



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

(Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente)

Sistemas Energéticos para o Sector Edifícios em Portugal: Sustentabilidade e Potencial de Inovação



Autor – João Garrido

Monte da Caparica, Outubro de 2008

Ficha Técnica

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Tema – Sistemas Energéticos para o Sector Edifícios em Portugal: Sustentabilidade e Potencial de Inovação

Universidade – Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Aluno – João Marques Salgueiro de Oliveira Garrido (n.º 26190)

Orientador – Professor Doutor António Câmara

Data – 24/10/2008

Agradecimentos

Um especial agradecimento aos meus Pais, ao meu Irmão e à Helena. Sem o seu apoio a realização deste trabalho não teria sido possível.

Ao Tiago Capela Lourenço pelas sugestões apresentadas, que me ajudaram na organização, na melhoria dos conteúdos e estrutura.

À Arquitecta Lúcia Tirone e ao Professor Peças Lopes por terem disponibilizado conteúdos, que se revelaram fundamentais ao desenvolvimento do trabalho.

Ao Professor António Câmara pelo facto de ter aceite o desafio de ser meu orientador.

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

**Sistemas Energéticos para o Sector Edifícios em Portugal:
Sustentabilidade e Potencial de Inovação**

Por

João Marques Salgueiro de Oliveira Garrido

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

Orientador: Professor Doutor António Câmara

Lisboa

2008

Sumário

A presente dissertação de mestrado aborda o tema dos sistemas energéticos, para o sector edifícios em Portugal, numa perspectiva de sustentabilidade e potencial de inovação.

A questão dos sistemas energéticos é enquadrada a 2 níveis: um que explora a vertente da geração, redes de distribuição e gestão de energia; outro que está mais focado na concepção dos edifícios, tendo como base a arquitectura bioclimática, construção sustentável e a “casa energeticamente inteligente”.

Os conceitos, apresentados e desenvolvidos ao longo do presente trabalho, são acompanhados por casos de estudo que exemplificam a aplicabilidade das técnicas e tecnologias preconizadas.

Relativamente aos casos de estudo, realça-se o projecto da Torre Verde. Este é uma referência ao nível da arquitectura bioclimática, no qual o autor desenvolveu a componente prática, nomeadamente ao nível do processo de certificação energética do edifício e sistemas de energia renovável.

Palavras-Chave:

- Arquitectura Bioclimática
- Construção Sustentável
- Domótica
- Energias Renováveis
- Microgeração
- Redes Inteligentes
- Sistemas de Gestão Energética

Abstract

The present master's thesis explores the thematic of energetic systems applied to the buildings in Portugal, under the concepts of sustainability and innovation.

The energetic systems are developed in two different approaches: one focused in the power generation, energy networks and energy management; the other one looks to the building's designing based in bioclimatic architecture, sustainable construction and "intelligent house".

All the developed concepts in this work are exemplified by case studies in order to demonstrate the liability of the presented technologies.

The most important case study is the Torre Verde (Green Tower). This build is a reference in Portuguese's bioclimatic architecture. The author developed his practical works in this project, namely the process of building certification and renewable energy systems management.

Key-words:

- Bioclimatic Architecture
- Sustainable Construction
- Domotics
- Renewable Energies
- Microgeneration
- Smart Grids
- Energy Management Systems

Índice

	Pág.
1. Resumo	1
2. Introdução	2
2.1. Perspectivas de evolução do mercado global de energia	2
2.2. Promoção da eficiência energética	3
2.3. Certificação Energética de Edifícios	4
2.4. Enquadramento da Situação Energética em Portugal	5
3. Geração, redes de distribuição e gestão de energia: sustentabilidade do sistema energético actual e potencial de melhoramento	8
3.1. Introdução	8
3.2. Produção Centralizada vs Descentralizada	8
3.3. Microgeração e Microredes	10
3.3.1. Definição de Microredes	10
3.3.2. Vantagens Técnicas e Económicas da Microgeração	12
3.4. Potencial das Energias Renováveis no Contexto da Microgeração	15
3.4.1. Produção e Consumo de Energia	15
3.4.2. Produção Descentralizada de Electricidade e Calor	17
3.5. Casos de Estudo – Redes Inteligentes e Microgeração	28
3.5.1. Projecto INOVGRID	28
3.5.2. Projecto SmartGrids European Technology Platform	29
3.5.2. Projecto SmartGridCity™ Boulder Colorado	32
4. Arquitectura Bioclimática: princípios de construção e gestão sustentável	37
4.1. Introdução	37
4.2. Princípios de Arquitectura Bioclimática	37
4.2.1. A Energia Solar e os Edifícios	38
4.2.2. Estratégias Bioclimáticas	39
4.2.3. Fundamentos de Construção Sustentável	39
4.3. Princípios de Domótica	40
4.4. Sistemas de Gestão Energética	41
4.5. Exemplos de princípios de Construção e Gestão Sustentável	43
4.5.1. Concepção de Edifícios Sustentáveis	43
4.5.1.1. Forma e Orientação	43
4.5.1.2. Isolamento Térmico	44
4.5.1.3. Inércia Térmica	47
4.5.1.4. Áreas Envidraçadas	51
4.5.1.5. Ventilação e Arrefecimento	56
4.5.1.6. Atenuação Climática	58
4.5.1.7. Equipamentos Eléctricos	59
4.5.1.8. Gestão da Água	62
4.5.2. Sistema de Gestão Energética – Software SCADA	66
5. Caso de Estudo: Torre Verde	67
5.1. Introdução	67
5.2. Descrição do Projecto	67
5.2.1. Concepção do Edifício	69
5.3. Descrição do Sistema Central de Energia Térmica	74
5.4. Resultados da Monitorização dos Consumos Energéticos	77
5.5. Certificação Energética do Edifício	79

5.5.1. Certificação Energética – Projecto LiderA	79
5.5.2. Certificação Energética – SCE	80
6. Conclusões	81
Bibliografia	83
Anexos	
Anexo I - Certificado LiderA	
Anexo II - Certificado RCCTE TV12	
Anexo III - Certificado RCCTE TV8A	

1. Resumo

A presente dissertação de mestrado aborda o tema dos sistemas energéticos, para o sector edifícios em Portugal, numa perspectiva de sustentabilidade e potencial de inovação.

A questão dos sistemas energéticos é enquadrada a 2 níveis: um que explora a vertente da geração, redes de distribuição e gestão de energia; outro que está mais focado na concepção dos edifícios, tendo como base a arquitectura bioclimática, construção sustentável e a “casa energeticamente inteligente”.

Os conceitos, apresentados e desenvolvidos ao longo do presente trabalho, são acompanhados por casos de estudo que exemplificam a aplicabilidade das técnicas e tecnologias preconizadas.

Relativamente aos casos de estudo, realça-se o projecto da Torre Verde. Este é uma referência ao nível da arquitectura bioclimática, no qual o autor desenvolveu a componente prática, nomeadamente ao nível do processo de certificação energética do edifício e sistemas de energia renovável.

Palavras-Chave:

- Arquitectura Bioclimática
- Construção Sustentável
- Domótica
- Energias Renováveis
- Microgeração
- Redes Inteligentes
- Sistemas de Gestão Energética

2. Introdução

2.1. Perspectivas de evolução do mercado global de energia

Globalmente, o sector da energia emite 26 biliões de CO₂ (dióxido de carbono) em cada ano sendo a produção de electricidade responsável por 41% dessas emissões. A Agência Internacional de Energia prevê que as emissões de CO₂ aumentem 55% até 2030, alcançando um valor superior a 40 biliões de toneladas de CO₂. As emissões provenientes da produção de electricidade irão aumentar para 44% em 2030, atingindo as 18 biliões de toneladas de CO₂ (*in World Energy Outlook 2006*).

A Europa irá importar cada vez mais energia a um preço imprevisível, mas cada vez mais elevado. A competição pela energia, originária de regiões instáveis, traduz-se também em custos ambientais crescentes.

A capacidade de produção eléctrica excedente encontra-se num valor historicamente baixo. A Europa tem que efectuar diversos investimentos ao nível da substituição das centrais mais antigas e no aumento da capacidade de produção, para ir ao encontro da crescente procura. No período 2005-2030, a EU precisa de instalar 862 GW de nova capacidade de produção eléctrica. 427 GW de potência irão ser desactivados e terão que se acrescentar 435 GW à capacidade de produção instalada. Na Europa, a capacidade de potência que é necessária excede a capacidade operacional total (723 GW) (*in World Energy Outlook 2006*).

A satisfação das necessidades energéticas da União Europeia (EU), durante as próximas décadas, será um grande desafio: numa região que actualmente importa 56% da sua energia, estando em vias de alcançar os 70% nos próximos 20 a 30 anos (Eurostat 2006). Os recursos energéticos fósseis encontram-se em grande depreciação, estando o seu custo a aumentar substancialmente. O ambiente encontra-se sob pressão devido à actual estrutura de abastecimento de energia. Em 2030, a EU irá importar 84% de gás, 59% de carvão e 94% do petróleo (Eurostat 2006).

Todos os dias, as empresas e consumidores europeus pagam um preço extremamente elevado pelo facto do controlo de abastecimento de energia ser exterior. A factura anual de importação de gás para a Europa aumentou mais de 50 biliões de euros, comparativamente ao período em que o preço do barril de petróleo se encontrava a 20 dólares.

Para fazer face a este problema, a UE concebeu um ambicioso plano para aumentar a produção de energia a partir de fontes renováveis. É apresentado um objectivo para o ano de 2020, que estabelece que 20% do consumo de energia seja proveniente de energias renováveis.

A Europa tem que aproveitar a oportunidade criada por um novo paradigma de capacidade de produção de energia eléctrica. Esta transformação ocorrerá nas próximas duas décadas e será baseada nas energias renováveis, sendo estes recursos endógenos, limpos e inesgotáveis. A produção de energia, térmica e eléctrica, a partir de fontes renováveis combinada com medidas de eficiência energética, é o único caminho possível para a resolução da crise energética e de atenuação da problemática das alterações climáticas.

2.2. Promoção da eficiência energética

Quando se examinam as questões energéticas deverão ser analisadas as duas faces do problema, a produção e o consumo. Apesar das energias renováveis serem o caminho a ser seguido, por si só não resolvem o problema principal, que é o aumento da procura de energia. As energias renováveis são a solução para uma produção de energia mais limpa e segura e deverão ser o principal vector do lado da oferta.

Há que actuar ao nível da redução das necessidades, e tal só é possível com o aumento da eficiência do uso da energia. Deverá reduzir-se o desperdício de forma a que a pressão sobre a procura seja minorada. A poupança energética é, de longe, a forma mais eficaz de, simultaneamente, aumentar a segurança do abastecimento de energia e de reduzir as emissões de dióxido de carbono (CO₂). A poupança energética também ajuda a promover a competitividade económica e a estimular o desenvolvimento de novos mercados de tecnologias e produtos energeticamente eficientes.

Estima-se que a Europa continue a desperdiçar, pelo menos, 1/5 da sua energia, devido à elevada ineficiência, correspondendo a mais de 30-45 milhões de toneladas de CO₂ em cada ano, que poderiam ser evitados até 2010. Perante este facto, os líderes dos Estados e Governos da UE reconheceram a necessidade de aumentar a eficiência energética. A UE intensificou os seus esforços, tendo a Comissão Europeia apresentado, em Outubro de 2006, um plano de actuação de grande acção para a eficiência energética. O plano estabelece um conjunto de directrizes políticas e medidas concebidas para que sejam alcançados os objectivos de potencial poupança de mais de 20% do consumo de energia primária anual em 2020, comparado com o cenário de referência (Comissão Europeia Energia).

Ao longo dos últimos anos a UE concebeu diversa legislação, que em conjunto têm como objectivo a promoção do aumento da eficiência energética. Poderão destacar-se alguns diplomas de maior relevo (Comissão Europeia Energia):

- Directiva do desempenho energético dos edifícios;
- Directiva da promoção da cogeração;
- Directiva da taxação dos produtos energéticos e electricidade;
- Directiva dos requisitos de eficiência de caldeiras, frigoríficos e balastros para iluminação fluorescente;
- Directiva da etiquetagem dos fornos eléctricos, ar condicionados, frigoríficos e outras aplicações;

- Directiva dos requisitos de *eco-design* aplicado a produtos que consomem energia;
- Directiva da eficiência energética dos utilizadores finais e dos serviços energéticos;
- Regulação da etiquetagem *Energy Star* para equipamento do escritório.

2.3. Certificação Energética de Edifícios

O sector dos edifícios consome cerca de 40% dos recursos energéticos da UE. É neste sector que se encontra o maior potencial para a melhoria da eficiência energética. As habitações representam dois terços do consumo total de energia dos edifícios europeus. Esse consumo aumenta todos os anos à medida que o nível de vida da população vai melhorando, traduzindo-se numa maior utilização dos sistemas de climatização. Interessa analisar alguns factos, para que se tenha uma correcta percepção da dimensão da questão do desperdício de energia nos edifícios:

- 10 Milhões de caldeiras existentes nas habitações europeias têm mais de 20 anos – a sua substituição permitirá economizar 5 % da energia utilizada no aquecimento;
- 30-50 % da energia utilizada na iluminação de escritórios, edifícios comerciais e instalações de lazer poderão ser economizados utilizando os sistemas e tecnologias mais eficientes actualmente disponíveis;
- Metade do aumento previsto do consumo de energia pelos sistemas de ar condicionado – que, segundo as previsões, duplicará até 2020 – poderá ser economizada com a utilização de equipamentos que obedeçam a normas mais rigorosas.

Foi perante este contexto que surgiu a, já referida, directiva do desempenho energético dos edifícios (Directiva 2002/91/EC de 16 de Dezembro), que foi transposta para a legislação Portuguesa em 3 diplomas: SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (DL 78/2006); RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (DL 79/2006) e RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (DL 80/2006).

A nova directiva comunitária relativa ao desempenho energético dos edifícios garantirá que as normas para a construção de edifícios em toda a Europa coloquem a tónica na redução do consumo de energia. Os edifícios passarão assim a consumir menos energia em toda a Europa, sem despesas suplementares de monta, aumentando-se simultaneamente, e perceptivelmente, o conforto dos utilizadores. Nos termos da referida directiva:

- Será aplicada em toda a UE uma metodologia comum para calcular o desempenho energético de cada edifício, tendo em conta as condições climáticas locais;
- Os Estados-Membros determinarão normas mínimas para o desempenho energético, as quais serão aplicadas tanto aos edifícios novos como aos grandes edifícios já existentes que sejam objecto de obras importantes de renovação. Muitas dessas normas basear-se-ão em normas europeias já existentes ou projectadas;
- Um sistema de certificação dos edifícios tornará os níveis de consumo energético muito mais visíveis para os proprietários, arrendatários e utilizadores;
- As caldeiras e os sistemas de ar condicionado acima de uma determinada dimensão serão inspeccionados regularmente para verificar a sua eficiência energética e as emissões de gases com efeito de estufa.

Estudos recentes apontam que a aplicação de normas mais rigorosas aos novos edifícios e aos edifícios que sejam objecto de obras importantes de renovação permitirá economizar mais de 1/5 da energia actualmente consumida até 2010. Essa economia de energia representa um contributo considerável para o cumprimento dos objectivos de Quioto e, aspecto significativo, não exige qualquer mudança do nosso estilo de vida. A realização desse potencial dependerá, evidentemente, da aplicação correcta da directiva.

2.4. Enquadramento da Situação Energética em Portugal

Segundo dados apresentados pela UE (2006), Portugal apresenta um consumo bruto de energia (definido como a produção primária mais importações, menos exportações) de 25,3 Mtep (Mega tonelada equivalente de petróleo). A importação líquida (definida como importação menos exportação) apresenta um valor de 21,6 Mtep. Já ao nível da dependência energética (definida como importação dividida pelo consumo bruto), Portugal continua a ter um valor bastante elevado de 83,1%.

Analisando os dados do consumo total de energia (ver gráfico 2.1.), apresentados pela Agência Internacional de Energia (EIA), Portugal tem uma dependência dos combustíveis fósseis na ordem dos 87% (petróleo, carvão e gás natural).

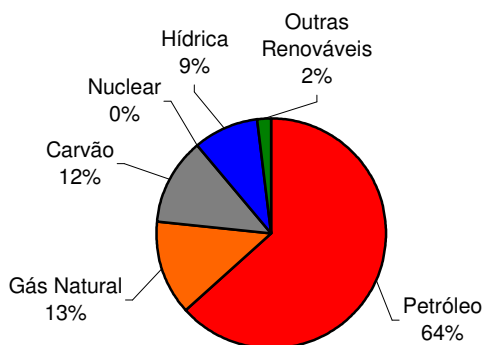


Gráfico 2.1. – Consumo energético final em Portugal por tipo de origem.
Fonte: EIA (2006)

Ao nível da produção eléctrica, as energias renováveis começam a ter algum peso (ver gráfico 2.2.), tendo um valor de 20,5% (2005). O país estabeleceu, como objectivo, alcançar os 31% em 2020, sendo este aumento sustentado principalmente pelos investimentos em energia eólica e hídrica.

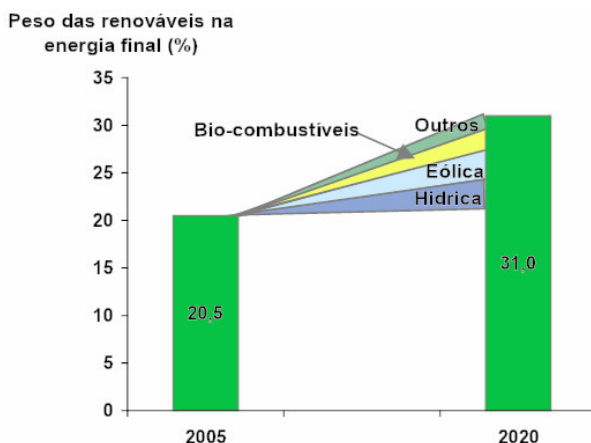


Gráfico 2.2. – Peso das energias renováveis na energia final.
Fonte: Balanços Energéticos (DGEG); CEEETA; Análise ADENE/DGEG

Fazendo uma análise sectorial (ver gráfico 2.3.), verifica-se que o consumo energético nos sectores residencial e de serviços representam cerca de 1/3 do consumo total. O consumo destes 2 sectores está associado ao desempenho energético dos edifícios.

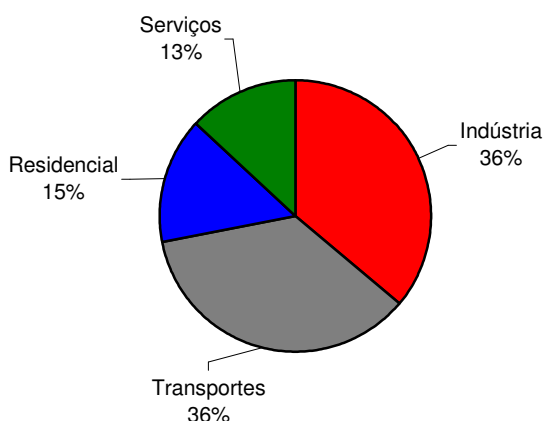


Gráfico 2.3. – Consumo energético sectorial.
Fonte: EurostatEnergy2005

Um dos principais problemas da economia Portuguesa, mais especificamente do sector energético, está relacionado com a elevada ineficiência energética. Uma considerável componente do consumo energético corresponde a desperdício que não é aproveitado. A eficiência energética poderá ser medida através do indicador de desempenho intensidade energética. Este indicador relaciona a energia consumida com o produto interno bruto (tep/€), ou seja quanto maior for este rácio, maior será a ineficiência no uso da energia. Analisando do gráfico 2.3., verifica-se que a intensidade energética em Portugal apresenta valores bastante acima da média Europeia.

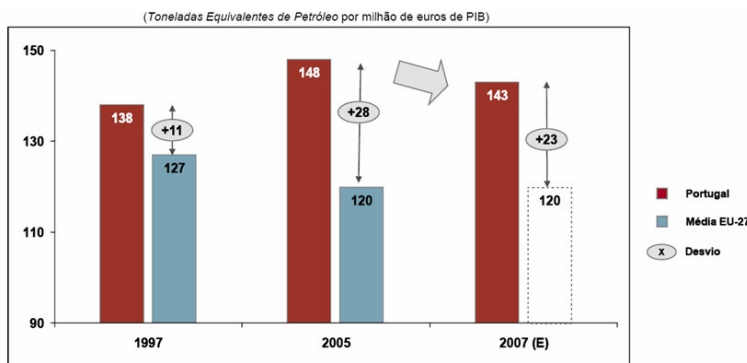


Gráfico 2.3. – Intensidade energética em Portugal.
Fonte: Eurostat; Balanços Energéticos (DGEG); Análise ADENE/DGEG
Nota: PIB a preços constantes de 2000

Analisando o inventário de gases de efeito de estufa, elaborado pela EEA (European Environment Agency) em Novembro de 2007, verifica-se que ao nível das emissões de CO₂, Portugal já excedeu as metas do protocolo de Quioto. Em 2005 emitiu 85,5 Mt CO₂-eq (Mega toneladas de dióxido de carbono equivalente), esperando-se que este valor continue a aumentar, atingindo as 88 Mt CO₂-eq em 2010. Tendo em conta que o valor referência é de 77,4 Mt CO₂-eq, em 2010 estaremos 13,7% acima dos objectivos.

3. Geração, redes de distribuição e gestão de energia: sustentabilidade do sistema energético actual e potencial de melhoramento

3.1. Introdução

No presente capítulo são analisadas as questões da produção eléctrica centralizada e a alternativa da descentralização da mesma. No contexto da produção descentralizada, é apresentada como possível solução o desenvolvimento da microgeração (produção de pequena escala) associada a redes eléctricas inteligentes. Neste novo paradigma explora-se a potencialidade e o destaque que as energias renováveis poderão ter como “motor” de desenvolvimento deste modelo de produção energética.

Posteriormente são apresentados casos de estudo que estão a ser desenvolvidos em 3 regiões, Portugal, Europa e Estados Unidos da América.

3.2. Produção Centralizada vs Descentralizada

O actual modelo de produção e transporte de energia baseia-se numa lógica de centralização (ver figura 3.1.). Em Portugal a produção eléctrica, a partir de centrais térmicas (queimando combustíveis fósseis: fuel, carvão e gás natural), tem bastante peso, representando para o país uma pesada factura económica e ambiental. Interessa também realçar que a energia hídrica representa uma forte componente e que nos últimos tempos se têm apresentado diversos projectos de energias renováveis, principalmente energia eólica.

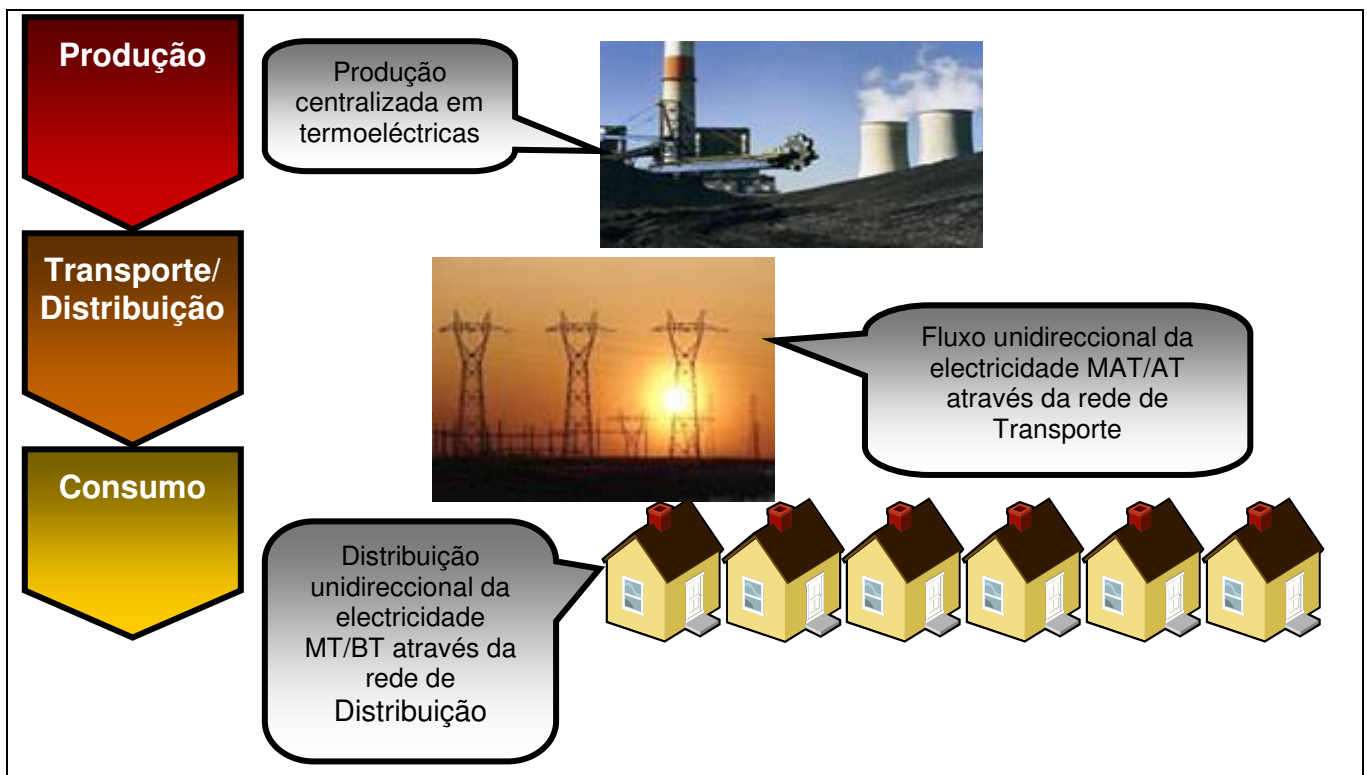


Figura 3.1. – Representação da produção centralizada (cadeia da energia eléctrica).

