

Manual de boas práticas de eficiência energética

Implementar o desenvolvimento sustentável
nas empresas



BCSD Portugal
Conselho Empresarial para o
Desenvolvimento Sustentável

ISR – Dep. de Eng. Electrotécnica e de Computadores
Universidade de Coimbra



Nota prévia

A gestão dos recursos de energia é hoje um dos principais desafios que, a nível mundial, a sociedade moderna enfrenta.

O desenvolvimento económico prevaemente nas últimas décadas, caracterizou-se pela utilização muito intensa de energia produzida a partir de recursos de origem fóssil. A natureza finita desses recursos naturais, e o impacto ambiental da sua produção e consumo, alertaram o mundo para a necessidade de mudança dessas premissas de suporte ao modelo de desenvolvimento. Aliada a esta realidade surgiram ainda as evidências da globalização que hoje nos demonstram a interdependência de factores até há pouco olhados como independentes, tais como o acesso e a utilização de energia e o desenvolvimento económico, o combate à pobreza e as preocupações ambientais e climáticas, entre outros.

Novos caminhos têm que ser encontrados para viabilizar a manutenção dos padrões de vida das sociedades desenvolvidas e as justas aspirações dos países em desenvolvimento, sem contudo comprometer o futuro das gerações vindouras.

O desafio é enorme e a solução de longo prazo está longe de ser conhecida mas, no curto e médio prazo, a acção tem de passar pela procura de fontes alternativas de energia, com ênfase especial para as renováveis, e pelo aumento da eficiência na utilização das energias disponíveis.



Francisco de la Fuente Sánchez
Francisco de la Fuente Sánchez
Presidente do BCSO Portugal

O desafio que se coloca aos governos, às instituições e às empresas não se pode limitar à identificação de uma necessidade de mudança de rumo no paradigma energético. Ele tem necessariamente de passar pela definição do modo como essa mudança pode e deve ser realizada, garantindo o progresso social, o equilíbrio ambiental e o sucesso económico.

A maneira como utilizamos a energia de que dispomos é uma questão chave neste processo e por isso o aumento da eficiência energética das operações nas empresas é imprescindível para se atingirem os objectivos do novo modelo de desenvolvimento, tanto pela diminuição da intensidade energética global, como pelo aumento dos correspondentes resultados económicos.

A eficiência energética constitui-se como uma valiosa oportunidade para as empresas, mais uma vez, se afirmarem como parte da solução, com criação de valor real para o negócio e simultaneamente para a sociedade e para o ambiente.

O BCSO Portugal promoveu a iniciativa de publicação deste manual, em parceria com a Universidade de Coimbra e com o apoio de 10 empresas particularmente interessadas nesta temática, com o objectivo de divulgar o “estado da arte” das técnicas disponíveis de eficiência energética, permitindo, pela sua enunciação e pela exemplificação através de casos de estudo, que as empresas possam identificar onde e como podem melhorar a sua performance energética. Esperamos que esta publicação contribua para alavancar de forma vigorosa a adopção generalizada pelas empresas nacionais do conjunto de medidas de eficiência energética já disponíveis, trilhando de forma pragmática o caminho do desenvolvimento sustentável, isto é, produzindo mais com menos impacto, numa cultura de eco-eficiência, com os consequentes resultados positivos a nível económico, social e ambiental.



eficiência energética

Índice

- 2 O conceito de sustentabilidade**
- 4 Energia: Um desafio global**
 - 1 Dependência energética e segurança de abastecimento
 - 2 Benefícios económicos e ambientais
- 7 O caminho a seguir**
 - 1 Intensificação da eficiência energética e da cogeração
 - 2 Aumento das energias renováveis
 - 3 Fixação de CO₂
- 10 Eficiência energética - Estratégias e barreiras**
 - 1 Vantagens e impactos da utilização racional de energia (URE)
 - 2 Barreiras de mercado
 - 3 Promoção da eficiência energética através de serviços de energia
 - 4 Políticas de incentivo à realização de acções de URE
 - 5 Certificados brancos
- 14 Utilização eficiente de energia eléctrica e térmica**
 - 1 Tecnologias de utilização eficiente de electricidade
 - 2 Tecnologias de utilização eficiente de energia térmica
 - 3 Factor de potência
 - 4 Edifícios sustentáveis
- 34 Produção descentralizada de electricidade e de calor**
 - 1 Cogeração
 - 2 Trigerção
 - 3 Biomassa
 - 4 Microturbinas
 - 5 Células de combustível
 - 6 Integração de energia fotovoltaica e solar térmica em edifícios de serviços e em edifícios industriais
 - 7 Sistemas com elevada qualidade de energia
- 42 Sustentabilidade nos transportes**





O conceito de sustentabilidade

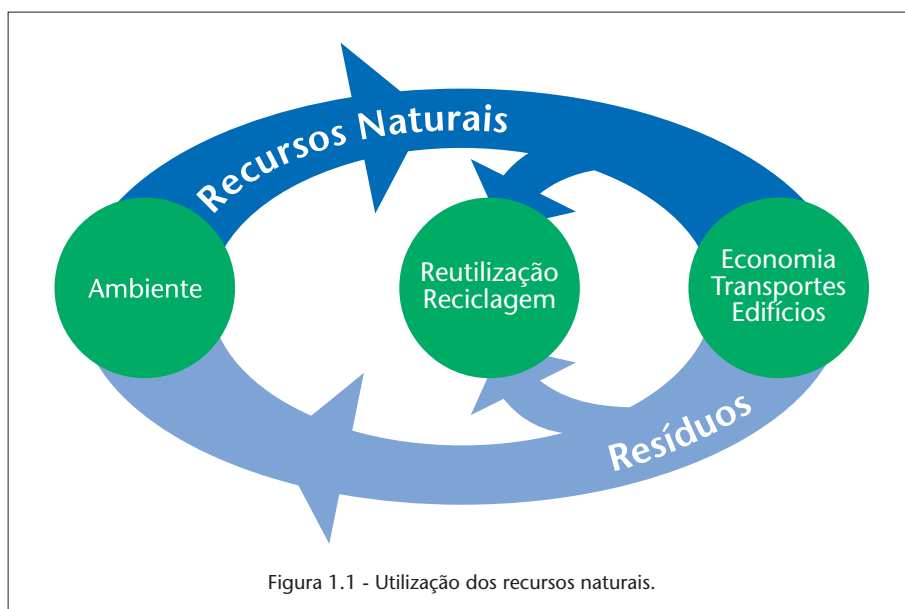
O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu no final do século XX, pela constatação de que o desenvolvimento económico também tem que levar em conta o equilíbrio ecológico e a preservação da qualidade de vida das populações humanas a nível global. A ideia de desenvolvimento sustentável tem por base o princípio de que o Homem deve gastar os recursos naturais de acordo com a capacidade de renovação desses recursos, de modo a evitar o seu esgotamento (fig. 1.1). Assim, entende-se por desenvolvimento sustentável aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras fazerem o mesmo.

A sustentabilidade assenta nos seguintes princípios ou regras de gestão de recursos:

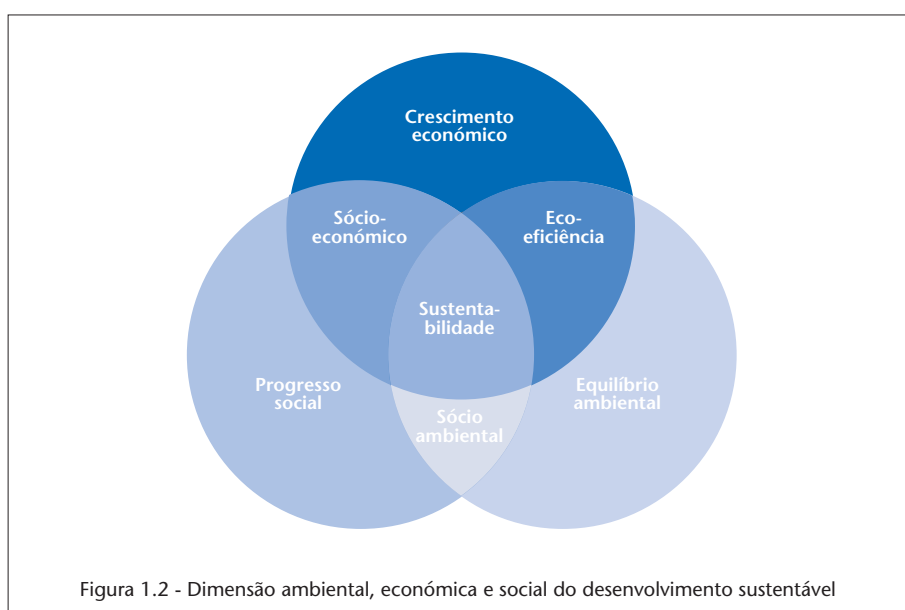
- A exploração dos recursos renováveis não deve exceder ritmos de regeneração;
- As emissões de resíduos poluentes devem ser reduzidas ao mínimo e não devem exceder a capacidade de absorção e de regeneração dos ecossistemas;
- Os recursos não renováveis devem ser explorados de um modo quase sustentável limitando o seu ritmo de esgotamento ao ritmo de criação de substitutos renováveis. Sempre que possível deverá ser feita a reutilização e a reciclagem dos resíduos resultantes da utilização de recursos não renováveis. Os resíduos de algumas actividades económicas podem em muitos casos servir como matérias-primas de outras actividades.

A actividade económica, o meio ambiente e o bem-estar global da sociedade formam o tripé básico no qual se apoia a ideia de desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento sustentável só pode ser alcançado se estes três eixos evoluírem de forma harmoniosa.

Assim, o conceito de desenvolvimento sustentável pode ser representado pela fig. 1.2 em que os três círculos representam as dimensões ambiental, económica e social associadas, sendo de salientar os seguintes aspectos:



- Os processos económicos, sociais e ambientais estão fortemente interligados;
- O desenvolvimento sustentável vai para além da conservação ambiental;
- As actividades desenvolvidas no presente e no médio prazo devem garantir a satisfação global das necessidades das gerações futuras;
- O desenvolvimento sustentável apela a mudanças estruturais a longo prazo na economia e no sistema social, com o objectivo de reduzir o consumo dos recursos naturais mantendo o potencial económico e a coesão social.





Energia

um desafio global

O desenvolvimento sustentável foi colocado no mapa político mundial pela Cimeira da Terra realizada no Rio de Janeiro em 1992, na sequência do relatório da Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento (“relatório Brundtland”) em 1987. A União Europeia definiu uma estratégia de desenvolvimento sustentável – COM(2001)264 para a Cimeira Mundial Rio + 10, que teve lugar na África do Sul em 2002, documento que se encontra actualmente em revisão.

A nível nacional, os primeiros passos foram dados em 1998, com o Plano Nacional para o Desenvolvimento Económico e Social (2000-2006). Neste documento, o Governo define os vários objectivos ambientais a serem alcançados para o período em questão. No seguimento dos compromissos internacionais assumidos por Portugal no âmbito da Agenda 21, Portugal apresentou um documento intitulado "Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável" (ENDS 2002), na preparação da Cimeira Mundial de Joanesburgo. Com base nas recomendações feitas durante o período de discussão pública, foi apresentada uma nova proposta da Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS 2005-2015), em Julho de 2004, completando a versão da ENDS de 2002.

Dependência energética e segurança de abastecimento

Ao longo da história, as necessidades das sociedades em energia têm vindo a aumentar, particularmente após a Revolução Industrial. O consumo crescente de energia tem sido satisfeito pela utilização do carvão, do petróleo e, mais recentemente, do gás natural. Estes combustíveis fósseis são recursos naturais não renováveis, devido à sua taxa de formação ser muito lenta em relação à escala temporal do homem. A figura 2.1 mostra bem a dependência energética de Portugal, cerca de 85% do consumo total, uma vez que os combustíveis fósseis são totalmente importados.

De acordo com o actual ritmo de exploração, estima-se que as reservas petrolíferas conhecidas estejam na sua maioria esgotadas até ao ano de 2050. O horizonte temporal do gás natural é um pouco mais dilatado e a utilização em larga escala do carvão, cujas reservas são de alguns séculos,

é a mais gravosa em termos ambientais. Os combustíveis fósseis, ao serem queimados, produzem grandes quantidades de poluentes, tais como dióxido de carbono, óxidos de azoto e poeiras, com impactos negativos sobre a qualidade do ar, o efeito de estufa e a saúde humana. Na figura 2.2 pode ver-se a desagregação dos consumos finais da energia em Portugal por sectores.

A segurança de abastecimento visa não só maximizar a autonomia energética, mas também reduzir os riscos que lhe estejam associados, o que implica designadamente o equilíbrio e a diversificação das várias fontes de abastecimento. A dependência actual de Portugal e da maioria dos países ocidentais, relativa a uma pequena quantidade de fontes de abastecimento que estão maioritariamente ligadas ao petróleo, conduz a um incremento da insegurança de abastecimento. Este facto é agravado quando existe uma

grande dependência do exterior e pelas constantes subidas do preço do petróleo.

A evolução do sistema energético nacional caracteriza-se nomeadamente, por uma forte dependência externa e conseqüente crescimento da factura energética e por uma elevada intensidade energética do produto interno bruto (PIB). Na fig. 2.3 encontra-se representado o rácio entre as importações de petróleo e o PIB, tanto de Portugal como da UE 15.

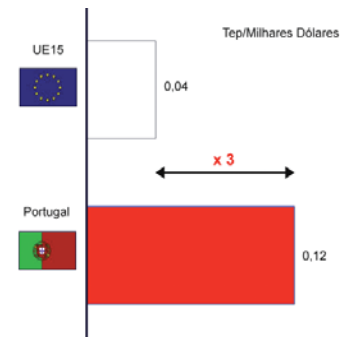


Figura 2.3 – Rácio entre a importação de petróleo e o PIB para Portugal e a UE 15 (Fonte: IEA).

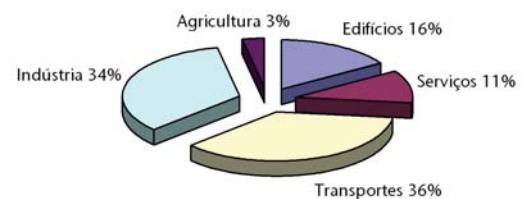
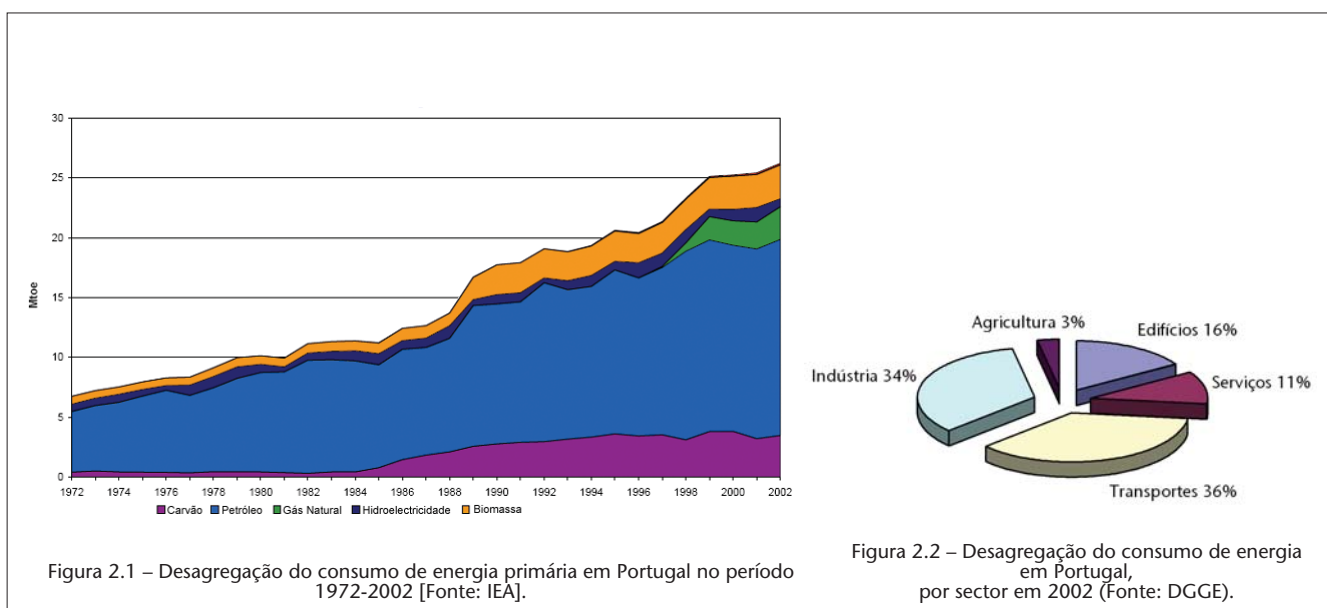


Figura 2.2 – Desagregação do consumo de energia em Portugal, por sector em 2002 (Fonte: DGGE).

