço e custo de aplicação e possibilitam obter vários níveis de transparência e regulação do fluxo solar.

Mendonça (2005) refere que este tipo de elementos construtivos deve localizar-se preferencialmente pelo exterior do envidraçado visto que os elementos de proteção solar aplicados pelo interior dos envidraçados são menos eficazes.

3.3.1.2 Ventilação

Por norma a forma mais natural e usual de criar movimento de ar dentro das habitações passa pela abertura das janelas e assim permitir que o ar fresco penetre no interior. De forma a otimizar este tipo de ventilação o edifício deverá apresentar a superfície de maior fachada voltada para a zona que recebe o vento na estação mais quente (Mitjá 1986, citado por Mendonça 2005).

A forma de otimizar a circulação de ar no interior dos edifícios passa pela instalação, tanto nas portas como nas janelas exteriores, de grelhas que não só permitam a passagem do ar como também a regulação do caudal.

Mendonça (2005) refere que a ventilação pode ser de cinco tipos:

- Ventilação cruzada: este tipo de ventilação (Figura 3.10) ocorre mediante a colocação de aberturas em fachadas opostas. As aberturas devem ser implementadas em fachadas que estejam em comunicação com o exterior e que possuam características de exposição ao vento distintas.

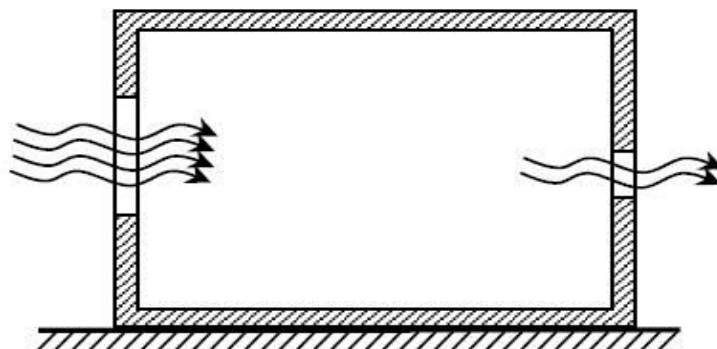


Figura 3.10 Representação esquemática de um Sistema de Ventilação Cruzada (Fonte: Mendonça, 2005).

- Ventilação induzida por estratificação: este tipo de sistema funciona através da colocação de uma abertura na parte superior do espaço a ventilar. Assim o ar quente tenderá a subir e a sair e desta forma ser substituído por ar fresco induzido no edifício através de aberturas localizadas num nível mais baixo. Este tipo de sistema (Figura 3.11) também pode ser designado por efeito chaminé. É um tipo de sistema que para funcionar corretamente necessita de uma diferença de temperatura entre o ar quente, que se encontra na parte mais alta do espaço habitado, e o ar exterior.

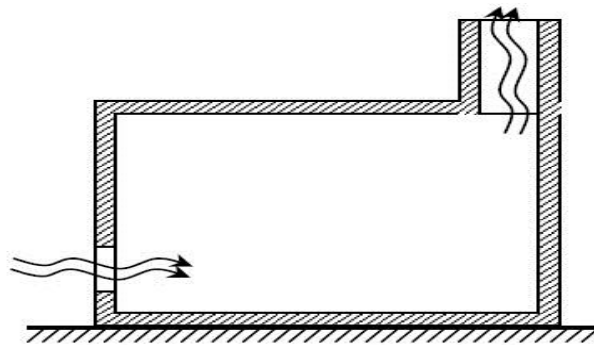


Figura 3.11 Representação esquemática de um sistema de extração de ar por efeito chaminé (Fonte: Mendonça, 2005).

- Câmara solar ou Chaminé solar: este tipo de sistema é possível de aplicar quanto sobre o espaço a ventilar se pode construir uma câmara com um captador de cor escura protegido por uma cobertura de vidro (Figura 3.12). Neste tipo de sistema o ar é aquecido dentro da câmara fazendo diminuir a sua densidade e assim criar um efeito de sucção nas aberturas inferiores que conseqüentemente irá provocar a extração e renovação do ar interior.

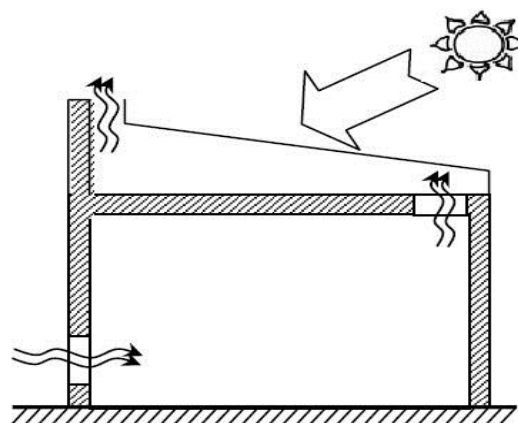


Figura 3.12 Representação esquemática de um Sistema de câmara solar na cobertura (Fonte: adaptado de Mendonça, 2005).

- Aspirador estático: o objetivo deste sistema é a criação de movimento de ar no interior, a partir de uma extração de ar pela cobertura combinada com uma entrada de ar de renovação pela parte inferior (Figura 3.13). O vento ao atravessar o aspirador estático, cria um efeito de Venturi que por sua vez causa a aspiração do ar interior (Mendonça 2005).

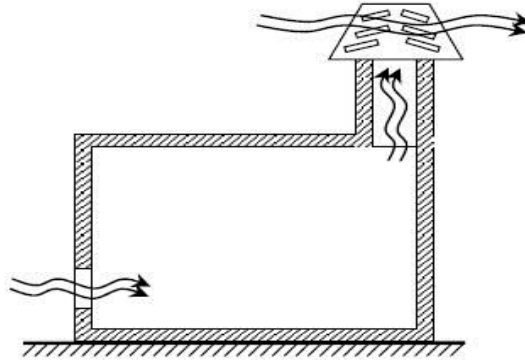


Figura 3.13 Representação esquemática de um sistema de ventilação com aspirador estático (Fonte: Mendonça, 2005).

- Torre de vento: é um sistema que também pretende criar um movimento de ar no interior mas em sentido contrario relativamente aos sistemas anteriormente apresentados. Neste sistema (Figura 3.14) a introdução de ar exterior no espaço interior é feita com recurso a uma torre que se eleva de forma a recolher o vento onde este se apresenta mais intenso. O ar captado é canalizado para o interior da habitação através de condutas e a saída do ar interior ocorre através de grelhas instaladas na parte superior como apresentado na Figura 3.14.

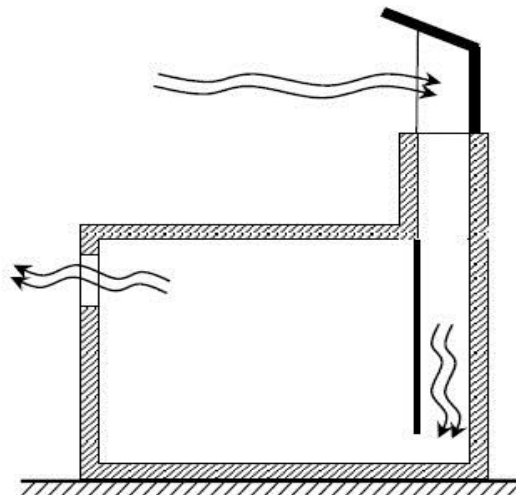


Figura 3.14 Representação esquemática de um sistema de ventilação com torre de vento (Fonte: Mendonça, 2005).

3.3.2 Tecnologias de Refrigeração Indireta

As tecnologias de refrigeração indireta baseiam os seus sistemas em elementos capazes de absorver o calor do edifício e o refrigerar, radiando energia para o exterior. De acordo com Mitjá (1986), citado por Mendonça (2005), as tecnologias de refrigeração indireta baseiam-se em dois tipos de sistemas: a radiação e a ventilação noturna dos elementos capazes de armazenar calor.

3.3.2.1 Refrigeração por radiação noturna

Sempre que dois corpos se encontram frente a frente existe troca de calor por radiação do corpo mais quente para o corpo mais frio. De facto, este fenómeno pode ser aproveitado para refrigerar um edifício (Mendonça 2005).

A utilização de um material pesado ou água como elemento de armazenamento térmico na cobertura de um edifício é um exemplo onde ocorre refrigeração por radiação noturna.

Este tipo de sistema apresenta dupla função pois pode ser usado como forma de aquecimento no inverno e arrefecimento no verão. Como o pretendido neste subcapítulo é a refrigeração, importa explicar o funcionamento deste tipo de sistema no verão.

Nesta época do ano (estação de arrefecimento) o sistema deve ser devidamente coberto com um material isolante para que absorva o calor do ambiente interior e não o calor proveniente da radiação solar. Durante a noite o respetivo material isolante é retirado e o elemento de armazenamento térmico irradia o calor absorvido durante o dia para o exterior.