Para além das questões da produção interessa referir a componente do transporte, sendo de destacar o facto da produção estar afastada dos pontos de consumo e de existirem elevadas perdas na rede.

Poderão considerar-se como principais problemas da rede centralizada os seguintes factores:

- Sistema de distribuição de alta voltagem;
- Potência reactiva;
- Maior vulnerabilidade do sistema;
- Maior desperdício de energia (poluição);
- Dificuldade de adaptação da produção ao consumo.

Face ao que já foi apresentado e é desenvolvido ao longo do presente capítulo, poder-se-á constatar que existe a necessidade de criar um novo paradigma ao nível das redes energéticas. A produção deverá passar da centralização para a descentralização (ver figura 3.2.). Pretende-se aumentar a fiabilidade das redes de distribuição energética aproximando a produção do consumo. Neste contexto, as energias renováveis apresentam um papel preponderante.



Figura 3.2. – Representação da produção descentralizada. ©SmartGrids.eu

As futuras unidades de produção descentralizada têm que estar preparadas com sistemas de controlo:

- Controlo de Voltagem: compensação da energia reactiva;
- Controlo da Frequência: reservas de energia activa (i.e. no caso de perturbações na rede);
- Compensação das flutuações da produção e consumo de energia (Redes Inteligentes).

O desenvolvimento de redes inteligentes (também denominadas: *Smart Grid*, *Smart Power Grid*, *Smart Electric Grid*, *Intelligrid* e *Future Grid*) será fundamental para a transição e sucesso do modelo descentralizado. Apesar de existirem diversas definições, rede inteligente poderá ser definida como uma rede de transmissão e distribuição de electricidade que usa um sentido bidireccional, comunicações de banda larga, sensores e computadores para melhorar a eficiência, fiabilidade e a segurança do abastecimento (ver figura 3.3.).

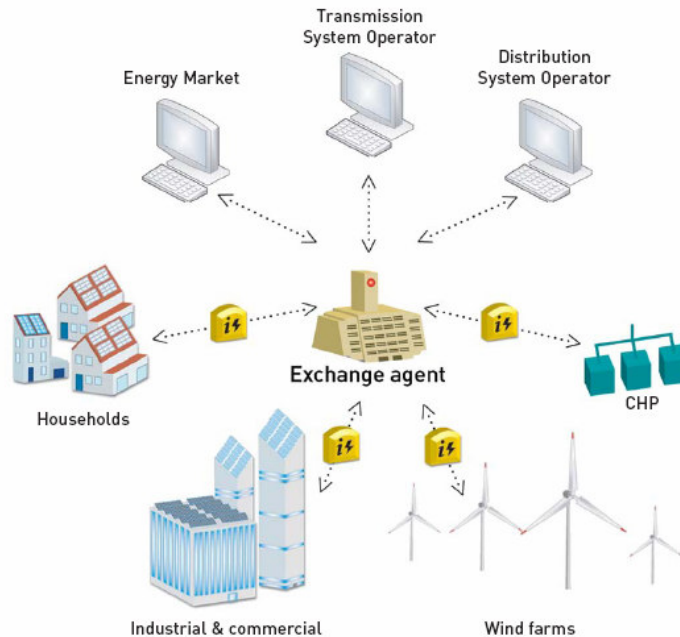


Figura 3.3. – Representação de uma rede inteligente. ©SmartGrids.eu

3.3. Microgeração e Microredes

A microgeração consiste na produção descentralizada de energia em pequenas potências. A produção energética incorpora as componentes de calor e electricidade, com emissões de carbono neutras ou baixas, em pequena escala, numa lógica de satisfação do auto-consumo.

3.3.1. Definição de Microredes

A necessidade de redução das emissões no campo da produção de electricidade, os recentes desenvolvimentos no domínio da microgeração e a reestruturação do negócio da electricidade são os principais factores responsáveis pelo crescente interesse do uso da microgeração.

De facto, a ligação de pequenas unidades geração – microfuentes (MS), com uma potência menor do que algumas dezenas de kilowatts – a redes de baixa tensão (LV), aumenta potencialmente a fiabilidade para os consumidores finais e traz um benefício adicional à operação do sistema global, nomeadamente em relação à redução do investimento futuro no reforço e expansão da rede (Lopes, 2006).

Neste contexto, uma microrede (MG) poderá ser definida como uma rede de baixa tensão (i.e. uma pequena zona urbana, um centro comercial ou um parque industrial) mais as cargas e diversos pequenos módulos de sistemas de geração, ligados à rede, disponibilizando simultaneamente electricidade e calor para os consumos locais (produção combinada de calor e electricidade) (Lopes, 2006).

A Microrede destina-se a operar nas seguintes 2 diferentes condições (Lopes, 2006):

- **Modo de Interligação Normal:** A microrede está ligada a uma rede principal de média tensão, sendo alimentada por esta ou injecta alguma quantidade de energia no sistema principal.

- **Modo de Emergência:** A microrede opera autonomamente, de um modo semelhante às ilhas (sentido físico), quando ocorre alguma falha de abastecimento por parte da rede de média tensão.

Arquitectura de uma Microrede

O conceito de microrede adoptado neste trabalho envolve uma arquitectura operacional, desenvolvida num projecto de I&D Microredes da EU (SmartGrids.eu), o qual é apresentado na figura 3.4. Compreende uma rede de baixa tensão, cargas (algumas delas ininterruptas), microfones controláveis e não controláveis, dispositivos de armazenamento e um esquema tipo de controlo e gestão, suportada por uma infra-estrutura utilizadas para monitorizar e controlar as microfones e as cargas.

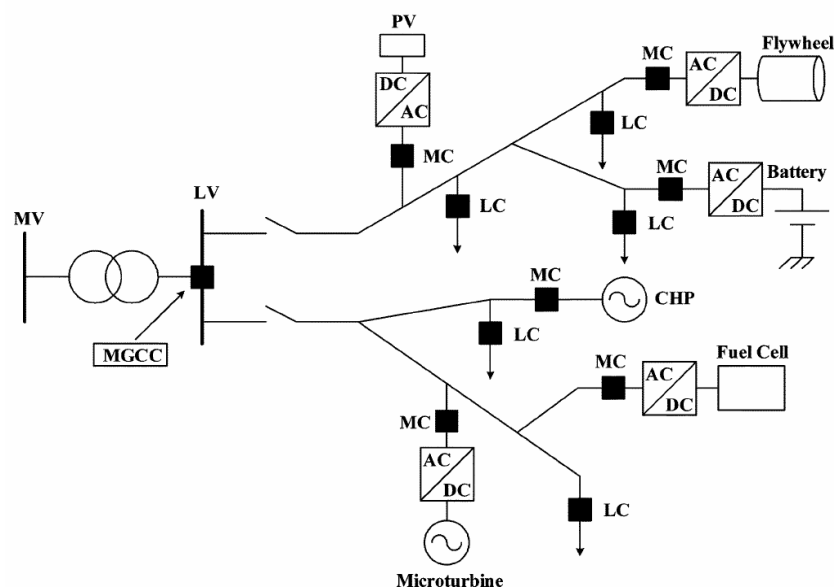


Figura 3.4. – Arquitectura da microrede com a indicação das microfones, cargas e dispositivos de controlo.
©J.Lopes

A Microrede é centralmente controlada e gerida por uma Central de Controlo da Microrede (MGCC) instalada na subestação MV/LV (Média Tensão/Baixa Tensão). A MGCC inclui diversas “funções-chave” (tais como funções de gestão económica e controlo de funcionalidades) e está no topo hierárquico do sistema de controlo (Lopes, 2006).

Num segundo nível hierárquico de controlo, controladores localizados em cargas ou grupos de cargas [Controlador de Carga (LC)] e controladores localizados nas microfones [Controlador de Microfontes (MC)] trocam informação com o MGCC, que gere a operação das microfones fornecendo indicações de controlo para os controladores de carga e das microfones (Lopes, 2006).

O controlador de carga funciona como interface, através da aplicação do conceito de ininterruptibilidade, que inclui esquemas de corte de cargas locais em situações de emergência. O controlador de microfones controla os níveis de produção de energia activa e reactiva em cada microfone (Lopes, 2006).

A quantidade de dados que são trocados entre os controladores de rede é reduzida, desde que inclua as principais mensagens, contendo informações de controlo para LC e MC, pedidos de informação enviados pelo MGCC para o LC e MC acerca da energia activa e reactiva, níveis de voltagem e mensagens para controlar os interruptores das microfones (Lopes, 2006).

Um pequeno sistema de alarmes da rede de microfones (pequena dimensão geográfica) deverá ser adicionada, estabelecendo-se uma infra-estrutura de comunicação utilizando comunicações de baixo custo (Lopes, 2006).

A adopção de protocolos padrão e tecnologias abertas permite dimensionar e desenvolver soluções modulares utilizando licenças livres, de baixo custo, amplamente disponíveis e completamente suportadas por componentes de *hardware* e *software*. Estas soluções fornecem flexibilidade e capacidade de alargamento para futuras implementações de baixo custo (Lopes, 2006).

3.3.2. Vantagens Técnicas e Económicas da Microgeração

Prevê-se um desenvolvimento muito promissor da Microgeração e de MicroRedes na indústria da produção de electricidade, nomeadamente nos seguintes níveis (Lopes, 2003):

- **Ambientais** – É expectável que o impacto ambiental das Microfontes seja menor do que as tradicionais grandes centrais térmicas ou hídricas. Para além disso, a proximidade física dos consumidores relativamente às Microfontes poderá aumentar a consciência destes relativamente ao uso da energia. Outra contribuição ambiental importante será a redução das emissões de gases de efeito de estufa (GEE) e a mitigação das alterações climáticas, devido à criação de condições técnicas para melhorar a ligação de Fontes de Energias Renováveis ao nível da baixa voltagem. Isto poderá ser alcançado através de uma sinergia destas fontes de energia com os dispositivos de armazenamento e o respectivo controlo coordenado eficientemente, ao nível local e da

Microrede. Este conceito já está bem estabelecido para as fontes de Energias Renováveis, sendo também verdade para as microturbinas, devido ao apertado controlo do processo de combustão (foram reportados níveis de NO_x inferiores a 10 ppm).

- **Operação e Investimento** – A redução da distância física e eléctrica entre a produção e o consumo pode contribuir para:

- Melhoria do suporte reactivo de todo o sistema, reforçando assim o perfil reactivo;
- Eliminação do estrangulamento da distribuição e transporte;
- Redução das perdas nas redes de transporte de alta voltagem;
- Reduzir, ou pelo menos adiar, investimentos em novos sistemas de produção e transporte de larga escala.

A contribuição da redução das perdas na rede de distribuição europeia será a maior vantagem da Microgeração. Utilizando Portugal como exemplo, as perdas ao nível do transporte de energia são aproximadamente entre 1,8 e 2%, ao mesmo tempo que as perdas ao nível das redes de distribuição de Alta e Média Tensão são cerca de 4%. Estas perdas totalizam cerca de 6%, excluindo a rede de distribuição de Baixa Tensão. Em Portugal, em 1999, o consumo de electricidade ao nível da Baixa Tensão foi de cerca de 18 TWh. Significa que com uma grande integração da microgeração, por exemplo 20% do consumo de Baixa Tensão, se poderia alcançar uma redução total de pelo menos 216 GWh.

A legislação portuguesa indica que devam ser evitados os custos associados à poluição de CO₂ e que se atinja uma redução de 370g de CO₂/kWh através da implementação da produção a partir de fontes renováveis. Utilizando o mesmo exemplo, poderão ser evitadas anualmente cerca de 80 000 toneladas de emissões de CO₂ deste modo. Portanto, a Microgeração poderá reduzir as perdas na rede de transporte e distribuição da Europa em cerca de 2-4%, contribuindo para que sejam evitadas a emissão de 20 milhões de toneladas de CO₂ em cada ano.

- **Qualidade da Energia** – Aumenta-se a fiabilidade do sistema, e de um modo geral da qualidade da energia, devido à descentralização da produção, de um melhor cruzamento entre a oferta e a procura, da redução do impacto do transporte e da redução dos cortes da produção de larga escala. O aumento dos níveis de fiabilidade poderá ser obtido, se for permitido aos microgeradores operar de um modo autónomo em condições transitórias, nomeadamente quando a operação do sistema da rede de distribuição está com perturbações. Adicionalmente, em caso de emergência, as funções de arranque autónomo poderão minimizar os tempos de quebra da rede e ajudar no processo de restabelecimento do sistema de distribuição.

- **Mercado** – Existe a possibilidade de desenvolvimento do mercado, impulsionado pela expansão das microfuentes, que poderá reduzir o mercado eléctrico das empresas já estabelecidas e a possível contribuição das Microfontes para a prestação de alguns serviços complementares.

Poderá também contribuir para uma redução do preço da energia, através de uma massificação da microgeração. O preço total da electricidade é em média cerca de 30-45 Euros/MWh, enquanto que o preço a retalho é cerca de 90-100 Euros/MWh. As redes de transporte e distribuição são responsáveis pela diferença e o balanço económico apropriado, entre o investimento na rede e a produção descentralizada poderá reduzir, a longo prazo, os preços da electricidade para os clientes finais em cerca de 10%.

Maiores reduções no preço poderão ser atingidas através da optimização da operação da microgeração, i.e. produzir energia localmente nos picos de consumos quando a tarifa é mais elevada e injectar energia na rede, quando for economicamente mais vantajoso.

Contudo, o desenvolvimento de microrredes continua a encarar diversos desafios, dificuldades e potenciais inconvenientes (Lopes, 2003):

- **Elevado custo da dispersão dos recursos energéticos** – Esta eventualidade requer algum tipo de subsídios para incentivar investimentos, pelo menos durante um período transitório. Apesar disto, pode ser justificado como uma medida de impulsão inicial, certamente que no longo prazo poderá ser visto como uma distorção das regras do mercado;
- **Dificuldades técnicas** – Estas estão relacionadas com a escassa experiência e com a presente incapacidade técnica de controlar um número significativo de Microfontes, exigindo portanto mais pesquisa nos modelos de actualização em tempo real, modelos dinâmicos para diversos dispositivos, simulação em tempo real da operação e controlo, e dimensionamento dos mecanismos de protecção. É necessário desenvolver infra-estruturas de telecomunicações e protocolos de comunicação, de modo a que seja facilitada a gestão, operação e controlo das Microrredes.
- **Ausência de padrões** – Uma vez que se trata de uma nova área, ainda não estão estabelecidos padrões de diversos pontos cruciais, como dados de qualidade de energia para as diversas fontes de microgeração, padrões e protocolos que possibilitem a integração das Microfontes nos mercados da electricidade. Também faltam orientações de protecção e segurança.
- **Barreiras Administrativas e Legais** – de um modo geral existe falta de legislação e regulação para enquadrar a operação de Microfontes. Nalguns países, como Portugal, já existe legislação específica, nomeadamente na determinação de tarifas de remuneração da microgeração, basicamente adopta-se uma estratégia de evitar custos que conduz a tarifas subsidiadas. Embora seja importante, esta estratégia poderá ser vista como um primeiro passo para atingir o objectivo de incentivar os investimentos nesta área.

No futuro terá que ser dado um novo passo, de modo a que seja adaptada a integração das microfuentes nas redes de baixa tensão – na realidade muito semelhante à integração da produção dispersa das redes de média tensão – para a possibilidade real de criação de uma microrede, que está associada a uma rede de baixa tensão, microfuentes e cargas eléctricas, que seja capaz de operar de um modo interligado ou de uma forma autónoma (Lopes, 2003).

Neste sentido, diversos assuntos terão que ser coordenados com as empresas de distribuição de média tensão, nomeadamente: estratégias de controlo da voltagem e energia reactiva; gestão em tempo real; prestação de serviços complementares; operação sob acontecimentos não planeados, durante arranques autónomos e práticas de intervenção sobre os equipamentos seguros. Portanto, um esforço para harmonizar as normas e regras é visto como uma orientação para o crescimento da microgeração (Lopes, 2003).

É necessário desenvolver infra-estruturas de telecomunicações e protocolos de comunicação, de modo a que seja facilitada a gestão, operação e controlo das microredes. Outras vantagens económicas, que poderão resultar do crescimento da microgeração, têm a ver com os impactos sociais e económicos, que resultam da criação de novos postos de trabalho necessários para a produção, instalação e manutenção dos dispositivos de geração (Lopes, 2003).

3.4. Potencial das Energias Renováveis no Contexto da Microgeração

3.4.1. Produção e Consumo de Energia

Analisando a curva agregada que considera o “mix” de consumo residencial e comercial, poder-se-á observar que a procura de energia varia bastante ao longo do dia, existindo picos de utilização da rede (ver figura 3.5).

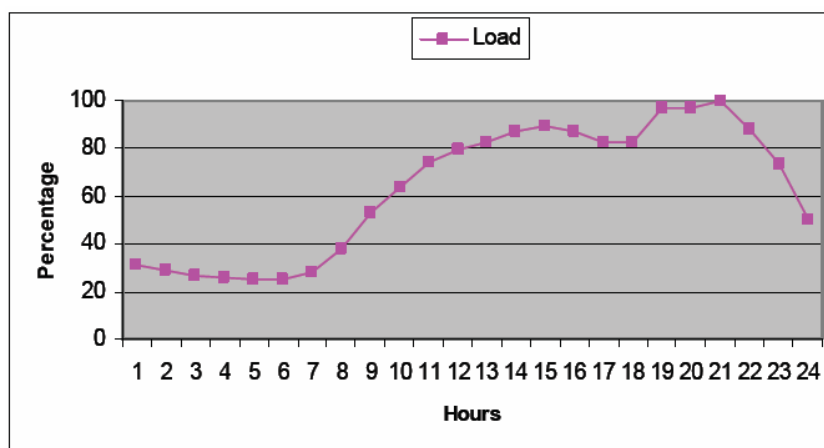


Figura 3.5. – Diagrama de consumo típico para Portugal (% do valor de pico).
©J.Lopes

A produção de energia tem dificuldade em acompanhar as variações que existem no consumo. Este fenómeno deve-se ao facto da produção centralizada ter uma grande inércia. Torna-se então imperativo encontrar formas de produção que possam ter uma maior flexibilidade.

Face ao contexto apresentado, as energias renováveis surgem como uma solução para o problema, principalmente num país como Portugal que dispõe de bastantes recursos endógenos.

Relativamente às possibilidades de geração, poderão considerar-se dois cenários, Primavera/Verão e Outono/Inverno, uma vez que a disponibilidade dos recursos naturais variam em função da estação do ano (ver figuras 3.6. e 3.7.).

Analisando as referidas figuras, observa-se o comportamento de quatro variáveis energéticas, que são as componentes eólica, solar fotovoltaica, produção combinada de electricidade e calor (CHP) e hídrica.

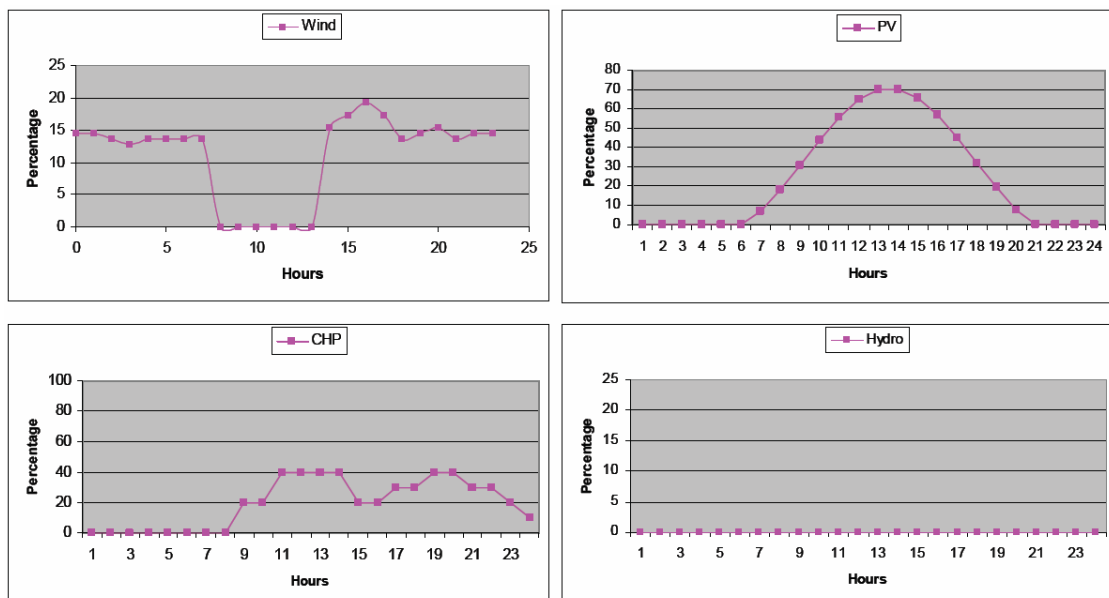


Figura 3.6. – Diagrama de geração a partir de Energias Renováveis Portugal – Primavera/Verão (% do valor de pico). ©J.Lopes

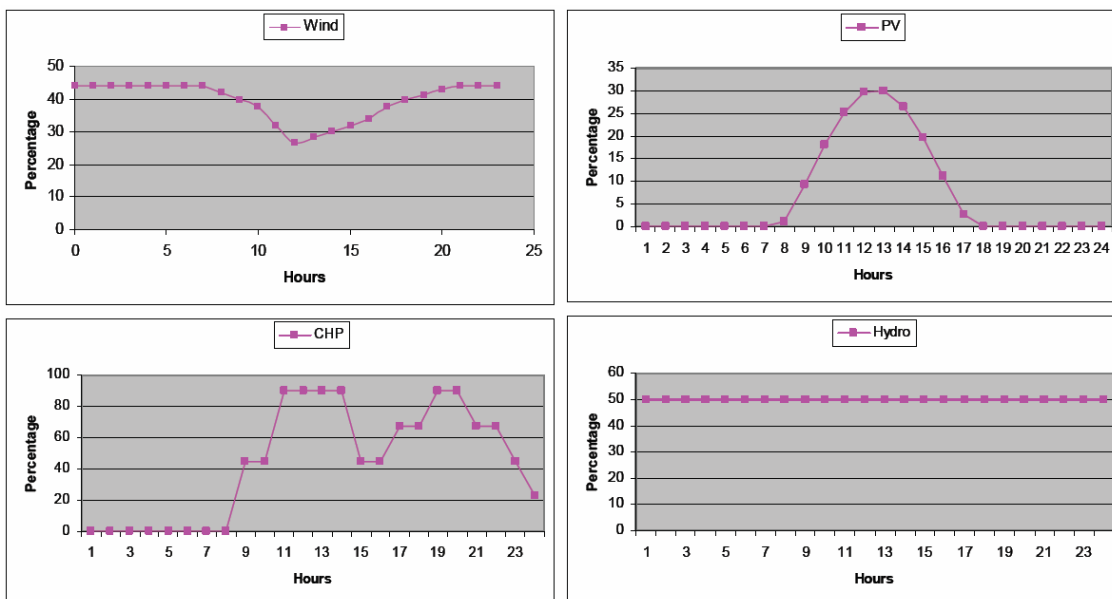


Figura 3.7. – Diagrama de geração a partir de Energias Renováveis Portugal – Outono/Inverno (% do valor de pico). ©J.Lopes

Mais do que a análise individual de cada variável, interessa analisar a globalidade e a forma como estas são conjugadas. O “mix” de produção deverá ser otimizado e estar adaptado às necessidades e especificidades do consumo.

Pela observação dos gráficos constata-se que a produção de energia, a partir de fontes renováveis, pode satisfazer grande parte das necessidades de consumo. Esta produção é mais eficiente e ambientalmente mais aceitável.

3.4.2. Produção Descentralizada de Electricidade e Calor

Cogeração

Os processos de produção de energia eléctrica a partir de combustíveis fósseis criam uma grande quantidade de energia térmica residual. Em média, cerca de 2/3 da energia contida no combustível, é libertada sob a forma de energia térmica. Se o processo de geração se realizar no local de consumo, ou próximo deste, a energia térmica que normalmente é desperdiçada pode ser aproveitada para produção de vapor, aquecimento de água ou de ar, ou para satisfação de outras necessidades de índole térmica. A cogeração é uma tecnologia que aumenta significativamente a eficiência de conversão dos recursos energéticos, ao mesmo tempo que reduz as emissões globais e os custos de operação em mais de 40% (ver figuras 3.8. e 3.9.) (Almeida, 2005).