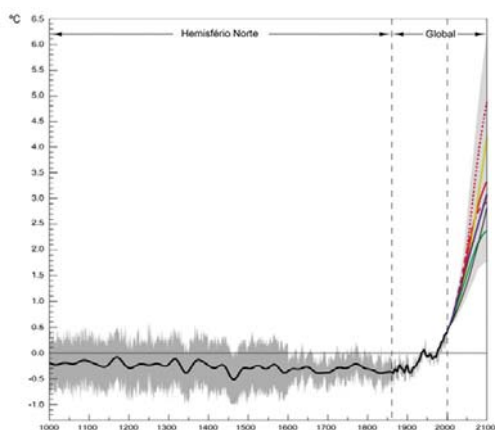


Figura 2.4 – Alteração na temperatura média na terra desde o ano 1000 e projecções das variações até ao ano 2100 (Fonte: IPCC).

Esta situação está essencialmente associada a três motivos:

- Ausência de capacidade interna de produção de petróleo e gás natural. Portugal produz apenas cerca de 15% da energia de que necessita;
- Portugal é o país com maior intensidade energética na União Europeia dos Quinze, ou seja, é o país que incorpora maior consumo de energia final para produzir uma unidade de produto interno;
- Maior dependência energética do petróleo. O petróleo satisfaz cerca de 64% do consumo de energia primária em Portugal.

A segurança de abastecimento está também estreitamente ligada à evolução da procura energética, pois o constante crescimento da procura implica um risco acrescido para a segurança energética. Urge assim diversificar as fontes de energia, nomeadamente através da aposta nas energias renováveis e atenuar a intensidade energética através da promoção de medidas de eficiência energética.

Benefícios económicos e ambientais

Nos últimos 150 anos o clima tem-se tornado progressivamente mais instável e mais quente. Se nada for feito, estas alterações têm tendência para se acentuar e para afectar negativamente o clima, com efeitos a nível dos recursos hídricos, das zonas costeiras, da agricultura, da saúde humana, da energia, e da biodiversidade.

A ocorrência destas alterações climáticas está directamente relacionada com o crescimento das emissões dos Gases de Efeito de Estufa (GEE), em que o dióxido de carbono (CO₂) assume um papel preponderante. Outros gases relevantes para o efeito de estufa incluem o metano (CH₄), os óxidos de azoto (NO_x) e os compostos fluorados. As emissões de CO₂ e de NO_x produzidas pelo Homem são maioritariamente atribuídas ao sector energético e aos transportes.

A alteração rápida da temperatura (fig. 2.4) da Terra pode originar ocorrências meteorológicas mais extremas (furacões, inundações, secas) com graves consequências para a segurança das populações, para o desenrolar das actividades económicas, para as infra-estruturas, para o património, e para os eco-sistemas. As mudanças nos padrões agrícolas, na utilização do solo, nos recursos hídricos e na migração da mão-de-obra poderão ter repercussões enormes na economia e na sociedade. Estes impactos teriam consequências económicas e sociais enormes.

Ao promover a sustentabilidade de forma a travar as alterações climáticas procuramos não apenas benefícios para

o ambiente, mas também a nível económico e social. Com a ratificação do Protocolo de Quioto foram impostos os níveis de redução de Gases de Efeito de Estufa (GEE) aos países que o ratificaram. A União Europeia constitui uma das signatárias do protocolo, comprometendo-se a reduzir, como um todo, em 8% as suas emissões de GEE, no período de 2008 a 2012, em relação aos níveis existentes no ano de referência (1990). Dadas as condições económicas, ambientais e sociais, a UE estabeleceu que Portugal poderia aumentar as suas emissões de GEE em 27%, durante o período mencionado, objectivo esse cujo cumprimento se afigura muito problemático (fig. 2.5). No seu todo a União Europeia-15 apresentava no ano 2000 um excesso de 2% relativamente à trajectória de evolução linear das emissões de GEE no período 1990-2010 para o compromisso de Quioto, enquanto Portugal apresentava um excesso superior a 20%.

Embora o desenvolvimento sustentável exija a alteração de opções tecnológicas e de comportamentos para evitar consequências negativas para a sociedade no seu todo, também oferece grandes oportunidades. Cada vez mais se reconhece que uma política ambiental rigorosa não tem que travar o crescimento económico, mesmo que medido de forma convencional. São conhecidos exemplos de países e de empresas que têm conseguido conciliar esses objectivos com elevado sucesso.

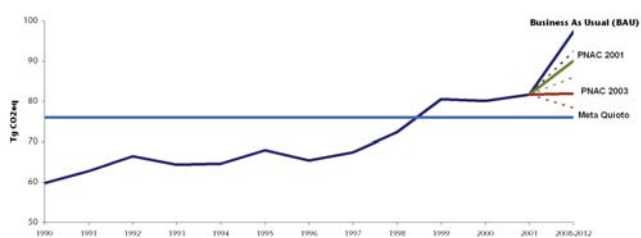


Fig. 2.5 – Variação das emissões de GEE em Portugal e comparação entre a meta de Quioto e vários cenários de evolução (Fonte: PNAC)

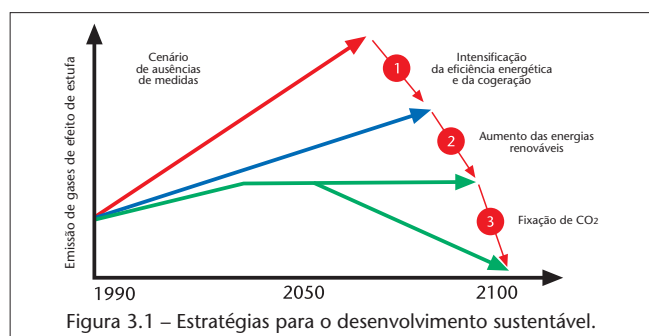


O caminho a seguir

Para alcançar o desenvolvimento sustentável a nível energético existem três estratégias complementares (fig. 3.1):

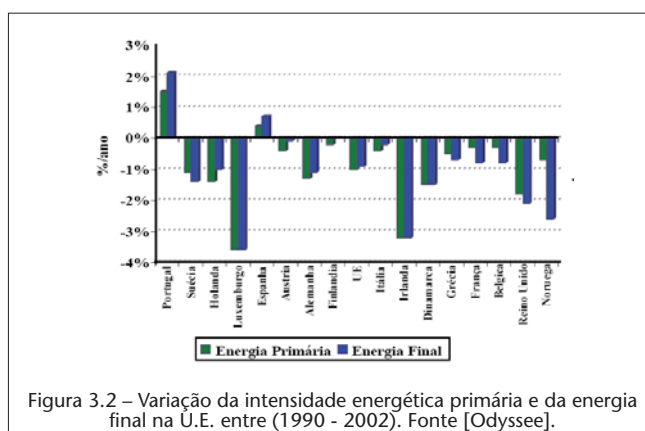
- Intensificação da eficiência energética e da cogeração;
- Aumento das energias renováveis;
- Fixação de CO₂.

Enquanto a primeira estratégia procura atenuar o crescimento da procura de energia, a segunda tem como objectivo dar resposta à satisfação da procura, utilizando de forma crescente recursos renováveis. As duas estratégias anteriores têm como objectivo principal minimizar os impactos ambientais da produção de energia. Durante o século XXI os combustíveis fósseis ainda terão um papel relevante para viabilizar uma transição suave para as energias renováveis. Como estratégia complementar às anteriores, a fixação de CO₂ permitirá a utilização de combustíveis fósseis sem os impactos negativos associados às emissões de CO₂.



Intensificação da eficiência energética e da cogeração

As crises energéticas dos anos setenta motivaram a economia mundial para aumentar a eficiência energética, tendo sido obtidos nas últimas décadas ganhos elevados de eficiência, particularmente na Europa Ocidental e no Japão. Portugal, com consumos de energia per capita que representam cerca de metade da média europeia, tem experimentado o agravamento da intensidade energética na sua economia (rácio do consumo de energia pelo



produto interno bruto), contrariamente à generalidade dos países da União Europeia (fig. 3.2). Portugal, para criar a mesma quantidade de riqueza, necessita de maior quantidade de energia que os seus parceiros comunitários. Esta situação é preocupante dada a nossa elevada dependência externa em energia primária.

O consumo final total de energia na União Europeia é aproximadamente 20% superior ao justificável com base em considerações puramente económicas, conforme explicitado no Livro Verde da Comissão "Para uma estratégia europeia de segurança do aprovisionamento energético". Isto significa que a selecção dos equipamentos mais apropriados, associado a boas práticas da sua utilização, reduziria os consumos em 20%, traria benefícios económicos aos utilizadores, e produziria uma redução substancial de emissões. Perante este cenário está actualmente em fase final uma proposta de Directiva Comunitária, Directiva dos Serviços de Energia, que tem como objectivos a poupança de uma quantidade de energia que, após a aplicação da directiva, seja igual, nos primeiros três anos, a pelo menos 3%, nos três anos seguintes a pelo menos 4% e nos três anos subsequentes a pelo menos 4,5% da quantidade de energia distribuída e/ou vendida a clientes finais.

Como complemento ao incremento da eficiência energética, surge a produção de energia com base na cogeração, uma técnica que permite utilizar um processo único para produção de energia térmica e de electricidade. A energia térmica pode ser utilizada em processos industriais ou no aquecimento e arrefecimento de edifícios. As novas centrais de cogeração permitem uma economia de combustível substancial em relação à produção separada de calor e electricidade. A Comissão Europeia também preparou uma Directiva Comunitária que tem como objectivo o aumento da percentagem da cogeração de 9%, em 1994, para 18% em 2010, o que permitirá economizar na ordem dos três a quatro por cento no total do consumo bruto de energia na UE.

Aumento das energias renováveis

A energia eléctrica gerada pelas fontes de energia renováveis resulta do aproveitamento de recursos naturais tais como as energias hídrica, eólica, solar, e das ondas. Estas fontes são abundantes, embora necessitem de investimentos consideráveis para o seu aproveitamento em larga escala.

O seu aproveitamento, se realizado de acordo com práticas adequadas, terá um impacto reduzido no meio ambiente, aumentando a diversidade da oferta de energia a longo prazo, e reduzindo a poluição e a emissão de gases de efeito de estufa.

Os consumos de energia na Europa com origem em fontes de energia renovável correspondiam em 1999 a apenas cerca de 6%. A União Europeia definiu como objectivo para 2010 atingir uma quota de 12% de contributo das energias renováveis em relação ao consumo final de energia primária (Directiva 2001/77/CE). A contribuição da energia eléctrica para este propósito global traduz-se no facto de 22% da energia eléctrica consumida em 2010 ser de origem renovável. Para Portugal este objectivo é de 39% e está actualmente em curso um ambicioso programa tendo em vista a instalação de cerca de 4.000 MW de potência eólica. Por razões de fiabilidade no abastecimento de electricidade é também desejável um forte incremento das centrais de biomassa, cuja produção é previsível, e que poderiam utilizar os cerca de 6 milhões de toneladas de resíduos florestais gerados anualmente na floresta em Portugal com externalidades muito positivas (redução acentuada do risco de incêndios com a limpeza das florestas e a dinamização da economia do interior). Numa política de expansão equilibrada das energias renováveis, os aproveitamentos hídricos reversíveis de fins múltiplos também merecem ser considerados devido ao potencial existente, à sua capacidade de integrar fontes intermitentes e ao seu impacto em diversas actividades económicas.

A mais longo prazo, a energia solar e a energia das ondas, com a previsível redução dos custos das tecnologias de conversão, terão um papel relevante no abastecimento de energia em Portugal.

Fixação de CO₂

Complementarmente à promoção da eficiência energética e das energias renováveis é importante que sejam desenvolvidas outras opções tecnológicas para dar inevitável continuidade ao uso dos combustíveis fósseis sem emissões de CO₂ para a atmosfera, o que pode ser conseguido através da captura e armazenagem de CO₂. Depois do combustível fóssil ser utilizado para produzir energia eléctrica ou outra forma de energia, o CO₂ é separado dos gases de saída nas condutas, sendo armazenado a longo prazo. Encontram-se em estudo diversas tecnologias para a concretização deste processo.

Para a armazenagem de CO₂ são requeridos grandes reservatórios – por exemplo, depósitos de sal-gema, minas de carvão, campos de petróleo ou de gás abandonados, aquíferos profundos, ou no fundo do oceano (fig. 3.3).

Os campos de petróleo ou de gás já explorados tornam-se

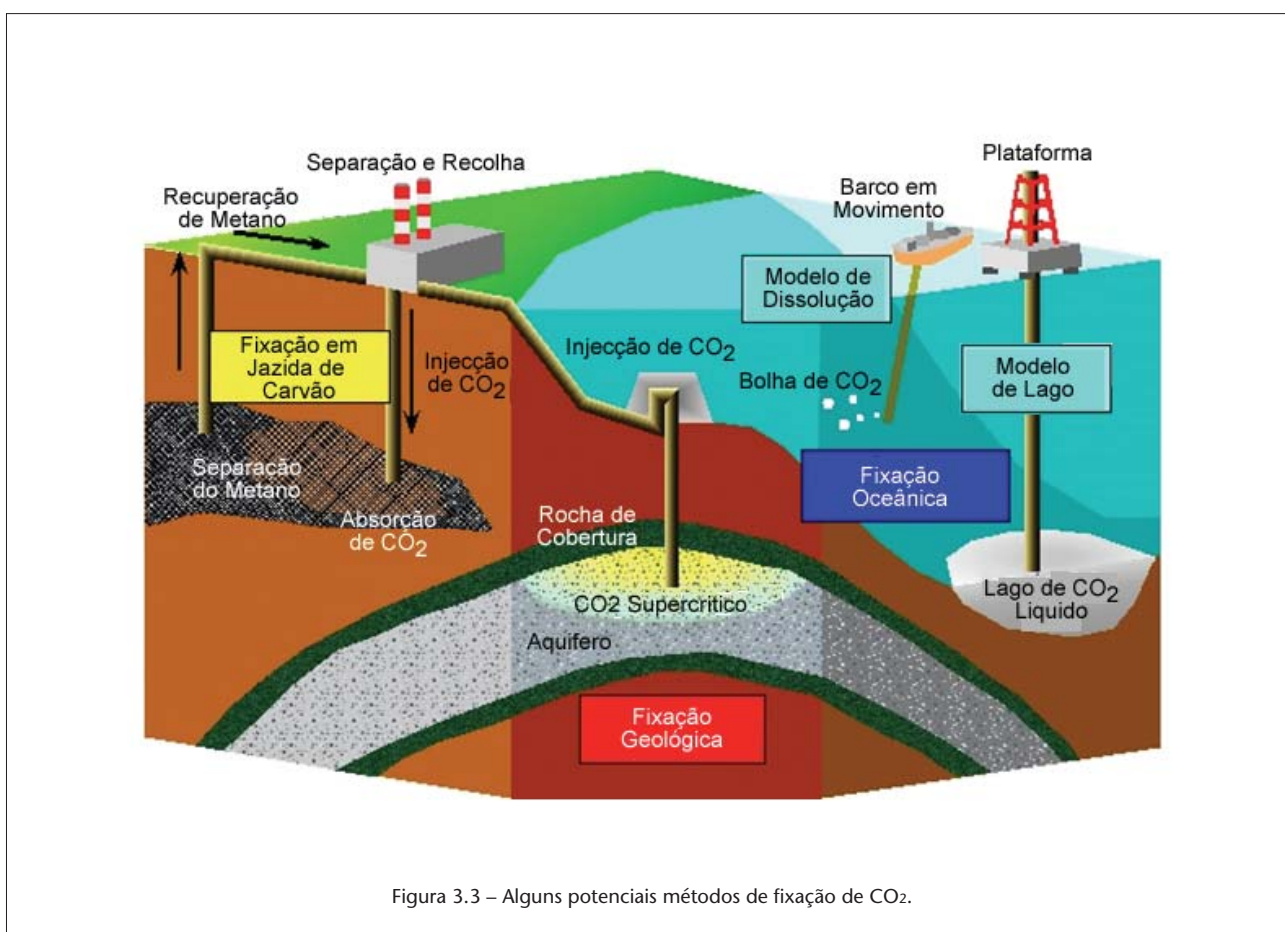


Figura 3.3 – Alguns potenciais métodos de fixação de CO₂.

particularmente atractivos uma vez que a sua geologia é conhecida, assegurando, em princípio, uma armazenagem a longo prazo, com a possibilidade de permitir uma extracção adicional dos recursos explorados.