É importante salientar que para o bom funcionamento deste tipo de sistema é necessário estar na presença de uma diferença de temperaturas entre o dia e a noite na ordem dos 10 °C, assim como em noites de céu limpo pois a presença de nuvens diminui a radiação de energia para o céu (Mendonça 2005).

3.3.2.2 Refrigeração por ventilação noturna

O princípio de funcionamento deste sistema consiste em fazer circular pelo edifício o ar fresco da noite assim como o ar das primeiras horas do dia.

Durante o dia os elementos de armazenamento térmico captam o calor do ambiente deixando o interior dos edifícios mais fresco. No entanto é importante a circulação de ar fresco durante a noite uma vez que esta é capaz de refrescar os elementos de armazenamento térmico dos edifícios.

Este procedimento pode ocorrer através da implementação de estruturas de ventilação, como as apresentadas anteriormente ou então através de ventilação forçada com recurso a ventiladores mecânicos.

3.3.3 Tecnologias de Refrigeração Separada

Neste tipo de refrigeração o ar fresco é obtido numa zona separada da zona a refrigerar. De acordo com Mendonça (2005) as fontes frias usadas podem ser a terra, um leito de pedras ou um volume de água.

O processo de refrigeração passa por fazer circular o ar exterior por uma tubagem que se encontra enterrada ou então atravessa um leito de água. Este processo é mais eficiente quanto maior for o percurso que o ar tem a percorrer dentro da tubagem antes de chegar ao interior do edifício.

4 DOMÓTICA – PROTOCOLO E SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

4.1 Introdução

O intuito deste capítulo é realizar uma abordagem mais aprofundada no que diz respeito à domótica. Será feita uma análise relativa ao modo de funcionamento e componentes do protocolo KNX e de alguns dos sistemas de domótica que podem ser encontrados ao dispor do consumidor no mercado nacional.

Dentro deste mercado será abordado o sistema Gamma Instabus, comercializado pela Siemens AG e o sistema Tébis, comercializado pela Hager.

No entanto, não se deve ficar com a ideia de que o mercado se rege a estes dois sistemas, exemplo disso é empresa Fsys, sediada em Braga e uma *KNX Partner* registada na KNX.org com o nº 28109 (Fsys@, 2015). No seu leque de soluções na área da domótica podem ser encontrados produtos de diversos fabricantes, todos eles associados ao protocolo KNX:

- JUNG - Fabricante alemão e uma referência a nível mundial em equipamentos de domótica, apresentando qualidade de fabrico e *design* intemporal;
- Eelectron - Fabricante italiano e vencedor de vários prémios de *design*. Apresenta qualidade de acabamentos e *design* inovador totalmente personalizável;
- Berker – Fabricante alemão, apresenta uma série de produtos com excelente qualidade, *design* único e arrebatador;
- Gira – Fabricante alemão e dispõe de soluções inovadoras em gestão energética.

4.2 Protocolo KNX

O KNX apresenta diferentes meios de comunicação através dos quais todos os dispositivos constituintes da rede são ligados e comunicam entre si: TP (*Twisted Pair*, Cabo de par trançado), PL (*Powerline*, Linha de potência), RF (*Radio frequency*, Radiofrequência) e IP (*Ethernet*).

Este protocolo permite que seja implementada uma rede que pode ter até 65 536 dispositivos com endereços individuais de 16 bit, o que apresenta uma grande vantagem relativamente ao número de dispositivos que o protocolo X-10 admite (256).

Os endereços atribuídos aos elementos da rede podem ser de grupo ou individuais e a denotação é feita com dois pontos e números decimais, tomando forma: “X . Y . Z”. É importante realçar que o endereço individual é único para cada dispositivo KNX, por outro lado o endereço de grupo não necessita de ser único pelo facto de que um dispositivo pode ter mais do que um endereço de grupo.

A existência de endereços de grupo é importante pois assim pode-se atuar, por exemplo, sobre a iluminação como um todo desde que todos os dispositivos de iluminação estejam dentro do mesmo grupo. Esta forma de programação permite que o utilizador, antes de se deitar, desligue toda a iluminação da habitação através de um único botão. Outro exemplo do mesmo género pode ser o sistema de abrir e fechar os estores elétricos.

Os sistemas de KNX funcionam como uma rede aberta. Na Figura 4.1 encontra-se representada uma forma de como seria a instalação de um sistema KNX com a utilização de *Twisted Pair*, TP. A escolha deste meio de comunicação para explicar o modo de funcionamento do KNX baseia-se no facto de ser o mais usado e o mais barato dentro dos meios disponíveis.

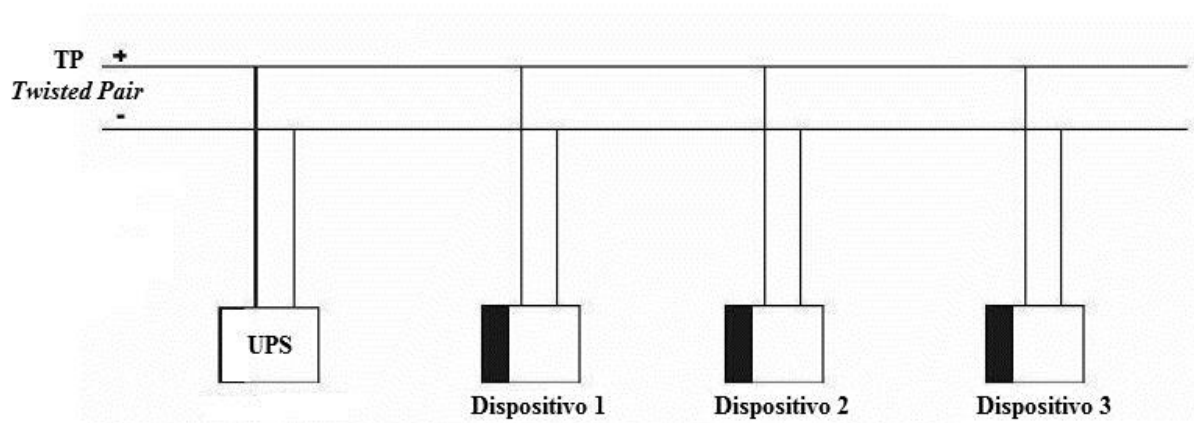


Figura 4.1 Representação de forma esquemática de uma instalação do sistema KNX tendo *Twisted Pair* como meio de comunicação.

De uma forma geral a rede terá na sua constituição uma UPS (*Uninterruptible Power Supply*) de 30V e os diversos dispositivos, podendo estes serem sensores e atuadores.

A transmissão de dados na linha TP é feita simetricamente através de par entrançado e a transmissão de sinais é feita por meio da diferença de tensão entre os dois condutores do cabo. Nestes sistemas os sensores são o ponto de partida para cada ação. É a partir destes que são reunidas informações que posteriormente são enviadas para a rede na forma de telegrama de dados. Estas informações podem ser sobre temperatura, movimentos, medições de vento ou outras, dependendo da aplicação desejada.

Os atuadores recebem os telegramas de dados que estão disponíveis na rede e se estes forem destinados ao seu endereço convertem o telegrama em ações devidamente programadas. Estas ações podem ser para o controlo cortinas/estores, iluminação, sistemas de aquecimento e de ar condicionado. Os atuadores também são selecionados dependendo da aplicação desejada.

O planeamento da instalação e configuração é feito através de um PC com o *software* ETS instalado. A ligação do PC pode ser feita diretamente na rede através de uma ligação USB, para tal a rede já tem de ter na sua constituição o dispositivo que permite essa ligação como por exemplo o KNX/USB N 148/11 disponibilizado pela Siemens AG.

O ETS, *Software Engineering Tool*, é um *software* de configuração desenvolvido com o intuito de projetar e configurar instalações de sistemas KNX. Este *software* só é executado em computadores com a plataforma Windows© e é através deste que é carregado para cada dispositivo a informação sobre o seu endereço individual e sobre o seu modo de operação, ou seja é dada a informação sobre os endereços a quem deve mandar informações e de quem deve receber e também como deve proceder perante os telegramas de dados recebidos.

O sistema representado na Figura 4.1 encontra-se ligado em paralelo com o sistema elétrico de 230V, como representado na Figura 4.2, que permite a alimentação elétrica dos sistemas de tecnologia de uso doméstico. Os sistemas de tecnologia de uso doméstico encontram-se simultaneamente ligados à linha TP e à linha 230V.



Figura 4.2 Sistema bus de dois fios, *Twisted Pair*, acompanhando em paralelo a rede elétrica de 230 V (Fonte: Schneider Electric®, 2015).

A vantagem dos sistemas baseados neste protocolo incide na descentralização do sistema que assim apresenta uma maior flexibilidade e fiabilidade face aos antigos sistemas centralizados.

Cada equipamento constituinte da rede de domótica é responsável pela sua função ou seja, em caso de qualquer anomalia de um dos elementos da rede de domótica a restante instalação mantém o seu normal funcionamento deixando simplesmente de operar as funcionalidades associadas ao equipamento avariado.

4.2.1 Exemplo de aplicação

O exemplo de aplicação apresentado na Figura 4.3 demonstra como cómoda e eficiente pode ser a utilização dos sistemas KNX.