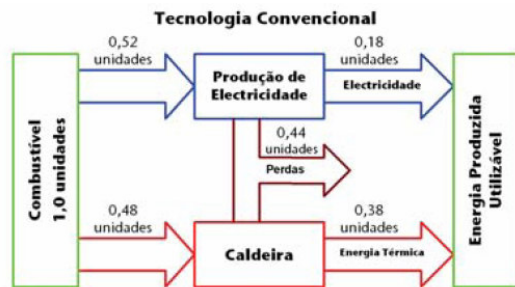


Figura 3.8. – Produção de calor e electricidade por tecnologia convencional. ©BCSD

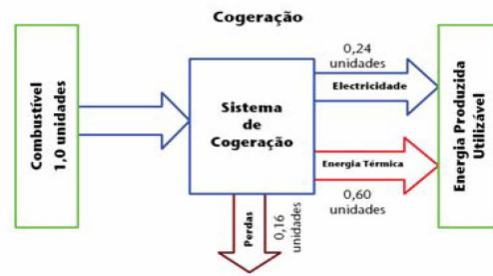


Figura 3.9. – Produção de calor e electricidade por cogeração. ©BCSD

A cogeração é particularmente apropriada em instalações com elevados níveis de consumo de energia térmica ao longo do ano. A cogeração é geralmente utilizada por consumidores industriais, principalmente nas indústrias químicas, cerâmica e do papel, existindo também algumas instalações no sector terciário (hospitais, hotéis, centros comerciais). Dentro dos combustíveis fósseis, o gás natural é a energia primária mais frequentemente utilizada para fazer funcionar as centrais de cogeração. Estas podem todavia recorrer igualmente às fontes de energias renováveis (biomassa) e aos resíduos industriais (Almeida, 2005).

O processo de cogeração a gás é mais ecológico, na medida em que o gás natural liberta, por ocasião da sua combustão, uma menor quantidade de dióxido de carbono (CO₂), de óxido de azoto (NO_x) e de outros resíduos, do que o petróleo ou o carvão (Almeida, 2005).

As principais vantagens da cogeração podem ser avaliadas pelos seguintes factores (Almeida, 2005):

- Menor custo de energia (eléctrica e térmica);
- Melhor qualidade da energia eléctrica no caso de ser mantida a ligação à rede;
- Evitar custos de transmissão e de distribuição de electricidade;
- Maior eficiência energética;
- Menor emissão de poluentes (vantagens ambientais).

A promoção da cogeração poderia evitar a libertação de 127 milhões de toneladas de CO₂ na EU, em 2010, e de 258 milhões de toneladas em 2020, se for duplicada a penetração desta tecnologia (Almeida, 2005).

Trigeração

De forma complementar à cogeração existe ainda a possibilidade de utilizar a energia térmica recuperada (vapor a baixa pressão, água quente até 95°C) para a produção de frio industrial ou para climatização por recurso a sistemas de absorção, aproveitando os excedentes energéticos sob a forma de vapor, água quente ou aproveitando directamente os gases de escape. O termo normalmente utilizado para definir esta aplicação é trigeração, produção combinada de energia eléctrica, calor e frio. Estes sistemas de trigeração têm vindo a ser utilizados sobretudo no sector terciário, em processos de climatização.

A utilização dos “chillers” de absorção pode constituir uma maneira de equilibrar o aumento das necessidades de frio com a diminuição das necessidades de calor no período estável. Contudo, em empresas industriais que tenham grandes necessidades de frio esta será também uma hipótese a considerar, sobretudo no caso das actuais unidades que recorrem ao arrefecimento por água (por exemplo bancos de gelo) utilizando sistemas tradicionais de refrigeração (Almeida, 2005).

Biomassa

A biomassa designa, em geral, a quantidade de matéria orgânica que se forma num determinado espaço associada ao metabolismo de plantas e animais. Pertencem à biomassa num sentido mais amplo, as matérias orgânicas tais como plantas (troncos, ramos, cascas) e matérias transformadas tais como resíduos de indústria transformadora da madeira, da indústria alimentar e da agro-pecuária. Estes elementos primários de biomassa podem ser transformados pelas diferentes tecnologias de conversão em biocombustíveis sólidos, líquidos ou gasosos e, finalmente, nos produtos energéticos finais – energia térmica, mecânica e eléctrica. A biomassa pode ser convertida em energia eléctrica através de vários processos. A maioria das centrais de biomassa, são geradas usando um ciclo de vapor (ver figura 3.10.) (Almeida, 2005).

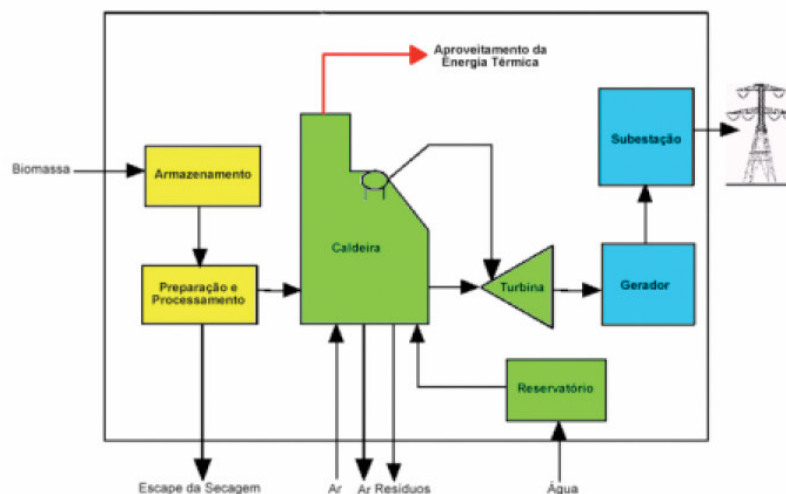


Figura 3.10. – Produção de energia através da queima directa da biomassa.
©BCSD

A biomassa é queimada numa caldeira de forma a produzir vapor, que vai accionar uma turbina. A biomassa também pode ser queimada em conjunto com carvão (combustão conjunta) diminuindo assim as suas emissões. Outro processo é a conversão da biomassa sólida em gás através de um gaseificador. Este biogás pode ser queimado através do acondicionamento de uma turbina a gás, existindo também a possibilidade de utilização de ciclo combinado, para obter maior rendimento.

A utilização dos resíduos florestais para a produção de energia reflecte-se de forma positiva em aspectos económicos, sociais, regionais e ambientais, pelo facto de contribuir para a criação de emprego, e de permitir a melhoria de qualidade de vida das populações rurais e o consequente desenvolvimento das regiões do interior mais desfavorecidas. Os projectos neste tipo de tecnologia contribuem assim para a economia local e para a fixação da população, na medida em que são criados postos de trabalho directos e indirectos.

Estima-se que a floresta portuguesa gere por ano cerca de 6 milhões de toneladas de resíduos, cuja recolha permitiria reduzir significativamente o risco de incêndios, e produzir o equivalente a 3,5 TWh de electricidade renovável. Este tipo de electricidade renovável, representa cerca de 8% do consumo de electricidade em 2005, tendo com as tarifas actuais um valor de cerca de 370 milhões de euros. Deste valor cerca de metade seria utilizado para remunerar os resíduos florestais, injectando nas zonas rurais um poderoso estímulo à sua dinamização.

Contrariamente às centrais eólicas e solares, as centrais de biomassa proporcionam uma capacidade firme e previsível para satisfazer os consumos, o que reforça o seu valor estratégico numa expansão equilibrada da produção renovável da electricidade (Almeida, 2005).

Microturbinas

As microturbinas podem constituir uma opção vantajosa para produção distribuída de electricidade e de calor, devido à sua simplicidade, ao facto de serem uma tecnologia já amadurecida e devido às suas reduzidas emissões. Comparando com as turbinas convencionais, apresentam uma potência mais reduzida (normalmente até 200 kW), um ciclo de combustão simplificado, uma menor taxa de compressão e um eixo do rotor de reduzidas dimensões, com o gerador montado numa das extremidades (ver figura 3.11.) (Almeida, 2005).



Figura 3.11. – Microturbina. ©BCSD

Estes grupos podem adaptar-se para funcionarem com diferentes tipos de combustíveis, sem quaisquer modificações significativas a realizar nos seus dispositivos mecânicos. Os combustíveis que podem ser utilizados vão desde os que apresentam elevado conteúdo energético, como o propano até aos gases provenientes das estações de compostagem, passando pelo gás natural (Almeida, 2005).

Podem também ser utilizados combustíveis líquidos como o diesel, a gasolina ou o querosene, sendo necessário apenas realizar-se pequenas modificações no sistema de alimentação de combustível. As microturbinas ainda são uma tecnologia relativamente cara face a tecnologias convencionais, embora se possa tornar mais competitiva sobretudo se a sua procura permitir a produção destes equipamentos em grande escala (Almeida, 2005).

Células de combustível

As células de combustível são dispositivos electroquímicos que convertem directamente a energia química contida num combustível rico em hidrogénio em energia utilizável (electricidade e calor) sem combustão (ver figura 3.12.), tendo-se afirmado como uma das tecnologias de produção de energia mais promissoras (Almeida, 2005).

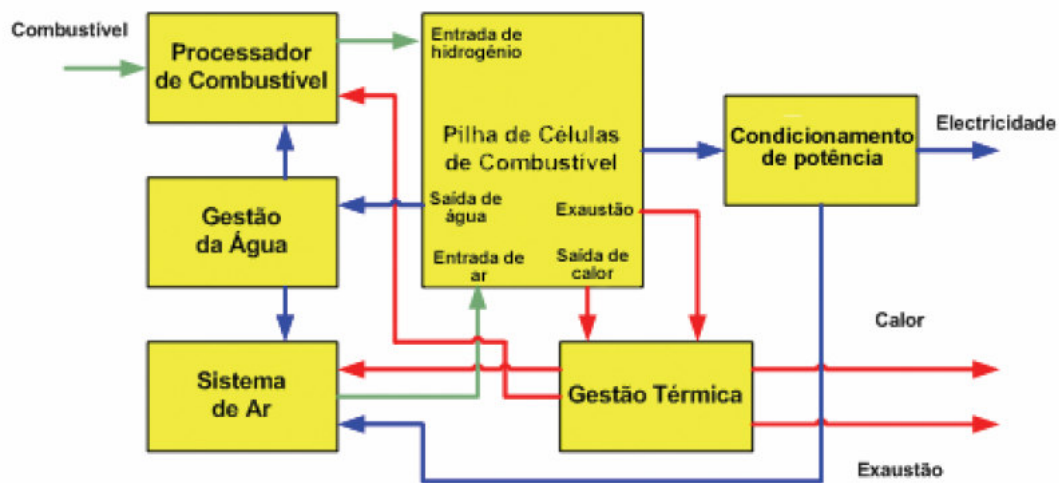


Figura 3.12. – Diagrama de uma célula de combustível com capacidade para separar o hidrogénio do combustível de entrada. ©BCSD

Produzem electricidade com eficiências entre 40 e 60%, com emissões reduzidas e de forma tão silenciosa que podem facilmente ser utilizadas em ambiente urbano. São particularmente bem adaptadas ao mercado da produção distribuída devido a essas características, a que se junta ainda a sua modularidade e a possibilidade de se construírem unidades com qualquer potência. Uma célula de combustível produz apenas uma tensão de cerca de 1 Volt, pelo que é usual interligarem-se várias destas unidades, formando uma pilha que poderá fornecer uma tensão mais facilmente utilizável. Uma pilha de combustível pode ser configurada com vários grupos de células interligadas em série e paralelo, podendo-se obter a tensão, corrente e potência pretendidas (Almeida, 2005).

Existem cinco tipos principais de células de combustível, os quais se encontram em diferentes estágios de desenvolvimento técnico e comercial: célula de combustível alcalina (AFCs), de carbonatos fundidos (MCFCs), ácido fosfórico (PAFCs), membrana de protões (PEMFCs) e de óxidos sólidos (SOFCs) (Almeida, 2005).

Os combustíveis mais utilizados em sistemas de pilhas de combustível incluem o gás natural, o hidrogénio e o metanol. Adicionalmente, outros combustíveis têm-se revelado candidatos viáveis para o uso em pilhas de combustível, como o biogás, a gasolina, o gasóleo e outros destilados do petróleo, o éter dimetílico, o etanol, assim como produtos resultantes da gaseificação de carvão e a nafta (Almeida, 2005).

O combustível utilizado no núcleo das células de combustível é o hidrogénio embora, este gás não se encontre facilmente disponível. Por outro lado as infra-estruturas de extracção, transporte e distribuição, refinação e/ou purificação de hidrocarbonetos já são parte integrante da nossa sociedade. Consequentemente, têm sido concebidos sistemas de pilhas de combustível para aplicações práticas utilizando hidrocarbonetos. Estes sistemas requerem, habitualmente, a presença de um conversor, o qual transforma os hidrocarbonetos num gás rico em hidrogénio, procede à remoção de contaminantes, e fornece hidrogénio puro à célula (Almeida, 2005).

As células de combustível libertam quantidades consideráveis de calor durante o seu funcionamento, o qual pode ser utilizado para a produção de água quente ou vapor. Quando as quantidades de calor e/ou as temperaturas dos gases de escape são reduzidas, estas podem ser aproveitadas para a produção de água quente ou vapor de baixa pressão. Pelo contrário, para os casos das células de altas temperaturas, torna-se possível o aproveitamento do calor libertado no escape para produção de vapor a alta temperatura e pressão, o que o torna adequado à produção de electricidade em ciclo combinado, podendo ser conseguidos rendimentos mais elevados (Almeida, 2005).

Integração de energia fotovoltaica e solar térmica em edifícios

Nos edifícios existem duas formas distintas de aproveitar a energia solar. Uma é a forma activa, na qual os raios solares são convertidos directamente noutras formas de energia (térmica ou eléctrica) por equipamentos especialmente instalados para o efeito. Outra é a forma passiva, onde se faz o aproveitamento da energia para a climatização dos edifícios através de concepções e estratégias construtivas apropriadas. A necessidade de aquecimento e de arrefecimento ambiente nos edifícios pode ser reduzida através de medidas de aproveitamento da energia do solar. A instalação de colectores solares em edifícios (ver figura 3.13.), pode reduzir em cerca de 80% o consumo de energia convencional (electricidade, gás natural, gás propano, entre outros) para o aquecimento de água (Almeida, 2005).



Figura 3.13. – Aplicações de colectores solares para aquecimento de água. ©BCSD

As possíveis aplicações incluem:

- Produção de Água Quente Sanitária (AQS), para hospitais, hotéis, etc;
- Aquecimento de piscinas;
- Aquecimento ambiente;
- Arrefecimento ambiente: é possível produzir frio combinando energia solar com máquinas de absorção ou sistemas híbridos (solar-gás);
- Produção de água a elevadas temperaturas destinada a uso industrial;
- Aplicações de baixa ou intermédia temperatura, como estufas, secadores e desalinizadores.

A energia solar pode também ser convertida directamente em energia eléctrica através de painéis fotovoltaicos instalados em edifícios e ligados à rede eléctrica. A conversão directa da energia solar em energia eléctrica envolve a transferência da energia dos fotões da radiação solar incidente para os electrões da estrutura atómica desse material. Esta forma de energia é uma das mais promissoras fontes de energia renovável, tendo como vantagens a ausência de poluição, a ausência de partes móveis, a reduzida manutenção e o tempo de vida elevado (25 anos). Contudo apresenta como principais desvantagens o reduzido rendimento e o elevado custo, que no entanto tem decrescido acentuadamente. Uma possível aplicação da energia fotovoltaica é a sua integração em edifícios, tanto em paredes como coberturas. Esta aplicação pode representar reduções tanto dos custos construtivos como energéticos. A energia gerada desta forma serve não só para satisfazer os consumos do edifício, mas também para fornecer a energia produzida à rede, beneficiando de incentivos tarifários (Almeida, 2005).

Integração de energia eólica em edifícios

A melhor forma de aproveitar a energia do vento é através da utilização de turbinas eólicas. Uma turbina eólica é uma máquina que converte a energia cinética do vento em energia mecânica, a qual é imediatamente utilizada para gerar electricidade. Actualmente existem diversas tecnologias, havendo diferentes tipos de potências, formas e tamanhos. As potências com maior potencial de aplicação em edifícios situam-se entre os 0,5 e os 50 kW.

Existem dois tipos de turbinas, as de eixo horizontal e as de eixo vertical (ver figura 3.14.).

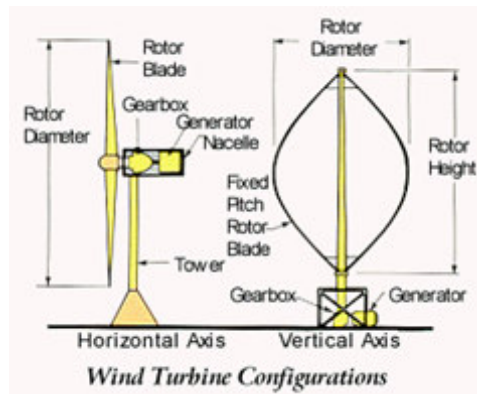


Figura 3.14. – Representação dos tipos de configurações de turbinas eólicas. ©DavidDarling

As turbinas de eixo horizontal apresentam como principais características (ver figura 3.15.):

- Utilizam-se nos sistemas de maior potência;
- Funcionam melhor em zonas abertas, com uma direcção de vento dominante;
- Têm um maior aproveitamento de ventos mais fortes;
- Funcionam mal em regimes de vento turbulentos.



Figura 3.15. – Edifício com turbinas eólicas de eixo horizontal. ©DavidDarling

As turbinas de eixo vertical apresentam como principais características (ver figura 3.16.):

- Utilizam-se nos sistemas de menor potência;
- Estão adaptadas para zonas urbanas, de maior densidade;
- Funcionam bem em regimes de vento turbulentos;
- Apresentam níveis de ruído mais reduzidos;
- Têm um rendimento menor do que as de eixo horizontal.



Figura 3.16. – Edifício com turbina eólica de eixo vertical.
©ECOFYS

Pelas razões indicadas, poderá constatar-se que as turbinas de eixo vertical apresentam um potencial de aplicação bastante elevado, principalmente em edifícios que estão inseridos em meio urbano. Actualmente esta área, também denominada *Urban Wind*, encontra-se em grande desenvolvimento tecnológico, estando constantemente a serem divulgadas inovações técnicas e de design.

Bombas de calor geotérmicas

Por todo o mundo existem mais de dois milhões de bombas de calor (com fonte de energia no solo), no entanto a opinião acerca deste equipamento ainda se encontra dividida relativamente à sua origem renovável. Enquanto que algumas opiniões consideram que é um meio de obter a energia térmica disponível com um baixo *input* de energia, outras opiniões mais defensoras das energias renováveis rejeitam esta solução porque consideram que é necessário *input* de energia eléctrica. No entanto, o mais importante é considerar a eficiência geral do sistema (Ochsner, 2007).

Em 1852 William Thomson (Lord Kelvin) descreveu as bases teóricas das bombas de calor. Como pensador, ele provavelmente ficaria maravilhado com a potencialidade que esta ferramenta tem actualmente, no combate da redução das emissões de CO₂ (Ochsner, 2007).

O avanço teórico que estabeleceu foi a base de mudança da noção que a transferência de calor apenas poderia fluir num sentido, a partir do calor para o frio. Uma bomba de calor absorve calor de baixa temperatura e pode transformá-lo numa temperatura superior, mas necessita de importar alguma energia para realizar este processo (Ochsner, 2007).

Contudo, uma bomba de calor pode fazer exactamente o que o nome refere – bombear calor! Para aplicar este equipamento como dispositivo de aquecimento, o calor de baixa temperatura é absorvido da atmosfera (ar), massas de água (como lagos ou rios) ou a partir do solo. Utilizando um circuito de refrigeração, a temperatura é elevada através de um compressor eléctrico, podendo depois ser utilizada para aquecimento. Para arrefecimento, o processo é inverso; o calor de baixa temperatura é absorvido no interior do edifício, sendo elevado e depois rejeitado para a atmosfera, água ou solo (Ochsner, 2007).

Para que se seleccione o melhor sistema de bombas de calor há que ter em consideração um factor “chave”, o Coeficiente de Performance (COP), que indica a eficiência global do sistema e as emissões de carbono associadas. Trata-se de um rácio que indica as unidades de calor (kWh térmico), que o equipamento disponibilizada, por cada unidade de electricidade consumida (kWh eléctrico). Um sistema bem projectado e concebido deverá apresentar um COP entre 2,5 e 4,5. Interessa também referir, que a eficiência de produção de electricidade é bastante importante para avaliar o desempenho global de todo o sistema. Se a electricidade provier de uma central eléctrica convencional, com uma eficiência de aproximadamente 35%, e a bomba de calor tiver um COP de 3,5, então esta terá uma eficiência global 1,4 vezes maior do que uma caldeira a gás (Ochsner, 2007).

Se a electricidade provier de uma central eléctrica mais eficiente, de ciclo combinado, com uma eficiência de cerca de 45%, e a bomba de calor tiver um COP de 4, então esta terá uma eficiência global 2 vezes maior do que uma caldeira a gás. Obviamente, que se a electricidade for produzida a partir de fontes renováveis, como o sol e o vento, a bomba de calor poderá representar uma óptima solução para produzir calor, sem emissões de carbono associadas (Ochsner, 2007).

Existem diversos tipos de bombas de calor, podendo ser divididas por (Ochsner, 2007):

- Função: aquecimento, arrefecimento, águas quentes sanitárias, ventilação, secagem e recuperação de calor;
- Fonte de calor: solo, água, ar e exaustão de ar;
- Fluidos de funcionamento: ambos para absorção e distribuição de calor – água/água, ar/água e ar/ar;
- Unidade, Construção e Localização.

Para edifícios, em aplicações de aquecimento e água quente, as principais fontes de calor provavelmente serão o ar, água ou solo. O calor será melhor distribuído através de condutas de ar, quer na época de aquecimento, quer na época de arrefecimento. As unidades reversíveis são bastante utilizadas em zonas que requerem aquecimento e arrefecimento, dependendo da altura do ano. Na Europa, também é bastante comum utilizar-se como fluido de distribuição de calor a água, através de sistemas de radiadores ou chão radiante (Ochsner, 2007).

Apesar do conceito de funcionamento ser simples, estes sistemas poderão apresentar uma grande complexidade bastante elevada na fase de dimensionamento. As temperaturas dos colectores são dimensionadas de forma a que o movimento de calor seja por condução, através do solo. Os sistemas têm que ser pensados tendo em consideração a acoplagem, construção do edifício, bomba de calor, colectores do solo, de modo a que fiquem todos os elementos fiquem compatíveis e o sistema seja fiável e duradouro (Ochsner, 2007).

Existem inúmeras configurações diferentes para uma bomba de calor. Na figura 2.17 está representado um ciclo de refrigeração. Este exemplo tem como *input* ar a 7°C e como *output* água a 50°C (Ochsner, 2007).

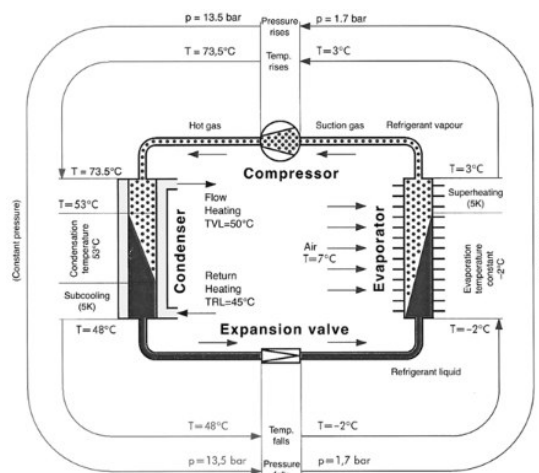


Figura 3.17. – Aplicações de colectores solares para aquecimento de água. ©BCSD

3.5. Casos de Estudo – Redes Inteligentes e Microgeração

3.5.1. Projecto INOVGRID

O INOVGRID é um projecto de âmbito nacional que actualmente se encontra em progresso. Trata-se de uma iniciativa de investigação, desenvolvimento e instalação de novas tecnologias nas áreas das redes de distribuição inteligentes e da tele-contagem.

Os conceitos de *utility* (empresa fornecedora de serviços energéticos) inteligente, contador inteligente, consumidor inteligente e casa inteligente serão abordados na perspectiva do desenvolvimento de uma nova cadeia de valor entre o produtor e o consumidor de energia, numa nova era de consciência e eficiência energética através da Inovação tecnológica e Inovação dos processos e dos serviços.