Uma alternativa à remoção, transporte e armazenagem de CO₂ consiste na libertação deste gás para a atmosfera, aumentando os sorvedouros naturais – tipicamente conseguido com o aumento do crescimento de árvores. Neste caso as opções globais são:

- Redução da desflorestação;
- Florestação de zonas que não tenham sido previamente florestadas;
- Reflorestação de áreas que já tenham sido florestadas.

A florestação, incluindo a reflorestação de zonas ardidas, permite criar sumidouros de CO₂, para além de gerar recursos endógenos para um conjunto diversificado de actividades económicas. Em Portugal cerca de 2 milhões de hectares de terrenos improdutos podem ser florestados, com importantes benefícios económicos e ambientais.



Eficiência energética

- Estratégias e barreiras

(URE)

Vantagens e impactos da utilização racional de energia (URE)

A utilização racional de energia (URE) visa proporcionar o mesmo nível de produção de bens, serviços e de conforto através de tecnologias que reduzem os consumos face a soluções convencionais. A URE pode conduzir a reduções substanciais do consumo de energia e das emissões de poluentes associadas à sua conversão. Em muitas situações a URE pode também conduzir a uma elevada economia nos custos do ciclo de vida dos equipamentos utilizadores de energia (custo inicial mais custo de funcionamento ao longo da vida útil). Embora geralmente sejam mais dispendiosos, em termos de custo inicial, os equipamentos mais eficientes consomem menos energia, conduzindo a custos de funcionamento mais reduzidos e apresentando outras vantagens adicionais.

Impactos das acções de URE

Um dos impactos mais significativos da utilização de energia primária através da URE, para além da redução dos custos associados à factura energética, é contribuir para a mitigação das emissões de poluentes associadas à conversão de energia.

As tecnologias de eficiência energética oferecem frequentemente outros benefícios não energéticos que não são oferecidos pelas alternativas do lado da oferta. Na perspectiva de muitos consumidores são os benefícios não energéticos que estão maioritariamente na origem da decisão da utilização de tecnologias mais eficientes. Exemplos de benefícios não energéticos:

Os principais impactos das acções de URE são:

1. Reforço da competitividade das empresas;
2. Redução da factura energética do País;
3. Redução da intensidade energética da economia;
4. Redução da dependência energética;
5. Redução das emissões de poluentes, incluindo os gases de efeito de estufa.

- Aumento do conforto e da segurança;
- Redução do ruído;
- Aumento da produtividade do trabalho;
- Melhoria do controlo dos processos;
- Poupança de água;
- Redução dos resíduos;
- Aumento do emprego associado ao fabrico, instalação, funcionamento e manutenção de equipamentos eficientes.





Barreiras de mercado

Estudos diversos demonstram que a utilização racional de energia (URE) tem custos inferiores à expansão da oferta de energia, mesmo sem contabilizar a mitigação dos impactos ambientais e outras externalidades. Embora a utilização racional de energia possa produzir múltiplos benefícios para os utilizadores de energia e para a sociedade em geral, existe um conjunto de barreiras que dificultam a penetração das tecnologias mais eficientes. Entre essas barreiras podem salientar-se as seguintes:

- Desconhecimento, por parte dos consumidores, das tecnologias mais eficientes e dos seus potenciais benefícios;
- Aversão ao risco associado à introdução de novas tecnologias;
- As tecnologias mais eficientes são normalmente mais dispendiosas em termos de investimento inicial, embora os custos totais ao longo da vida dos equipamentos sejam menores, em virtude da redução dos custos de funcionamento;
- Escassez de capital para realizar os investimentos e limitações no acesso a crédito em condições tão vantajosas como as obtidas pelas empresas responsáveis pela oferta de energia;
- Ausência de incentivos para os agentes envolvidos na selecção dos equipamentos e na gestão de energia das instalações;

- Retorno de investimento relativamente longo (superior nalguns casos a 2-3 anos), devido aos preços elevados das tecnologias mais eficientes.

Para ultrapassar estas barreiras têm sido implementadas acções de grande envergadura para a promoção da URE na UE, USA e Japão. Em particular no sector eléctrico, têm sido desenvolvidos programas pelas empresas distribuidoras que visam a promoção em larga escala de tecnologias que possibilitam a utilização eficiente da electricidade. Estes programas proporcionam diversos tipos de instrumentos, dos quais se destacam:

- Programas de informação técnica e de formação;
- Auditorias e acções de diagnóstico;
- Programas de demonstração de novas tecnologias;
- Incentivos financeiros a fundo perdido, tipicamente em percentagem dos investimentos feitos;
- Empréstimos sem juros ou com taxas reduzidas.

Promoção da eficiência energética através de serviços de energia

Os serviços de energia consistem na gestão da energia do cliente através de uma abordagem integrada de todos os aspectos relacionados com a energia, incluindo não só a oferta, mas também os aspectos relacionados com a utilização.

Os serviços de energia integram actividades como auditorias energéticas, implementação de medidas de utilização racional de energia, projecto e dimensionamento de sistemas de produção local de energia mais eficientes (sistemas de cogeração e de energias renováveis), manutenção de sistemas energéticos, leasing de equipamentos e financiamento de projectos. Numa das modalidades de financiamento – designada por financiamento por terceiros – utilizada para grandes investimentos, o utilizador pode não participar no investimento inicial, pagando ao longo do tempo com as poupanças obtidas.

Políticas de incentivo à realização de acções de URE

O ambiente de desregulação e liberalização do mercado veio condicionar a tendência de promoção de algum tipo de iniciativas por parte das empresas, pois numa óptica concorrencial, serão certamente resistentes a medidas que possam afectar as vendas. O enquadramento regulatório terá de incluir medidas de estímulo e de apoio para o desenvolvimento de programas de acções de URE, mas também estabelecer obrigações e eventualmente penalizações face a maus desempenhos ao nível da ecoeficiência.

A redução dos impactos ambientais devido a acções de URE deverá merecer o mesmo tipo de incentivos legislativos que a expansão da oferta com energias renováveis, pois os impactos são semelhantes, com a vantagem do impacto no diagrama de carga ser mais previsível do que a geração com fontes intermitentes.

Certificados brancos

O desenvolvimento de programas de Certificados Brancos (certificados de eficiência energética) é motivado pelos insuficientes incentivos existentes para que os consumidores de electricidade (ou outras energias), adoptem acções com vista a uma utilização da energia de forma mais eficiente (fig. 4.1). Criando um mercado de troca de Certificados Brancos (cada um representando uma “unidade” de poupança de energia), fornece-se um mecanismo para a redução dos custos ajustado à política pública.

O desenvolvimento de um mercado para a eficiência energética é complexo devido a diversos factores, tais como a necessidade de definir “poupança de energia” como uma (“comoditie”) e a necessidade de comparar as poupanças com um determinado nível de base (“baseline”). Vários países europeus estão a desenvolver uma metodologia de medida e certificação dos impactos de acções de eficiência energética.

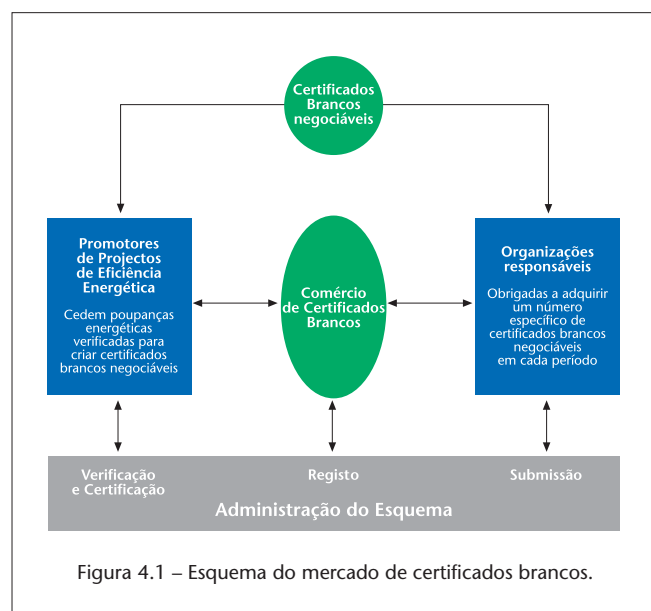


Figura 4.1 – Esquema do mercado de certificados brancos.

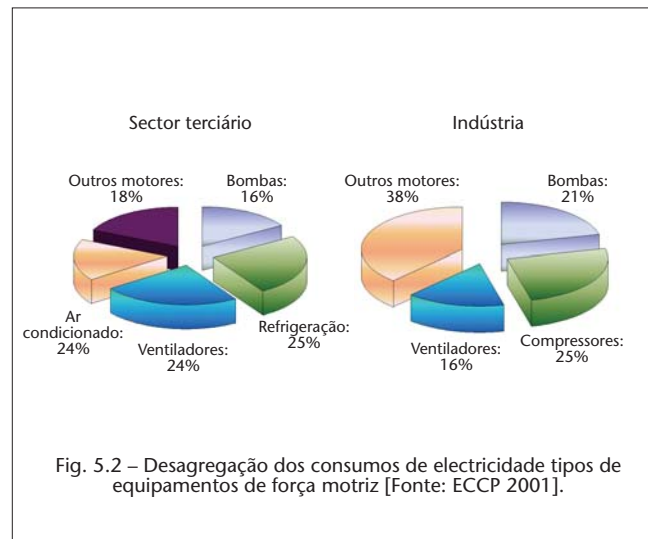
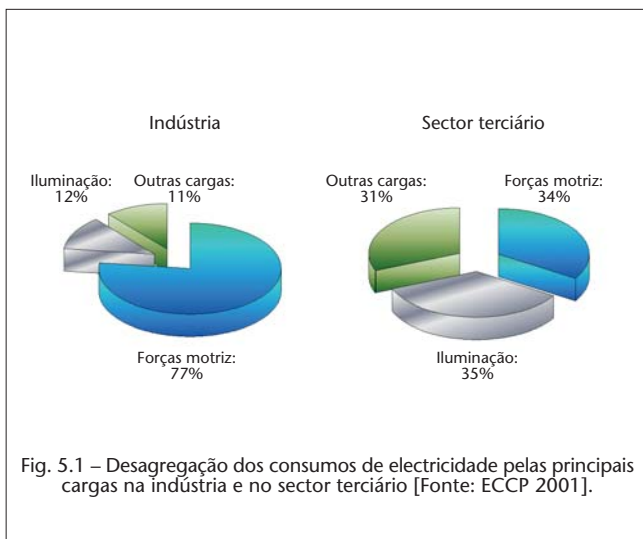


Utilização eficiente de energia eléctrica e térmica

Tecnologias de utilização eficiente de electricidade

Os motores eléctricos são de longe as cargas mais importantes na indústria e no sector terciário. A fig. 5.1 mostra a importância relativa da força motriz nesses sectores. A iluminação aparece

como a carga mais importante no sector terciário, sendo na indústria a segunda carga mais relevante. Os motores eléctricos são utilizados numa vasta gama de aplicações, principalmente na movimentação de fluidos em bombas, compressores e ventiladores. A fig. 5.2 apresenta a desagregação do consumo de electricidade dos motores, pelas principais utilizações finais na indústria e no sector terciário.



Motores de alto rendimento

A grande importância dos motores eléctricos no consumo de electricidade verificado nas empresas e o aumento dos custos de energia, levou ao desenvolvimento dos designados "motores de alto rendimento". Estes motores, como o próprio nome indica, apresentam um rendimento e um factor de potência mais elevados que os motores tradicionais (standard).

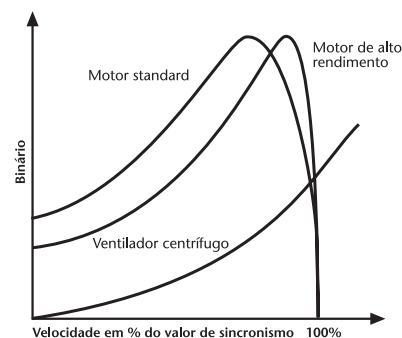
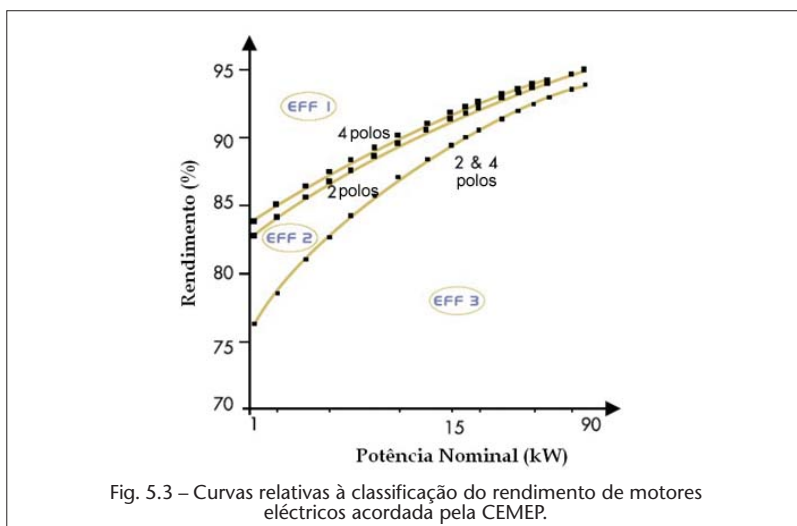
Este acréscimo na eficiência dos motores, está associado a uma redução das suas perdas (menos 30% a 50%), a qual é conseguida à custa, quer da utilização de materiais construtivos de melhor qualidade, quer por alteração das suas características dimensionais (aumento da secção dos condutores, aumento do comprimento do circuito magnético, etc.), associados a um melhor projecto e qualidade fabrico.

Os ganhos de eficiência com os motores de alto rendimento, vão desde 1% a 8%, de acordo com a potência do motor, o que se pode traduzir por importantes reduções do seu consumo eléctrico. Contudo, são motores que exigem um

investimento inicial superior ao dos motores standard (tipicamente de 25% a 30%).

Na fig. 5.3 pode ver-se a curva CEMEP (European Committee of Manufactures of Electrical Machines and Power Electronics), que classifica os motores eléctricos de acordo com o seu rendimento. Esta curva estipula os valores mínimos do rendimento de motores de 1,1 até 90kW, para os três níveis de eficiência de motores: EFF3, EFF2 e EFF1.

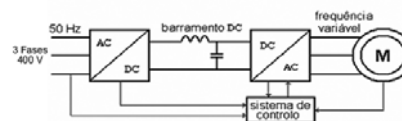
A fig. 5.4 mostra as características típicas do binário em função da velocidade dos motores de indução trifásicos standard e de alto rendimento, acoplados a um ventilador centrífugo. A velocidade de ambos os motores na zona de intersecção com a carga é praticamente constante, sendo no entanto um pouco superior para os motores de alto rendimento. O dimensionamento da carga (neste caso o ventilador e a transmissão mecânica para o motor) deve ter em atenção esse aumento de velocidade, para que haja uma redução do consumo quando o motor standard é substituído pelo motor de alto rendimento.