Foi elaborado um cenário com recurso ao ETS através do qual todos os dispositivos ligados à corrente podem ser ativados simultaneamente através de um único botão de pressão.

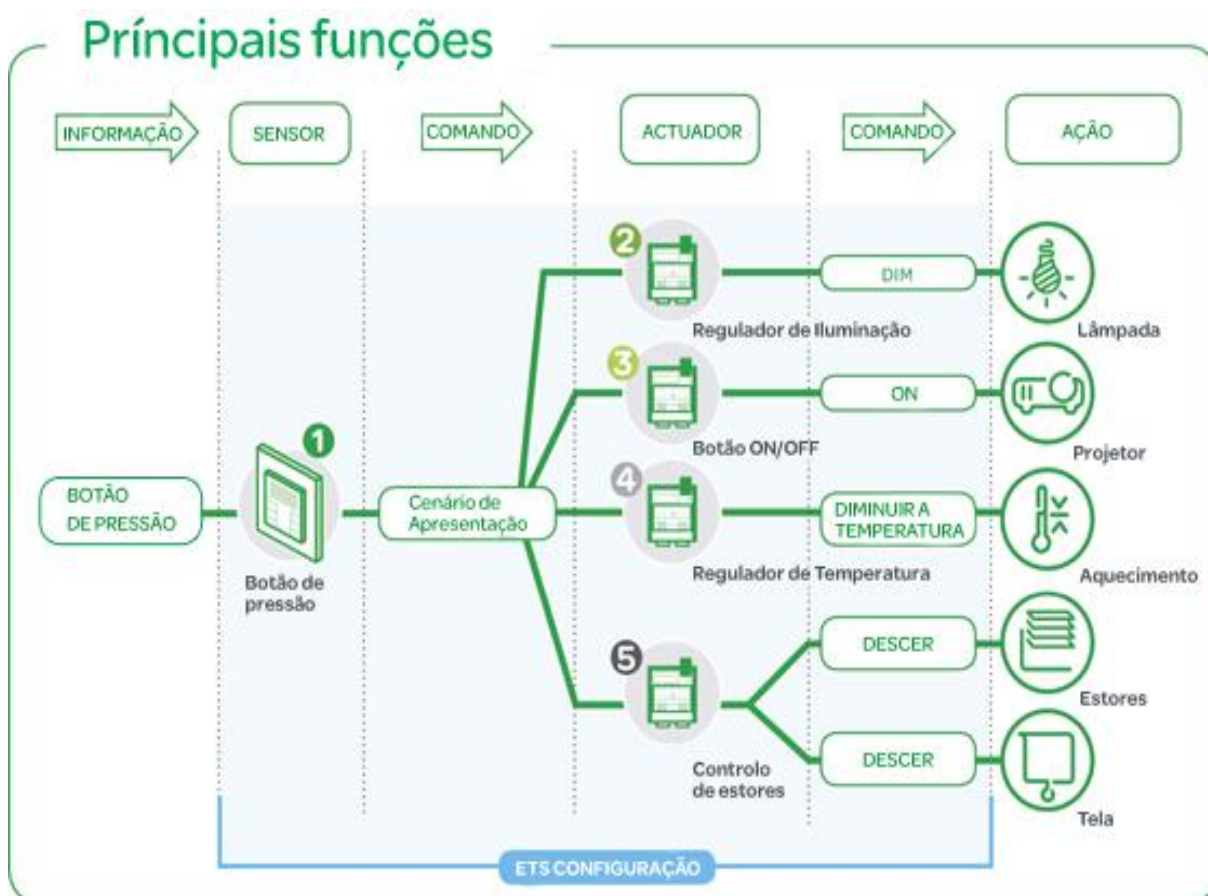


Figura 4.3 Exemplo de aplicação de KNX numa sala de reuniões – Cenário de Apresentação elaborado através do ETS (Fonte: Schneider Electric®, 2015).

Através do botão de pressão é dada a informação de que será ativado o cenário de “Apresentação” e um telegrama de dados é enviado a todos os atuadores. Os atuadores avaliam este telegrama e acionam os dispositivos individuais para que estes executem as funções já

predefinidas como por exemplo, diminuir a intensidade das luzes, baixar os estores ou o ecrã e ligar o ar condicionado até a temperatura da sala atingir uma certa temperatura.

Depois ao sair da sala, com outro botão de pressão, o cenário “Ausente” pode ser ativado e assim transmitir a informação para os dispositivos apagarem as luzes, diminuir a temperatura para um valor predefinido, abrir os estores, recolher a tela e desligar o projetor.

No entanto, o sistema pode ser mais automatizado através da integração de um detetor de presença. O detetor de presença irá reconhecer a presença ou não de pessoas na sala e assim irá assumir os cenários “Apresentação” ou “Ausente” deixando de ser necessário a utilização dos botões e pressão.

4.3 Sistemas de Domótica

4.3.1 Siemens AG - Gamma Instabus

A Siemens AG é uma das muitas empresas que integra a *KNX Association*, fabricando produtos das mais diversas áreas de aplicação da domótica, envolvendo desde a iluminação, controlo de estores, aquecimento, ventilação, ar condicionado, monitorização, controlo de águas, eficiência energética, som e imagem entre outras áreas.

Baseada no protocolo KNX, Gamma Instabus é uma solução disponibilizada no mercado da domótica pela Siemens AG. Corresponde a um sistema que utiliza um canal de transmissão de dados descentralizado e que pode ser aplicado para executar funções na área do controlo e gestão de equipamentos em edifícios com diferentes tipologias de utilização.

Gamma Instabus é um sistema constituído por um conjunto de dispositivos que enviam informações para um computador central. Assim que este toma um conhecimento geral de cada dispositivo assegura que são tomadas as “medidas” necessárias e adequadas para um funcionamento otimizado e capaz de satisfazer as exigências programadas pelo utilizador.

Através do computador central cada utilizador pode observar, monitorizar e alterar o modo de funcionamento de cada dispositivo. Na Figura 4.4 encontra-se representado os diferentes setores de atuação do sistema Gamma Instabus.

O controlo da iluminação é um dos setores onde o Gamma Instabus atua. O sistema permite ligar/desligar os sistemas de iluminação em horários predefinidos ou então quando se encontram na presença de alguém no espaço em que estão instalados. Também permite atuar sobre o brilho dos dispositivos de iluminação através de sensores de luminosidade que permitem ao computador central calcular a menor quantidade possível de luz artificial a

fornecer para que, em conjunto com a luz natural atinjam os valores de luminosidade pré-definidos.