As entidades responsáveis pelo desenvolvimento e implementação do projecto são:

- **EDP Inovação** – Empresa dinamizadora dos processos de inovação tecnológica do Grupo EDP;
- **INESC Porto** – Centro de conhecimento nos domínios dos mercados de electricidade, da microgeração e da gestão e optimização da exploração de redes eléctricas;
- **EFACEC** – Empresa de capitais portugueses operando nas áreas de automação e gestão de redes de energia, com uma forte componente tecnológica e com uma posição de referência no panorama nacional;
- **JANZ** – Empresa de capitais portugueses com larga experiência em concepção e fabrico de equipamentos e sistemas na área da contagem e gestão de energia;
- **EDINFOR** – Empresa nacional de base tecnológica, líder na concepção, desenvolvimento, implementação e gestão operacional de sistemas de informação, com larga experiência e intervenção no sector da energia.

A renovação preconizada para o Sistema Eléctrico de Distribuição é decisiva para acompanhar a evolução neste sector e permite responder, de forma adequada, aos requisitos de liberalização do mercado e de construção do MIBEL (Mercado Ibérico de Electricidade).

Associado ao INOVGRID foi criada legislação, que tem como objectivo criar condições para que este projecto se desenvolva.

O Decreto-Lei n.º 363/2007 de 2 de Novembro estabelece o regime jurídico de produção de electricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por unidades de microprodução.

A Portaria n.º 201/2008 de 22 de Fevereiro fixa as taxas a cobrar pelos serviços previstos no n.º 1 do artigo 23.º do referido decreto-lei.

3.5.2. Projecto SmartGrids European Technology Platform

As redes europeias de electricidade têm estabelecido um elo de ligação vital entre os produtores e consumidores de electricidade, desde há várias décadas com bastante sucesso. A arquitectura fundamental destas redes têm sido desenvolvida para ir ao encontro de tecnologias de produção predominantemente baseadas em carbono e que se localizam em locais remotos distantes dos centros de consumo. O desafio energético que a Europa actualmente enfrenta está a mudar o panorama da produção de energia. A tendência para as tecnologias de geração energética com menos carbono, combinada com um aumento da eficiência energética por parte da procura, fará com que os consumidores se tornem mais interactivos nas redes (smartgrids.eu).

Redes mais centradas nos consumidores é o caminho a seguir, no entanto estas mudanças fundamentais irão ter um impacto significativo ao nível da concepção e controlo de redes (smartgrids.eu).

Neste contexto, a Plataforma Tecnológica Europeia (ETP) de Redes Inteligentes surgiu em 2005 para que fosse criada uma visão conjunta das redes Europeias até 2020 e daí em diante. A plataforma inclui representantes da indústria, operadores dos sistemas de transporte e distribuição, instituições de investigação e reguladores. Foram identificados objectivos claros e propôs-se uma estratégia ambiciosa para que esta visão se torne realidade, beneficiando a Europa e os seus consumidores de electricidade.

Uma Visão Partilhada

A visão das redes inteligentes assenta num audacioso programa de investigação, desenvolvimento e demonstração que indica o curso da rede eléctrica de abastecimento, que vai ao encontro das necessidades futuras na Europa.

As redes eléctricas na Europa deverão ser (smartgrids.eu):

- **Flexíveis** – Preenchendo as necessidades dos consumidores e respondendo às mudanças e desafios que se avizinham;
- **Acessíveis** – Permitindo o acesso de ligação a todos os utilizadores da rede, em particular às fontes de energias renováveis, com elevada eficiência, produção local com emissões nulas ou muito baixas;
- **Fiáveis** – Garantindo e melhorando a segurança e qualidade de abastecimento, indo ao encontro das exigências da era digital, resistindo a riscos e incertezas;

- **Económicas** – Proporcionando melhor valor através da inovação, gestão da eficiência energética e elevar o nível da competição e regulação.

A visão vai ao encontro das mais recentes tecnologias, de modo a que seja assegurado o sucesso, mantendo-se a flexibilidade de adaptação aos novos desenvolvimentos.

A utilização de tecnologias de redes que aumente a capacidade de transporte de energia e que reduza as perdas irá aumentar a eficiência do abastecimento, enquanto que as tecnologias de potência electrónica irão melhorar a qualidade da oferta (smartgrids.eu).

Os avanços nas ferramentas de simulação irão ajudar muito a transferência de tecnologias inovadoras para a aplicação prática, beneficiando mutuamente os clientes e as empresas de fornecimento de energia (smartgrids.eu).

Os desenvolvimentos nos sistemas de comunicação, contagem e negócio irão abrir um conjunto de novas oportunidades a todos os níveis, de modo a que se permitam enviar sinais de mercado que conduzam a uma maior eficiência técnica e comercial (ver figura 3.18) (smartgrids.eu).

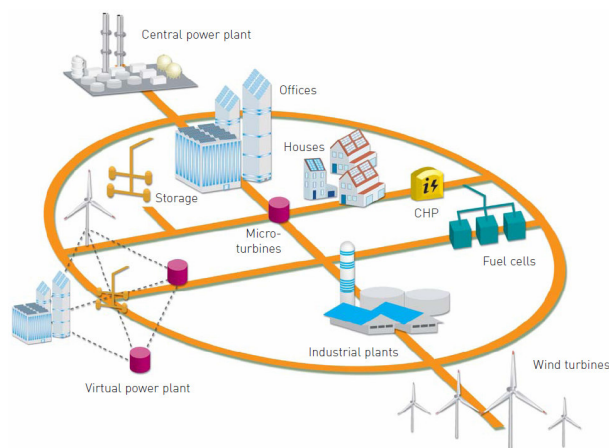


Figura 3.18. – Representação de uma rede inteligente ©SmartGrids.eu

Resposta às necessidades

O sector da electricidade enfrenta novos desafios e oportunidades que devem ser respondidos com uma visão de futuro (smartgrids.eu):

- **Abordagem centrada no utilizador** – Maior interesse nas oportunidades do mercado da electricidade, serviços com maior valor acrescentado, procura de energia mais flexível, preços mais baixos, oportunidades de microgeração;

- **Renovação e inovação das redes eléctricas** – Maior eficiência na gestão dos recursos, aumentando o grau de automação para que a qualidade do serviço melhor; utilizando um sistema de controlo remoto mais alargado; aplicando investimentos eficazmente para que seja solucionado o envelhecimento das infra-estruturas;
- **Segurança de abastecimento** – Limitando o recurso a fontes de energia primárias tradicionais, armazenamento flexível; necessidade de maior fiabilidade e qualidade; aumento da rede e da capacidade de produção;
- **Mercados liberalizados** – Respondendo aos requisitos e oportunidades da liberalização através do desenvolvimento e implementação de novos produtos e serviços; elevada flexibilidade da procura e controlo da volatilidade de preços, tarifas flexíveis e previsíveis;
- **Interoperabilidade das redes eléctricas Europeias** – Apoiando a implementação do mercado interno; gestão eficiente da comunicação transfronteiriça e do congestionamento da rede; melhoramento do transporte de longa distância e integração de fontes de energias renováveis; reforço da segurança de abastecimento da Europa através de um reforço das capacidades transferência;
- **Produção descentralizada (DG) e fontes de energias renováveis (RES)** – Gestão energética local, redução das emissões e perdas, integração nas redes de electricidade;
- **Produção central** – Renovação das centrais energéticas existentes, desenvolvimento de melhorias de eficiência, aumento da flexibilidade através de um sistema de serviços, integração com RES e DG;
- **Questões ambientais** – Atingir os objectivos do Protocolo de Quioto; avaliar os seus impactos no transporte de energia na Europa; aumento da responsabilidade social e sustentabilidade; otimizar o impacto visual e a utilização territorial; redução dos períodos de autorização para as novas infra-estruturas;
- **Resposta e gestão da procura (DSM)** – Desenvolvimento de estratégias de modulação da procura local, controlo de cargas através de contagem electrónica e sistemas de gestão da contagem automática;
- **Aspectos políticos e de regulação** – Políticas de desenvolvimento contínuo e de harmonização, e directivas regulatórias no contexto da União Europeia (UE);
- **Aspectos sociais e demográficos** – Considerar as mudanças na procura de uma sociedade em envelhecimento com um aumento do conforto e qualidade de vida.

3.5.2. Projecto SmartGridCity™ Boulder Colorado

A Cidade

O consórcio *Xcel Energy's Smart Grid* está a trabalhar numa rede energética futura, que possa prever os seus problemas e pontos fortes enquanto otimiza os recursos disponíveis. O consórcio anunciou os seus planos para construir uma *Smart Grid City* (Cidade com Rede Energética Inteligente), uma comunidade onde a tecnologia tradicional é combinada com a tecnologia emergente, de modo a que a rede energética seja convertida para a era digital. A rede do futuro irá permitir que os consumidores e fornecedores colaborem conjuntamente na gestão da produção, transporte e consumo de energia. A *Smart Grid City* irá ter um sistema energético totalmente interligado, em que as diversas partes da rede contribuam para a sua gestão e estejam envolvidas na produção de energia e respectiva entrega aos consumidores (xcelenergy.com).

Os componentes “chave” da *Smart Grid City* incluem (xcelenergy.com):

- Um sistema dinâmico baseado em tecnologias de informação;
- Comunicações de banda-larga, em tempo real e bidireccionais;
- Sensores dispostos ao longo de toda a rede, fornecendo diagnósticos rápidos e correcções;
- Dados para basear decisões e para suportar a eficiência nos picos;
- Tecnologias de produção descentralizadas (como turbinas eólicas, painéis solares e veículos híbridos eléctricos “plug in”;
- Subestações inteligentes automatizadas;
- Dispositivos de controlo doméstico de energia;
- Consumo doméstico de energia automatizado.

Planeamento do Projecto

A SmartGridCity™ é um projecto multi-faseado, que deverá estar terminado em Dezembro de 2009. Na primeira fase, as instalações iniciais serão testadas e as reacções dos utilizadores serão avaliadas. A segunda fase será de forte expansão, com uma implantação numa base maior de consumidores (xcelenergy.com).

- Fase I (Março 08 – Agosto 08) (xcelenergy.com):

- Implementação de um sistema completo de automação, monitorização e contadores inteligentes, para o primeiro grupo de utilizadores da SmartGridCity™. Será aumentada a capacidade de duas subestações e de cinco linhas de distribuição e implementados cerca de 15.000 contadores (aplicado a clientes domésticos, comerciais e pequenas unidades industriais de Boulder);
- Um portal de Internet irá fornecer informação aos consumidores, relativamente à sua utilização de energia, permitindo uma melhor gestão do consumo;
- Os testes iniciais foram planeados para meados de Agosto.

- Fase II (Setembro 08 – Dezembro 09) (xcelenergy.com):

- Será completada a instalação da rede de distribuição e comunicação das áreas remanescentes no interior de Boulder (serão construídas duas subestações, vinte linhas de distribuição e 35.000 instalações);
- Expansão das instalações de automação domésticas;
- Tornar o portal de Internet acessível a todos os clientes da SmartGridCity™;
- Implementar mais contadores inteligentes;
- Início da integração na rede de Boulder de veículos híbridos eléctricos “plug in” e de co-geração solar e eólica.

Tecnologia e componentes da rede

A visão do projecto SmartGridCity™ baseia-se no conceito de um sistema totalmente interligado e horizontalmente integrado, requerendo decisões e acções em tempo real e automatizadas. Deste modo, serão criadas boas condições de comunicação e de análise de dados, mas também incentiva a que seja efectuada a modernização das infraestruturas da rede energética.

Contadores e Comunicações

O primeiro passo na implementação da SmartGridCity™ é a instalação de redes de comunicação de alta velocidade, sensores na rede de distribuição.

Os novos contadores irão permitir (xcelenergy.com):

- Contagens regulares;
- Comunicação bidireccional entre o cliente e a empresa fornecedora de energia;
- Histórico de consumo detalhado;
- Leitura de contagem automatizada;
- Melhor fiabilidade.

Subestações e Distribuição Inteligentes

Um dos objectivos da SmartGridCity™ é introduzir um sistema de monitorização que identifique o estado de arte das redes de distribuição eléctricas, um sistema de automação e controlo que abranja as linhas de transporte, subestações e contadores (xcelenergy.com).

Subestações Inteligentes

O aumento da capacidade irá criar uma inteligência mais sofisticada na subestação, que irá permitir ao fornecedor de energia uma melhor monitorização e uma adaptação às necessidades dos consumidores. As decisões serão tomadas em tempo real em função das condições da rede (ver figura 3.19) (xcelenergy.com).

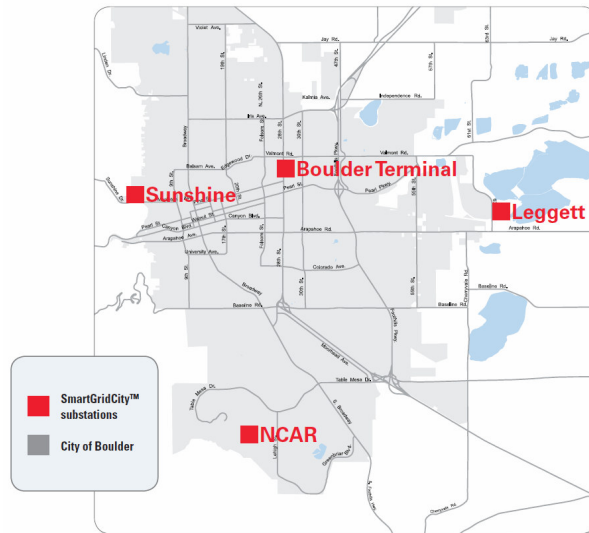


Figura 3.19. – Mapa de SmartGridCity™ ©Xcelenergy

Transporte Inteligente

O sistema de transporte irá conter dispositivos de protecção de rearme automático e interruptores Inteligentes que permitam a comunicação, bem como linhas de distribuição inteligente, para sejam fornecidas informações do sistema energético e para desempenhar funções automatizadas. Estes equipamentos irão permitir que o fornecedor possa monitorizar o fluxo de electricidade, cortes e saber o estado de manutenção dos diversos dispositivos (xcelenergy.com).

Sistema de Distribuição Inteligente

Iirão ser instalados analisadores de corrente em cada transformador de distribuição e incorporados nos contadores inteligentes para que sejam disponibilizados dados em tempo real acerca do consumo de energia, cortes, restabelecimentos e localização de falhas (xcelenergy.com).

Na fase de demonstração da SmartGridCity™, o sistema irá estar dotado de equipamentos de monitorização, controlo e automação para duas subestações e linhas de distribuição estruturadas numa rede em anel. Consequentemente serão criadas oportunidades de melhoria da fiabilidade, de evitar cortes de fornecimento, através de um dimensionamento auto-adaptativo e auto-correctivo da rede que pode (xcelenergy.com):

- Detectar, isolar e restabelecer as falhas;
- Identificar a origem das perdas de voltagem (i.e., cortes nas linhas de distribuição, bloqueio dos transformadores) e restabelecer a voltagem através de fontes alternativas;
- Permitir a comutação automática entre as redes de distribuição e o encaminhamento automatizado entre subestações;

- Criar tempos de restabelecimento mais curtos e reduzir a duração das falhas (i.e. elimina-se a necessidade de enviar uma equipa de manutenção quando os problemas poderão ser evitados ou resolvidos remotamente);
- Permitir aos operadores visualizar a corrente eléctrica e as cargas, ao mesmo tempo que os dispositivos inteligentes permitem gerir a procura de electricidade;
- Melhorar a manutenção, prescrevendo-a baseando-se nas condições actuais e nos factores ambientais em tempo real (em vez de simplesmente antecipar as condições);
- Efectuar a gravação da sequência de acontecimentos, para que possa ser feita uma análise posterior às ocorrências.

A Casa Inteligente

O projecto SmartGridCity™ também tem como objectivo desenvolver e aplicar o conceito de casa energeticamente inteligente (ver figura 3.20).



Figura 3.20. – Representação da casa inteligente ©Xcelenergy

O funcionamento de toda a rede energética irá depender do desempenho e da interacção de cada unidade base, as habitações/edifícios. A microgeração, nestas instalações apresenta como principais benefícios potenciais (xcelenergy.com):

- Menores custos de energia;
- Energias mais limpas;
- Uma rede mais eficiente;
- Maior fiabilidade do sistema;
- Maior conservação e eficiência energética.

Existem diversos elementos e funcionalidades que permitem que a casa inteligente tenha uma gestão activa no sistema (xcelenergy.com):

- **Veículos Híbridos Eléctricos “plug in”** – Os veículos poderão armazenar energia, funcionando como reservas de apoio para as residências e complementar a rede nos períodos de picos de utilização.

- **Contador Inteligente** – Indicações como os preços em tempo real aumentam as opções dos consumidores.
- **Aplicações Inteligentes** – As aplicações inteligentes têm a capacidade de comunicar com a rede, têm indicações das condições da rede e ligam ou desligam os dispositivos consoante as necessidades.
- **Termóstato Inteligente** – Os consumidores poderão optar por um termóstato inteligente, que comunica com a rede e ajusta as configurações dos dispositivos, ajudando a gerir a optimização de cargas.
- **Ligações de Banda Larga** – Sensores avançados distribuídos ao longo da rede eléctrica e a rede de comunicações de banda larga mantêm o sistema global como um todo.
- **Escolha dos Clientes** – Aos clientes é oferecida a oportunidade de escolher o tipo e quantidade de energia que querem receber, apenas seleccionado a alternativa no computador. Poderá escolher diversas hipóteses como 100% de energia verde, combinação de diversas fontes, a fonte mais barata, entre outras.

4. Arquitectura Bioclimática: princípios de construção e gestão sustentável

4.1. Introdução

No presente capítulo é desenvolvido o tema arquitectura bioclimática, sendo explorados os conceitos de construção e gestão sustentável. Na primeira componente apresenta-se os processos construtivos que poderão ser aplicados em edifícios, que permitem controlar a energia passivamente. Ao nível da gestão sustentável, são analisados processos de gestão de recursos, como é o caso dos resíduos, água e energia.

Na gestão sustentável é dado um especial enfoque à questão da gestão de energia, sendo apresentadas soluções de controlo activo da energia, nomeadamente através da domótica e sistemas de gestão energética.

Inicialmente são apresentados os princípios teóricos dos temas em estudo, posteriormente exemplificam-se medidas concretas de aplicação dos mesmos.

4.2. Princípios de Arquitectura Bioclimática

A arquitectura bioclimática consiste no dimensionamento dos edifícios tendo em consideração as condições climáticas, utilizando os recursos disponíveis na natureza (sol, vegetação, chuva, vento) para minimizar os impactos ambientais e reduzir o consumo energético. Tem em consideração as condições ambientais para que se atinjam bons índices de conforto térmico e de qualidade do ar no interior.

Utilizando como referência o manual de *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal* (INETI), poder-se-á observar uma definição mais abrangente.

O conceito de “Arquitectura Solar Passiva” ou “Arquitectura Bioclimática” ou qualquer outra denominação, que ao longo das últimas décadas tem sido atribuída a determinado tipo de arquitectura, pode ser definida como uma arquitectura que, na sua concepção, aborda o clima como uma variável importante no processo de projecto, Nomeadamente a interacção do sol, vento, água, e como essas variáveis podem interagir com o edifício de forma positiva e propiciar as condições de conforto térmico adequadas a cada espaço (Gonçalves, 2004).

4.2.1. A Energia Solar e os Edifícios

As variáveis climáticas que mais influenciam os edifícios, em termos de transferência de calor, são a temperatura do ar exterior e a radiação solar. A temperatura do ar, variável indutora das trocas de calor através da envolvente do edifício, determina o estabelecimento de fluxos energéticos do interior para o exterior, fluxos estes que ocorrem fundamentalmente no período de Inverno, tratando-se neste caso de perdas térmicas, enquanto que no Verão o sentido do fluxo tem tendência a inverter-se e estar-se-á numa situação de ganhos térmicos (Gonçalves, 2004).

No primeiro caso, estamos pois perante as denominadas perdas térmicas, que no Inverno constituem a razão principal para a diminuição da temperatura interior num edifício e um dos principais aspectos a acautelar no projecto. A redução das perdas constitui pois uma das medidas mais eficazes no sentido de melhorar as condições de conforto no interior dos edifícios, e as medidas normalmente adoptadas resultam na utilização de soluções de isolamento térmico nos elementos opacos (paredes, cobertura e pavimentos) e/ou a utilização de vidros duplos nos vãos envidraçados (Gonçalves, 2004).

Já a situação dos ganhos térmicos por troca de calor, em que o fluxo de transferência de calor, tem o sentido exterior – interior, ocorre preferencialmente no Verão e é uma situação que contribui para aumentar a carga térmica do edifício e conseqüentemente a sua temperatura interna. É portanto algo a evitar numa situação de Verão (Gonçalves, 2004).

A outra variável de grande importância para os edifícios, é a radiação solar. Esta variável tem um papel determinante no conforto térmico em qualquer edifício, sendo que no Inverno constitui uma fonte de calor muito importante, contribuindo para o aumento da temperatura interior, constituindo no Verão uma fonte de calor a evitar, precisamente para evitar o aumento da temperatura interior nos edifícios (Gonçalves, 2004).

O sol é, pois, uma fonte de calor que importa compreender na sua interacção com os edifícios, quer em termos energéticos (valores da radiação solar), bem como em termos da sua posição, ao longo de todo o ano, para desta forma, melhor projectar o edifício na perspectiva aqui utilizada, ou seja, em termos bioclimáticos (Gonçalves, 2004).

4.2.2. Estratégias Bioclimáticas

Um dos objectivos finais da concepção de edifícios bioclimáticos é a obtenção natural das condições de conforto dos seus utilizadores, que variam em função do clima, do edifício em termos construtivos e também do tipo de utilização é necessário o projectista ter uma abordagem na concepção do edifício, tendo em atenção aqueles três parâmetros. É também importante realçar que à noção de conforto térmico estão associados factores psicológicos e fisiológicos que variam de pessoa para pessoa e podem conduzir a diferentes sensações de conforto térmico, dadas as mesmas condições de ambiente térmico. Acresce que todo este processo é dinâmico. Efectivamente, não só o clima varia instantaneamente, como o conforto humano não é uma realidade estática, uma vez que o ser humano tem capacidade para se adaptar às variações das condições térmicas que o envolvem (Gonçalves, 2004).

O conjunto de parâmetros que influenciam directamente o conforto térmico que podem ser diferenciados em (Gonçalves, 2004):

- **Factores Pessoais:** actividade metabólica e vestuário;
- **Factores Ambientais:** temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar e humidade relativa.

Os primeiros estão totalmente dependentes dos utilizadores dos edifícios e da sua actividade e os segundos estão dependentes da qualidade da envolvente dos edifícios (Gonçalves, 2004).

4.2.3. Fundamentos de Construção Sustentável

Os fundamentos da Construção Sustentável assentam nos princípios já preconizados para a Arquitectura Bioclimática, sendo estes dois conceitos complementares.

No desenvolvimento de projectos de Construção Sustentável têm que estar contempladas as componentes ambientais, económicas, sociais e culturais, ao longo de toda a vida dos mesmos, nas etapas de concepção, construção, exploração e desactivação.

Na fase de planeamento deverá ser dado especial enfoque aos seguintes pontos:

- **Local/Ambiente:** Identificar métodos para reduzir o impacto ambiental do local do projecto e respectiva envolvente.
- **Seleção dos Materiais:** Escolher materiais de construção mais amigáveis do ambiente, evitando-se materiais prejudiciais e tóxicos.
- **Prevenção de Resíduos:** Utilizar métodos para reduzir e eliminar os resíduos nas diversas etapas do projecto.

- **Reutilização de materiais:** Identificar materiais reutilizáveis e métodos para facilitar a futura fácil reutilização de sistemas, equipamentos, produtos e materiais.
- **Reciclagem:** Utilizar materiais que possam ser reciclados no final de cada fase da construção e efectuar um esforço para utilizar processos de reciclagem no local.
- **Tecnologias de Construção:** Identificar tecnologias que poderão ser utilizadas durante a construção para melhorar a eficiência e redução dos resíduos.
- **Energia:** Deverá melhorar-se o desempenho energético dos edifícios, reduzindo o consumo de energia durante as diversas etapas do projecto. Deverá privilegiar-se a utilização de energia produzidas a partir de fontes renováveis.
- **Água:** Deverão utilizar-se dispositivos que reduzam o consumo de água e introduzir sistemas de tratamento e reutilização que permitam um aproveitamento para utilizações que não exijam água potável. Importa ainda referir que existe um grande potencial de aproveitamento das águas pluviais, pelo que deverão ser utilizados sistemas que permitam esta funcionalidade.
- **Qualidade do Ar Interior (QAI):** Assegurar que a QAI é privilegiada nos métodos e materiais construtivos utilizados e monitorizar frequentemente os parâmetros de QAI, durante a utilização do edifício.