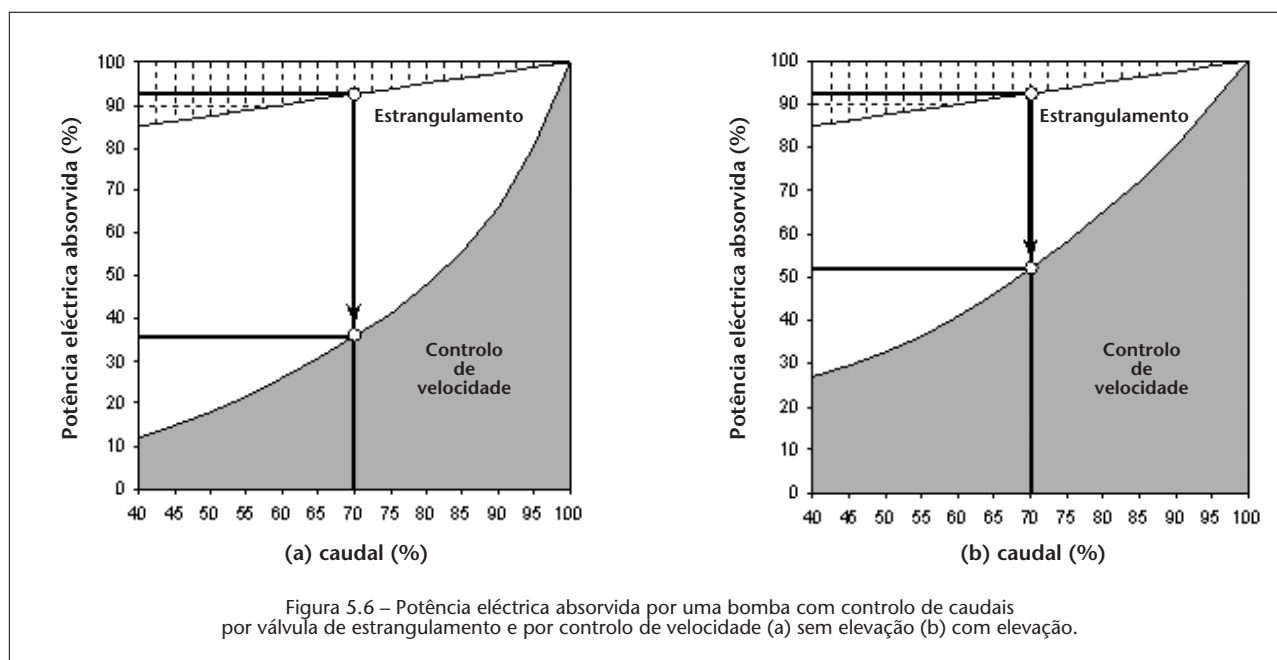


Variadores electrónicos de velocidade

Uma grande parte das aplicações em que se utiliza força motriz beneficiária, em termos de consumo de energia eléctrica e de desempenho global, se a velocidade do motor se ajustasse às necessidades do processo. A utilização de variadores electrónicos de velocidade (VEVs) permite responder a alterações nas condições de carga do motor através da variação da sua velocidade. Por exemplo os VEVs podem substituir com larga vantagem dispositivos de estrangulamento de caudais utilizados em muitas aplicações na Indústria.

Através da regulação da velocidade de rotação dos motores, os VEVs proporcionam uma melhoria das condições de funcionamento dos processos, um menor desgaste dos componentes mecânicos, um menor ruído de funcionamento e, fundamentalmente, uma substancial poupança de electricidade. Existem diversos tipos de configurações do circuito electrónico dos VEVs, consoante o tipo de motor e a gama de potência. A maioria dos VEVs é baseada em conversores AC-DC-AC (fig. 5.5).





Os VEVs, para além de permitirem efectuar arranques suaves, proporcionando um menor desgaste mecânico e eléctrico do equipamento, implementam uma série de protecções ao motor, como protecção contra curto-circuitos, sobreintensidades, sobretensões e

falta de fase, que deste modo não precisam ser adquiridas separadamente.

A fig. 5.6 mostra a potência eléctrica absorvida por uma bomba com controlo de caudais por válvula de estrangulamento e por controlo de velocidade. Pode observar-se uma

diferença considerável da potência entre os dois métodos, à medida que o caudal decresce. Outros tipos de cargas (ventiladores, compressores) apresentam um comportamento semelhante.

CASO DE ESTUDO

A **Soporcel** tem vindo a adoptar há longa data, desde o arranque da primeira fábrica de papel em 1991, a utilização generalizada de motores com variadores electrónicos de velocidade (VEVs) em substituição de tecnologias como por exemplo o controlo de caudal e/ou de pressão de fluidos através de motores com velocidade fixa e controlado através do estrangulamento de uma válvula de controlo.

Muitas são as utilizações extensivas de VEVs, algumas são-no quase incontornáveis, mas várias são de facto substituições, energeticamente mais eficientes, de métodos de controlo clássicos que ainda se mantêm em muitas instalações industriais.

RESULTADOS:

A utilização de VEVs pode atingir reduções de consumos de energia eléctrica na ordem dos 10 a 20%, em função do regime de trabalho de cada aplicação e naturalmente do tempo de funcionamento. Com regimes de funcionamento superiores a 8.400 horas/ano as poupanças podem ser muito significativas.

Sistemas de bombagem

São várias as medidas de economia de energia que são possíveis de implementar em sistemas de bombagem, reduzindo consideravelmente os consumos:

- A nível do motor e do seu controlo:

1. Utilização de motores de alto rendimento;
2. Utilização de VEVs com automatismos para regulação do caudal e/ou da pressão.

- A nível da selecção da(s) bomba(s) e das condutas:

3. Selecção de bombas de alto rendimento (para o mesmo caudal e pressão, as diferenças podem atingir 10-15%);
4. Substituição de bombas sobredimensionadas, para poderem trabalhar na zona de maior rendimento;
5. As condutas devem ser dimensionadas de forma apropriada, pois as perdas por atrito crescem muito rapidamente com a diminuição do diâmetro (uma duplicação do diâmetro conduz a uma redução das perdas por um factor de 20).

- A nível da manutenção:

6. Conservação ou modificação de impulsores. Uma bomba com um rotor erodido por desgaste tem um rendimento fortemente erodido. A instalação de um sensor de pressão na saída da bomba permite fazer a sua manutenção preventiva;
7. Limpeza das condutas de forma a manter a secção recta e as paredes sem rugosidades.

A optimização do rendimento de um sistema de bombagem depende pois de um conjunto de acções na selecção dos diversos componentes do sistema, situação exemplificada na fig. 5.7.

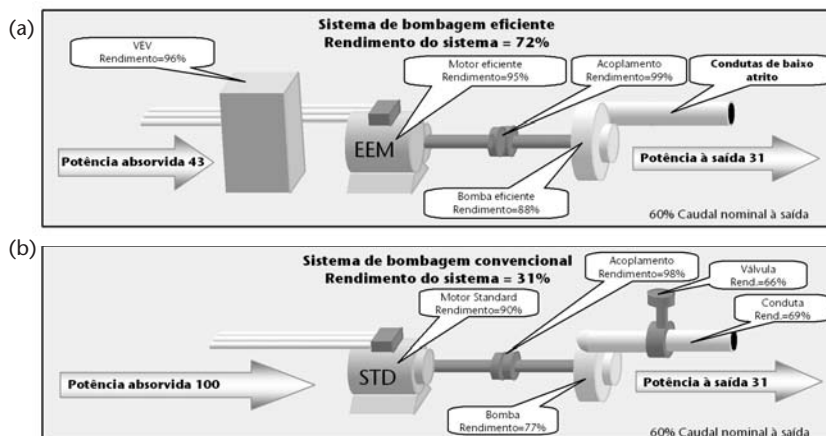


Fig. 5.7 – Tecnologias eficientes para sistemas de bombagem: (a) Sistema eficiente (Rendimento do sistema = 72%); (b) Sistema convencional (Rendimento do sistema = 31%).

Sistemas de ventilação

Medidas de economia de energia em sistemas de ventilação:

- A nível do motor e do sistema de controlo:

1. Utilização de motores de alto rendimento com a potência apropriada;
2. Optimização do período de funcionamento do sistema de ventilação (por exemplo, através da instalação de um temporizador programável);
3. Controlo do caudal em função das necessidades (através de um VEV e de um automatismo com sensores apropriados). Por exemplo num grande edifício a renovação do ar pode ser feita em função de indicadores da qualidade do ar interior. A fig. 5.8 ilustra as poupanças associadas ao controlo de velocidade para o controlo de caudal de um ventilador.

- A nível da transmissão:

4. Mudança de correias trapezoidais (V-belts) para correias dentadas, planas, ou se possível, para accionamento directo. Reduções na gama de 2-10% da potência absorvida podem ser possíveis, assim como a redução das necessidades de manutenção e das paragens imprevistas.

- A nível das condutas:

5. Escolha de condutas tubulares em vez de condutas com secções rectangulares;
6. Tal como nos sistemas de bombagem, as secções das condutas afectam a potência absorvida de forma crítica.

- A nível da selecção do ventilador e da manutenção:

7. Escolha de um ventilador de alto rendimento (os ventiladores com lâminas do tipo "airfoil" têm um rendimento cerca de 10% superior aos convencionais);
8. Manutenção frequente e cuidada de todo o sistema.

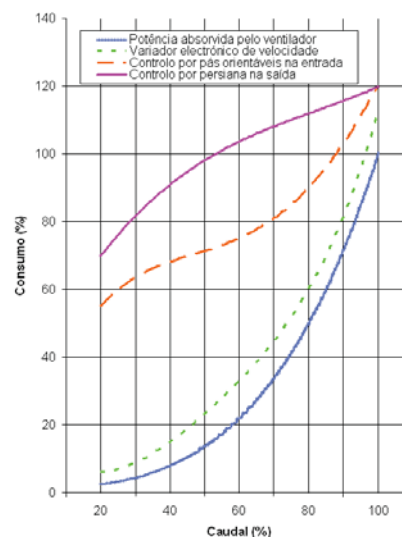


Fig. 5.8 – Potência eléctrica absorvida por diversos sistemas de controlo de um ventilador.

Ar comprimido

O ar comprimido é um dos consumos mais importantes em muitas instalações industriais, sendo possível propor um conjunto de medidas de economia de energia:

- A nível da produção de ar comprimido:

1. Optimização da pressão do ar comprimido do sistema, em função dos dispositivos de utilização final;

O consumo de electricidade dum compressor aumenta com o valor da pressão a que o ar é produzido; por outras palavras, produzir 1 m³ de ar, a 7 bar, consome bastante mais energia eléctrica, do que produzi-lo a 4 ou 5 bar.

O gráfico seguinte (fig. 5.9) onde se apresenta a variação da energia eléctrica absorvida para a produção de 1 m³ de ar (kWh/m³), ou seja, a variação do consumo específico eléctrico, dum compressor típico, para diferentes pressões de regulação, permite visualizar a relação entre os dois factores.

2. Redução da temperatura do ar de admissão por alteração local da captação do ar (garantindo uma óptima filtragem na tomada de ar);
3. Recuperação e utilização de calor de perdas do compressor;

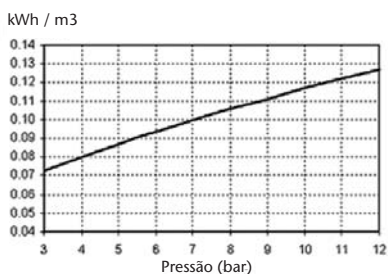


Fig. 5.9 – Consumo específico eléctrico VS pressão do ar.

4. Instalação de um variador electrónico de velocidade (VEV), que como mostra a figura 5.10 pode reduzir substancialmente a potência absorvida para pressões inferiores à pressão nominal;

5. No caso de instalações com mais de 10 anos, considerar a substituição do compressor por uma máquina nova ou melhor adaptada, com menor consumo específico de energia e ajustado às necessidades do sistema.

- A nível da rede de distribuição de ar comprimido:

6. Instituição de um programa regular de verificação de fugas de ar comprimido. Redução das fugas através de adaptadores de fugas reduzidas, uniões rápidas de elevada qualidade, etc.; A redução de fugas tem um potencial médio de poupança de 15% da electricidade usada nos sistemas de ar comprimido;

7. Utilização de purgas de condensados do tipo “sem perdas de ar”;

8. Melhoramento da rede de distribuição, em termos de “layout”, diâmetro da tubagem, etc.

- A nível dos dispositivos de utilização final:

9. Eliminação de utilizações não apropriadas de ar comprimido;

10. Reparação ou substituição de equipamentos que tenham fugas de ar comprimido.

Elevadores e movimentação de cargas

O consumo de energia em elevadores e monta-cargas pode ser drasticamente diminuído com a conjugação de diversas tecnologias. Existem novas topologias de VEVs que permitem que a energia resultante da travagem seja injectada na fonte, VEV regenerativos. Esta característica permite poupanças significativas em aplicações com um número de travagens frequentes, como por exemplo os elevadores (fig. 5.11). Este modo de funcionamento só é possível se a transmissão mecânica do motor o permitir. Quando o elevador está a descer e o peso da carga é maior do que o contrapeso, então o binário do motor está em direcção contrária à velocidade, isto é, o motor está a travar. Do mesmo modo, quando o motor está a subir sem carga, podem

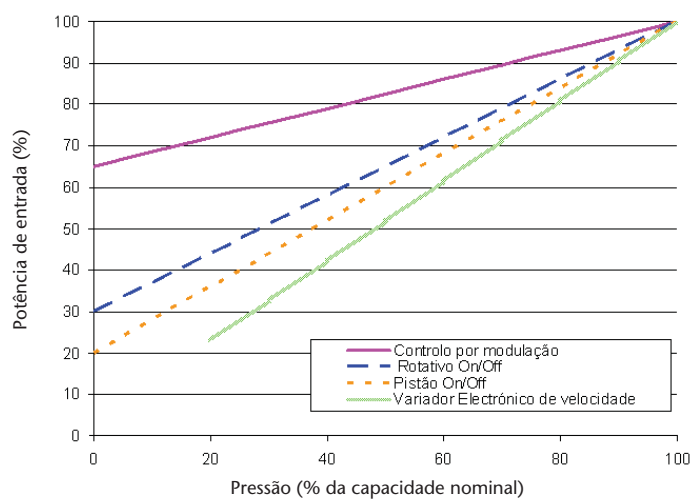


Fig. 5.10 – Potência de entrada de acordo com a pressão do ar à saída, para diversas tecnologias, a implementar em compressores.

obter-se poupanças de energia significativas, se o motor for controlado por um VEV regenerativo.

A utilização de VEVs com regeneração e engrenagens especiais permite uma redução no consumo de energia em cerca de 80%, relativamente à situação convencional. Motores de ímãs permanentes com acoplamento directo e travagem regenerativa estão também a ser utilizados em novos elevadores eficientes. Deve ser salientado que este tipo de tecnologia está também a ser aplicado em veículos eléctricos de última geração.

Sistemas de climatização

A primeira medida de conservação de energia em sistemas de climatização, diz respeito à concepção do próprio edifício a climatizar e às suas características térmicas. Os aspectos relacionados com a orientação do edifício, a qualidade térmica da envolvente do edifício, a localização apropriada e o tipo dos envidraçados e a inércia térmica, irão reflectir-se na carga térmica a fornecer aos locais, quer de Inverno quer de Verão.

Assim, ao nível do projecto deverão ser tidos em conta os seguintes aspectos:

- Reduzir as trocas de calor pela envolvente do edifício, isolando paredes e coberturas, utilizando vidro duplo com filmes selectivos;
- Orientar a localização das áreas maiores de envidraçados preferencialmente no quadrante Sul e utilizar adequadas protecções solares (palas, persianas, vegetação, etc.) reduzindo os ganhos de calor excessivos durante o Verão;

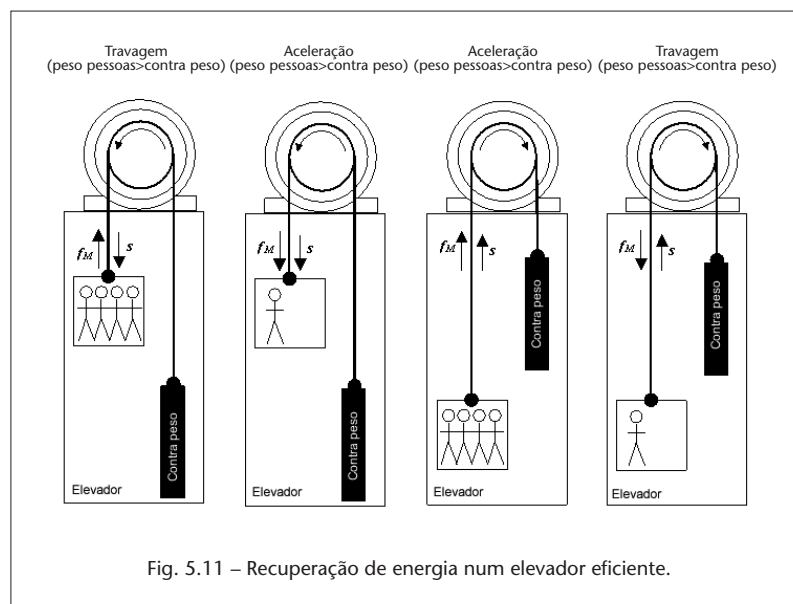


Fig. 5.11 – Recuperação de energia num elevador eficiente.