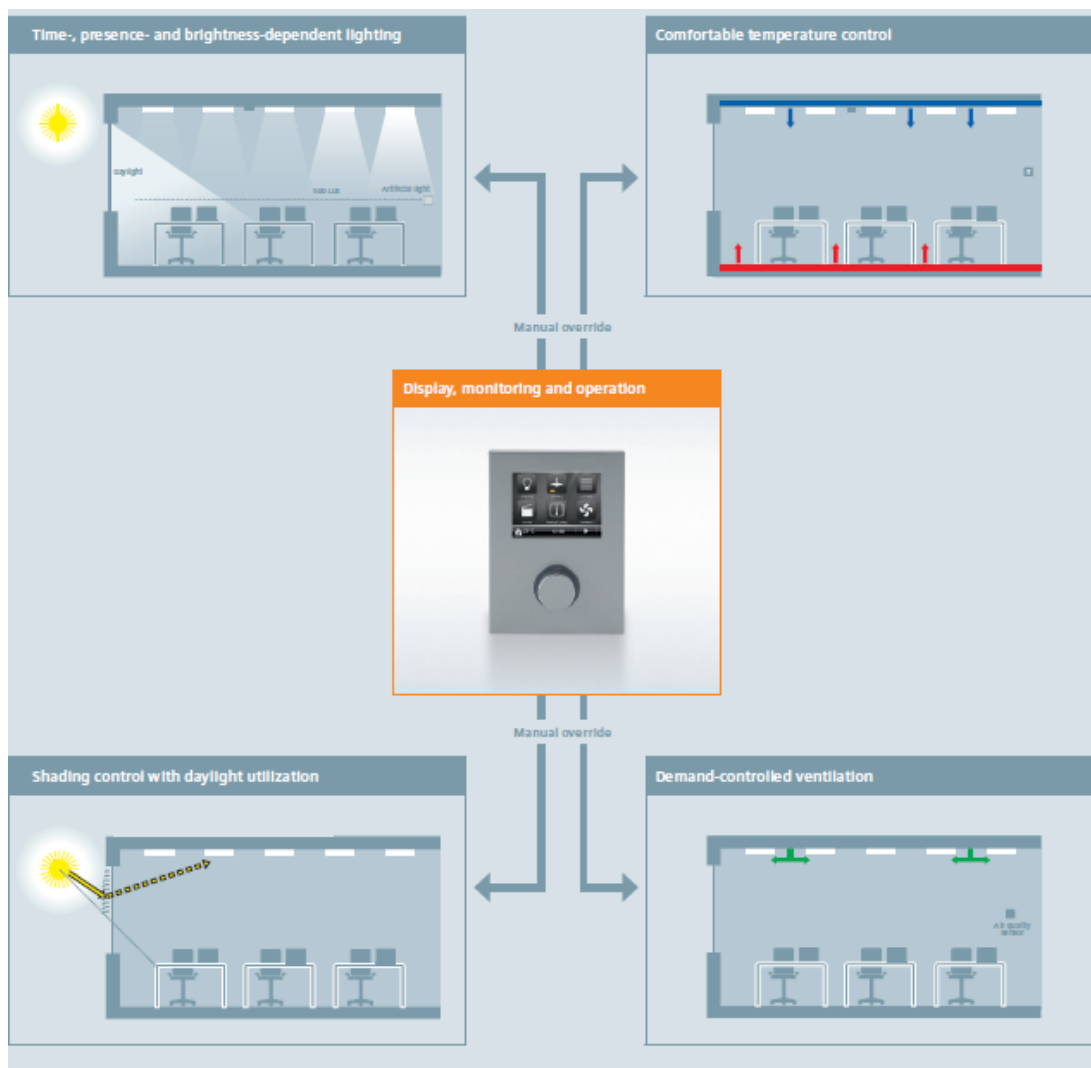


Figura 4.4 Sistema Gamma Instabus da Siemens AG – representação das diferentes áreas que podem ser controladas de forma manual ou de forma autónoma pelo computador central do sistema (Fonte: Siemens@, 2015).

Outros aspetos a salientar no sistema Gamma Instabus, também representado na Figura 4.4, são o correto controlo do sombreamento para um melhor aproveitamento da luz do dia e o controlo e manutenção da temperatura associado aos sistemas AVAC instalados na habitação.

O sistema permite que as lâminas usadas para o sombreamento dos envidraçados estejam numa posição em que a radiação solar entre na divisão da habitação de uma forma difusa. Permitindo assim uma máxima utilização do brilho e luz solar e uma proteção contra influências térmicas externas como calor do verão e o frio do inverno.

O controlo de temperatura de modo a atingir o nível de temperatura desejável ou recomendável pode ser alcançado através dos sistemas de AVAC instalados na habitação. Mediante programas predefinidos ou presença de pessoas nas divisões em causa, o sistema central através da informação reunida pelos diferentes sensores fornece aos dispositivos AVAC as informações necessárias para o seu correto funcionamento.

O sistema Gamma Instabus também permite uma correta ventilação que é essencial não só para evitar a perda de calor através de uma ventilação inadequada mas também para a manutenção de uma habitação saudável com uma qualidade do ar interior ideal associada a um clima desejável.

Como resultado destes automatismos a temperatura confortável, o nível de luminosidade e também a qualidade do ar interior são alcançados com o uso da energia realmente necessária para o efeito.

4.3.2 Hager – Sistema Tébis

A Hager – Sistemas Eléctricos Modulares, S.A. é uma empresa que se encontra presente à escala internacional no campo dos sistemas de instalação eléctrica.

Tem atualmente disponível no mercado o Sistema Tébis que permite propor soluções à medida e adaptadas às reais necessidades dos seus utilizadores, promovendo o conforto, segurança e gestão racional da energia (Hager@, 2015).

Assim como o Gamma Instabus o sistema Tébis utiliza como protocolo de comunicação o KNX. Consiste num sistema de instalação eléctrica, muito flexível e completa, que permite comandar não só a iluminação como os estores e persianas eléctricas e regular a temperatura dos edifícios.

De acordo com as expectativas do fornecedor, este sistema tem como objetivo permitir executar de uma forma simples instalações que respondam a cadernos de encargos exigentes e complexos, o que através de instalações tradicionais seriam difíceis de realizar.

É um sistema que de acordo com Hager@ (2015) apresenta as seguintes vantagens:

- É um sistema evolutivo - permite fazer alterações através de simples reprogramação das funções dos elementos de entrada e saída do sistema e ainda em alguns casos acrescentar funções;
- Controlo à distância – com o *gateway* internet Tébis a instalação pode ser comandada a partir de qualquer computador ligado à internet ou telemóvel com WAP. Desta forma o

utilizador pode supervisionar a sua habitação através de um sistema de videovigilância ou até mesmo desencadear uma ação num dos elementos do sistema como por exemplo abrir/fechar persianas ou verificar o sistema de aquecimento;

- Apresenta um numeroso leque de produtos de entrada à disposição do utilizador – através do *software* disponibilizado, telecomando, botões de pressão ou do controlador ambiente é possível tornar o controlo da habitação realmente fácil. Estes equipamentos permitem de uma forma simples comandar uma ou varias ações;
- Configuração simplificada por TX 100B ou então através do *software* ETS.

Após terminada a cablagem do sistema, a configuração de um sistema de domótica Tébis pode ser realizada através de dois métodos que se encontram à disposição do instalador e que podem ser escolhidos mediante a dimensão da instalação e das funcionalidades desejadas pelo utilizador.

O configurador TX 100B consiste numa consola portátil de programação, teste e diagnóstico do sistema Tébis. É baseado na tecnologia radiofrequência e permite fazer uma configuração zona a zona evitando assim a limitação de ter de se realizar uma programação junto do quadro elétrico.

Este modo de configuração apresenta as seguintes vantagens e características técnicas (Hager@, 2015):

- Consola RF 868,3 MHz, conforme *standard* KNX "easy";
- Ecrã amplo, com vasta biblioteca de símbolos intuitivos;
- Consola única para programação de instalações RF;
- Funções de medição (nível de perturbação RF, tráfego KNX) e de testes/simulação das funções programadas;
- Modo *Expert* permite aceder aos endereços de grupo KNX criados pelo TX 100B;
- Consola de programação portátil graças à comunicação via radiofrequência;
- Programação *wireless*, feita zona a zona;
- Modificação da instalação por simples reprogramação;
- Gravação e arquivo dos projetos realizados em memórias tipo USB;
- Consola evolutiva, graças às atualizações periódicas, disponíveis em www.hager.pt.

O outro método de configuração baseia-se no uso do *software* ETS. Esta ferramenta de configuração é comum ao conjunto de fabricantes que adotam a norma KNX e consiste num instrumento de conceção e programação por computador dos produtos implementados na rede de domótica.

Assim como o TX 100B este modo de configuração também apresenta as suas vantagens Hager@, 2015):

- Um elevado nível de flexibilidade e possibilidade de evolução;
- Inúmeras funcionalidades;
- Parametrização de centenas de produtos sobre uma instalação;
- Possibilidade de instalar produtos procedentes de vários fabricantes do mundo KNX;
- A programação por ETS permite dispor de funções suplementares como a gestão pautal, contagem e programação anual (integração de distribuidores de iluminação e reguladores de aquecimento)
- Aplicação a grandes instalações, como salas profissionais e edifícios terciários.

5 CENÁRIOS DE AUTOMAÇÃO DE TECNOLOGIAS SOLARES PASSIVAS

5.1 Introdução

Depois das abordagens dos capítulos anteriores, relativos às **TECNOLOGIAS SOLARES PASSIVAS** e à **DOMÓTICA – PROTOCOLO E SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO**, este capítulo destina-se a demonstrar aplicações da automação em sistemas solares passivos e assim potenciar ainda mais o efeito destes no conforto térmico das habitações.

Apresenta-se representações tanto do sistema solar passivo como do sistema domótico, explicando-se o modo de funcionamento do sistema domótico em função da tecnologia solar passiva escolhida.

De modo a abordar mais que um sistema passivo, neste capítulo usam-se como exemplos a utilização de uma Estufa/Solário (para aquecimento) e um sistema de ventilação noturna (para arrefecimento). Assim será demonstrada a forma de utilização de uma Estufa/Solário na estação de aquecimento (período de outubro a abril) e onde se pretende atingir de acordo com as condições de referência para o interior da habitação uma dada temperatura. Por outro lado, analisar-se-á um sistema de ventilação noturna na estação de arrefecimento (período correspondente aos quatro meses de verão) e onde também existe uma temperatura a atingir de acordo com as condições de referência para o interior da habitação (RCCTE, 2006).

De realçar que apesar dos sistemas serem apresentados para diferentes estações, estes têm de ser pensados e projetados para um correto funcionamento durante todo o ano ou então serem desativados de forma a não provocarem efeitos desnecessários nas alturas para os quais não foram projetados.

5.2 Estufa/Solário

Numa estufa¹ a energia solar é transmitida ao espaço vizinho por condução através da parede de armazenamento e ainda por convecção no caso de existirem orifícios que permitam a

¹ Doravante refere-se “estufa” como sendo uma solução construtiva do tipo “estufa/solário”.

circulação de ar, como representado na Figura 3.6. Esta convecção pode ocorrer de forma natural ou de forma forçada através da instalação de um sistema de ventilação.