4.3. Princípios de Domótica

A Domótica é uma tecnologia que permite a gestão de todos os recursos de uma habitação/edifício. O termo “Domótica” resulta da junção da palavra latina “Domus” (casa) com “Robótica” (controlo automatizado). É este último elemento que otimiza o sistema, simplificando a vida diária das pessoas, satisfazendo as suas necessidades de comunicação, de conforto e segurança. A domótica surgiu (as primeiras aplicações em edifícios foram nos anos 80) com o intuito de controlar a iluminação, condições de climatização e a segurança, bem como a interligação entre todos estes elementos.

A Domótica também poderá ser entendida como a capacidade de um edifício poder “tomar” decisões com base nas diversas premissas que o factor humano determina. A vantagem de um sistema domótico face a sistemas de alarme ou outros automatismos, é o facto de ele próprio se ir optimizando, com base nas informações recolhidas pelos diversos dispositivos que estão ligados ao sistema.

A automatização de edifícios envolve questões técnicas e funcionais. Sob um ponto de vista funcional devem-se analisar questões como “que funções realizar”, “quando realizá-las” (em tempo) e “como se realizam” fisicamente.

Sob o ponto de vista técnico, há que planear questões como a padronização do sistema, periféricos e a compatibilidade entre os diversos elementos.

Os sistemas domóticos deverão ter uma capacidade de inteligência distribuída e de interacção com os diversos subsistemas de uma habitação/edifício (climatização, iluminação, segurança, electrodomésticos, aparelhos de multimédia, comunicações, entre outros), de uma forma integrada numa única central que gere todos os espaços autónomos e todos os sistemas.

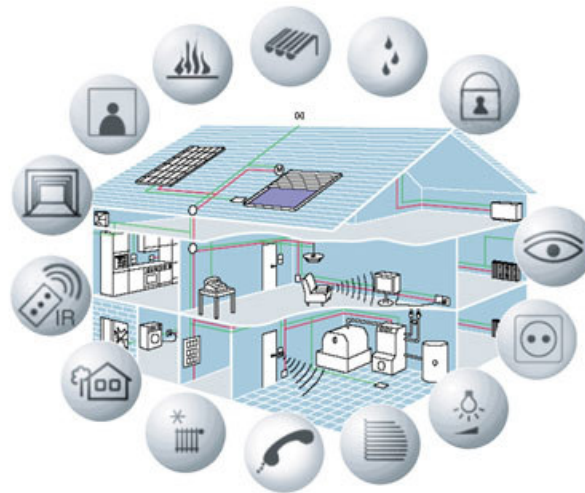


Figura 4.1. – Representação de um sistema domótico. ©Engenium.Wordpress

4.4. Sistemas de Gestão Energética

Um Sistema de Gestão Energética (SGE) é um sistema integrado de gestão de informação. O SGE consiste num sistema computadorizado que está designado para controlo automatizado e monitorização das necessidades de aquecimento, ventilação e iluminação de um ou diversos edifícios.

O SGE adquire dados, em tempo real, dos diversos pontos das instalações, dos contadores de electricidade, gás, água, vapor, ar comprimido, entre outros.

Trata-se de um sistema de apoio à decisão que pela monitorização e tratamento dos dados em tempo real permite:

- Calcular custos associados aos consumos;
- Editar de relatórios de acordo com as necessidades dos diferentes utilizadores;
- Efectuar *benchmarking* entre as diferentes instalações da empresa ou entre secções na mesma instalação.

Os dados obtidos a partir do sistema, poderão ser utilizados para produzir previsões e análise tendências de consumos anuais, permitindo à organização melhorar a sua eficiência energética através da melhoria de processos e métodos, garantindo uma melhoria contínua.

Para além das funções de gestão de energia, o sistema também poderá estar preparado para controlar e monitorizar os parâmetros de qualidade do ar interior, permitindo desta forma fazer uma gestão global e integrada de todos os parâmetros.

No esquema representado na figura 4.2 poderá observar-se o esquema de um sistema de gestão energética.

O conjunto de contadores adquire os dados de contagem parcial dos consumos. A leitura de dados faz-se em tempo real. Esta informação é enviada para uma base de dados que disponibiliza os dados *on-line* via Internet.

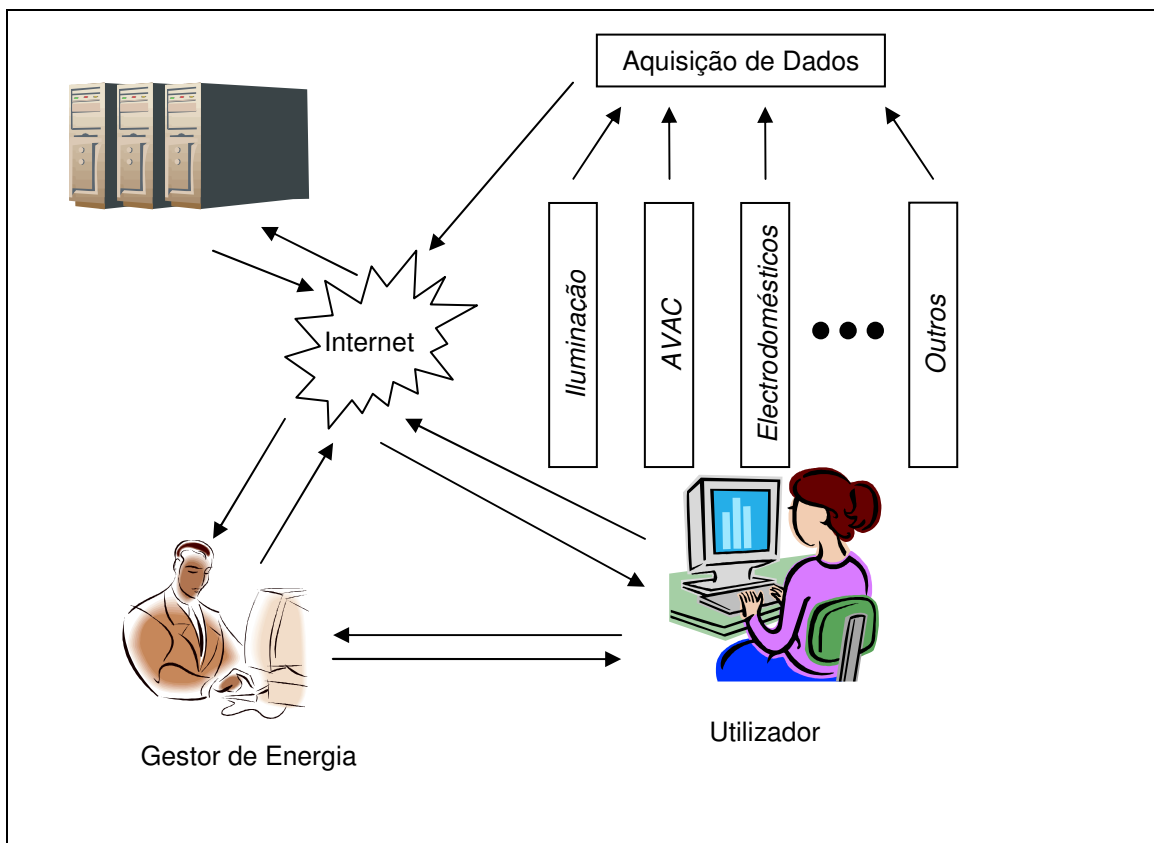


Figura 4.2. – Representação de um sistema de gestão energética.

4.5. Exemplos de princípios de Construção e Gestão Sustentável

4.5.1. Concepção de Edifícios Sustentáveis

A concepção de um edifício sustentável deverá ter uma abordagem global, em que sejam contempladas as diversas medidas passivas e activas (ver figura 4.3) que são apresentadas no presente ponto.

Os conteúdos apresentados tiveram como base a informação disponibilizada pela Aqta. Livia Tirone, no âmbito da iniciativa Construção Sustentável, na qual o autor também colaborou (Tirone, 2007).

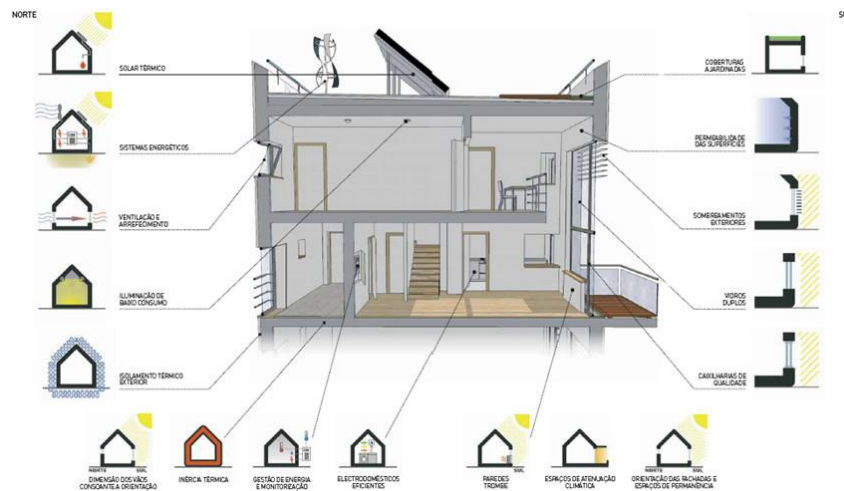


Figura 4.3. – Representação do conjunto de medidas passivas e activas. ©TironeNunes

4.5.1.1. Forma e Orientação



Orientação das Fachadas e Espaços de Permanência

No planeamento e concepção de um edifício dever-se-á otimizar o aproveitamento da luz solar no interior do mesmo. Para que o aproveitamento dos raios solares seja concretizado terá que ser privilegiada a orientação Sul (ver figura 4.4).

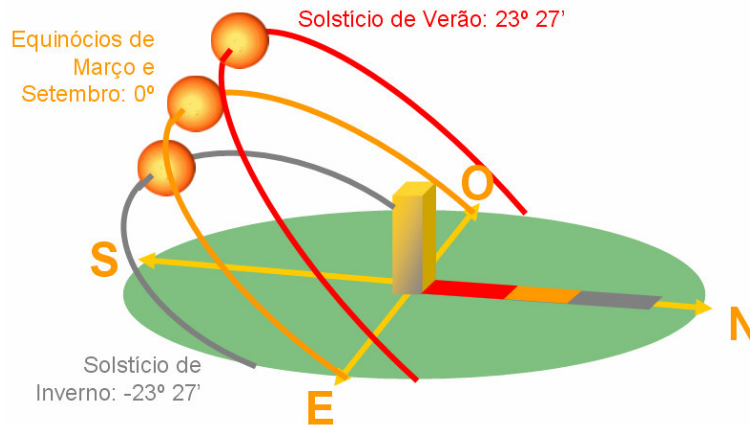


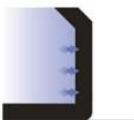
Figura 4.4. – Movimento Solar. © INETI

Esta orientação permite maiores ganhos solares ao longo de todo o ano aumentando o conforto no interior do edifício e contribuindo para a redução das necessidades energéticas.

A orientação a Sul permite diferenciar entre Verão e Inverno, podendo-se controlar a entrada do sol para os espaços interiores através das áreas envidraçadas. No Verão para evitar a radiação excessiva deverão introduzir-se sistemas de sombreamento exterior, havendo também necessidade de controlar os ganhos solares excessivos dos alçados orientados a Poente.

Sempre que possível, dever-se-ão conceber os espaços de maior permanência a Sul, Nascente e Poente.

4.5.1.2. Isolamento Térmico



Permeabilidade das Superfícies em Contacto com o Ar Interior

Os revestimentos interiores e exteriores devem garantir a permeabilidade ou “respiração” dos edifícios – não criando barreira à saída do vapor do interior para o exterior mas criando barreira à entrada da água da chuva.

A permeabilidade ao vapor dos sistemas construtivos deverá ser aplicada ao nível dos diversos materiais: estuque, betão, tijolos, rebocos e isolamentos térmicos.

Um factor crítico, a nível da permeabilidade, é a qualidade das tintas utilizadas no interior e no exterior dos edifícios.

Quaisquer tintas aplicadas sobre superfícies verticais (interiores ou exteriores) que criem uma barreira ao vapor são a principal causa de condensações, do aparecimento de humidades e de fungos. As tintas impermeabilizantes não são a solução para eliminar humidades no interior da habitação.



Isolamento Térmico

Os sistemas de isolamento térmico, aplicados de forma contínua e pelo exterior dos edifícios, contribuem para a optimização do desempenho energético dos edifícios, sendo extremamente fáceis de fiscalizar.

O isolamento térmico tanto pode ser aplicado pelo interior das paredes da envolvente de um edifício, como colocado na caixa-de-ar entre paredes duplas, como ainda ser assente pelo exterior de um edifício. Tem utilidade em qualquer destas aplicações, mas é sobretudo numa, aquela pelo exterior do edifício, que o isolamento térmico tem a maior eficácia.

Um sistema de isolamento térmico com características técnicas e espessura adequadas, aplicado de forma contínua e pelo exterior dos edifícios (pavimento térreo, paredes envolventes e coberturas), contribui mais para a optimização do desempenho energético de um edifício, do que qualquer outro sistema equiparável.

O isolamento térmico, aplicado de modo contínuo e pelo exterior, apresenta as seguintes vantagens:

- É conseguida a eliminação de todas as pontes térmicas, que causam o aparecimento de condensações e, conseqüentemente, de fungos em paredes interiores (ou em compartimentos fechados), devendo, tanto o projecto como a execução, garantir a continuidade efectiva do isolamento térmico;
- É improvável uma má execução, ou seja, “esquecer” a colocação de placas, como tão frequentemente acontece quando o isolamento térmico se encontra escondido entre dois panos de tijolo (parede dupla), uma vez que todo o isolamento térmico aplicado pelo exterior permanece visível durante a sua aplicação em obra, facilitando a sua fiscalização;
- A estrutura do edifício e todos os materiais pesados que compõem a envolvente são protegidos dos contrastes e extremos de temperatura e das intempéries. Esta protecção garante uma maior longevidade e a integridade física dos materiais fundamentais, porque, desta forma, não sofrem nem a fendilhação nem as microfissuras típicas em toda a construção tradicional. Evita-se, assim, que estas microfissuras absorvam água por acção capilar, água que deteriora os materiais, sobretudo os metais;
- O isolamento térmico, aplicado de forma contínua e pelo exterior, faz com que a inércia térmica (dos materiais pesados utilizados na construção) funcione a favor do clima interior, contribuindo para que as temperaturas no edifício se mantenham estáveis e dentro das amplitudes térmicas médias do clima mediterrânico.

Este comportamento resulta do facto das envolventes (paredes exteriores) não permanecerem em contacto directo com o exterior, estabilizando as temperaturas no seu valor médio. Com ambas as medidas (o isolamento térmico aplicado de forma contínua pelo exterior e a inércia térmica), os extremos do clima mediterrânico não afectam o equilíbrio térmico no interior do edifício;

- Estes sistemas de isolamento térmico pelo exterior podem ser igualmente aplicados na reabilitação de edifícios que não possuam nenhum ou insuficiente isolamento térmico. Sendo o sistema aplicado pelo exterior, é apenas necessário garantir que o mesmo adira permanentemente à superfície exterior existente e cuidar dos pormenores construtivos em volta de vãos, nas cimalthas e beirados;

- O aspecto com que ficará, poderá ser aquele que se desejar – com acabamento em reboco pintado (em qualquer cor), de revestimento em pedra (colada ou fixada mecanicamente), de tijoleira de burro...;

- O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) revisto, Decreto-Lei 80/06 de 4 de Abril, contempla a contribuição das pontes térmicas para o balanço energético negativo do edifício e obriga a soluções que minimizem as pontes térmicas, como é conseguido pelos sistemas de isolamento térmico aplicados de forma contínua e pelo exterior.

O Isolamento Térmico aplicado em contínuo pelo exterior garante elevados níveis de conforto no interior. A capacidade de isolamento térmico de um elemento da envolvente de um edifício (fachada, cobertura ou pavimento) é traduzida pelo respectivo “coeficiente de transmissão térmica”. Quanto maior for este coeficiente menos capacidade de isolamento terá o elemento.

Interessa realçar que deverá ser efectuada uma manutenção adequada, de modo a que o isolamento exterior possa desempenhar o papel para o qual foi especificado. No caso destes sistemas, a única manutenção que se recomenda é a lavagem à pressão ou a pintura (embora esta nem sempre seja necessária). A pintura de um sistema de isolamento térmico, aplicado de forma contínua e pelo exterior, deve sempre ser aquela recomendada pelo fabricante (eventualmente passando pela aplicação de uma demão do revestimento do próprio sistema). Porém, optando por uma pintura com tinta, é de extrema importância que a tinta seja permeável ao vapor.

Observando as figuras 4.5. e 4.6. poderá observar-se um sistema de isolamento exterior, que é constituído por 5 camadas:

- Suporte (Alvenaria, Betão, Outros...);
- Poliestireno Expandido M1 tipo EPS 60 (15 kg/m³) (não inflamável);
- Primário Acrílico;
- Tela Tecida de Vidro (150 g/m²);
- Primário e
- Revestimento em duas camadas.

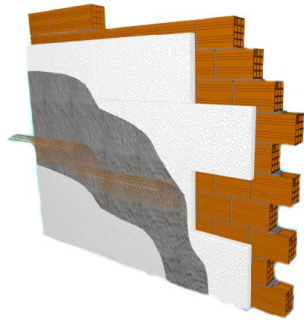


Figura 4.5 – Parede com Isolamento Exterior. ©Dryvit

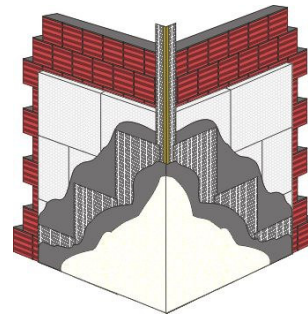


Figura 4.6 – Parede com Isolamento Exterior. ©Dryvit

4.5.1.3. Inércia Térmica



Inércia Térmica

A optimização da inércia térmica na região do clima mediterrânico tem sido uma medida largamente implementada na região do clima mediterrânico, ao longo de muitos séculos. São os materiais pesados e maciços que conferem aos espaços interiores uma maior estabilidade e conforto térmico.

A optimização da inércia térmica na região do clima mediterrânico tem sido uma técnica generalizada, ao longo de muitos séculos, para assegurar condições de conforto térmico no interior de edifícios. É certo que, no passado, não existiam os mesmos materiais de construção a que actualmente temos acesso, nem as pessoas viviam as vidas sedentárias que hoje vivem, no entanto, a inércia térmica continua a ter um papel fundamental na criação de um clima interior estável e confortável nas habitações.

A inércia térmica é especialmente relevante em climas sujeitos a grandes amplitudes térmicas em curtos espaços de tempo – uma das características do clima em Portugal. São os materiais pesados e maciços que constituem a inércia térmica dos edifícios e, quando bem aplicados, conferem aos espaços interiores uma maior estabilidade térmica. Como é indicado pela palavra inércia, estes materiais pesados interagem muito lentamente com as temperaturas do meio que as rodeia e armazenam as respectivas temperaturas médias, porque as temperaturas de pico (quente e frio) não se mantêm durante suficiente tempo para serem acumuladas por estes materiais.

Em Portugal, a temperatura média do clima, durante a maior parte do ano, mantém-se entre os 18 e os 26°C, contribuindo a inércia térmica, por este motivo, para uma estabilidade do clima no interior e para o conforto.

Uma vez armazenada a temperatura média ambiental, a interacção de um elemento de construção maciço com o clima interior é muito positiva, porque, quando não é obstruída, irradia continuamente para os espaços interiores a mesma temperatura média que armazenou.

Para o exterior é essencial que se minimizem as perdas térmicas, pelo que é importante conjugar a inércia térmica com o isolamento térmico, idealmente aplicado de forma contínua e pelo exterior.

Em pleno Verão, todos conhecemos a sensação de frescura quando entramos numa igreja construída com paredes maciças em granito – e, no Inverno, a sensação, também de conforto, em que o interior da mesma está a uma temperatura superior ao frio que faz no exterior. Este é o efeito da inércia térmica em pleno funcionamento.

A solução actual não passa, certamente, por construirmos edifícios habitacionais com a inércia térmica de igrejas, também porque as tecnologias e os materiais disponíveis na construção contemporânea dispõem, além desta, de soluções construtivas que optimizam o efeito da inércia térmica e permitem uma interacção positiva com o clima em muitas outras vertentes.

Tudo passa pela construção de edifícios habitacionais com estruturas pesadas (paredes, pavimentos e coberturas), muito bem isoladas termicamente, que permitam uma relação directa (por armazenamento e radiação) com o ambiente interior.

Para optimizar o contributo da inércia térmica, é importante evitarmos que os materiais pesados (o betão, os tijolos, os rebocos) sejam predominantemente revestidos com outros materiais leves (tectos falsos, alcatifas, madeiras...). Qualquer destes materiais leves de revestimento funciona como um isolante e interrompe o intercâmbio térmico que se pretende manter entre os materiais com elevada inércia térmica e o ambiente interior. Isto não significa que não seja adequado integrar, numa habitação, um pavimento em madeira, também porque é muito elevado o conforto táctil sentido ao tocarmos um material com baixo grau de inércia térmica, como a madeira. Efectivamente, é importante atingir-se uma porção adequada de intercâmbio directo entre a inércia térmica disponível e o ambiente interior – proporção que deverá integrar os contributos do Engenheiro Térmico.

Para optimizar o desempenho energético-ambiental do edifício, é importante que a inércia térmica seja adaptada e integrada com outras estratégias de optimização do desempenho. Em primeiro lugar está a conjugação da inércia térmica com o isolamento térmico, aplicado de forma contínua e pelo exterior, ou seja, a forma como melhor se alcança o contributo positivo do armazenamento das temperaturas médias do clima que favorecem o conforto no ambiente interior, além de proteger as fachadas do risco de fissurarem. Sabendo que as temperaturas médias vão ser continuamente armazenadas pelos materiais pesados, é importante evitar que os extremos (quente e frio) afectem este armazenamento directamente. Assim, é o isolamento térmico associado à inércia térmica que protege o ambiente interior das grandes amplitudes térmicas, típicas do clima português.

A conjugação da medida “inércia térmica” com a medida “ventilação natural” torna-se especialmente importante durante as noites de Verão, porque permite que o calor acumulado nos materiais pesados seja libertado durante a noite e, pela conjugação descrita, seja restabelecida a capacidade de acumular e absorver o calor excessivo durante o dia seguinte, mantendo o ambiente interior confortável. É possível evitar, deste modo, a saturação da inércia térmica disponível por acumulação de calor. Este ciclo, quando bem gerido, pode conferir, durante o Verão, o conforto que se deseja nos espaços interiores de uma habitação.

A cor das superfícies condiciona igualmente a sua capacidade de absorção térmica e de reflexão da luz. Adaptar a inércia térmica também à cor com a qual é revestida a sua superfície, em contacto directo com o ambiente interior, influencia também o seu comportamento, na medida em que as cores claras reflectem melhor a radiação (por absorverem menos) e são ideais para climas mais quentes, como o Centro e o Sul de Portugal, enquanto as cores mais escuras absorvem mais radiação, o que aumenta a temperatura nos espaços interiores, pelo que a sua adopção é recomendada em climas mais frios, como no Norte de Portugal.

Conjugar a definição das cores que revestem áreas de inércia térmica elevada com a incidência sazonal dos raios solares, é mais um contributo para a optimização do conforto. Por exemplo, se uma parede interior, sobre a qual os raios solares apenas incidem no Inverno (e é possível determinar esta característica em projecto, calculando o ângulo e a orientação solares), for pintada com uma cor mais escura, a sua eficiência de armazenamento e libertação de calor no Inverno, quando o mesmo é desejado, poderá aumentar.

A inércia térmica implica a utilização de materiais pesados na construção – betão, tijolos, rebocos, estuques, pedra... – materiais que, dado o modo como são aplicados, exigem tempos de secagem que tornam a construção mais lenta. Na óptica do curto prazo, em que a pressão financeira é grande para o produto imobiliário ser rapidamente comercializado, os tempos de construção tornam-se uma importante condicionante a minimizar e, por sua vez, torna-se irresistível a tentação de construir edifícios leves (com estruturas metálicas ou em madeira). É de extrema importância que sejam optimizados os prazos de execução em obra para soluções construtivas que ofereçam a inércia térmica adequada e necessária neste clima, para se evitar que sejam substituídas por soluções que não contribuem para o bom desempenho energético do edifício.

Em toda a faixa de clima mediterrânico, a inércia térmica é uma medida essencial para a optimização do desempenho energético-ambiental de edifícios habitacionais, porque constitui uma fonte de energia térmica estabilizante durante toda a duração dos edifícios.



Paredes de Trombe

As Paredes Trombe (não ventiladas) funcionam como radiadores gratuitos no Inverno. Têm a capacidade de acumular o calor durante o dia e transmitir de noite o calor acumulado para o interior dos espaços (ver figura 4.7).

As Paredes Trombe (não ventiladas) não necessitam de manutenção e funcionam como radiadores gratuitos, aquecendo os espaços em que se encontram, sempre que haja sol no Inverno.