- Reduzir as infiltrações ou renovações mecânicas de ar aos mínimos necessários para assegurar a qualidade de ar no interior. A carga poluente gerada no interior das instalações depende de:

- **Nível de ocupação;**
- **Processo de fabrico ou tipo de serviço desenvolvido;**
- **Materiais de revestimento no interior do edifício.**

- Reduzir a absorção de calor nas coberturas através da utilização de revestimentos apropriados (por exemplo tinta branca de dióxido de titânio). A aplicação destes revestimentos pode diminuir a temperatura da cobertura de um edifício em várias dezenas de graus centígrados.

A selecção apropriada dos equipamentos de ar condicionado é outro aspecto muito importante. Deverá ter-se em conta:

- Correcto dimensionamento dos aparelhos de ar condicionado;
- Escolher aqueles com melhor eficiência energética, considerando o custo do ciclo de vida dos equipamentos; Um parâmetro particularmente importante para os

equipamentos de climatização é o COP ("Coefficient of Performance") definido como:

$$\text{COP} = \text{Potência Térmica} / \text{Potência Eléctrica}$$

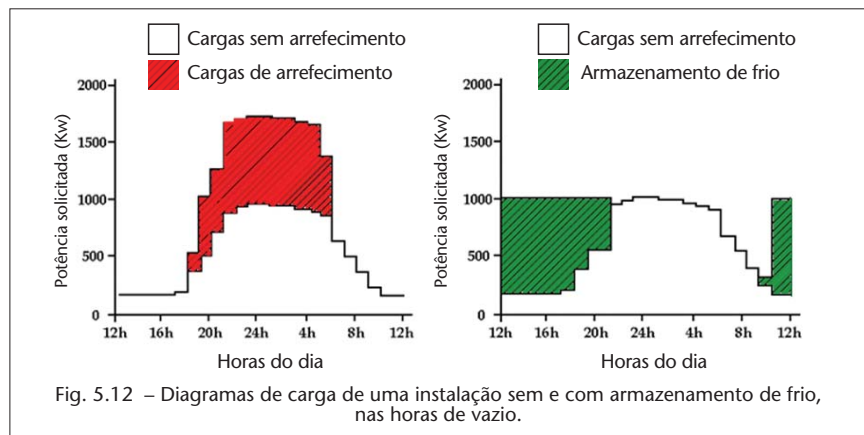
Existem hoje equipamentos de ar condicionado que para médias e grandes instalações têm valores elevados do COP (superior a 5). Os equipamentos mais eficientes têm VEVs para controlar os compressores, para melhorar o rendimento em regime de carga parcial. Alguns equipamentos são reversíveis podendo produzir frio ou calor de acordo com as necessidades.

- A instalação destes aparelhos, deverá ser alvo de atenção, nomeadamente em relação ao isolamento de condutas e tubagens;

Armazenamento de frio:

O armazenamento de frio (por exemplo em tanques de gelo) durante a noite pode ser vantajoso, particularmente em novas instalações, pelas seguintes razões:

- Redução dos custos de energia com as transferências dos consumos para horas de vazio;
- Redução da potência média tomada nas horas de ponta.



A fig. 5.12 mostra os diagramas de carga de uma instalação sem e com armazenamento de frio nas horas de vazio.

Arrefecimento por evaporação:

As empresas que necessitem sempre de 100% de ar exterior na climatização (por exemplo instalações industriais que geram uma carga poluente elevada) são bons alvos para a utilização desta tecnologia devido às poupanças que esta proporciona em ambientes com temperaturas elevadas.

O processo de arrefecimento por evaporação consiste em remover calor do ar ambiente através da evaporação de água. Os sistemas de arrefecimento por evaporação requerem um sistema de admissão de ar exterior, devendo ser montados com um controlo incorporando um economizador.

Existem três tipos de sistemas de arrefecimento por evaporação:

Directo: O caudal de ar injectado está em contacto directo com superfícies humedecidas com água, através de vaporizadores ou pela sua passagem por meio húmido.

À medida que o fluxo de ar usa o seu calor para evaporar a água, a temperatura diminui e a humidade do ar aumenta. Este tipo de arrefecimento directo por evaporação requer uma pequena bomba e um filtro para o fornecimento de água de modo a evitar o incrustamento e o aparecimento de fungos nos componentes do sistema.

O modelo mais comum do sistema de arrefecimento por evaporação directo utiliza uma almofada de fibra de algodão de celulose permeável à água e ao ar. A bomba de água mantém a almofada permanentemente húmida, enquanto que um ventilador sopra ar exterior relativamente seco através da almofada; a água evapora-se, removendo calor do ar ambiente.

Este tipo de equipamento tem um desempenho particularmente eficiente em climas quentes e secos, podendo o COP ter valores de 25 a 30. A figura seguinte (fig. 5.13) apresenta um esquema de arrefecimento directo por evaporação.

Iluminação natural

A janela, o principal elemento do sistema de iluminação natural, tem como função permitir a interacção entre os meios exterior e interior na envolvente dos edifícios. As janelas, nalguns casos, além de permitirem a iluminação natural nos períodos diurnos, permitem o contacto visual com o exterior e a ventilação dos espaços interiores. Desempenham também um papel importante na estética do edifício, nas operações

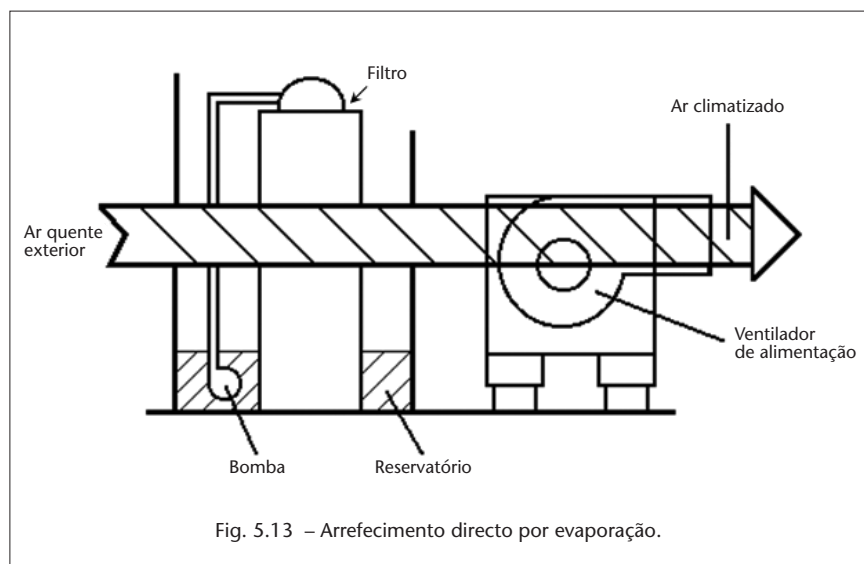


Fig. 5.13 – Arrefecimento directo por evaporação.

CASO DE ESTUDO

A ANA – Aeroportos de Portugal, SA procedeu à instalação de um sistema de produção de água fria, através de chillers de nova geração associados a bancos de gelo.

Face à elevada capacidade instalada (29,48 MWh), a energia frigorífica armazenada é suficiente para garantir, nas estações intermédias, as necessidades de arrefecimento durante todo o dia, evitando o recurso aos chillers fora das horas de vazio.

Fig. 5.14 – Sistema de bancos de gelo.



de salvamento no caso de incêndio e na salvaguarda contra o efeito de claustrofobia dos ocupantes. No entanto, a sua principal função é a admissão de luz natural no interior do edifício. Por outro lado, as janelas são os elementos mais vulneráveis da envolvente dos edifícios, sendo responsáveis por uma larga fatia da energia térmica trocada com o interior. Para aumentar a eficiência energética da fenestração, outro elemento fundamental é o caixilho.

É importante que o material de constituição dos caixilhos tenha baixa condutividade térmica. Para isso devem ser favorecidos materiais com baixa condutividade térmica tais como o policloreto de vinil ou o alumínio com corte térmico.

Devem manter-se desimpedidas janelas e outras superfícies vidradas, procedendo à sua limpeza regular. Neste caso assumem especial relevância as placas translúcidas existentes em muitos tipos de cobertura de naves industriais que, ao longo dos anos, sob a acção das condições climáticas, têm tendência para ficar cada vez mais opacas.

Desta forma, neste tipo de placas translúcidas, para além das limpezas regulares (1 a 2 vezes por ano), é conveniente proceder à sua substituição,

logo que a sua capacidade de deixar passar a luz solar, se degrade consideravelmente.

Em novos edifícios é prática comum a utilização de uma nova tecnologia de aproveitamento da luz solar, os “Skylite” (fig. 5.15), que são clarabóias sofisticadas. As versões mais recentes têm bom isolamento térmico através da utilização de vidro duplo ou triplo, e têm uma persiana motorizada para regular o fluxo luminoso. São de fácil aplicação e conseguem reduzir totalmente a necessidade de iluminação artificial durante as horas de exposição solar, se correctamente instalados em locais estratégicos. Existem “Skylite’s” para aplicação em centros comerciais, armazéns e em instalações industriais, sendo possível a sua aplicação em edifícios já construídos.



Fig. 5.15 – Exemplos de aplicação dos “Skylite” (www.dayliteco.com).

Sistemas de iluminação artificial

A iluminação utiliza cerca de 10 a 20% do total dos consumos de electricidade nos países industrializados, pelo que deve ser um dos alvos prioritários na racionalização energética.

O uso de equipamento eficiente de iluminação conduz a um aumento do nível de iluminação produzido, e em muitos casos a uma redução de potência, conseguindo-se poupanças substanciais de energia eléctrica e qualidade de luz superior.

Como se pode verificar na fig. 5.17, os custos associados a um sistema de iluminação, podem dividir-se durante a sua vida útil, em custos iniciais de investimento e custos operacionais (manutenção e energia). O consumo de energia eléctrica é a fracção largamente dominante do custo do ciclo de vida numa instalação industrial ou num edifício de serviços com elevado número de horas de funcionamento.

O uso eficiente de iluminação requer um projecto que integre de forma óptima a iluminação natural e o sistema de iluminação artificial. A instalação de equipamento eficiente inclui: lâmpadas de alto rendimento, balastros electrónicos, armaduras com reflexão elevada e equipamento de controlo.

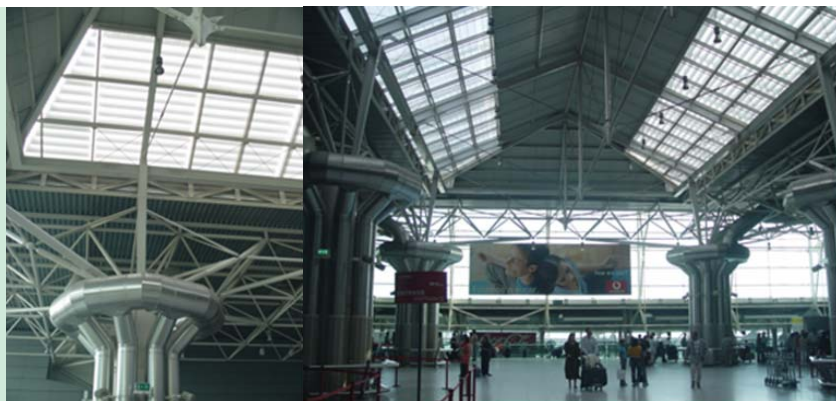


Fig. 5.16 – Cobertura do terminal de passageiros do Aeroporto de Lisboa, com sombreamento controlável por sistema motorizado.

CASO DE ESTUDO

A ANA – Aeroportos de Portugal, SA procedeu à instalação de sombreamento artificial automático (protecção solar de lamelas) na nova sala de check-in, para minimização da entrada de carga térmica solar directa no edifício, sem prejudicar no entanto a entrada de radiação difusa.

O desenvolvimento dos balastros electrónicos veio não só melhorar o rendimento luminoso das lâmpadas de descarga em cerca de 25%, mas também facilitar a aplicação do controlo do fluxo luminoso, nomeadamente nas armaduras fluorescentes, com resultados muito positivos, ao nível do consumo de electricidade nas situações em que se pretende variar o nível de iluminação artificial, em função da luz natural disponível ou das necessidades existentes. Para ilustrar esta situação, apresenta-se no gráfico da página seguinte (fig. 5.18), a variação da potência absorvida (%) com o fluxo emitido (%), para uma armadura com lâmpadas fluorescentes e balastros electrónicos.

Tipo de lâmpadas	Principais aplicações
Incandescentes:	
Normais	Iluminação doméstica, interior e decorativa
Halógeno	Iluminação dirigida e de segurança
Florescentes:	
Tubulares	Iluminação de serviços e industrial
Compactas	Todas as aplicações das incandescentes
Descarga:	
Vapor de mercúrio	Iluminação pública e industrial
Vapores metálicos de halógeno	Iluminação desportiva e industrial
Vapor de sódio alta pressão	Substitui as de vapor de mercúrio em iluminação pública e industrial com economias de energia significativas
Vapor de sódio baixa pressão	Substitui as de vapor de mercúrio em iluminação industrial de exteriores com economias de energia ainda mais significativas, mas têm fraca restituição de cor

Tabela 1 - Tipos de lâmpadas e principais aplicações.



Fig. 5.17. – Diagrama de custos típico durante a vida útil de um sistema de iluminação.

	Incandescentes	Iodetos Metálicos	Florescentes	Vapor de Mercúrio	Sódio Alta Pressão	Sódio Baixa Pressão
W	200	2000	80	1000	1000	180
Potência	40	100	18	50	50	18
Lm/W	20	90	80	60	150	200
Rend. Lumin.	10	80	44	40	80	120
h	1000	15000	14000	>24000	24000	18000
Vida Útil	1000	6000	12000	>24000	12000	12000
Ra	100	95	98	60	65	<20
Restit. de cor	100	65	75	50	20	<20
K	2700	6000	6500	4000	2200	1800
Temp. de Cor	2700	3000	2700	3000	2000	1800

Tabela 2 - Tipos de lâmpadas e principais características.

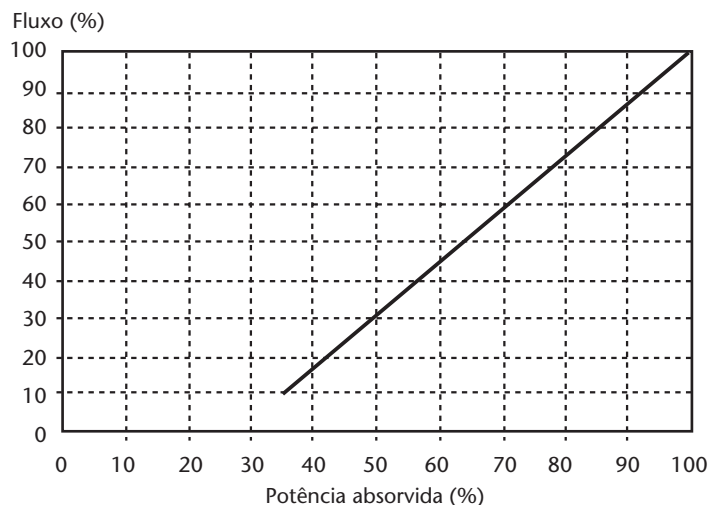


Fig. 5.18 – Variação do fluxo luminoso VS potência absorvida.

Tecnologias Eficientes	Electricidade poupada anualmente por armadura (kWh)	Custo de implementação da tecnologia por armadura (Euros)	Payback (anos)
Substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão	272	38	1,40
Instalação de reflectores nas armaduras de lâmpadas fluorescentes	224,4	60	2,67
Substituição dos balastos convencionais por balastos electrónicos	170	40	2,35
Substituição de lâmpadas (T8 + balastos magnéticos) por lâmpadas (T5+balastos electrónicos)	200	34	1,70

Tabela 3 - Avaliação económica das tecnologias eficientes de iluminação.