Neste cenário de aplicação o objetivo consiste em tirar o maior proveito da temperatura do ar verificado no interior da estufa. Para tal recorre-se a ventilação forçada para fazer circular ar entre a estufa e o compartimento a aquecer.

5.2.1 Princípios de funcionamento

De um modo geral este sistema será programado para funcionar na estação de aquecimento onde de acordo com a legislação se deseja ter uma temperatura interior de 20°C. Como em Portugal os dias de sol são uma realidade nos meses relativos à estação de aquecimento e as temperaturas mínimas situam-se em média, nos 8 °C em Lisboa e nos 4 °C em Castelo Branco, e durante o dia as temperaturas sobem em média até aos 8 °C em Bragança e aos 16 °C em Faro (Centro Meteo@, 2015), facilmente será de esperar temperaturas superiores a 20°C no interior da estufa.

Verificadas as condições para a aplicação da estufa procede-se ao seu correto dimensionamento e através de um sistema baseado na tecnologia KNX, apresentado no capítulo anterior, automatiza-se a ventilação para que esta funcione de acordo com as exigências do utilizador.

Além do sistema de ventilação também será vantajosa a aplicação de um sistema de automatização nos estores elétricos, ou então ser criada a possibilidade de abertura (total) superior da estufa.

No caso de aplicação de estores, esta pode ser feita como representado na Figura 5.1, obtendo-se assim um sombreamento da parte superior da estufa evitando as altas temperaturas da estação de arrefecimento e assim os efeitos indesejados no interior da estufa.

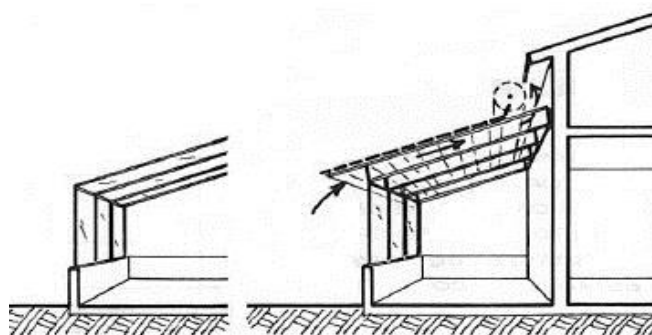


Figura 5.1 Representação de um sistema de um sistema de estore para sombreamento de uma estufa (Fonte: adaptado de Moita, 2010).

De uma forma simples, durante a estação de arrefecimento os estores estariam fechados e na estação de aquecimento abertos. Além disso, durante a estação de aquecimento procedia-se à utilização de sensores de temperatura e de atuadores ligados aos ventiladores. Os sensores mediriam a temperatura instantânea e enviariam os valores para a rede, assim os atuadores enviariam comandos aos ventiladores mediante as respostas dos sensores.

5.2.2 Exemplo de aplicação

Vamos usar como exemplo uma estufa que se encontra subjacente a dois compartimentos da habitação, compartimento A e B.

A instalação seria baseada na Figura 4.2, onde o sistema de comunicação é instalado em paralelo com o sistema elétrico. Os sensores e atuadores estão ligados à linha de comunicação, Twisted Pair, e os restantes mecanismos com ventiladores e motores elétricos encontram-se ligados à linha elétrica de 230V. Os atuadores são os mecanismos que vão estar simultaneamente ligados à linha de comunicação e aos mecanismos elétricos.

5.2.3 Componentes do sistema de automação

Para aplicação de automatismo neste sistema solar passivo seria necessário:

- Um sensor de temperatura no interior da estufa;
- Um sensor de temperatura no interior de cada um dos compartimentos a aquecer;
- Um dispositivo KNX necessário para a programação temporal, relógio;
- Um atuador por cada ventilador;
- Um atuador para estores/persianas;
- Uma fonte de alimentação UPS 30V;
- Um dispositivo KNX/USB;
- Controladores de 4 e 6 botões de pressão;
- Um computador com o *Software Engineering Tool*.

No entanto para este caso pode-se substituir o dispositivo KNX necessário para a programação temporal e os controladores de 4 e 6 botões de pressão por um controlador ambiente KNX como os que são disponibilizados pela empresa Hager.

O controlador ambiente TX45A possui 4 botões e um ecrã, que assim permite a navegação pelos seus menus que podem ser programados através do ETS.

5.2.4 Funcionamento do sistema de automação

Após a aplicação da rede e dos diferentes dispositivos o passo mais importante na aplicação do sistema de automação reside na programação dos diferentes dispositivos. Para essa programação, como já explicado no capítulo anterior, recorre-se ao sistema ETS da KNX.

Com o ETS procede-se à atribuição do endereço individual de cada dispositivo da rede que desta forma permite programar e interligar cada um dos dispositivos. O Quadro 5.1 apresenta de forma ilustrativa os endereços que cada dispositivo da rede poderia ter e que será usada como nomenclatura para a explicação do possível modo de funcionamento do sistema.

Quadro 5.1 Lista de Dispositivos/componentes necessários para automação de um sistema baseado num Solário/Estufa e seus endereços.

Dispositivo/Componente	Endereço Individual	Endereço Grupo
Controlador Ambiente TX45A	1.0.1	
Sensor de temperatura – Estufa	1.0.2	
Sensor de temperatura – Compartmento A	1.0.3	1.0.35
Sensor de temperatura – Compartmento B	1.0.4	
Atuador – Estore elétrico	1.0.7	
Atuador – Ventilador A	1.0.5	1.0.27
Atuador – Ventilador B	1.0.6	

Entre outras configurações, o Controlador Ambiente TX45A será programado para enviar, para a rede, a informação do dia do ano e hora em que se encontra. Esta informação sob forma de telegrama de dados é enviada a todos os dispositivos da rede. Neste caso apenas seria necessário para os dispositivos com o endereço de grupo “1.0.35”.

O objetivo desta informação reside no facto de a programação ser feita mediante a altura do ano. Assim, para o caso de estudo, os sensores seriam programados para funcionar no período de outubro a abril e tinham a função de enviar a informação relativa à temperatura instantânea para os atuadores responsáveis pelos ventiladores. O atuador do estore elétrico estaria programado para que este estivesse fechado na estação de arrefecimento, nos 4 meses de verão e no restante período do ano aberto.

O Controlador Ambiente TX45A poderá ser instalado na estufa ou então um em cada compartimento e na estufa. O objetivo é possibilitar ao utilizador verificar a temperatura em cada um dos compartimentos e em qualquer altura aumentar ou diminuir a velocidade de ventilação de forma independente ou até mesmo subir e descer o estore da estufa.

No entanto, para que o sistema faça de forma automatizado certas ações os componentes poderiam ser programados de modo a que:

- Controlador Ambiente TX45A

Funcione durante todo o ano com a função enviar a informação acerca do dia do ano em que se encontra para o endereço “1.0.35”.

Permita ao utilizador consultar a informação sobre a temperatura registada em cada um dos três sensores instalados e velocidade de ventilação de cada um dos ventiladores. Através dos botões de pressão poderá consultar o menu e proceder ao envio de comandos para cada um dos atuadores, alterando a programação pré-definida. Ou seja, o utilizador pode alterar a posição dos estores, ligar/desligar os ventiladores e alterar a velocidade de ventilação a qualquer altura independentemente do que se encontra pré definido.

- Sensores de Temperatura

São programados para funcionar durante o período de outubro a abril e responder ao telegrama de dados enviado pelo “1.0.1” sempre que este envia um telegrama de dados com a informação que se encontra num dia dentro desse mesmo período.

Por sua vez todos os sensores são programados para enviar o valor da temperatura para o “1.0.1” para que este possa disponibilizar ao utilizador a temperatura registada em cada sensor.

O sensor “1.0.2” será programado para também enviar o valor de temperatura para o endereço “1.0.27”, ou seja os dois atuadores dos ventiladores.

Por último o sensor de cada um dos compartimentos deverá mandar o valor de temperatura para o atuador do ventilador do seu compartimento assim como para o controlador ambiente.

Todos os sensores deverão ser programados para executar os envios de informação acerca da temperatura a cada 5 minutos.

- Atuadores dos Ventiladores

Com o objetivo de colocar a temperatura no interior de ambos os compartimentos a 20°C, o sensor de temperatura colocado na estufa tem como função avisar os atuadores dos ventiladores sempre que a temperatura na estufa é superior à verificada nos compartimentos e assim acionar os ventiladores. Quando os sensores dentro dos compartimentos registarem a temperatura desejada, o sistema de ventilação é desligado.

- Atuadores dos Estores

São programados para responder ao telegrama de dados enviado pelo “1.0.1”. Sempre que este recebe um telegrama de dados com a informação que está em determinado dia dentro do período de verão é acionado um comando que faz descer o estore que se encontra sobre a cobertura da estufa. Na estação de aquecimento acontece exatamente o contrário, é enviada a informação que se encontra neste período e este envia uma ação de comando que permite abrir os estores.

Na Figura 5.2 encontra-se esquematizada a forma de programação e automação do sistema passivo de aquecimento baseado numa Estufa/Solário.