As Paredes Trombe (não ventiladas) têm a capacidade de acumular o calor dos raios solares durante os dias de Inverno com céu limpo, que são os dias mais frios, e transmitir de noite o calor acumulado para o interior dos espaços, o que é particularmente positivo no contexto climático Mediterrânico. Durante o Verão, estas paredes, que são exclusivamente orientadas a Sul, não têm capacidade significativa para acumular os raios solares, dado que o sol incide num ângulo muito íngreme sobre o vão envidraçado que as protege, resultando na reflexão da maior parte da radiação.

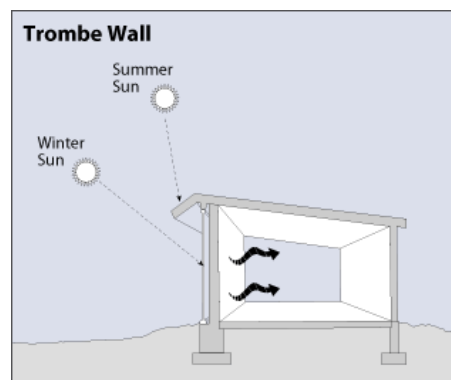


Figura 4.7. – Efeito de uma Parede de Trombe. ©EERE

A Parede Trombe (não ventilada) é composta por um vão envidraçado com vidro duplo orientado a Sul, por uma caixa-de-ar com, aproximadamente, 20 mm e por uma parede de betão com, aproximadamente, 200 mm de espessura que, na face exterior, é pintada com uma cor muito escura que potencie a absorção dos raios solares e, na face interior, estucada e pintada, ficando com um aspecto idêntico a qualquer outra parede na habitação. Quando os raios solares de Inverno atravessam o vão envidraçado da Parede Trombe (não ventilada) acontece o fenómeno denominado “Efeito de Estufa”, em que os raios solares, por alteração da frequência de onda, ficam acumulados na caixa-de-ar, entre o vidro e o betão sem conseguirem atravessar novamente o vidro duplo.

O calor que se acumula neste espaço vai progressivamente aquecendo a parede de betão, penetrando depois de algumas horas até à face interior. O calor que é libertado para o interior da habitação por irradiação pela Parede Trombe, aumenta o conforto no Inverno e reduz, consideravelmente, a necessidade de aquecimento.

A integração da Parede Trombe na Arquitectura é relativamente simples. Vista pelo lado exterior, aparenta ser uma janela e, pelo interior, assemelha-se a uma parede comum. As Paredes Trombe (não ventiladas e correctamente dimensionadas) são colocadas nos alçados orientados a Sul, nos espaços em que se pretende receber ganhos solares indirectos durante os meses frios do ano, aproveitando, durante a noite, o calor que acumularam durante o dia. Esta medida contribui para aumentar o conforto térmico e para reduzir as necessidades energéticas dos edifícios habitacionais com alçados orientados a Sul.

As Paredes Trombe são sempre orientadas a Sul, porque apenas nesta posição é possível captar a maior intensidade da radiação solar (período entre o final da manhã e o início da tarde). Esta orientação favorece a baixa altitude solar (Inverno), sem prejudicar o conforto com ganhos indirectos excessivos durante o Verão.

Uma Parede Trombe pode satisfazer até 15% das necessidades de aquecimento no período de Inverno quando correctamente dimensionada e orientada a Sul.

4.5.1.4. Áreas Envidraçadas



Sombreamentos Exteriores

É necessário dotar as áreas envidraçadas orientadas a Nascente, Sul e Poente de elementos de protecção, pelo exterior, que permitem o controle das trocas energéticas com o exterior.

As janelas proporcionam uma relação mais directa com o exterior, é importante dotá-las de um elemento de protecção pelo exterior, elemento este que permite ao utilizador controlar as trocas energéticas com o exterior, tornando a relação mais ou menos directa. Assim, as janelas orientadas a Nascente, Sul e Poente devem ser munidas de sistemas de sombreamento exterior.

Sem perder as vantagens que as janelas nos oferecem, os sistemas de sombreamento têm uma função primordial – a de cortar a incidência dos raios solares (quando estes não são desejados) antes de atravessarem o vidro – porque, uma vez atravessado o vidro, os raios solares que transportam o calor (a radiação térmica) alteram o seu comprimento de onda e não conseguem voltar a sair através do vidro, ficando detidos no espaço interior. Verifica-se, então, o fenómeno que conhecemos como Efeito de Estufa. Existe, no mercado, uma grande variedade de elementos de protecção que são aplicados pelo exterior de vãos envidraçados, para reduzirem ou controlarem a incidência da radiação solar: palas, beirados, toldos, portadas, venezianas, persianas, estores de enrolar, estores metálicos orientáveis.

Aspectos a ter em consideração, na especificação do sistema de sombreamento exterior, tendo como objectivo controlar a quantidade da radiação solar que atinge os espaços interiores e otimizar o seu desempenho energético:

- O sistema escolhido deve proteger os vãos envidraçados da radiação indesejada, sem necessariamente alcançar a oclusão nocturna;
- O sistema seleccionado deve permitir uma boa ventilação natural (com a janela aberta), mesmo quando este se encontra descido e orientado na posição de sombrear;
- O sistema deve permitir que se goze a vista, mesmo quando se encontra descido e orientado na posição de sombrear;
- O sistema deve ser orientável para permitir vários graus de protecção da radiação solar, consoante a inclinação dos raios solares;
- O sistema deve ser facilmente operável, preferivelmente pelo interior;
- Para evitar que a radiação térmica captada pelo próprio elemento de sombreamento seja transmitida para o interior, é importante garantir uma distância suficiente entre o elemento de sombreamento e o vão envidraçado para que a ventilação natural possa realizar-se;

A oclusão nocturna deve melhorar o coeficiente de transmissão térmica, contribuindo, no Inverno, para isolar termicamente a envolvente e reduzir as perdas de calor.

Aspectos a ter em consideração na especificação do sistema de sombreamento exterior, tendo como objectivo controlar a qualidade da iluminação natural que atinge os espaços interiores:

- O sistema especificado deve permitir controlar o nível de luminosidade que se pretende admitir para o interior da habitação, facilitando a criação de uma diversidade de atmosferas;

- O sistema pode ter uma função dupla – a parte superior das lâminas poderá reflectir a iluminação solar para o tecto do espaço, difundindo-a, fazendo com que chegue aos espaços mais recuados da habitação enquanto a parte inferior das lâminas poderá estar orientada de forma a obscurecer, para não criar zonas de reflexo nem brilho nas superfícies de trabalho;
- O sistema pode ter uma função dupla invertida – a parte superior das lâminas poderá obscurecer os espaços interiores e a parte inferior reflectir, de forma difusa, a radiação solar;
- Mesmo quando está previsto que a operação do sistema de sombreamento se faça manualmente, é importante efectuar, sempre que possível, uma pré-instalação para electrificar a sua operação no futuro e para comandar à distância, porque, durante a execução da obra, os custos de executar uma pré-instalação são ínfimos, quando comparados com a sua execução após o termo da obra.

Como medida de melhoria do desempenho energético do edifício, propõe-se a introdução de um sistema de sombreamento exterior sobre as áreas envidraçadas, que permita a ser regulado/ajustado consoante as necessidades.



Vidros Duplos

As áreas envidraçadas são os elementos de maior interacção entre o clima interior e o clima exterior pelo que é necessário dosear os fluxos energéticos adequadamente.

As áreas envidraçadas são os pontos de maior contacto entre o interior da habitação e o clima exterior. São também um dos elementos construtivos que, durante as últimas décadas, mais beneficiou de um desenvolvimento essencial marcante. Este desenvolvimento tecnológico tornou o vidro (sempre duplo) mais sofisticado e deu-lhe qualidades que contribuem para otimizar o desempenho energético-ambiental dos edifícios, ao ponto de existirem sistemas envidraçados que atingem um grau de desempenho energético similar ao de uma parede maciça vulgar.

É muito importante que os materiais pensados no interior da habitação tenham capacidade para absorver uma grande parte do calor que penetra através dos vãos envidraçados, motivo pelo qual o factor solar quantifica o calor da radiação solar que atravessa para o interior dos vidros e deve ser definido consoante a inércia térmica disponível.

Existe um conjunto de qualidades novas que resultam do desenvolvimento tecnológico do vidro que é extremamente importante ter em consideração no momento de seleccionar criteriosamente o vidro para um dado projecto.

A especificação do vidro varia, consoante os contextos específicos em que se pretende aplicar o painel de vidro duplo, dado este representar, cada vez mais, o papel de um filtro que transmite, tanto para o interior como para o exterior, apenas uma parte controlável da radiação. Sobretudo nos projectos ou reabilitações em que se pretende aumentar a luminosidade nas divisões e, conseqüentemente, aumentar as áreas envidraçadas, é importante considerar os seguintes aspectos técnicos:

- O coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado (designado por factor U) depende de três factores fundamentais: As características técnicas dos próprios vidros duplos, a qualidade da caixilharia e o grau de protecção oferecido pelo sistema de sombreamento exterior – este conjunto de factores deve conseguir reduzir as perdas térmicas do interior para o exterior, para que sejam criadas condições de conforto no interior e junto do mesmo, e deve controlar os ganhos de calor do exterior para o interior;
- O factor solar do vidro resulta da soma do fluxo transmitido e do fluxo irradiado pelos raios solares que incidem sobre o vão – e deve ser o adequado para o contexto específico em que o vidro é aplicado;
- O coeficiente de transmissão luminosa do vidro deve ser o adequado para as actividades que se exercem no interior;
- A relação entre a transmissão luminosa e o factor solar é muito relevante sendo designada por índice de selectividade e calculada, dividindo a transmissão luminosa pelo factor solar;
- As propriedades de segurança e de resistência mecânica do painel de vidro duplo, em que pelo menos um dos vidros deve resistir ao impacto mecânico do vento e precaver a intrusão ou mesmo a quebra;
- O grau de resistência à sujidade do vidro exterior, que contribui para reduzir a manutenção, bem como a utilização de químicos a empregar na sua limpeza.

Orientações solares diferentes num mesmo edifício, remetem para a utilização de um vidro com outras características técnicas.

Para facilitar a manutenção e limpeza, é importante que todas as janelas proporcionem o acesso a ambas as faces e que se especifique um vidro que tenha elevada resistência à sujidade.

No projecto já está contemplada a implementação desta medida, pelo que se vem realçar a sua importância e a necessidade de escolher vidros com um valor U adequado.



Caixilharias

A caixilharia é o elemento de transição entre as áreas opacas e as áreas envidraçadas e tem como principal função garantir a estanquicidade e a operacionalidade dos vãos, contribuindo para a optimização do desempenho energético-ambiental do edifício.

A caixilharia é o elemento de transição entre as áreas opacas e as respectivas áreas envidraçadas da envolvente de um edifício de habitação. Como tal, e apesar de representar uma proporção relativamente pequena na envolvente, as funções da caixilharia são extremamente importantes para o edifício.

A caixilharia suporta os painéis de vidro duplo que constituem as áreas envidraçadas, tanto na sua posição fechada como nas suas diversas posições abertas, garante a estanquicidade dos espaços interiores, absorve os movimentos díspares (por exemplo, a força do vento) com os seus elementos rígidos distintos e contribui assim para a optimização do desempenho energético-ambiental do edifício.

Características a ter em consideração na especificação da caixilharia:

- O grau de estanquicidade da caixilharia que obriga a garantir renovações de ar por outra via;
- O material que constitui o caixilho deve ser tão reciclável quanto possível – devendo ser privilegiados os acabamentos mais fáceis de reciclar, como é o caso do alumínio anodizado, face ao termolacado.

É extremamente importante que, pelo menos uma janela em cada espaço de uma habitação possua um sistema de abertura que permita a ventilação enquanto se está ausente.

Normalmente esta função é conseguida quando são especificadas janelas oscilo-batentes – permitindo alternadamente que a respectiva janela abra ou bascule. As janelas de correr, com a vantagem de “desaparecerem” para o lado para o qual correm, fazem com que a relação entre interior e exterior seja realizada sem barreiras. Hoje há modelos para janelas de correr que permitem o movimento basculante para ventilação.

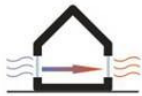
A posição basculante é importante porque permite ventilar os espaços, sem ameaçar a segurança dos mesmos, face a uma tentativa de intrusão.

Em edifícios com mais de um piso, é também importante controlar o acesso a varandas e ao exterior – para o que existem puxadores com chave que permitem vedar a abertura das janelas a crianças, sempre que necessário. Todas as janelas devem facilitar a respectiva limpeza pelo interior e pelo exterior, sem colocar em risco quem a executar.

Afinar janelas é necessário aquando da sua instalação e, por vezes, após alguns anos de utilização.

Para facilitar a sua manutenção e limpeza, é importante que todas as janelas permitam a abertura e o acesso a ambas as faces.

4.5.1.5. Ventilação e Arrefecimento



Ventilação e Arrefecimento

A ventilação natural contribui para a optimização do conforto ambiental e da qualidade do ar interior das habitações.

No contexto climático português, a ventilação natural é extremamente importante para garantir a optimização do conforto no interior dos edifícios; utiliza-se um recurso renovável, a temperatura no exterior, e a renovação do ar a uma taxa adequada, fundamental para manter no edifício o ar interior com boa qualidade.

Durante a época mais quente do ano, uma das formas mais eficientes para arrefecer a temperatura no interior das nossas casas é a de ventilar, especialmente durante a noite, quando as temperaturas são mais frescas. Durante uma grande parte dessa época do ano, o ar no exterior apresenta valores de temperatura bastante confortáveis, apesar da grande amplitude térmica diária.

A ventilação dos espaços acontece, por consequência, de dois processos espontâneos, nos quais o movimento do ar resulta do seu impulso natural para manter o equilíbrio entre temperatura e pressão: Este efeito é tanto mais eficiente, quanto maior for a diferença das temperaturas. Para um arrefecimento passivo eficiente deve, portanto, aproveitar-se as amplitudes térmicas diárias, por exemplo, durante a noite e durante o início da manhã, privilegiando os períodos mais frescos do dia e da noite.

No nosso clima, a ventilação natural conjugada com uma adequada inércia térmica, permite que, nos espaços interiores, sejam minimizados os ganhos excessivos e os extremos de calor. A inércia térmica garante a estabilidade térmica interior ao longo de todo o ano. A ventilação natural permite a redução imediata de extremos de temperatura em situações onde a inércia térmica não é, por si só, suficiente para “varrer” os espaços com o ar que vem de fora, preferivelmente de uma zona que está à sombra, ou durante a noite. O comportamento do ar e da ventilação é, por vezes, difícil de controlar por parte dos utilizadores, podendo ocorrer situações de movimentação de ar menos confortáveis.

No entanto, há algumas regras que são de fácil entendimento e aplicação:

- O ar mais quente é mais leve do que o ar mais frio: as actividades humanas e os aparelhos domésticos produzem calor, sendo normal o efeito ascendente do ar mais quente, dentro de casa;
- O ar usado e que transporta as toxinas está, normalmente, mais quente e sobe;
- Pelo impulso natural de se equilibrar e de se estabilizar, o ar movimenta-se sempre do local onde é mais pesado (mais fresco) para o local onde é mais leve (mais quente);
- Quando o ar que foi aquecido pelas actividades humanas no interior de uma habitação atinge uma superfície mais fria (como acontece no Inverno no caso de áreas envidraçadas), ele arrefece e, tornando-se mais pesado, cria uma corrente e ar descendente junto dessa superfície (efeito de transmissão de calor por convecção);
- Sempre que o ar se encontra numa zona à sombra, arrefece, porque os materiais que estão em seu redor irradiam menos calor;
- Sempre que o ar está em contacto com água em movimento tende a baixar a sua temperatura. O efeito evaporativo da passagem do estado líquido para o estado gasoso aumenta a quantidade de vapor de água presente na atmosfera envolvente, retirando energia do ar e, por consequência, baixando a sua temperatura;
- Em espaços que têm um pé-direito baixo, o ar estratifica-se consoante a sua temperatura, podendo manter zonas de ar usado estagnado;
- Em espaços mais altos, idealmente com duplo pé-direito, o ar cria circuitos de convecção natural e dilui as toxinas que transporta através do movimento com que atravessa os espaços abertos;
- A pressão do vento sobre a fachada exposta e (negativa) sobre a fachada oposta gera uma ventilação natural dos espaços, atravessando frinchas, janelas e portas.

Características a ter em consideração na especificação das ferragens que comandam os movimentos de envidraçados e seus acessórios relevantes:

- Quando a habitação dispõe de fachadas com orientações solares opostas ou apenas diferentes, é muito importante dotar as janelas, em cada uma das orientações solares, com um sistema de abertura que permita ventilar com segurança, mesmo quando as pessoas não se encontram em casa – uma abertura em função basculante não permite a intrusão;

- Idealmente, em cada espaço da casa deve existir, pelo menos, uma janela oscilo-batente porque permite uma ventilação mais eficaz;
- Os puxadores das janelas devem ser equipados com uma fechadura;
- Idealmente, em cada espaço da casa deve existir uma grelha de ventilação integrada num dos vãos envidraçados, para garantir as renovações de ar necessárias;
- Em zonas em que existam insectos, deverão integrar-se redes mosquiteiras nos vãos.

Se todas as características apresentadas forem tidas em consideração, é possível garantir um clima interior saudável e confortável durante todo o ano.

4.5.1.6. Atenuação Climática



Coberturas Ajardinadas

As coberturas ajardinadas contribuem para a qualificação paisagística dos edifícios, cujos ecossistemas funcionam a favor do conforto climático e da absorção da poluição atmosférica. Desde tempos recuados, há jardins flutuantes para enriquecer o cenário urbano, contribuir para a consolidação de comunidades e para aumentar o conforto e bem-estar dos habitantes.

O conceito de tratamento paisagístico dos espaços exteriores permanece marcadamente relacionado com as especificidades locais e com o controlo das variáveis de conforto climático, através do coberto vegetal nas coberturas edificadas (radiação solar recebida, sombras projectadas, regime de ventos, regime de chuvas).

A plantação de espécies vegetais em áreas de cobertura resulta na criação de ecossistemas que albergam muitos dos organismos que encontramos na natureza e que são benéficos para a absorção da poluição atmosférica na cidade, causada pelas actividades humanas.

As áreas ajardinadas em coberturas tornam-se espaços de atenuação climática do próprio edificado e contribuem para reduzir o impacto dos extremos menos confortáveis do clima exterior. Uma área com densa vegetação junto a um espaço de estar semi-exterior protege do sol e do vento e melhora as condições de conforto.

Conhecendo-se as características do microclima local, é possível determinar e moldar, de uma forma criativa, o conforto em espaços exteriores. Quando dispomos de áreas que libertam humidade (como o fazem as superfícies de água, as áreas com vegetação densa...), a frescura resultante pode contribuir para o arrefecimento passivo e aumentar, deste modo, o conforto ambiental no interior das habitações adjacentes, bem como reduzir o efeito de ilha de calor na cidade. Áreas de cobertura ajardinada são, certamente, um elemento de valorização do edifício também sob a perspectiva da sua mera presença no meio edificado, porque enriquecem o cenário urbano.

É de extrema importância que a impermeabilização, o isolamento térmico, a terra e as espécies especificados para as coberturas ajardinadas sejam adequados a este contexto e uso específico. O sistema de impermeabilização, por exemplo, deve resistir à perfuração por raízes das espécies escolhidas e apresentar garantias de funcionamento para um prazo de 10 ou mais anos.

4.5.1.7. Equipamentos Eléctricos



Electrodomésticos Classe A

Os electrodomésticos classe A são muito mais eficientes do que os restantes e contribuem para a optimização do desempenho energético-ambiental da habitação.

Uma grande parte do consumo de energia doméstica está concentrada na cozinha. Se consultarmos a Matriz Energética de Lisboa, no que diz respeito à factura energética doméstica, apercebemo-nos que os equipamentos de frio doméstico (frigoríficos e congeladores) são responsáveis por 18%, a preparação de refeições por 16% e a lavagem mecânica por 6%.

A dimensão adequada dos electrodomésticos e a sua utilização eficiente (por exemplo, as máquinas de lavar só devem funcionar quando estão cheias) são, certamente, um primeiro aspecto a considerar. Ao adquirir um frigorífico, por exemplo, devemos ter em conta se a sua dimensão é a mais adequada para armazenar a quantidade de produtos habitualmente necessárias em casa. Sendo demasiado grande, acabamos por consumir muito mais energia do que o necessário, mesmo que o electrodoméstico seja extremamente eficiente.

A eficiência dos equipamentos que utilizamos tem sido uma área de grande aposta da Comissão Europeia e resultou na obrigatoriedade de afixar, em cada electrodoméstico que se encontra à venda, o respectivo desempenho energético e o consumo de água, desagregado em classes entre A e G.

Os electrodomésticos CLASSE A (de que existem também as classes A+ ou A++) são muito mais eficientes no uso da energia e no uso da água do que aqueles com outras classificações e contribuem para a optimização do desempenho energético-ambiental da habitação.

Na generalidade, são também mais silenciosos, o que os torna mais fáceis de operar fora das horas de pico de consumo (durante a noite, sempre que o ruído não seja perturbador), período este em que a energia é vendida a um preço inferior. Quando os electrodomésticos CLASSE A não estão em promoção, poderão ser ligeiramente mais caros do que aqueles com classes de desempenho inferior, mas compensará adquiri-los, porque a eficiência far-se-á imediatamente sentir na conta de electricidade, cujo valor será inferior. A eficiência dos electrodomésticos faz-se também sentir à escala do abastecimento, porque os picos de consumo se tornam menos extremos, o que permite às concessionárias de energia reduzir a quantidade de energia que injectam na rede.

Quando o funcionamento dos electrodomésticos eficientes é integrado num programa de gestão dos consumos domésticos, as economias tornam-se ainda mais evidentes. Quando uma máquina de lavar é preparada para arrancar ao final do dia, sempre que não necessitemos urgentemente do seu conteúdo, tanto importa se arranca de imediato ou se arranca a meio da noite, desde que o ciclo – silencioso – esteja concluído de manhã.

A compra de electrodomésticos CLASSE A é uma medida ao alcance de todos e terá uma maior expressão à escala do balanço energético nacional se for mais generalizada.



Iluminação de Baixo Consumo

A substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas de baixo e de muito baixo consumo – fluorescentes e LED – é uma das medidas mais fáceis e mais economicamente viáveis para reduzir o consumo de energia.

A substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas de baixo consumo – fluorescentes – é uma das medidas mais fáceis e mais económicas para reduzir o consumo de energia e, conseqüentemente, as emissões de CO₂ para a atmosfera no sector doméstico. Existem no mercado produtos que podem ser introduzidos já na fase de projecto e outros que o utilizador final também pode introduzir na sua habitação ou escritório, caso não disponha já de soluções de baixo consumo para iluminação. Estes produtos reduzem para um quarto o consumo de energia e a sua vida útil é treze vezes superior àquela das lâmpadas incandescentes convencionais.

No Sul da Califórnia, uma concessionária de energia optou por oferecer graciosamente mais de 1 milhão de lâmpadas compactas, de baixo consumo, aos seus clientes, para evitar o custo, muito superior, de investimento na construção de uma nova central de energia – que representa uma medida de eficiência energética menos onerosa, quando comparada com o custo da respectiva produção imediata de energia. Dado o preço destas lâmpadas ser, por enquanto, superior ao das lâmpadas incandescentes, a mesma concessionária de energia subsidiou, também na Califórnia, os fabricantes de lâmpadas de baixo consumo de energia de forma a conseguirem uma redução para um terço do seu preço de mercado e incentivou, desta forma, os consumidores a adquiri-las sem hesitação. Outras concessionárias nos Estados Unidos optaram por tornar estas lâmpadas mais acessíveis fornecendo-as em regime de aluguer – com substituição automática sempre que avariarem (Hawken, 1999).

As iniciativas, aqui referidas, são lideradas por concessionárias de energia, porque estas são as principais interessadas na eficiência bem como no controlo dos consumos e visam alcançar um mercado muito alargado.

Hoje já se encontra disponível uma tecnologia ainda mais evoluída que reduz, em comparação com as lâmpadas convencionais incandescentes, para um décimo o consumo de energia. Estas lâmpadas de muito baixo consumo, denominadas Diodo Emissor de Luz (“Light Emitting Diode”), LED, apresentam benefícios como a facilidade em controlar a qualidade da luz emitida, a longevidade, até cinquenta vezes superior àquela das lâmpadas incandescentes convencionais, e a sua dimensão.

Com a tecnologia LED, o potencial de redução de consumo à escala global é considerável, sobretudo se tivermos em conta que 19% da electricidade produzida no planeta é consumida em iluminação. Na aquisição de uma lâmpada LED, o investimento em questão nem deveria ser contemplado na óptica do período de retorno, que é suficientemente curto, pois os benefícios são muito relevantes para o planeta e o preço está ao alcance de todos. Para além do reduzido consumo de energia, uma característica de grande importância a ter também em consideração é a restrição de alguns materiais utilizados na produção de lâmpadas LED (como o mercúrio e o fósforo) por fazerem parte daquele conjunto de elementos dificilmente absorvidos pelos ecossistemas quando as suas concentrações são excessivamente elevadas.