CASOS DE ESTUDO

1 - Recentemente foram atribuídos os prémios “GreenLight Awards 2005”, que distinguem as empresas que alcançaram melhores resultados com instalação de tecnologias mais eficientes na área da iluminação. Uma das empresas portuguesas distinguida com este prémio foi a **EDP – Energias de Portugal**, que no edifício sede em Coimbra procedeu à substituição das lâmpadas fluorescentes convencionais (26mm) por lâmpadas T5 equipadas com balastro electrónico, adquiriu um sistema inteligente de gestão da iluminação e instalou lâmpadas T8 com balastro electrónico no parque de estacionamento.

RESULTADOS:

Com estas medidas implementadas, e após efectuadas algumas medições de consumos, o edifício poupa 108.179 kWh/ano em consumos de electricidade relativos a iluminação e reduz na sua factura 10.439 euros/ano.

2 - O “Projecto GreenLight” da **SONAE Sierra** no **Centro Colombo**, consistiu na substituição de balastos ferromagnéticos convencionais por balastos electrónicos de alta frequência no parque de estacionamento. O projecto, cujo investimento se cifrou na ordem dos 125.000 euros, levou à substituição de 8.770 balastos e a sua execução prolongou-se por 16 semanas.

RESULTADOS:

- Economia de energia eléctrica em 400.830 kWh/ano;
- Redução de 200 toneladas CO₂/ano;
- Redução na factura de energia eléctrica de 23.810 euros/ano;
- Taxa Interna de Rentabilidade do projecto, de 20%.

3 - A empresa **CTT – Correios de Portugal, SA**, implementou várias medidas de racionalização energética das quais se destacam:

- A mudança de lâmpadas ineficientes (halogéneo e incandescentes) por lâmpadas de alto rendimento (fluorescentes);
- O ajuste da quantidade de Luz recomendada para cada zona de trabalho específica – permitiu em alguns casos desligar parte das lâmpadas instaladas;

RESULTADOS:

Foi apurada uma redução de consumos energéticos de aproximadamente 50%.

4 - A Divisão Fabril de Ovar da **Salvador Caetano** candidatou-se como parceiro do GreenLight em Abril de 2004, procedendo à substituição de balastos magnéticos por electrónicos e das lâmpadas de descarga de 400W por 4 fluorescentes de 80W com balastro electrónico.

RESULTADOS:

O tempo de amortização previsto foi de 5,1 anos, mas com o aumento do preço da electricidade, o tempo de amortização previsto para 2006 baixou para cerca de 4 anos, para uma redução de consumos de 142.300 kWh por ano.

5 - Inserida também no Programa GreenLight, a empresa **Jerónimo Martins** procedeu a uma remodelação dos sistemas de iluminação, que consistiu na substituição de balastos magnéticos por electrónicos, instalação de sensores de movimento e luminosidade.

RESULTADOS:

Os resultados obtidos com o projecto foram os seguintes:

Unidade	Redução do consumo (kWh/ano)	Redução do consumo (%) *	Período de retorno (anos)	Outros resultados
Feira Nova Mirandela	250 510	42%	0,9	Melhoria da iluminação
Feira Nova Penafiel	160 761	42%	0,7	Melhoria da iluminação
Recheio Castelo Branco	150 631	40%	1,9	Melhoria da iluminação
Recheio Ermesinde	115 902	42%	1,5	Melhoria da iluminação
Recheio Vila do Conde	178 630	43%	1,6	Melhoria da iluminação
Gestretalho Azambuja	516 310	42%	4,2	Melhoria da iluminação
Total	1 372 744	42%	–	Redução anual de 3700 t CO₂ eq. **

* A redução indicada é relativa ao consumo de electricidade do sistema de iluminação.

** t CO₂ eq. (toneladas de dióxido de carbono equivalentes) – unidade de contabilização do impacto a nível das emissões com efeito de estufa.

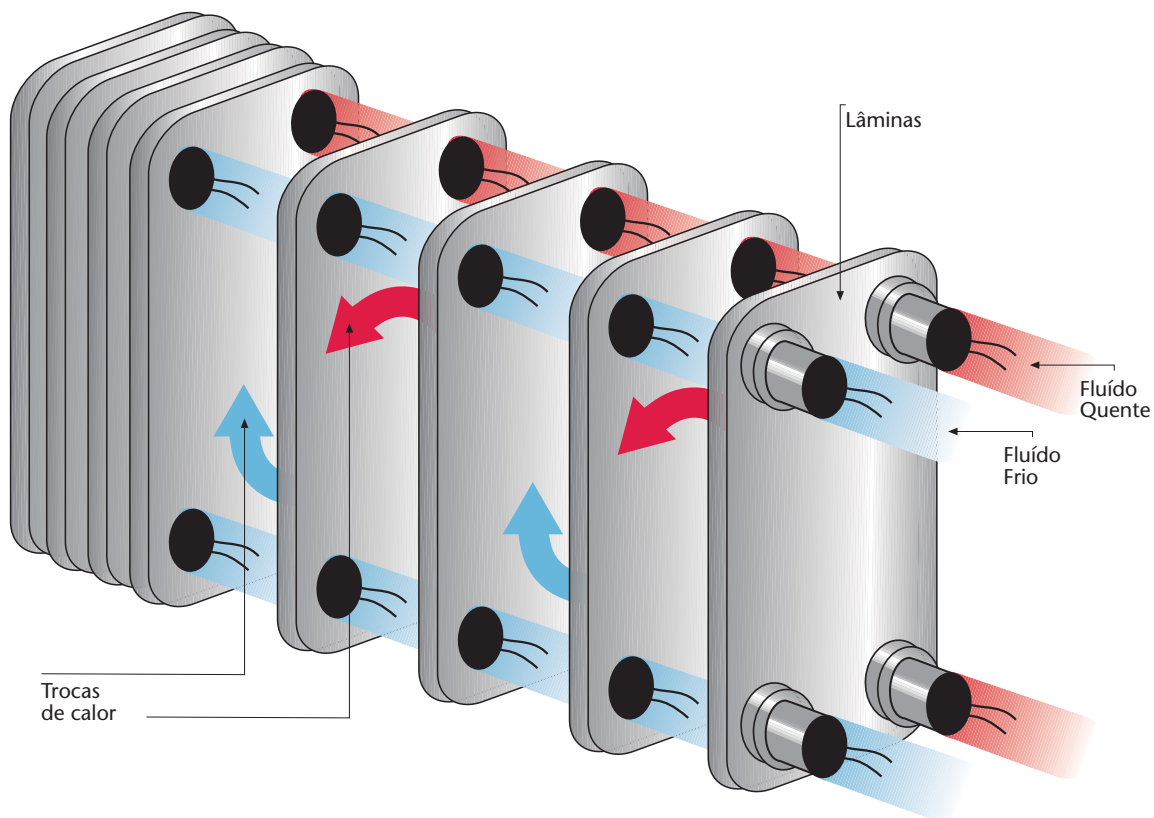


Fig. 6.1 - Diagrama interno de um permutador multi-lâminas em série.

Tecnologias de utilização eficiente de energia térmica

Recuperação de energia térmica

Nalguns processos industriais com efluentes a temperaturas elevadas é desejável recuperar o calor com vantagens energéticas e ambientais.

A recuperação de calor em sistemas de ventilação envolve a transferência da parte da energia calorífica do ar de exaustão para o ar que entra no edifício. Esta técnica de recuperação de calor poderá também ser utilizada no arrefecimento do ambiente através da transferência da energia calorífica do ar que entra nos edifícios para o ar de exaustão. Reduz-se assim a carga de arrefecimento, a potência e o número de horas de funcionamento do sistema de climatização.

Os quatro dispositivos mais utilizados no processo de recuperação de frio/calor são:

- **Permutadores de lâminas;**
- **Serpentinas;**
- **Permutadores rotativos;**
- **Tubos de calor ("heat-pipes").**

O permutador de serpentina (fig. 6.2) é um dispositivo de transferência

de calor relativamente simples.

O ar de exaustão passa através de uma serpentina de recuperação do calor do ar quente e um circuito de água transfere o calor recuperado para uma serpentina de condicionamento do fluxo de ar externo que entra na instalação.

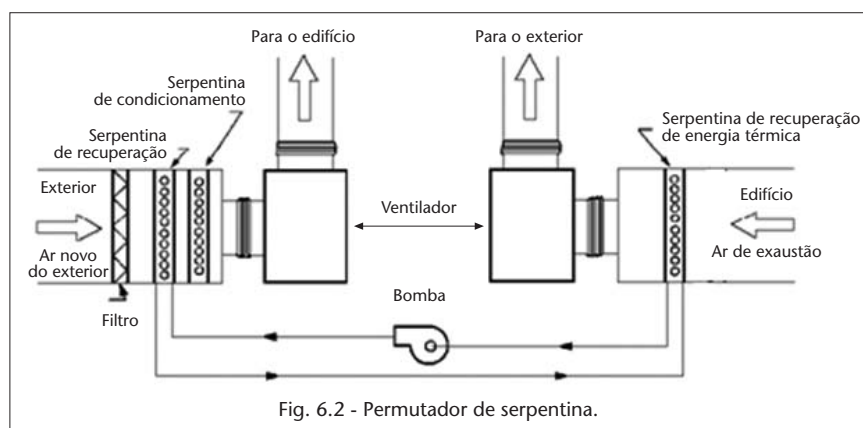


Fig. 6.2 - Permutador de serpentina.

O permutador rotativo de calor é um cilindro giratório rodando a baixa velocidade com uma rede metálica de malha larga ou por um material impregnado por um desidratante. À medida que o cilindro gira, os fluxos de ar de exaustão e de ar externo passam através do cilindro trocando calor entre si.

O tubo de calor ("heat-pipe") (fig. 6.3) é um dispositivo simples e eficiente. O tubo é carregado com um fluido com um baixo ponto de ebulição e fechado nas suas extremidades. Quando uma extremidade do tubo é aquecida, o fluido evapora-se e desloca-se para a extremidade mais fria, onde é condensado. Desta forma o fluido migra por acção capilar de volta para a extremidade quente. O tubo de calor funciona assim como um ciclo fechado de refrigeração.

O tubo de calor não tem partes móveis, não requer nenhuma fonte de energia externa, é de menores dimensões quando comparado com as outras unidades de recuperação de calor e necessita que as condutas de admissão de ar externo e de ar de exaustão sejam adjacentes. A sua grande desvantagem é o seu custo relativamente elevado.

O potencial de poupança das unidades de recuperação de calor é em função dos seguintes factores:

- Rendimento do equipamento de arrefecimento ou de aquecimento que já se encontra instalado;
- Rendimento da unidade de recuperação de calor (tipicamente 60 a 80%);
- Localização geográfica do edifício, devido às condições climáticas;
- Volume médio de ar de exaustão proveniente da ventilação do edifício.

A recuperação de calor é particularmente relevante em instalações com grandes necessidades de renovação do ar em espaços climatizados.

A renovação do ar do interior de um edifício é feita em função da carga poluente no seu interior e é essencial para assegurar a qualidade do ar e o bem-estar dos ocupantes.

Isolamento térmico

O adequado isolamento térmico dos edifícios é um dos principais meios para minimizar as perdas de energia e aumentar o conforto no interior dos espaços climatizados.

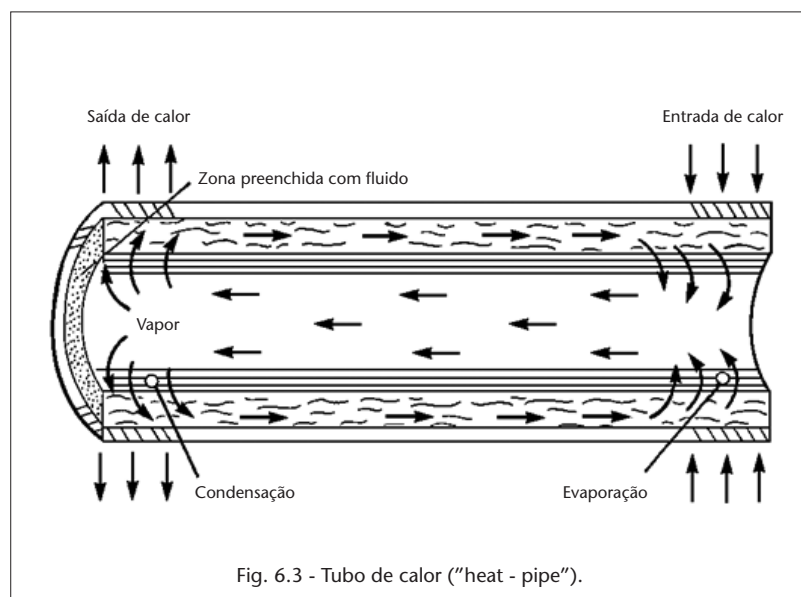


Fig. 6.3 - Tubo de calor ("heat - pipe").

CASO DE ESTUDO

A ABN AMRO encontra-se neste momento a implementar um sistema de recuperação de energia térmica, que estará concluído em 2006. O sistema consiste na utilização da temperatura da água de um lago, que se encontra, a uma temperatura de 6 a 8 graus centígrados, perto do edifício. Depois de bombeada para um permutador de calor a água é novamente restituída ao lago. Esta água servirá para efectuar transferência de energia térmica para o sistema de ar condicionado, diminuindo assim o consumo de energia do edifício.

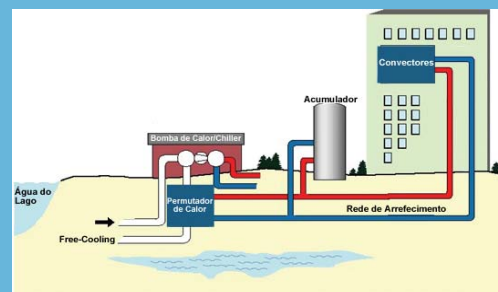
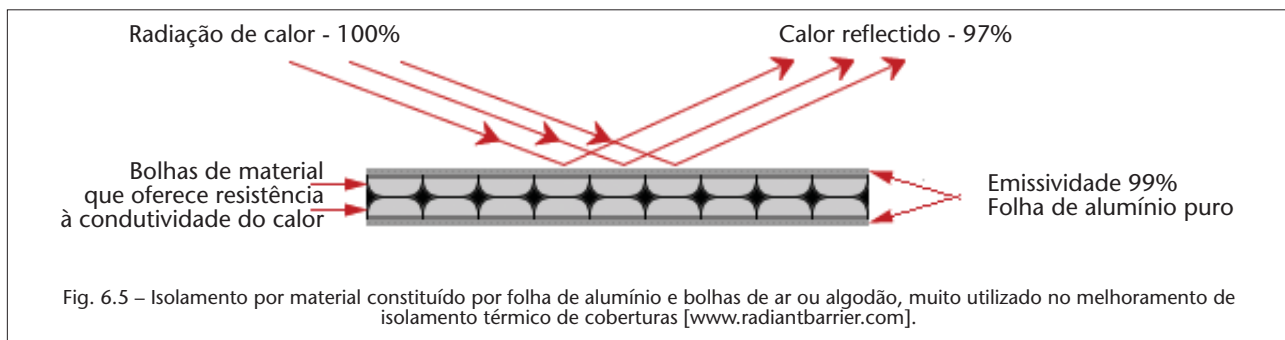


Fig. 6.4 - Sistema de climatização no edifício da ABN AMRO.

RESULTADOS:

A implementação deste sistema irá contribuir para a redução das emissões de CO₂ associadas à climatização em 75%, e para a redução dos consumos de energia do edifício em cerca de 15%.



A utilização de materiais isolantes na construção civil é essencial para corresponder aos altos padrões de qualidade exigidos pelos utilizadores e às normas actualmente em vigor. Para além da economia de energia, o conforto térmico e acústico, juntamente com a qualidade do ar, são factores importantes para assegurar um ambiente com produtividade.



Fig. 6.6 - Telhados metálicos.

A escolha das características (reflectividade e emissividade) e do tipo de material de revestimento dos telhados, assim como o tipo de material, tem uma importância fulcral. Na redução dos consumos de um determinado edifício, no que diz respeito à climatização. Um telhado com cor clara (branca se possível) pode diminuir a absorção da radiação solar, reduzindo assim a temperatura e a transmissão de calor para o interior de, por exemplo, uma nave industrial.