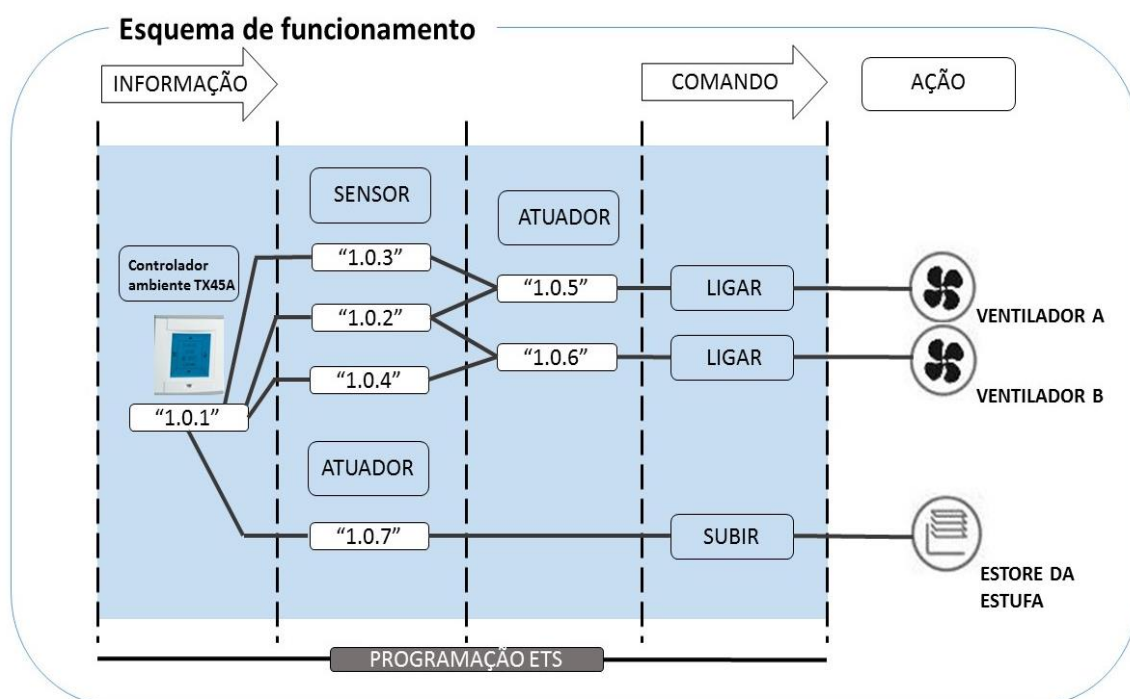


Figura 5.2 Esquema de funcionamento do sistema de automação aplicado a uma estufa durante a estação de aquecimento.

De uma forma simples, a Figura 5.3 representa, em corte, a estufa e o compartimento A. É possível verificar onde podem ser colocados os vários componentes e como se encontram ligados à linha TP. De realçar que a linha TP é instalada em paralelo com a linha de 230V. Na figura os diferentes componentes encontram-se identificados com o seu endereço e apenas se encontra representada a linha TP.

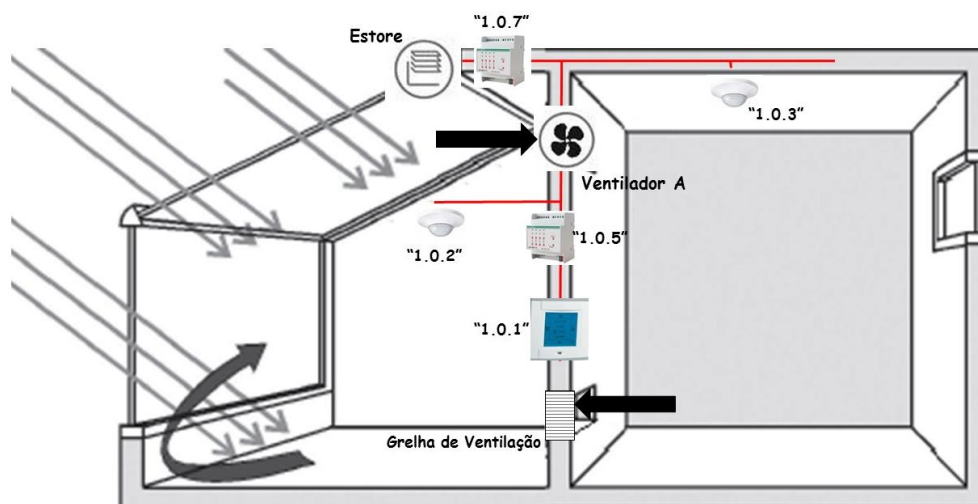


Figura 5.3 Representação em corte do sistema de automação que propomos a aplicar na estufa e compartimento A.

Este exemplo de aplicação apesar de descrito para uma estufa, facilmente seria incorporado num outro sistema como é o caso da Parede de Trombe, representada na Figura 3.2. A principal diferença está no sensor “1.0.2” que em vez de ser colocado no interior da estufa é instalado na caixa-de-ar da Parede de Trombe.

Apesar de muitas vezes apresentar na constituição do seu sistema uma pala de sombreamento, a Parede de Trombe facilmente pode incorporar um sistema de estore elétrico assim como o exemplo acima descrito. Desta forma, o sistema de automação e programação descrito para a estufa pode ser aplicado a uma Parede de Trombe.

5.3 Sistema de Ventilação Noturna

Na estação de arrefecimento, durante o dia existem ganhos térmicos indesejáveis². Contudo, no nosso clima, nesta mesma estação, mesmo em dias de muito calor ocorre um razoável arrefecimento noturno. Será assim possível promover (durante a noite) o arrefecimento interior da construção.

5.3.1 Princípios de funcionamento

O princípio de funcionamento deste sistema consiste em fazer circular pelo edifício o ar fresco da noite assim como o ar das primeiras horas do dia.

² Evidentemente que esses ganhos dependem do isolamento térmico da envolvente e da inércia térmica da construção.

Por norma, a forma mais natural e usual de criar movimento de ar dentro das habitações passa pela abertura das janelas que assim permitem a entrada de ar fresco, mas por razões de segurança durante a noite as janelas muitas vezes encontram-se fechadas. Outro aspeto a salientar é que para otimizar este tipo de ventilação o edifício deverá apresentar a superfície de maior fachada voltada para a zona que recebe o vento na estação mais quente e muitas vezes isso não se verifica.

Assim a forma de conseguir tirar o maior proveito da temperatura verificada no exterior durante a estação de arrefecimento pode passar pela introdução de ventilação forçada, através de mecanismos de ventilação e automatização dos mesmos.

Para o caso de estudo, recorreu-se a dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera, para perceber quais os valores médios de temperaturas máximas e mínimas registadas em Portugal durante o verão nos últimos anos. Da análise do “Boletim Climatológico Sazonal – verão de 2014” (IPMA, 2014) pode-se usar como valor de referência para o exemplo de aplicação os valores médios de temperatura máxima e mínima para o verão no período de 1971 a 2014, correspondendo estes a aproximadamente 27,5°C de máxima e 15°C de mínima.

5.3.2 Exemplo de aplicação

No subcapítulo **Tecnologias de Arrefecimento Passivo** foram abordados cinco tipos de ventilação, sendo os de mais fácil aplicação os sistemas de ventilação cruzada e os sistemas de extração de ar por efeito chaminé, representados respetivamente na Figura 3.10 e Figura 3.11.

No entanto, estes tipos de sistemas encontram-se muitas vezes condicionados à conjugação favorável das variáveis meteorológicas. Podem por exemplo registar-se as temperaturas necessárias para um arrefecimento noturno e o sistema não conseguir realizar uma circulação natural do ar, pela existência de vento com certa intensidade. Outro facto é que a circulação de ar será tanto mais difícil quanto maior for o número de compartimentos e o espaço a percorrer.

Como exemplo de aplicação vamos supor um cenário de uma habitação na qual será instalado um sistema de extractores de ar em cada uma das divisões e grelhas de ventilação na parte inferior das paredes em contacto com exterior. Com isto o sistema de extração fará com que ocorra uma circulação de ar interior para o exterior e consequentemente do exterior para o interior.

Assim como o exemplo anterior, este usará o Twisted Pair como meio de comunicação e instalado em paralelo com o sistema elétrico. Os sensores e atuadores vão estar ligados à linha de comunicação, os restantes mecanismos ligados à linha elétrica de 230V e os atuadores vão estar simultaneamente ligados à linha de comunicação e aos mecanismos elétricos.

Para este caso poder-se-ão usar grelhas reguláveis manualmente. Não será portanto necessária a instalação de nenhum tipo de automatismo, cabendo ao utilizador regular a sua abertura. No entanto, em outro cenário, as grelhas poderiam ser automatizadas para serem abertas apenas quando o sistema de extração entrasse em funcionamento.