A implementação das lâmpadas de baixo consumo deverá ser acompanhada pela introdução de dispositivos que também permitem a redução do consumo de energia, sendo estes os reguladores de fluxo, temporizadores e sensores de presença.

4.5.1.8. Gestão da Água



Uso Eficiente de Água

A água é um recurso extremamente escasso e precioso que deve ser gerido de forma eficiente e justa para com as gerações actuais e as gerações vindouras. A água própria para consumo humano existe em quantidade ínfima no nosso planeta. Trata-se de um recurso extremamente precioso que deve ser gerido de forma eficiente e justa para com as gerações actuais e as gerações vindouras.

Hoje, 1.200 milhões de pessoas não têm acesso a água em condições para consumo humano, e a Organização das Nações Unidas estima que, em 2025, 1.800 milhões de pessoas habitarão em regiões sem acesso a água em condições para consumo humano e dois terços da população mundial poderão sofrer condições de stress ou falta de água.

Os edifícios podem ser concebidos e construídos de forma a otimizar consideravelmente a procura de água potável, durante a fase de operação. Por um lado canalizando a água potável apenas para os usos que precisam de todas as suas qualidades e, por outro lado, reduzindo a quantidade necessária para o uso que lhe é dado.

No contexto da construção sustentável, serão abordadas duas perspectivas distintas para otimizar o consumo de água. A primeira descreve os cuidados a ter no processo de concepção, de construção e de operação de um edifício para que a procura de água potável seja otimizada, sem reduzir o grau de conforto e de salubridade que o seu uso proporciona. A segunda descreve como se torna hoje possível e desejável produzir e fornecer “água secundária” para satisfazer os usos que não carecem de água potável. Assim, a água que utilizamos quotidianamente é abordada tanto na óptica da procura como na óptica da oferta, focando, sobretudo, as medidas que podem contribuir para melhorar o “serviço água” prestado.

No nosso planeta, a água com a qualidade necessária para se tornar potável existe numa quantidade ínfima e, mesmo que algumas regiões possuam reservas maiores, a realidade é que, todas elas, são finitas e nos cabe partilhar estas reservas do planeta com um número crescente de co-habitantes. Ainda hoje, um terço da população do planeta não tem acesso a água potável nem canalizada.

Para que o serviço “água potável”, que consideramos básico para a nossa sobrevivência e para que o desenrolar das nossas actividades quotidianas possa continuar a ser prestado com qualidade e de forma estável, a sua gestão terá que assentar nos princípios da sustentabilidade.

Em primeiro lugar e da mesma forma em que a eficiência é o primeiro passo na optimização da utilização de energia, a procura de água potável terá que ser optimizada para que toda a água de que não necessitamos permaneça ao dispor das gerações vindouras.

Se a prestação do serviço “água potável” pertence às obrigações da respectiva concessionária, fazendo chegar água às nossas torneiras com a qualidade necessária, na quantidade desejada e com a pressão adequada, então os utilizadores têm a obrigação de consumirem esta água apenas para aqueles fins que carecem da qualidade “potável” e apenas na quantidade absolutamente necessária.

O consumo de água em Lisboa, por exemplo, é muito superior à média do país e à média da Europa (dados da Matriz da Água de Lisboa). As medidas, que se apresentam em seguida, pretendem a redução do consumo de água, sem reduzir o conforto, nem o grau de higiene associados ao seu uso. Na óptica da gestão da procura, existem medidas que, ao serem implementadas em fase de projecto e de construção ou reabilitação, podem contribuir para reduzir até metade a procura de água potável nas nossas habitações:

- Devem ser utilizadas torneiras misturadoras monocomando nos lava-loiças, lavatório e bidé;
- Todas as torneiras utilizadas na função de água corrente devem ser munidas de dispositivos de redução do fluxo de água (torneiras dos lava-loiças, lavatório e do bidé);
- O chuveiro do duche deve consumir menos do que 9 litros de água por minuto;
- As sanitas devem ser equipadas com descarga selectiva (pelo menos 2 botões); a descarga mais reduzida deve debitar menos de 6 litros de água;
- Os electrodomésticos devem ter o certificado classe A com respeito ao consumo de água.

Torna-se particularmente importante a utilização de chuveiros eficientes, porque, de acordo com um estudo sobre a desagregação do consumo doméstico de água potável em Lisboa, desenvolvido pela EPAL, é no duche que se consome quase 50% da água potável. Também as descargas selectivas nas sanitas são relevantes, porque, de acordo com o mesmo estudo, estas são responsáveis por 22% do consumo de água potável. Para além destas medidas, é certo que os nossos comportamentos podem conduzir a uma redução ainda maior do consumo de água potável.

Por exemplo, quando lavamos os dentes, com torneiras de mono-comando, será fácil fechar a água enquanto os escovamos, reabrindo-a facilmente quando passamos por água a escova. Quando preparamos um chá, ao aquecermos a quantidade certa de água, reduzimos o consumo de água, bem como o consumo de energia.

Nenhum destes comportamentos altera a qualidade do nosso prazer de contacto com a água.

É muito importante e economicamente viável substituir todos os dispositivos existentes por dispositivos que reduzam o consumo de água, sem reduzirem as condições de conforto na sua utilização. Também os equipamentos domésticos que utilizam água devem ser Classe A.



Reciclagem de Águas Cinzentas

A água própria para consumo humano deve ser utilizada apenas para as funções que carecem de todas as suas qualidades. Como recurso extremamente precioso para a sobrevivência das espécies e para a qualidade de vida das pessoas, a água própria para consumo humano deve ser utilizada apenas para as funções que carecem de todas as suas qualidades. No entanto, hoje em dia, a água potável é utilizada para usos que devem ser satisfeitos por uma água que pode ter uma qualidade inferior.

A água potável que utilizamos deve ser reciclada e reutilizada e, também, toda a água da chuva que cai nas coberturas dos edifícios, deve ser recolhida em depósitos e, com o devido tratamento, reutilizada para as funções que não carecem de água potável. Portugal é um país rico no recurso chuva que, para além de restabelecer os níveis de água nas reservas, enche as barragens e é também utilizada para a produção de electricidade.

Hoje existem no mercado tecnologias relevantes para produzir água reciclada a partir de água da chuva e de águas cinzentas, água esta que, ao ser regenerada, pode satisfazer os usos que não carecem de água potável. Alguns dos sistemas disponíveis no mercado para reciclagem de águas da chuva e de águas cinzentas estão homologados, outros encontram-se ainda em fase experimental em vários países Europeus.

Como a água potável é um recurso com uma escassez crescente, torna-se muito importante implementar todos os sistemas de regeneração e de reciclagem de águas da chuva e de águas cinzentas, passíveis de serem integrados em contextos urbanos.

A água pode ser regenerada, reciclada, reutilizada e alcançar um grau de qualidade que pode satisfazer muitas das necessidades quotidianas, uma vez que nem todas obrigam à escolha de água potável. Os usos que não carecem de ser fornecidos como água potável são os seguintes:

- Rega de espaços verdes ajardinados;
- Lavagem de espaços exteriores e veículos;
- Descarga em sanitas;
- Lavagem de loiça e roupa à máquina de lavar loiça e roupa.

Esta água reciclada não é, de forma alguma, nociva à saúde humana, porque os sistemas de reciclagem, na sua última fase de tratamento, devem garantir a eliminação de bactérias. Nas nossas habitações devemos, por isso, ter dois abastecimentos de água distintos, com contadores individuais. Um será para a água potável e o outro para a água reciclada. As redes nunca se deverão cruzar, dado que não deverá realizar-se a contaminação da rede de água potável.

Na óptica da gestão da oferta existem medidas que, ao serem implementadas em fase de projecto e de construção ou reabilitação, podem contribuir para reduzir consideravelmente a procura de água potável nas nossas habitações:

- O aproveitamento de águas da chuva (com recolha nas coberturas), através da instalação de um sistema de reciclagem;
- O aproveitamento de águas cinzentas (usadas, provenientes dos lava-loiças, lavatórios, duches, banheiras e bidés), através da instalação de um sistema de reciclagem.

A recolha de águas pluviais em reservatórios também contribui para atenuar o impacto de grandes precipitações, o que é importante nas cidades, onde grande parte da superfície está impermeabilizada e não tem capacidade para absorver, nem temporariamente, uma maior quantidade de chuva.

A implicação principal de qualquer sistema de reciclagem de águas da chuva e de águas cinzentas é a construção de reservatórios, capazes de armazenar a quantidade de água a reciclar, podendo estes, na sua maioria, ser subterrâneos. Um depósito, onde a água é regenerada com o contributo da atmosfera e da radiação solar, poderá permanecer à vista e tornar-se um valor estético acrescentado para qualquer empreendimento.

A legislação e regulamentação nacional estão a ser adaptadas para permitir a implementação, de forma alargada, de sistemas de reciclagem de águas pluviais e de águas cinzentas.

4.5.2. Sistema de Gestão Energética – Software SCADA

SCADA é a abreviação de *Supervisory Control And Data Acquisition*. Geralmente refere-se a um sistema de controlo industrial: um sistema computadorizado a monitorizar e controlar um processo (ver figura 4.8).

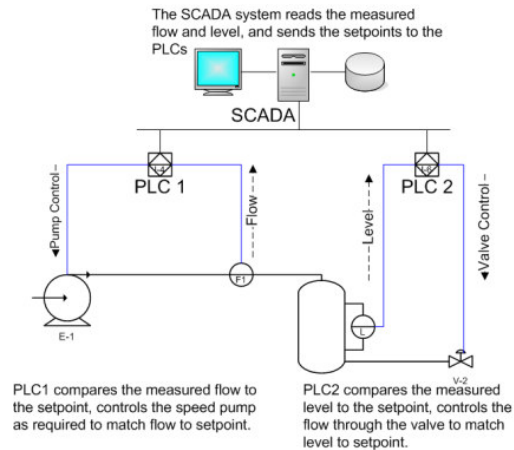


Figura 4.8. – Representação do funcionamento do software SCADA. ©Wikipedia

Um sistema de gestão energética é normalmente um sistema auxiliado por ferramentas computadorizadas, utilizadas por operadores das redes eléctricas para monitorizar, controlar e otimizar o desempenho dos sistemas de produção e/ou distribuição. As funções de monitorização e controlo são conhecidas como SCADA. Os pacotes de optimização são frequentemente referenciados como “aplicações avançadas”.

Pode ser aplicado a processos de produção, transporte e distribuição de energia e sistemas de comunicação, no entanto apresenta grandes potencialidades de aplicação no sector doméstico/residencial e de serviços.

O SCADA monitoriza e controla os sistemas de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), acesso e consumo energético.

Um sistema SCADA normalmente consiste nos seguintes subsistemas:

- **Interface Homem-Máquina (HMI)**: onde os dados dos processos são visualizados por um operador humano, em que este poderá monitorizar e controlar os processos;
- **Sistema de Supervisão** (computador): recolha (aquisição) de dados do processo e envio de comandos (controlo) do processo;
- **Unidades Remotas Terminais (RTUs)**: ligadas a sensores no processo, conversor de sinais dos sensores para dados digitais e o envio de dados digitais para o sistema de supervisão;
- **Infra-estrutura de Comunicação**: para ligação entre o sistema de supervisão e as unidades remotas terminais.

5. Caso de Estudo: Torre Verde

5.1. Introdução

No presente capítulo apresenta-se um caso de estudo, com o objectivo de utilizar um exemplo de boas práticas, ao nível da concepção de edifícios. A Torre Verde é um edifício que reflecte a boa aplicação dos princípios da construção sustentável e da correcta adaptação às condições ambientais.

5.2. Descrição do Projecto

A Torre Verde é um edifício habitacional, cujo projecto foi inspirado em princípios bioclimáticos. Localiza-se na zona Norte do Parque das Nações, em Lisboa, próximo da Ponte Vasco da Gama (ver figura 5.1.). O próprio plano de pormenor (da autoria do Prof. Cabral de Mello) cria condições muito favoráveis a esta arquitectura (inexistência de sombras projectadas e orientação privilegiada para Sul).



Figura 5.1. – Torre Verde. ©TironeNunes

Inseriu-se numa parcela de 1.225 m², com um polígono de implantação de 900m², uma área bruta de construção de 7.200 m² distribuída por 12 pisos (41 habitações de tipologias T2, T3 e T4). Cada apartamento tem os espaços principais orientados a Sul, acesso a dois lugares de estacionamento, no piso 0 e -1, usufrui de uma área ajardinada (localizada no embasamento) e terraço comum (localizado no 10º piso), o que proporciona aos habitantes uma excelente possibilidade de interagirem positivamente, com vistas privilegiadas sobre o Mar da Palha e o Parque das Nações (ver figura 5.2.).



Figura 5.2. – Terraço do 10º piso. ©TironeNunes

A ideia da Torre Verde nasceu em Setembro de 1995, sendo um projecto da autoria da empresa Tirone Nunes, com o objectivo de demonstrar a nível internacional que, mesmo em contextos urbano de alta densidade, é possível alcançar elevados níveis de conforto durante todo o ano, partindo da eficiência energética e do recurso a energias renováveis.

O lote de terreno, para a implementação da Torre Verde, foi adquirido em Dezembro de 1995 e em Agosto de 1996 inicia-se a sua construção. A execução deste projecto teve como responsável a Cooperativa Viver a Luz, constituída pelas cooperativas Chesmas e Checascais e pela Tirone Nunes. Em 1997, a Torre Verde foi galardoada com o prémio "Melhor Empreendimento de 1997 – Urbanismo e Ambiente", anualmente atribuído pela revista "Imobiliária". A obra é concluída em Setembro de 1998 e em Outubro de 1998 dá-se a respectiva entrega de casas aos sócios da cooperativa Viver a Luz.

O projecto obteve financiamento comunitário, no âmbito do programa Thermie'96, concedido em Novembro de 1996, que previa a incorporação de tecnologias solares passivas e activas.

Na concepção e construção deste edifício foram consideradas e utilizadas técnicas solares passivas, que permitem otimizar o desempenho térmico de cada habitação, tornando-se desnecessário o arrefecimento mecânico e minimizando-se o recurso ao aquecimento. Foi instalado um sistema centralizado de produção de energia térmica, que tem como produção prioritária um sistema solar térmico, com o apoio de uma caldeira a gás natural.

5.2.1. Concepção do Edifício

A Torre Verde é um edifício com 12 pisos, distribuídos por 41 habitações de tipologias T2, T3 e T4.

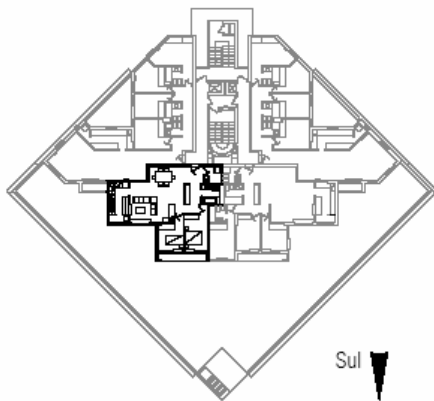
Caracterização dos apartamentos T2 e T3

Localizam-se entre os pisos 1 e 9, tendo uma orientação favorável que permite que todos os seus espaços tenham as janelas a Sul. Beneficiam de bastante iluminação natural e de ganhos solares equilibrados, ao longo de todo o ano.

Apresentam a seguinte configuração:

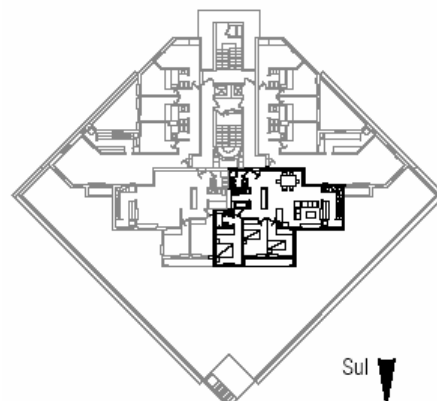
- Orientação a Sul, com janelas a Poente (T2) e Nascente (T3), explorando-se as várias intensidades de luz, tendo em consideração a atenuação dos contrastes;
- Ao nível da organização interior, o hall de entrada tem como função a separação de espaços com diferentes funcionalidades, englobando num lado a sala de estar/jantar e cozinha, noutro os quartos;
- Os quartos partilham uma varanda, que tem uma excelente vista sobre o Parque das Nações e o Mar da Palha.

Nas figuras 5.3. e 5.4. estão representados os apartamentos com tipologias T2 e T3.



T2 Piso 4 Área - 90 m²

Figura 5.3. – Tipologia T2. ©TironeNunes



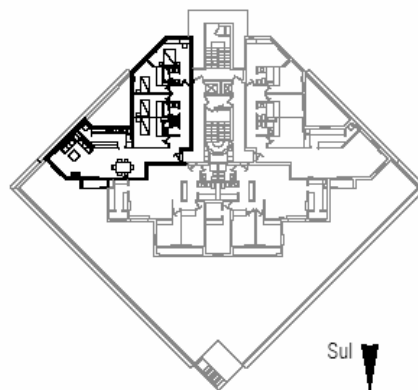
T3 Piso 5 Área - 110 m²

Figura 5.4. – Tipologia T3. ©TironeNunes

Caracterização dos apartamentos T4

Localizam-se entre os pisos 1 a 7, estando orientados para Poente ou Nascente, no entanto, a sala de estar/jantar apresenta um extenso alçado orientado a Sul. A disposição do espaço segue a lógica indicada na caracterização dos apartamentos T2 e T3. O hall de entrada faz uma separação entre as zonas sociais e as zonas mais privadas do apartamento. A sala de estar/jantar é ampla, existindo o máximo de aproveitamento da luz natural, através da grande janela, orientada a Sul, que dá acesso à varanda. Esta última apresenta uma vista sobre o Parque das Nações e/ou o Mar da Palha.

Na figura 5.5. está representada um apartamento de tipologia T4.



T4 Piso 7 Área - 140 m²
Figura 5.5. – Tipologia T4. ©TironeNunes

Técnicas utilizadas na concepção do edifício

Na concepção da Torre Verde, as técnicas utilizadas representam uma aplicação prática e concreta dos princípios da arquitectura bioclimática, que se adequam clima mediterrânico, mais especificamente da cidade de Lisboa.

Seguidamente destacam-se algumas técnicas utilizadas:

- Implantação do edifício no lote de terreno disponível definida de forma a tirar o máximo partido da orientação, otimizando as características de insolação da fachada Sul (ver figuras 5.6. e 5.7.);

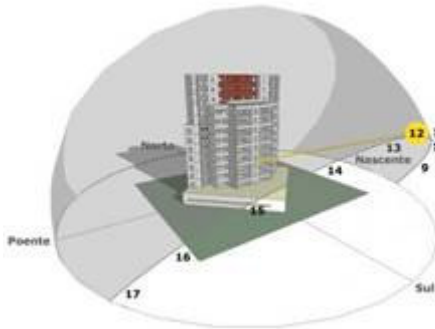


Figura 5.6. – Representação da trajetória solar no período do Outono/Inverno. ©TironeNunes

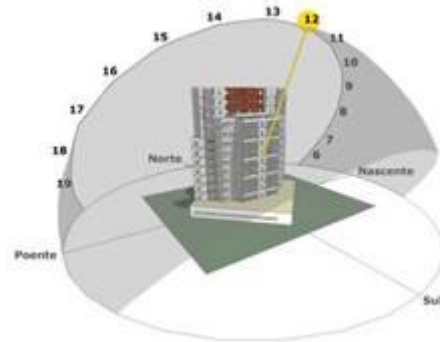


Figura 5.7. – Representação da trajetória solar no período da Primavera/Verão. ©TironeNunes

- Optimização da distribuição dos espaços interiores, tirando o máximo partido das características do edifício (ver figura 5.8.);

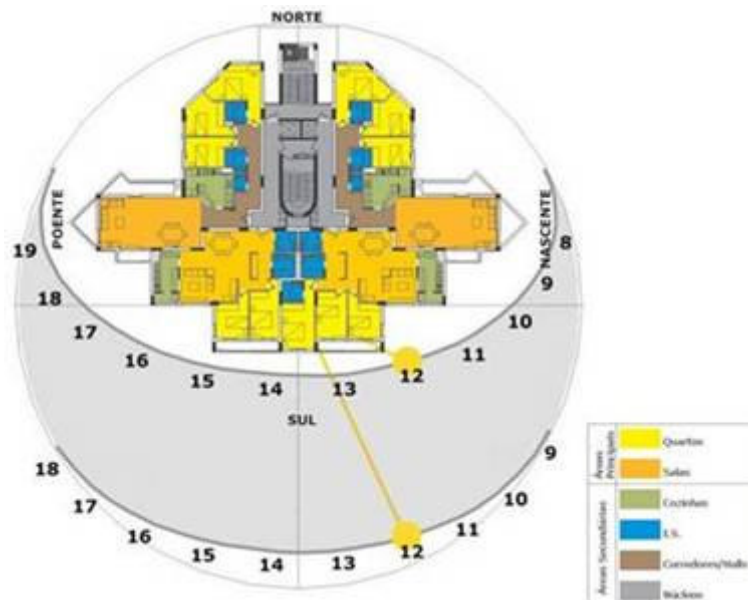


Figura 5.8. – Representação da distribuição dos espaços interiores. ©TironeNunes

- Adopção de uma forma compacta para o edifício, reduzindo a sua sensibilidade ao clima exterior;
- Optimização das características de inércia térmica das habitações – redução das flutuações de temperaturas interiores – devido ao recurso a materiais de construção pesados e da aplicação de isolamento térmico pelo exterior;
- Optimização dos ganhos solares a Sul (ganho directo) e da instalação de uma área adequada de paredes de Trombe (ganhos indirectos);
- Rigoroso dimensionamento dos vãos envidraçados, tendo em atenção as características térmicas de cada fachada e as necessidades de iluminação natural dos espaços contíguos;

- Adopção generalizada de vidros duplos e de caixilharias de boa qualidade térmica (ver figura 5.9.);



Figura 5.9. – Caixilharia. ©TironeNunes

Adaptação de caixilharias do tipo oscilo-batente, que permitem uma abertura segura e confortável para efeitos de ventilação (*free-cooling* e *night-cooling*), durante o Verão, com um fecho estanque à ventilação não desejada;

- Optimização das características de sombreamento dos envidraçados, nomeadamente através do recurso a dispositivos de sombreamento fixos e da instalação de estores exteriores de lâminas. Estes existem em todas as janelas, salvo as das cozinhas e em janelas muito pequenas. Os estores são manuais e reguláveis (sobem e descem). O ângulo regula-se entre horizontal e vertical, para permitir a entradas e mais ou menos luz natural (ver figuras 5.10., 5.11. e 5.12.);



Figura 5.10. – Estores exteriores descidos para controlar a entrada de luz. ©TironeNunes



Figura 5.11. – Estores exteriores subidos para permitir a entrada de luz. ©TironeNunes



Figura 5.12. – Imagem dos estores exteriores. ©TironeNunes

- As varandas funcionam como sombreamento das janelas no alçado Sul quando o Sol sobe de ângulo nos meses mais quentes do ano (ver figura 5.7.);
- Optimização das características de isolamento térmico, sendo de destacar o facto deste ser aplicado de forma contínua pelo exterior. A envolvente do edifício tem a seguinte composição (de dentro para fora): começa com uma camada de reboco/estruque, uma camada de tijolo (varia entre os 0,20m e os 0,30 m de espessura), poliestireno expandido (esferovite) com 6 cm de espessura, primário acrílico, tela tecida de vidro, primário e revestimento em duas camadas (ver figura 5.13.).

Com este sistema as paredes são permeáveis ao vapor de água, mas impermeáveis à entrada de água, o que significa que a casa respira mas não deixa entrar humidade.

As coberturas não visitáveis têm a seguinte composição: brita (que serve para proteger mecanicamente o isolamento térmico que se encontra por debaixo desta), uma camada contínua de poliestireno expandido ou extrudido, (que faz parte do isolamento térmico que envolve o edifício) e uma camada contínua de tela de impermeabilização sobre a laje de betão maciça da cobertura (ver figura 5.14.).

As coberturas visitáveis têm a seguinte composição: pavimentos em pedra, uma camada contínua de poliestireno extrudido (com 8 cm de espessura), uma camada contínua de tela de impermeabilização aplicada sobre a laje de betão maciça da cobertura (ver figura 5.15.).