A aplicação de “coberturas de baixa temperatura” (cool roofs) conduz a uma redução nos consumos de energia eléctrica para refrigeração dos espaços, até cerca de 50%, de acordo com o material que existia antes da implementação da nova cobertura.

Principais grupos de materiais para isolamento térmico:

Os principais factores de avaliação dos diversos materiais usados para isolamento térmico são: propriedades

físicas, propriedades químicas, o preço e a facilidade de aplicação. Alguns dos materiais mais utilizados são os seguintes:

- EPS – Poliestireno Expandido;
- XPS – Poliestireno Extrudido;
- MW – Lã mineral (Rocha, Vidro);
- PUR – Poliuretano;
- ICB – Aglomerado Negro de Cortiça.

O gráfico (fig. 6.10) da página seguinte apresenta uma das principais propriedades físicas dos materiais para isolamento térmico: o coeficiente de condutividade térmica.

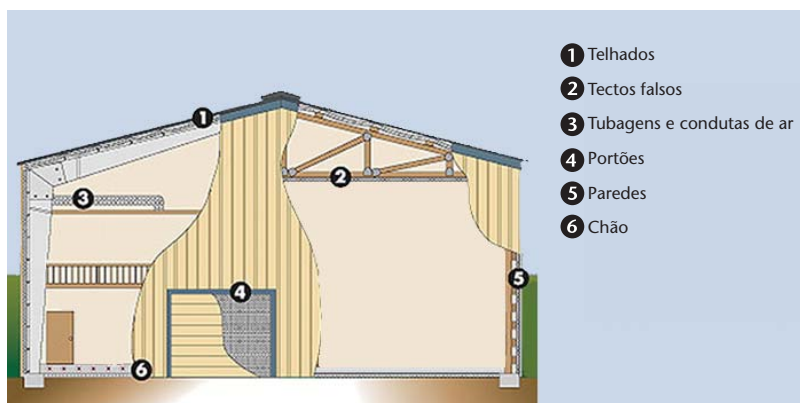


Fig. 6.7 – Possíveis locais de aplicação de isolamento térmico [www.radiantbarrier.com].

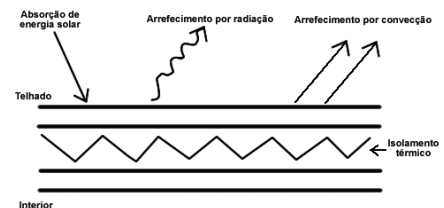


Fig. 6.8 - A transferência de calor num telhado é proporcional à diferença de temperatura entre a superfície do telhado e o interior.

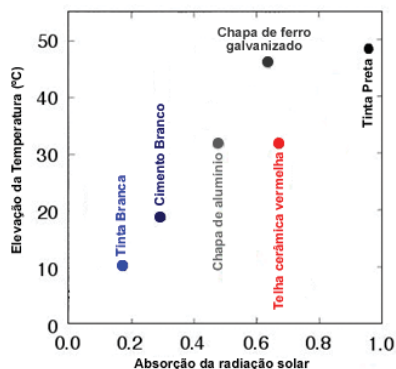


Fig. 6.9 - Elevação da temperatura para alguns dos materiais mais comuns para revestimento de telhados (Fonte: Lawrence Berkeley National Laboratory).

A comparação do custo dos diversos materiais para isolamento térmico, apenas se torna pertinente se os parâmetros de utilização forem semelhantes. A forma directa de comparar o custo do desempenho térmico dos diferentes tipos de isolamento é feita através do “Custo do efeito isolante” (Ce_i):

$$Ce_i = \text{Preço do isolante [€}/m^3] / R$$

(R = Resistência térmica = Espessura / (λ * Secção))

Vidros e janelas

Existem janelas que podem apresentar uma elevada resistência térmica pela combinação de vidros duplos com múltiplas camadas de baixa emissividade, com o preenchimento da câmara-de-ar com gás de baixa conductividade

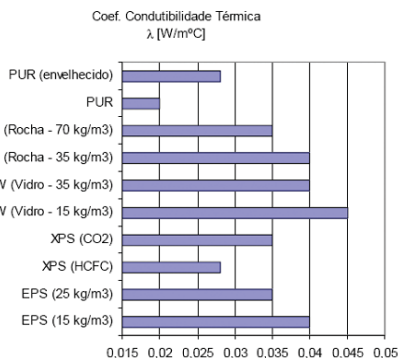


Fig. 6.10 – Coeficiente de condutividade térmica de diversos materiais para isolamento térmico.

térmica (árgon ou cripton), e usando espaçadores isolantes nos caixilhos (fig. 6.11).

Adicionalmente, as propriedades ópticas tais como a transmissão de calor solar poderão ser adaptadas a zonas climáticas específicas onde o calor mesmo em pequena quantidade proveniente do sol de Inverno irá transformar estas “super” janelas em fornecedoras de energia. Nas fachadas

onde interessa reduzir os ganhos térmicos, existem vidros com películas selectivas que deixam entrar a luz visível, mas que bloqueiam parte significativa da radiação solar na banda do infravermelho.

Um novo tipo de envidraçados, também designados como janelas “inteligentes”, podem adaptar-se às frequentes alterações nas necessidades de luz, aquecimento ou arrefecimento dos edifícios. Estas janelas “inteligentes” podem ser classificadas em duas categorias:

- Envidraçados passivos, de tipo fotocromático capazes de variar as suas características de transmissão de luz de acordo com alterações na luz solar CORTAR (“photochromic”) e as suas características de transmissão de calor de acordo com as alterações da temperatura ambiental.

Material de isolamento	Dens. [kg/m³]	C.C.T. (λ) [W/m²°C]	Preço [€/m³]	Ce _i
Lã de rocha (placa)	30	0,040	32	1,28
	70	0,035	68	2,38
Lã de vidro (manta)	15	0,045	21	0,945
EPS	15	0,040	36	1,44
	25	0,035	58	2,03
XPS (CO ₂)	30	0,035	80	2,8
Poliuretano	35	0,025	150	3,75

Tabela 4 - Custo do efeito isolante (Ce_i) de diversos materiais de isolamento. (Fonte: ACEP).

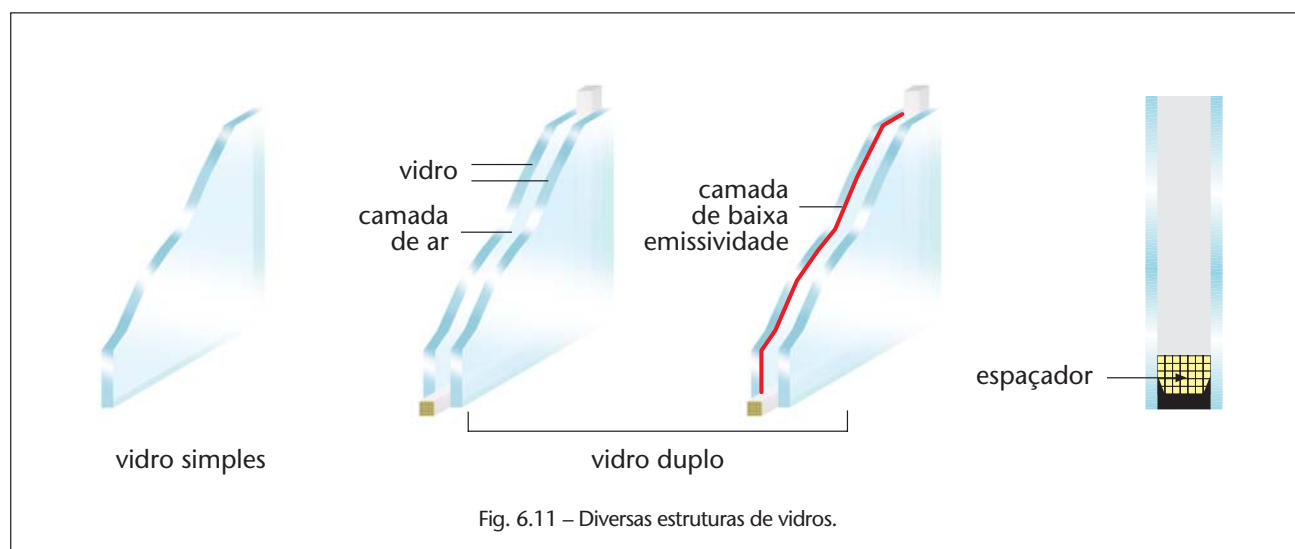


Fig. 6.11 – Diversas estruturas de vidros.

- Envidraçados activos do tipo electrocrómico usam um controlo eléctrico para alterar as suas propriedades de transmissão de luz.

Impactos positivos dos vidros duplos de baixa emissividade:

- No nível de conforto térmico, na redução das perdas térmicas;
- Na redução da capacidade do sistema de climatização requerido;
- Na redução do ruído.

Sistemas de gestão de energia

Os sistemas de gestão de energia permitem, com maior ou menor grau de sofisticação monitorizar e controlar de forma automática os vários equipamentos do sistema energético de um edifício, com vista a conseguir efectuar uma utilização racional de energia e proporcionar níveis adequados de conforto.

Um grande edifício de serviços engloba geralmente:

- Rede de distribuição de energia eléctrica constituída por postos de transformação, rede de média e baixa tensão, quadros eléctricos de distribuição e, os diferentes circuitos da utilização;
- Grupo(s) gerador(es) de emergência;
- Sistemas AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado);
- Elevadores e monta-cargas;
- Iluminação interior e exterior;
- Sistemas de detecção e extinção de incêndio;
- Sistemas de detecção de intrusão.

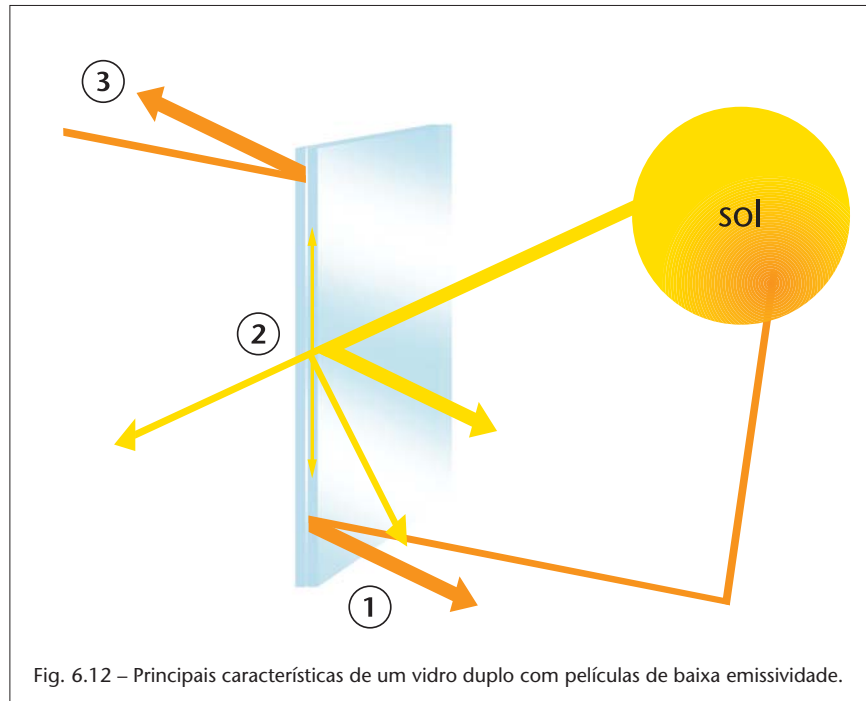


Fig. 6.12 – Principais características de um vidro duplo com películas de baixa emissividade.

- 1 O calor solar directo que passa o vidro é reduzido, e controlável de acordo com a tecnologia utilizada no fabrico do vidro;**
- 2 No exterior, o calor radiado pelos objectos quentes é reflectido;**
- 3 No interior, o calor radiado é reflectido.**

A percentagem de calor reflectido depende do tipo de “filme” que o vidro possui, como se pode ver pela figura seguinte:

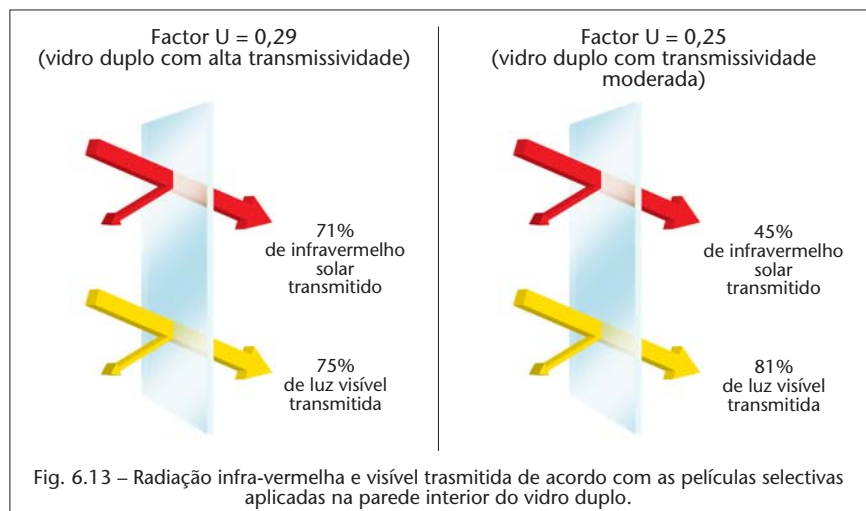


Fig. 6.13 – Radiação infra-vermelha e visível transmitida de acordo com as películas selectivas aplicadas na parede interior do vidro duplo.

É sobre estes sistemas e equipamentos ou instalações que se exerce o controlo do sistema de gestão centralizada e automação de grandes edifícios. As principais funções dos sistemas de gestão de energia (SGE) estão sumariadas na tabela seguinte.

Função	Terminologia
Desligar equipamentos quando o edifício está desocupado, de acordo com determinado plano.	Arranque/paragem
Arranque do equipamento o mais tarde possível antes da ocupação; paragem antes da desocupação.	Arranque/paragem otimizados
Ajuste dos limites ("set points") de temperatura nos termostatos quando o edifício não está ocupado.	Ajuste de temperatura Ciclo nocturno
Utilizar ar mais fresco do exterior para efeitos de arrefecimento interior, ou o contrário para efeitos de aquecimento.	Arrefecimento com ciclo economizador
Busca de economia de energia por controlo mais preciso.	Controlo da entalpia
Redução do aquecimento ou arrefecimento excessivos nos sistemas AVAC, através do ajuste de temperatura dos fluidos primários.	Ajuste primário de temperatura
Adequar a operação do gerador de água refrigerada ("chiller") às cargas reais.	Optimização do sistema de refrigeração
Adequar a operação da caldeira às cargas reais, e ao controlo de combustão.	Optimização da caldeira
Redução dos consumos eléctricos em horas de ponta	Controlo de ponta
Desligar equipamentos em determinado período de tempo, de acordo com um programa prévio de redução do uso de energia.	Deslastre cíclico
Tempos de operação de equipamentos, utilização de energia, caudais, detecção de avarias, alarmes, etc.	Monitorização e alarmes

Tabela 5 - Principais funções de um SGE.

Em Portugal ainda não é frequente a utilização de sistemas de gestão de energia, senão em grandes edifícios. No entanto, algumas destas funções não apresentam grande dificuldade de implementação. Na tabela seguinte indica-se um conjunto de funções vantajosas, bem como a respectiva economia típica de energia proporcionada, em diferentes tipos de edifícios de serviço.

Tipo de edifício	Potencial	Potencial em economias
Supermercados	Arranque/paragem otimizados Ajuste de temperatura	14%
Hospital	Arranque/paragem otimizados Controlo do economizador Controlo de entalpia Optimização de "chiller"/caldeira Ajuste primário de temperatura Alarmes/monitorização	9%
Hotel	Arranque/paragem otimizados Controlo do economizador Controlo de entalpia Optimização de "chiller"/caldeira Ajuste primário de temperatura Alarmes/monitorização Ajuste de temperatura	13%
Edifícios de escritório	Arranque/paragem otimizados Controlo do economizador Controlo de entalpia Optimização de "chiller"/caldeira Ajuste primário de temperatura Alarmes/monitorização Ajuste de temperatura	22%
Centro Comercial	Arranque/paragem otimizados Controlo do economizador Controlo de entalpia Ajuste primário de temperatura Ajuste de temperatura	15%

Tabela 6 - Potencial de poupança de energia por tipo de edifício.