5.3.3 Componentes do sistema de automação

Para aplicação de automatismo neste sistema baseado na ventilação noturna seria necessário:

- Um sensor de temperatura no exterior da habitação;
- Um sensor de temperatura no interior de cada um dos compartimentos com extractores e grelhas de ventilação;
- Um dispositivo KNX necessário para a programação temporal, relógio;
- Um atuador por cada extrator;
- Uma fonte de alimentação UPS 30V;
- Um dispositivo KNX/USB;
- Um computador com o *Software Engineering Tool*.

5.3.4 Funcionamento do sistema de automação

O processo é o mesmo que no exemplo anterior. Depois de montada a rede e aplicados os diferentes dispositivos o passo importante na aplicação do sistema de automação reside na programação de cada componente. O Quadro 5.2 apresenta de forma ilustrativa os endereços que cada componente da rede poderá ter e que será usado como nomenclatura para a explicação do possível modo de funcionamento do sistema.

Quadro 5.2 Lista de Dispositivos/componentes necessários para automação de um sistema de ventilação baseado na ventilação noturna e seus endereços.

Dispositivo/Componente	Endereço Individual	Endereço Grupo
Programador temporal, relógio	1.0.1	
Sensor de temperatura – Exterior da habitação	1.0.2	1.0.29
Sensor de temperatura – Compartimento A	1.0.3	
Sensor de temperatura – Compartimento B	1.0.4	
Sensor de temperatura – Compartimento...	...	1.0.29
Sensor de temperatura – Compartimento H	1.0.7	

Dispositivo/Componente	Endereço Individual	Endereço Grupo
Atuador – Extrator A	1.0.14	1.0.28
Atuador – Extrator B	1.0.15	
Atuador – Extrator...	...	
Atuador – Extrator H	1.0.18	

De um modo geral cada componente poderá ser programado da seguinte forma:

- Programador temporal, relógio

O componente poderá ser programado para durante a estação de arrefecimento informar os diversos sensores de temperatura para estes funcionarem das 20 às 8 horas, através de um diagrama de dados para o endereço “1.0.29”.

- Sensor de temperatura – Exterior da habitação

Será programado para responder ao diagrama de dados enviado pelo endereço “1.0.1” e assim como todos os outros sensores funcionará em ciclos de 5 minutos. Ou seja, quando o programador temporal informar de se encontra na estação de arrefecimento e entre as 20 e as 8 horas este será programado para a cada 5 minutos enviar a informação da temperatura exterior para todos os atuadores, endereço “1.0.28”.

- Sensor de temperatura de compartimento

Programados para funcionar durante a mesma altura que o sensor de temperatura do exterior, no entanto, cada um destes sensores apenas tem de enviar a informação da temperatura ao atuador do seu compartimento.

- Atuadores dos extratores

Podem ser programados para funcionar até que a temperatura do compartimento em que estão instalados esteja nos 20°C. São ativados sempre que se registre uma temperatura interior superior e uma temperatura exterior inferior à pretendida, ou seja 20°C.

Como feito para o exemplo de automação da Estufa/Solário, na Figura 5.4 encontra-se esquematizada a forma de programação e automação do sistema passivo de arrefecimento baseado na ventilação noturna.

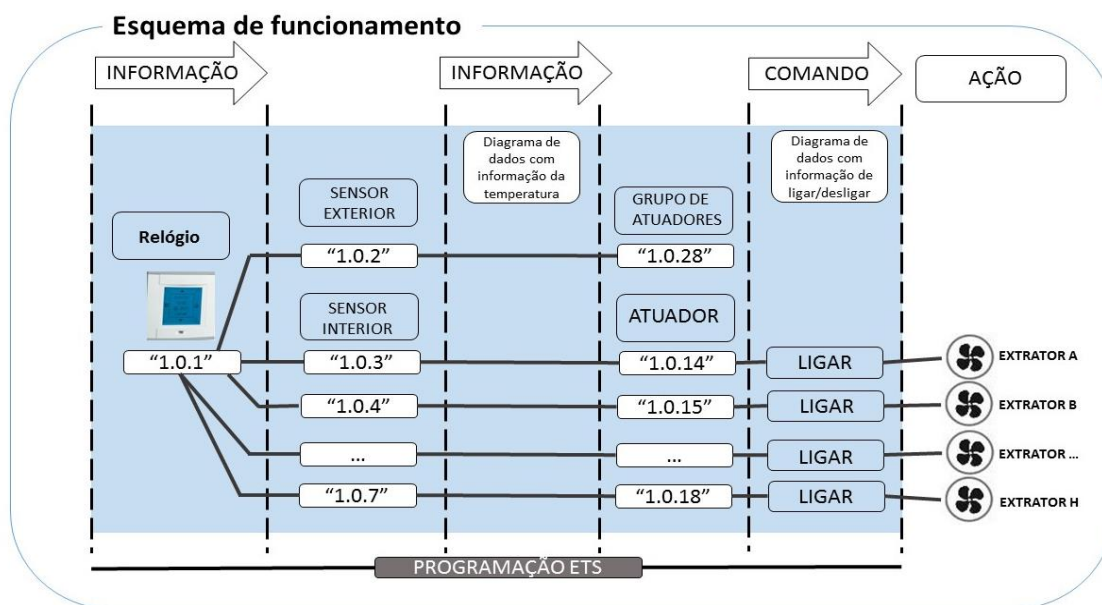


Figura 5.4 Esquema de funcionamento do sistema de automação aplicado na ventilação noturna de uma habitação.

A Figura 5.5 representa como poderia ser aplicado o sistema de automação, por exemplo, ao Compartimento A. Além da grelha de ventilação instalada na parte inferior da parede em contacto com o exterior, o compartimento apresenta na sua constituição um teto falso que assim permite a instalação da conduta que liga o extrator ao exterior e assim permite a libertação do ar aquecido.

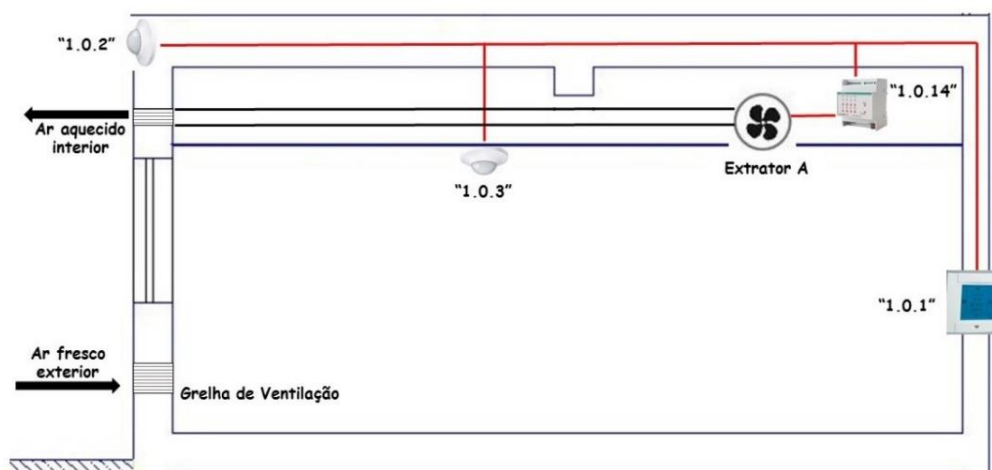


Figura 5.5 Representação em corte do sistema de ventilação que propomos a aplicar no compartimento A.

Um facto a realçar na figura é a posição tanto da grelha como do extrator. De forma a promover uma ventilação transversal do ambiente interior, o extrator é instalado no lado oposto à grelha de ventilação.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Na presente dissertação estudou-se de que forma pode ser introduzida automação em tecnologias solares passivas e ao longo do trabalho foi possível tirar diversas conclusões acerca da arquitetura bioclimática e da domótica.

Foi possível concluir que existem soluções para a poupança energética dos edifícios. Um caminho passa por tirar partido de estratégias arquitetónicas baseadas na arquitetura bioclimática, onde questões como o estudo do local de implementação, orientação do edifício, forma e relação com os espaços exteriores são tidas em consideração. Por outro lado temos a domótica, em que a sua implementação por si só já acarreta benefícios no melhoramento da redução dos consumos energéticos da habitação. No entanto, o utilizador deve ter em atenção as necessidades que pretende ver realizadas pelo sistema e assim fazer a sua escolha pelo melhor sistema a implementar. Deve ter em atenção que as necessidades de hoje podem não ser as de amanhã. A sua escolha deve ser baseada em sistemas flexíveis e com a capacidade de evolução e ampliação, como é o caso dos sistemas apresentados.

É possível concluir que países com características climáticas como as de Portugal, podem ver a sua dependência externa das fontes de energia ser diminuída se a filosofia de conceção de edifícios solares passivos assim como implementação de automação nas habitações for adotada por arquitetos, construtores e proprietários.

Para a implementação de automação nos sistemas arquitetónicos, foi feito um estudo aos protocolos de domótica, salientando-se o X-10 e o KNX. No entanto apesar de todos os anos de experiência que o protocolo X-10 apresenta, o protocolo KNX caminha a passos largos na sua utilização universal fazendo com que hoje em dia seja o único *standard* mundial com protocolo aberto para a automação predial e residencial.