Figura 5.13. – Parede exterior.
©TironeNunes

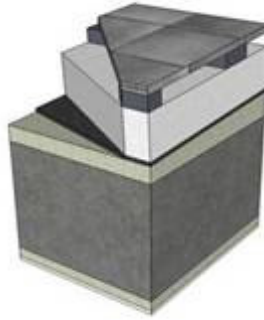


Figura 5.14. – Laje de cobertura.
©TironeNunes

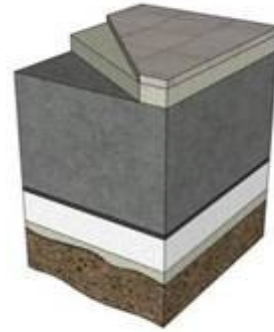


Figura 5.15. – Laje de pavimento.
©TironeNunes

5.3. Descrição do Sistema Central de Energia Térmica

O edifício está equipado com um sistema centralizado de produção de energia térmica, instalado numa área técnica, situada no 10º piso do edifício (ver figura 5.16.). O sistema produz toda a água quente sanitária necessária para as 41 habitações (AQS + aquecimento ambiente).



Figura 5.16. – Área Técnica (10º piso). ©TironeNunes

O sistema de produção térmica tem como base um sistema solar térmico, constituído por diversas baterias de colectores, estando distribuído pela cobertura do edifício (cerca de 150 m² de área de captação). Como energia de apoio foi instalada uma caldeira a gás natural, que complementa a produção térmica para fins de água quente sanitária (AQS) e aquecimento ambiente (ver figuras 5.17. e 5.18.).



Figura 5.17. – Colectores solares distribuídos pela cobertura do edifício. ©TironeNunes



Figura 5.18. – Colectores solares. ©TironeNunes

A água da rede alimenta o depósito de acumulação 1, onde esta é pré-aquecida pela energia captada pelos colectores solares. Posteriormente, a água quente é direccionada para o depósito de acumulação 2, onde esta será distribuída para AQS. Caso a temperatura da água não atinja o valor pretendido (55.ºC), sofrerá um aquecimento adicional (no depósito de acumulação 2), com a energia proveniente da caldeira (ver figura 5.19.). A capacidade total de acumulação é de 4.500 litros e encontra-se igualmente dividida pelos 2 depósitos (2.250 litros cada).

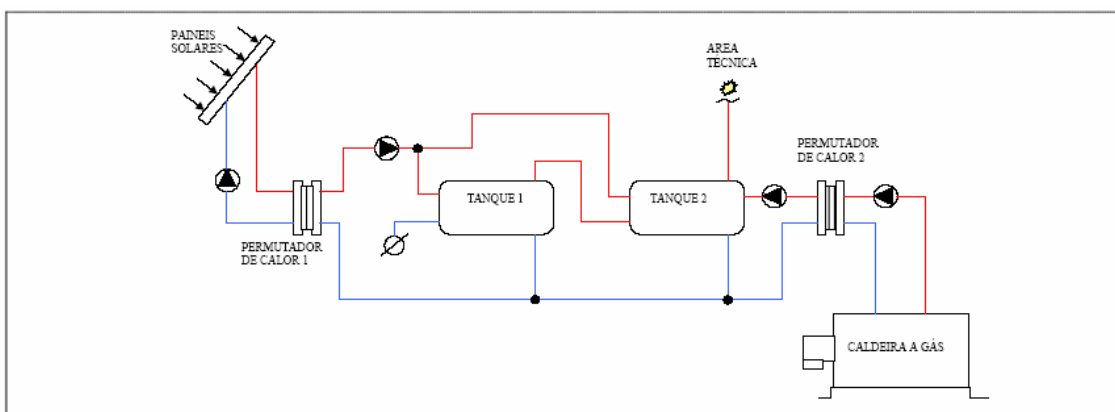


Figura 5.19. – Esquema do sistema de produção de energia térmica.

O aquecimento de água para aquecimento ambiente é integralmente assegurado pela caldeira (circuito sem apoio solar). A água quente produzida na caldeira é direccionada para um permutador de placas (circuito primário), onde depois de efectuada a permuta de calor para o circuito secundário, esta é distribuída pelos radiadores existentes nos diversos apartamentos (ver figura 5.20.).

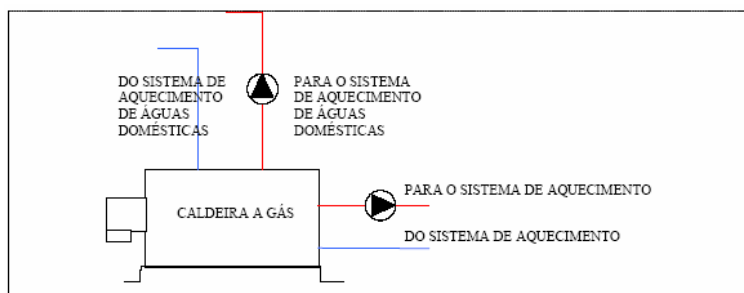


Figura 5.20. – Sistema de aquecimento ambiente.

O edifício está equipado com diversos tipos de contadores, que fornecem informações acerca dos consumos parciais. Na caldeira encontra-se instalado um contador, de gás natural, que contabiliza o consumo do sistema central de produção de energia térmica (ver figura 5.21.).



Figura 5.21. – Contador de Gás Natural (Caldeira)
©TironeNunes

À entrada de cada apartamento existem contadores totalizadores de (ver figura 5.22.):

- Energia Eléctrica (kWh);
- Gás Natural (m³);
- Entalpia – Energia térmica para aquecimento ambiente (kWh);
- AQS (m³);
- Água Fria Sanitária (m³).



Figura 5.22. – Contadores de electricidade, gás natural, entalpia e água quente.
©TironeNunes

5.4. Resultados da Monitorização dos Consumos Energéticos

Entre Outubro de 2000 e Outubro de 2001 foi efectuada uma campanha de monitorização, tendo esta diversos objectivos, sendo de destacar a análise dos consumos energéticos e da qualidade do ar interior.

Seleccionaram-se 3 apartamentos, com diferentes tipologias (4C, 5B e 7D), que foram monitorizados em 4 períodos (Out./00, Jan./01, Ago./01 e Out./01). Aquando a realização das medições, foram avaliadas as condições climatéricas exteriores e as de ambiente interior. Mediu-se consumo energético total e o parcial das componentes electricidade, gás natural e energia solar térmica (ver tabela 5.1.).

Tabela 5.1. – Valores obtidos na monitorização dos consumos energéticos.

Mês	Condições climatéricas exteriores (valores médios)			Ambiente interior (valores médios)			Consumo de energia total do edifício [kWh/m ²]			
	T [°C]	HR [%]	Radiação [Wh/m ²]	Apart.	T [°C]	HR [%]	Total	Electric.	Gás	Solar
Outubro	16,9	68	2890	4C	24,5	53	4,33	2,20	1,37	0,78
				5B	23,3	54				
				7D	23,6	54				
Janeiro	12,2	80	2170	4C	20,8	68	7,75	2,63	4,18	0,93
				5B	20,6	59				
				7D	20,3	61				
Agosto	23,0	64	4105	4C	26,5	57	3,27	1,91	0,58	0,79
				5B	25,7	57				
				7D	25,2	59				
Outubro	19,1	78	1879	4C	24,7	62	4,13	2,09	1,31	0,73
				5B	24,0	63				
				7D	23,9	60				

Analisando o relatório que apresenta os resultados da monitorização (Edifícios Saudáveis Consultores, 2001), observa-se que o consumo energético total foi de 58,53 kWh/m².ano, correspondendo 26,49 kWh/m².ano (45%) à componente eléctrica e 32,04 kWh/m².ano (55%) à componente térmica.

O sistema solar térmico contribui com 9,72 kWh/m².ano, correspondendo a: 16,6% da energia total, a 30,34% da energia térmica e 60% da energia para AQS (Águas Quentes Sanitárias).

A tabela 5.2 indica alguns valores referência relativamente ao consumo energético no sector doméstico.

Tabela 5.2. – Valores padrão de consumo energético para o sector doméstico.

Fonte	Ano	Parâmetro	Valor (kWh/m ² .ano)
DGE ¹	1989	Consumo total de energia	80
		Consumo total de energia eléctrica	35
		Consumo total de energia para aquecimento	18
INETI ²	1998	Consumo total de energia para aquecimento	6
EC (SAVE) ³	1996	Consumo total de energia eléctrica	43
FGT ⁴	1998	Consumo total de energia	38
		Consumo total de energia eléctrica	13
		Consumo total de energias comerciais	21

1 - Direcção Geral de Energia, “Consumo de Energia no sector Doméstico”, 1989;

2 - INETI/ITE, “Edifícios Solares Passivos em Portugal”, 1997

3 - European Community, SAVE Programme (Contract. N.º 4.1031/93.58) “Demand-Side Management End-Use Metering Campaign in the Residential Sector”, 1996

4 - Fundação Gomes Teixeira, “Energia e Conforto em dois Blocos de Habitação Social com o Uso de Tecnologias Solares Passivas e Activas”, 1998.

Se forem comparados os valores padrão com os resultados obtidos, poder-se-á concluir que a Torre Verde apresenta um desempenho térmico bastante bom. Interessa também referir que associados ao bom comportamento térmico do edifício estão associados bons níveis de conforto e de qualidade do ar interior.

Devido à qualidade de concepção do edifício, os consumos energéticos específicos são inferiores aos indicados pela Direcção Geral de Energia, para habitações de classe média em Portugal.

5.5. Certificação Energética do Edifício

5.5.1. Certificação Energética – Projecto LiderA

Em Outubro de 2007, o projecto da Torre Verde foi premiado com um certificado de eficiência ambiental (Classe A) no âmbito do sistema LiderA.

O LiderA, acrónimo de Liderar pelo Ambiente para a construção sustentável é a designação de um sistema de avaliação e reconhecimento voluntário da construção sustentável e ambiente construído que está disponível em fase piloto (lidera.info).

O sistema considera que, desde o seu início, o empreendimento deve adoptar uma política ambiental, a qual deve ser adequada às especificidades ambientais e considerar os seguintes princípios (lidera.info):

- **Princípio 1:** respeitar a dinâmica local e potenciar os impactes positivos;
- **Princípio 2:** eficiência no consumo dos recursos;
- **Princípio 3:** reduzir o impacte das cargas (quer em valor quer em toxicidade);
- **Princípio 4:** assegurar a qualidade do ambiente interior;
- **Princípio 5:** assegurar a qualidade do serviço;
- **Princípio 6:** assegurar a gestão ambiental e a inovação.

Na figura 5.23. pode observar-se o certificado LiderA atribuído à Torre Verde, no qual consta a certificação classe A. No certificado, que se encontra no anexo I, são avaliados diversos indicadores: local e integração, recursos, cargas ambientais, ambiente interior, durabilidade e acessibilidade, gestão ambiental e inovação. Através da análise dos referidos indicadores, poderá constatar-se que o edifício Torre Verde apresenta um bom nível de desempenho ambiental.

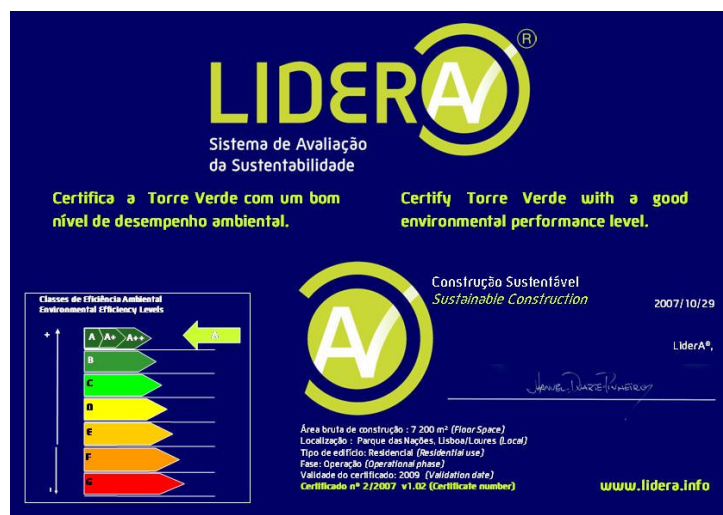


Figura 5.23. – Certificado LiderA atribuído ao projecto Torre Verde ©LiderA

5.5.2. Certificação Energética – SCE

Conforme já foi indicado (Introdução), o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) encontra-se inserido no Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE).

O Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) estabelece requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente, limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Este regulamento impõe limites aos consumos energéticos para climatização e produção de águas quentes, num claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacto em termos de energia primária. Esta legislação impõe a instalação de painéis solares térmicos e valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável (Adene, 2008).

Apesar de apenas depois de Janeiro de 2009 a certificação energética abranger todos os edifícios, incluindo os existentes, durante o decorrer do presente ano (2008) 2 fracções da Torre Verde procederam à certificação voluntária.

As fracções 12AB e 8A encontram-se certificadas e constam na base de dados dos edifícios certificados, no site da ADENE (Agência para a Energia) com as seguintes referências: Nº CER CE0000001077520 (TV 12AB) (ver anexo II) e Nº CER CE0000001199525 (TV8A) (ver anexo III).

À fracção 8A foi atribuída uma classe energética A, enquanto que a fracção 12AB foi classificada como B. Apesar de ambos os apartamentos pertencerem ao mesmo edifício, poderão existir diferenças ao nível do desempenho térmico, tal como acontece neste exemplo. Esta diferença de comportamento térmico deve-se ao facto do apartamento 12 AB se situar no último piso, havendo desta forma uma maior troca térmica com a envolvente, através da cobertura do edifício. Há que ressaltar o facto de as diferenças de desempenho térmico, entre as fracções em questão, serem reduzidas, no entanto são o suficiente para que as classes energéticas sejam diferentes.

No anexo II encontram-se os certificados energéticos das 2 fracções, nos quais se poderão analisar a descrição do desempenho térmico de cada uma.

Interessa referir que apesar da concepção do edifício ser de 1996, este cumpre os requisitos no âmbito da legislação definida no SCE.

6. Conclusões

Segundo dados apresentados pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), no relatório de Eficiência Energética Em Edifícios, o consumo de energia ao longo da vida de um edifício apresenta a seguinte proporção (o estudo não considera as operações de desmantelamento):

- Fabrico, Transporte e Construção: 12%;
- Utilização (aquecimento, ventilação, aquecimento de água e electricidade): 84%;
- Manutenção e renovação: 4%.

Analisando o ciclo de vida da utilização de energia, observa-se que mais de 4/5 da utilização energética local ocorre na fase operacional do tempo de vida de um edifício. Partindo desta primeira análise, pode-se concluir que é fundamental fazer um correcto dimensionamento dos edifícios, apostando em materiais e tecnologias que permitam a redução dos custos de exploração do mesmo.

Conforme foi demonstrado no presente trabalho, a aplicação dos conceitos de arquitectura bioclimática é base para que se alcancem os resultados de sustentabilidade que se pretendem obter. Para além disto, é de grande importância considerar a aplicação de sistemas inteligentes. Estes permitem a produção de energia no local (a partir de energias renováveis), bem como a correcta gestão do uso desta. Deste modo, poderão reduzir-se os impactos ambientais negativos, bem como obter reduções económicas bastante relevantes.

Torna-se imperativo mudar a actual lógica vigente de concepção de projectos, devendo-se implementar uma visão holística que passe a envolver todos os agentes de mercado. Os projectistas (arquitectos e engenheiros), entidades estatais, investidores, indústria, sector financeiro, proprietários, entre outros, deverão estar sintonizados no objectivo da eficiência energética, quebrando com a fragmentação existente entre as secções da cadeia de valor.

Em Portugal, a situação ao nível dos edifícios não é muito favorável, pelos motivos apresentados ao longo do trabalho. No entanto, já começam a surgir bons exemplos que poderão servir como alavanca de dinamização deste processo. Para além do caso de estudo apresentado (Torre Verde), é importante destacar o projecto desenvolvido pelo INETI, denominado Edifício Solar XXI. O referido edifício é um bom modelo de aplicação de processos de construção e de produção de energia renovável. É o exemplo de como uma entidade estatal pode desenvolver um bom projecto, que tem como finalidade servir de mostruário de boas práticas, a toda a comunidade.

Neste trabalho explorou-se o conceito da casa/edifício sustentável, como sendo a base do urbanismo, estando incluída numa rede, na qual tem um papel activo e crucial. Se extrapolarmos a lógica aplicada nas unidades base (edifícios), para um conceito mais global de urbanização, poderemos contribuir para a criação de uma cidade mais compacta, multifuncional e criativa.

Apesar de se focar mais a questão energética no sector dos edifícios, esta não se deve separar das questões relacionadas como os outros sectores, caso da indústria e transportes. Trata-se de um assunto comum e que deve ser abordado integradamente, principalmente o caso específico dos transportes. O sector industrial deparou-se com o problema dos crescentes custos energéticos e correspondente poluição associada, há já alguns anos, tendo encontrado algumas soluções de adaptação. Este sector tem apresentado melhorias de desempenho nos últimos anos.

Já o sector dos transportes tem tido um agravamento, facto que não pode ser dissociado do caos urbanístico que se vive nas maiores cidades. Se adicionarmos a este facto a questão do sector dos edifícios, poderemos concluir que toda a concepção de ordenamento do território tem que ter em consideração todos estes factores. Para que se obtenha um melhor desempenho energético-ambiental terá que se repensar a forma de organização das cidades.

Conforme ficou demonstrado ao longo da presente dissertação, a resolução dos problemas energéticos passa, prioritariamente, pela promoção da poupança energética. Posteriormente deverão ser reorganizados os sistemas energéticos, havendo a necessidade de considerar cada vez mais soluções descentralizadas.

Já ao nível da produção de energia, dever-se-á pensar em toda a energia como um todo, integrando a produção térmica e eléctrica. Sempre que hajam condições técnicas, deverão ser utilizados sistemas de produção combinada de calor e electricidade.

Actualmente existem diversas tecnologias que permitem a produção de energia a partir de fontes renováveis. Sendo Portugal um país rico nestes recursos, torna-se imperativo dotar o país de capital humano capaz de aproveitar e dinamizar esta oportunidade que se encontra ao alcance de todos nós. Somente através deste caminho poderemos melhorar a grave situação ambiental gerada pela produção de energia.

É importante enaltecer o esforço que está a ser feito, no país, no sentido de desenvolver mais projectos de produção de energia a partir de fontes renováveis. É prioritário reduzir do consumo de energia final, caso contrário o efeito das energias renováveis não será sentido. O peso destas no “*mix*” de produção energética, ficará “diluído” e não se atingirão os benefícios pretendidos.

Bibliografia

Bibliografia consultada

- 2020 vision: Saving our energy, European Commission, Directorate-General for Energy and Transport.
- BP Statistical Review of World Energy 2007
- BP Statistical Review of World Energy 2008
- European Commission, A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy, 8 March 2006
- European Insulation Manufacturers Association; *U-Values For Better Energy Performance of Buildings*; Brussels; EURIMA; 2007
- Eurostat Energy Statistics - Yearly statistics 2005
- Eurostat, News Release 126/2006 21 September 2006
- Gonçalves, H. e Graça, J.; *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*; Lisboa; Edição DGGE/IP-3E; 2004
- Hawken, P., Lovins A. e Lovins, H; *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*; New York; Little Brown; 1999
- Lopes, J.; *Desenvolvimento da Microgeração e Microredes* (Slides Apresentação); Porto; Inesc; 21-05-2007
- Nascimento, C. e Maldonado, E.; *Reabilitação Energética da Envoltura de Edifícios Residenciais*; Lisboa; Edição DGGE/IP-3E; 2004
- Portugal Eficiência 2015 - *Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética Resumo - Versão para Consulta Pública*; Ministério da Economia e Inovação; Fevereiro 2008.
- Pulaski, M.; *Field Guide for Sustainable Construction*; Pennsylvania State University; Philadelphia; 2004
- Pure Power, Wind Energy scenarios up to 2030, By the European Wind Energy Association, March 2008
- Sisson, B.; Aershot, V.; Crowe, R. e Kornevall, C.; *Eficiência Energética Em Edifícios: Realidades empresariais e oportunidades*; Lisboa; BSCD Portugal; 2007
- Tirone, L. e Nunes, K.; *Construção Sustentável*; Lisboa; Edição TironeNunes; 2007
- Tirone, L.; Leite, C. e Magalhães, L.; *Matriz da Água de Lisboa*; Lisboa; Lisboa E-Nova; 2006
- Tirone, L. e Leite, C.; *Matriz Energética de Lisboa*; Lisboa; Lisboa E-Nova; 2005
- World Energy Outlook 2006, International Energy Agency
- World Energy Outlook 2007, International Energy Agency

Referências bibliográficas

- Almeida, A.; Patrão, C.; Fonseca, P. e Moura, P.; *Manual de Boas Práticas de Eficiência Energética*; Lisboa; BSCD Portugal; 2005; págs. 34 – 36
- Almeida, A.; Patrão, C.; Fonseca, P. e Moura, P.; *Manual de Boas Práticas de Eficiência Energética*; Lisboa; BSCD Portugal; 2005; pág. 36
- Almeida, A.; Patrão, C.; Fonseca, P. e Moura, P.; *Manual de Boas Práticas de Eficiência Energética*; Lisboa; BSCD Portugal; 2005; pág. 37
- Almeida, A.; Patrão, C.; Fonseca, P. e Moura, P.; *Manual de Boas Práticas de Eficiência Energética*; Lisboa; BSCD Portugal; 2005; págs. 37 – 38
- Almeida, A.; Patrão, C.; Fonseca, P. e Moura, P.; *Manual de Boas Práticas de Eficiência Energética*; Lisboa; BSCD Portugal; 2005; págs. 38 – 39
- Almeida, A.; Patrão, C.; Fonseca, P. e Moura, P.; *Manual de Boas Práticas de Eficiência Energética*; Lisboa; BSCD Portugal; 2005; pág. 39
- Gonçalves, H. e Graça, J.; *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*; Lisboa; Edição DGGE/IP-3E; 2004; pág. 4
- Gonçalves, H. e Graça, J.; *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*; Lisboa; Edição DGGE/IP-3E; 2004; pág. 10
- <http://www.adene.pt/ADENE/Canais/SubPortais/SCE/Legislacao/Nacional/RCTE.htm>
- http://www.lidera.info/Certificacoes_portugueses.html
- <http://www.smartgrids.eu>
- <http://www.xcelenergy.com/smartgrid/>
- Lopes, J.; Saraiva, J.; Hatzargyriou, N. e Jenkins, N.; *Management of Microgrids*; Porto; INESC; 2003; pág. 2 - 3
- Lopes, J.; *Desenvolvimento da Microgeração e Microredes (Slides Apresentação)*; Porto; Inesc; 21-05-2007
- Lopes, J.; Moreira, C. e Madureira, A.; *Defining Control Strategies for MicroGrids Islanded Operation*, IEEE Transactions on Power Systems; Vol.21; NO 2; May 2006; págs. 916 – 917
- Ochsner, K.; *Geothermal Heat Pumps A Guide for Planning and Installing*; London; 2007; págs 15 – 25
- Relatório Monitorização Torre Verde; Edifícios Saudáveis Consultores; Lisboa, 2001; págs. 56 – 58

Sites Consultados

(Última consulta em Outubro de 2008)

- <http://apps1.eere.energy.gov/consumer/>
- <http://ec.europa.eu/energy/>
- http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/buildings_en.htm
- http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/mix/mix_pt_en.pdf
- http://ec.europa.eu/energy/index_en.html
- <http://ec.europa.eu/eurostat>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/SCADA>
- <http://engenium.wordpress.com/2007/02/02/domotica-edificios-inteligentes/>
- <http://pt.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%B3tica>
- http://pt.wikipedia.org/wiki/Edif%C3%ADcio_inteligente
- <http://www.adene.pt>
- <http://www.adene.pt/ADENE/Canais/SubPortais/SCE/Legislacao/Legisla%C3%A7%C3%A3o.htm>
- <http://www.construcaosustentavel.pt>
- <http://www.dgeg.pt>
- <http://www.diag.org.uk/key-information/archive-documents.aspx>
- <http://www.eceee.org/>
- <http://www.ecocasa.org>
- <http://www.edp.pt>
- <http://www.eea.europa.eu/>
- <http://www.eere.energy.gov>
- <http://www.eia.doe.gov/>
- <http://www.eia.doe.gov/fuelelectric.html>
- <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html>
- <http://www.energy.eu/>
- <http://www.energy.gov>
- <http://www.epa.gov>
- <http://www.epal.pt>
- <http://www.eurima.org/>
- <http://www.german-renewable-energy.com/Renewables>
- <http://www.iaea.org/inis/nkm/nkm/aws/eedrb/data/PT-enc.html>
- <http://www.iea.org/>
- http://www.ineti.pt/projectos/projectos_frameset.aspx?id=325
- http://www.lidera.info/TorreVerde_portugues.html
- <http://www.logica.pt/f%C3%B3rum+intelligent+power+delivery/400011258>
- <http://www.nrel.gov/>
- <http://www.ren.pt>
- <http://www.renewableenergyworld.com>
- <http://www.renewables-made-in-germany.com>

- <http://www.renovaveisnhora.pt>
- <http://www.smartgrids.eu/>
- <http://www.sustainable-construction.org.uk/>
- <http://www.unwater.org/>
- <http://www.urban-wind.org>
- <http://www.urbanwindenergy.org.uk/>

Anexos

Anexo I – Certificado LiderA

Anexo II – Certificado RCCTE TV12

Anexo III – Certificado RCCTE TV8A