Devido às vantagens apresentadas pelo protocolo KNX, foi feita uma análise aos sistemas Gamma Instabus e Tébis verificando-se que estes podem ser utilizados para a introdução de automatismos nos sistemas de sombreamento e ventilação subjacentes aos sistemas solares passivos e assim permitir tirar um maior proveito destes sistemas, tanto no aquecimento como no arrefecimento das habitações.

Devido a restrições temporais o trabalho foi realizado apenas no âmbito dos princípios teóricos no domínio. Como trabalhos futuros prevemos a atuação nas seguintes vertentes:

- Modelos de funcionamento à escala

A utilização de modelos à escala para verificar os efeitos comparativos (com, ou sem, automação) dos casos aqui apresentados e assim perceber a relação de poupança energética que as soluções apresentariam.

- Análise de modelos matemáticos no domínio

Esta análise seria de grande importância visto que a apresentação de simulações e valores concretos são sempre uma mais-valia na argumentação para a aplicação deste tipo de tecnologias.

- Análise de implementações concretas

Analisar casos semelhantes em “casas modelo” ou então recorrer a estas para instalar as soluções aqui apresentadas de modo a verificar o seu real funcionamento.

- Estudo teórico de outras possíveis soluções

Na base de um trabalho teórico também seria interessante ver por parte de outros autores, outras possibilidades de automação para os sistemas aqui apresentados assim como a aplicação de automação em outros sistemas tanto de aquecimento como de arrefecimento.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alievi, C. (2008). “Automação residencial com utilização de controlador lógico programável”. Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências da Computação, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo.
- Alves, J., Mota, J. (2003). “Casas Inteligentes”. Edições Centro Atlântico.
- Centro Meteo@ (2015). <http://www.centrometeo.pt/>. “Centro Meteo Portugal”, (Acedido em junho de 2015).
- Comissão Europeia@ (2015). http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm. “The EU climate and energy package”, (Acedido em abril de 2015).
- Electrónica@ (2015). <http://www.electronica-pt.com/content/view/70/>. “X10 - Casa Inteligente - Home Automation”, (Acedido em junho de 2015).
- EnerBuilding (2008). “Eficiência energética nos edifícios residenciais”. Manual do Consumidor. Textos, Pieraldo Isolani, Lisboa.
- EURODOMÓTICA@ (2015). <http://eurodomotica-knx.com.br/br/knx/>. “EURODOMÓTICA – Tecnologias em Automação KNX”, (Acedido em junho de 2015).
- Faria, J. (2010). “Domótica e a Requalificação de Edifícios”. Neutro à Terra, Revista Técnico-Científica Nº6, pp. 51-59.
- Fragoso, R. (2013). “O novo enquadramento legal do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE)”. ADENE – Agências Regionais e Municipais de Energia, 16 de dezembro de 2013, Miraflores.
- Fsys@ (2015). <http://www.fsys.pt/fsysdomotica.html>. “Fsys domótica”, (Acedido em junho de 2015).
- Gebäude Forum (2015). “The European Markets of Building Automation and Controls”. Gebäude Forum - ISH Frankfurt 10th March 2015.
-

-
- Gomes, R. (2010). “Estudo e Concepção de Sistemas de Ventilação Natural em Edifícios de Habitação”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade da Madeira, Funchal.
- Gonçalves, H., Cabrito, P. (2004). “Edifício Solar XXI, Um Edifício Energeticamente Eficiente em Portugal”, XII Congreso Ibérico y VII Congreso Ibero Americano de Energía Solar, Vig, España, 14-18 Septiembre 2004, pp. 67-72.
- Gonçalves, H., Graça, J. M. (2004). “Conceitos Bioclimáticos para edifícios em Portugal”. Departamento de energias renováveis – INETI. Lisboa, Portugal.
- Hager@ (2015). <http://www.hager.pt/produtos-e-catalogue/aparelhagem-mural-+-automatismos/sistema-domotico-tebis/sistema-domotico-tebis/2623.htm>. “Hager – Sistema Domótico Tebis”, (Acedido em junho de 2015).
- IPMA (2014). “Boletim Climatológico Sazonal – verão de 2014”, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Divisão Clima e Alterações Climáticas, Lisboa.
- KNX@ (2015). <http://www.knx.org/knx-en/knx/association/introduction/index.php>. “KNX - The worldwide STANDARD for home and building control”, (Acedido em junho de 2015).
- Lanham, A., Gama, P., Braz, R. (2004). “Arquitetura Bioclimática, Perspectivas de inovação e futuro” – Seminários de Inovação, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Lloyds@ (2015). <https://www.lloyds.com/lloyds/about-us/the-lloyds-building/images-of-the-lloyds-building>. “Images of the Lloyd's Building”,(Acedido em abril de 2015).
- Magalhães, A. (2004). “Integração das Tecnologias Solares Passivas no Projecto de Arquitectura Corrente”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Mendes da Silva, J., Ramos, A. (2003). “The applicability of passive solar solutions to Portuguese traditional buildings”, XXXI IAH, World Congress on Housing, Housing Process & Product, June 23-27, Montreal, Canada.
- Mendonça, P. (2005). “Habitar sob uma segunda pele: estratégia para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados”. Tese de Doutoramento, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães.
-

- Moita, F. (2010). “Energia Solar Passiva”. Argumentum, 2ª edição, Lisboa, 2010.
- Neto, C., Lopes, A. (2004). “Sistemas de Controlo de Edifícios Inteligentes – Domótica” Trabalho Prático realizado no âmbito da cadeira Processos Tecnológicos de Engenharia Informática, Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco.
- Nunes, R. (2002). “Análise Comparativa de Tecnologias para Domótica”. III Jornadas de Engenharia de Automação, Controlo e Instrumentação, EST Setúbal.
- Nunes, R. (2004). “Modelo de Especificação e Programação de um Sistema Domótico”. Conferência Ibero-Americana WWW/Internet 2004, Madrid, Spain.
- Palma, D., Pinto, D. (2007). “DOMOITECH – Domótica com Protocolo EIB”, Projeto realizado sob a supervisão de Prof. Dr. Mário de Sousa, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Pereira, F. (2015). “Gestão de Projeto e Contratação de Empreitadas de Obras”. Imprensa da Universidade de Coimbra, 2ª edição, 2015.
- PT@ (2015). <http://www.casadigital.telecom.pt/Tecnologia/domotica/Pages/domotica.aspx>. PT Casa Digital, Tecnologia, Protocolos de Domótica, (Acedido em junho de 2015).
- Raposo, A. (2014). “Análise de Rentabilidade Económica de Sistemas Solares Térmicos e Biomassa em Edifícios Residenciais Existentes”. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Território e Gestão do Ambiente, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- RCCTE (1990). Decreto-Lei nº 40/1990 de 6 de fevereiro - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Diário da Republica, 1990.
- RCCTE (2006). Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de abril - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Diário da Republica, 2006.
- RSECE (1998). Decreto-Lei nº 118/1998 de 7 de maio - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, Diário da Republica, 1998.
-

-
- Schneider Electric@ (2011). http://www.schneiderelectric.pt/documents/product-services/documentacao/knx_%202011.pdf. “Catálogo KNX 2011”, (Acedido em junho de 2015).
- Schneider Electric@ (2015). <http://www.schneiderelectric.pt/sites/portugal/pt/produtos-servicos/product-launch/knx/how-does-knx-works.page>. “KNX Sistema de Controlo Inteligente de Edifícios”, (Acedido em junho de 2015).
- Scribd@ (2010). <https://pt.scribd.com/doc/39244263/Sebenta-Domotica-Free>. “Casas Inteligentes – Domótica”, Modulo de Domótica, Eng. Paulo Oliveira, (Acedido em abril de 2015).
- Siemens@ (2015). <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/buildingautomation-hvac/gamma-building-control/Pages/building-control-knx.aspx>. Siemens AG, Building automation – Gamma building control, (Acedido em junho de 2015).
- Sistema Dryvit@ (2007). <http://www.dryvit.pt/confortotermico.htm>. “Conforto Térmico” (Acedido em abril de 2015).
- Soares, M. (2013). “Estudo de Sistemas Solares Passivos. Simulação Numérica do seu Comportamento Térmico”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construções Cívicas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Sousa, J., Silva, S., Almeida, M. (2012). “Enquadramento Energético do Sector Residencial Português”. Seminário Reabilitação Energética de Edifícios, Universidade do Minho.
- Sustelo, J. (2008). “Domótica e Edifícios Inteligentes”. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Tavares, M. (2012). “Sistemas Solares Passivos na Arquitectura em Portugal – Os Envidraçados nos Edifícios Residenciais em Lisboa”. Teses de Doutoramento em Arquitectura, Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- The Worlds of David Darling @ (2015). http://www.daviddarling.info/encyclopedia/P/AE_passive_solar_design.html#. “Encyclopedia of Alternative Energy - passive solar design”, (Acedido em abril 2015).
-