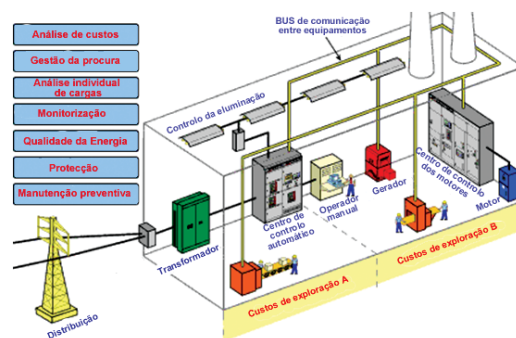


Fig. 6.14 - Exemplos de vantagens da integração de um sistema de gestão de energia numa unidade industrial (Fonte: <http://www.geindustrial.com>).

CASO DE ESTUDO

A Experiência Piloto de Monitorização de Consumos Energéticos da **SONAE Sierra** no centro comercial **Via Catarina** (Porto-Portugal), centrou-se na instalação de uma rede de mais de 100 sensores de medição de consumos energéticos, temperaturas, caudais, etc., e principalmente no tratamento integrado da informação fornecida por estes sensores (tratada hora a hora durante os 365 dias do ano) de forma a calcular os indicadores de desempenho adequados a cada sistema energético monitorizado.

A monitorização de consumos permitiu conhecer a eficiência real dos sistemas de arrefecimento para um vasto conjunto de condições de funcionamento distintas (carga, temperatura ambiente, etc.) e otimizar a estratégia de controlo dos sistemas de arrefecimento do edifício, conseguindo sem qualquer investimento, uma economia anual de cerca de 20.000 euros.

Os principais **resultados** desta iniciativa não são mensuráveis e imediatos.

No entanto como resultado associado surge a optimização da estratégia de controlo dos equipamentos de arrefecimento do edifício. Assim:

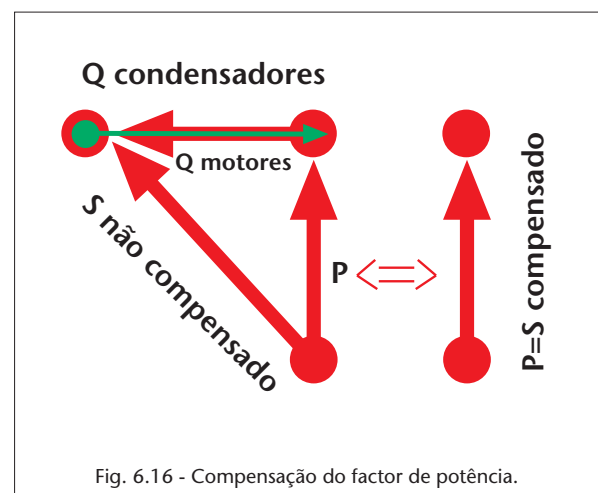
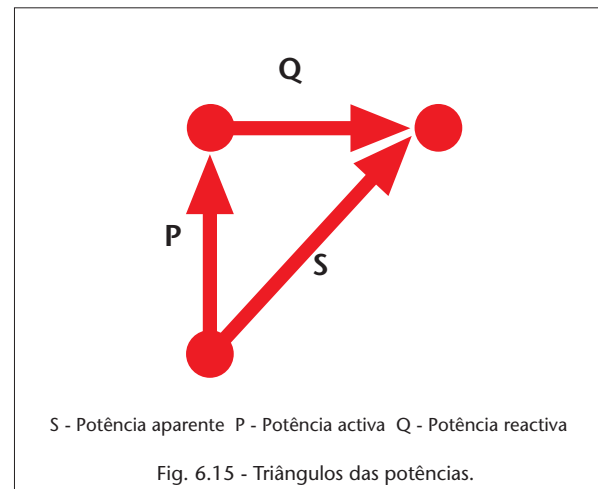
- Redução de consumos de energia final: 300 MWh/ano;
- Redução de emissões de CO₂: 150 ton./ano;
- Redução de custos associados ao consumo de energia final: 20.000 euros/ano;



Factor de potência

Todo o sistema eléctrico que utilize corrente alternada pode consumir dois tipos de potência: Potência Activa (P) e Potência Reactiva (Q). Enquanto a potência activa realiza o trabalho desejado, a potência reactiva não. Esta última serve apenas para alimentar os circuitos magnéticos dos dispositivos eléctricos. A relação entre as referidas potências é facilmente definida pelo triângulo rectângulo apresentado na fig. 6.15.

A Potência Aparente (S) é a soma vectorial de P e Q:



A Potência Aparente (S) representa a carga efectiva do sistema de produção e transporte de energia eléctrica.

A Potência Activa (P) pode ser expressa por:

$$P = S \cos \varphi \Leftrightarrow \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

À relação P/S dá-se o nome de factor de potência ($\cos \varphi$), que expressa o peso da potência reactiva face à potência activa.

Alguns dos inconvenientes de uma instalação com um factor de potência reduzido são:

- Aumento da factura de electricidade, devido ao facto da EDP cobrar toda a energia reactiva superior a 40% ($\cos \varphi < 0,93$) da energia activa consumida. Adicionalmente ocorre um aumento das perdas de energia na instalação do consumidor;
- Diminuição da capacidade de fornecimento de potência activa nos cabos e transformadores;
- Sobrecarga da rede do consumidor ou, para tal ser evitado, sobredimensionamento da rede.

Anular a potência reactiva, Q, não é possível, dado que muitos equipamentos eléctricos não funcionariam. Criar na instalação eléctrica uma fonte de potência reactiva é a solução. A figura 6.16 ilustra o exposto. A potência reactiva consumida por um grupo de motores é compensada pela potência reactiva fornecida

por um grupo de condensadores, o que conduz à situação desejada: A potência activa, P, é igual à potência aparente, S. No melhoramento do factor de potência há dois tipos de soluções a considerar, embora o ideal seja a adopção das duas:

- **Acção directa sobre as causas** – Redução do tempo de funcionamento em baixa carga ou vazio, dos motores eléctricos através de:

- (a) Dimensionamento correcto dos motores;
- (b) Acoplamento de um equipamento de comando das máquinas;
- (c) Ligação dos motores em estrela se funcionarem sempre abaixo de 1/3 da potência nominal.

- **Compensação da energia reactiva** – Recurso a baterias de condensadores, que geram uma potência reactiva oposta à consumida pelos motores, iluminação fluorescente, transformadores, etc. Os locais de instalação dos condensadores podem ser classificados em 2 grupos distintos:

- (a) Compensação global – logo após o transformador;
- (b) Compensação local – junto às principais cargas consumidoras de energia reactiva.

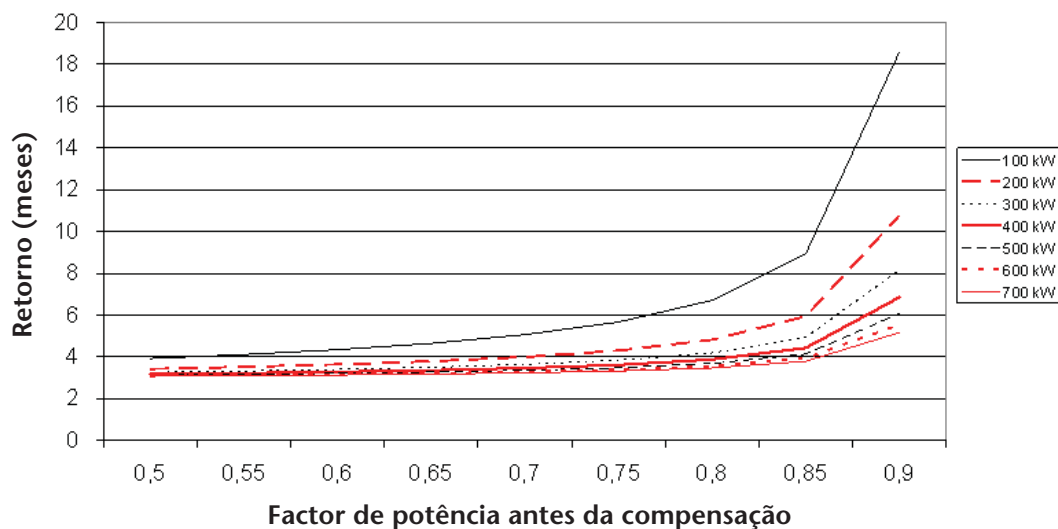


Fig. 6.17 - Retorno do investimento na compensação do factor de potência, para vários níveis de potência da instalação.



Edifícios sustentáveis

Na concepção de um edifício, a adopção de algumas estratégias poderá influenciar significativamente o seu desempenho em termos do conforto térmico no seu interior e, conseqüentemente, dos seus ocupantes. Como o consumo energético depende das condições de conforto que os ocupantes querem atingir, se o edifício estiver pouco adaptado ao clima local será necessário maior consumo de energia para atingir as condições de conforto térmico pretendido. Contudo, se na concepção de um edifício são utilizadas as estratégias bioclimáticas correctas, o edifício fica mais próximo de atingir as condições de conforto térmico e de diminuir os respectivos consumos energéticos para atingir esses fins.

As estratégias a adoptar para a criação de edifícios sustentáveis, são um conjunto de regras ou medidas de carácter geral, destinadas a influenciar

a forma do edifício, bem como os seus processos, sistemas e componentes construtivos. As estratégias a adoptar num determinado edifício ou projecto, deverão ser seleccionadas tendo em atenção a especificidade climática do local, a função do edifício e, conseqüentemente, o modo de ocupação e operação do mesmo, com o objectivo de promover um

bom desempenho em termos de adaptação ao clima.

Deve-se fazer o aproveitamento da massa térmica, através da utilização de sistemas solares passivos, tirando partido da capacidade do betão em termos de armazenagem de calor/energia.

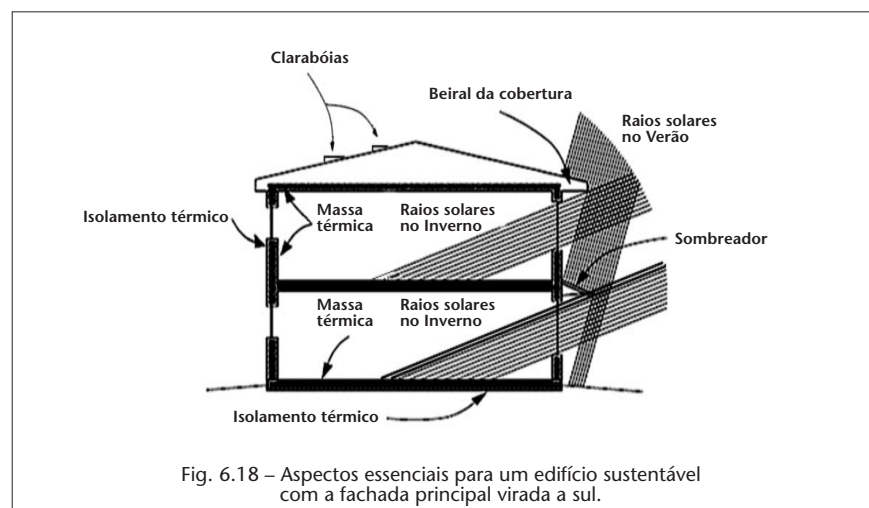


Fig. 6.18 – Aspectos essenciais para um edifício sustentável com a fachada principal virada a sul.

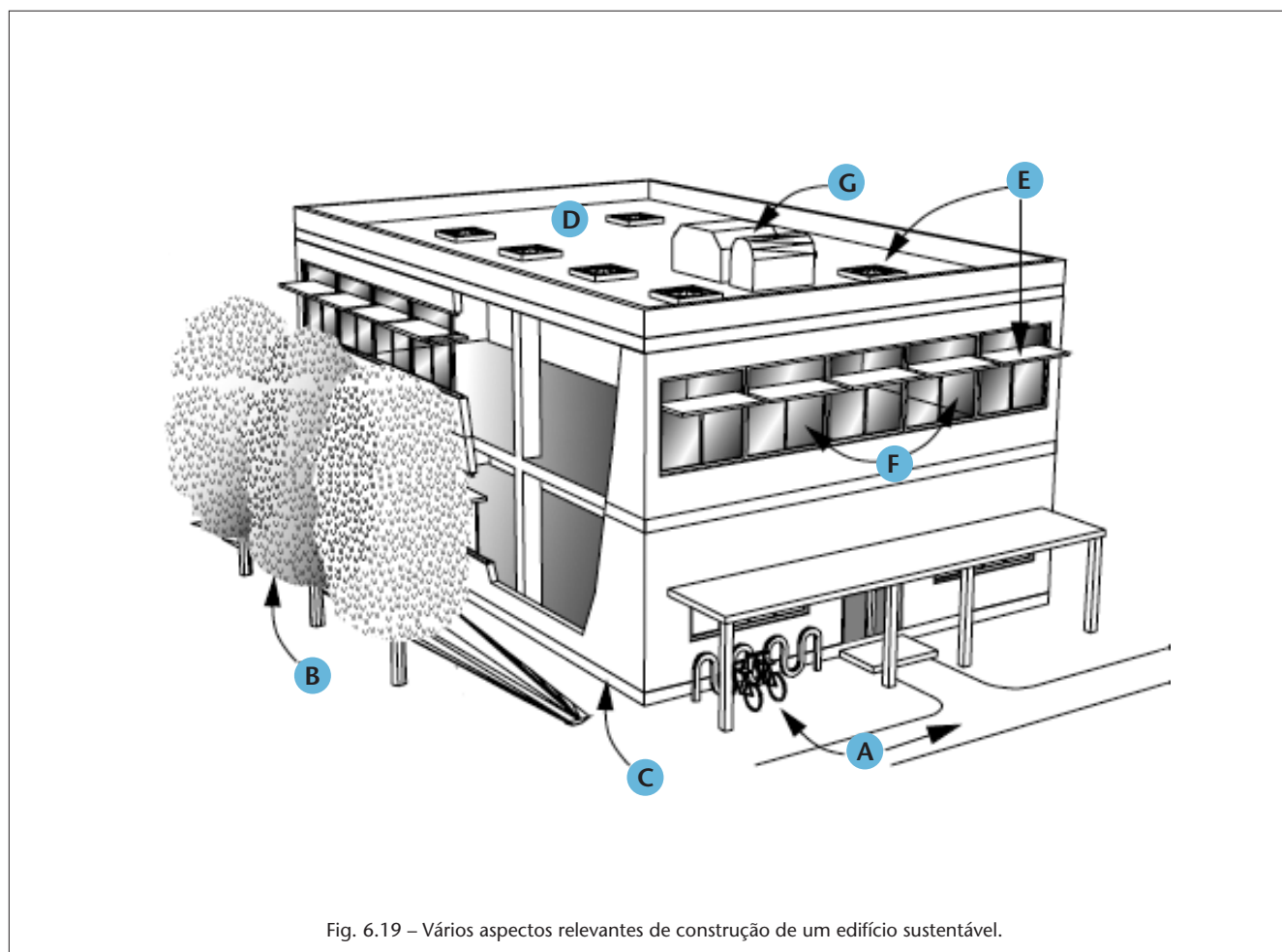


Fig. 6.19 – Vários aspectos relevantes de construção de um edifício sustentável.

- A** Bons acessos para peões, bicicletas e automóveis;
- B** As árvores providenciam protecção em dias de vento forte e sombra – o sombreamento é particularmente útil nas fachadas poente e nascente;
- C** Usar um bom material de isolamento no envelope exterior;
- D** Coberturas com um revestimento de baixa absorção de radiação solar;
- E** Utilizar iluminação natural (clarabóias) e janelas com sombreadores;
- F** Ventilação natural;
- G** Uso de equipamentos centralizados de alto rendimento.



Produção descentralizada de electricidade e de 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% (fig. 7.1 e fig. 7.2).

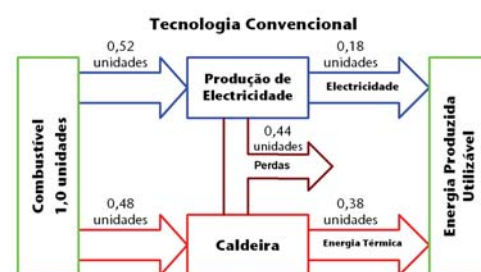


Fig. 7.1 – Produção de calor e electricidade por tecnologia convencional.

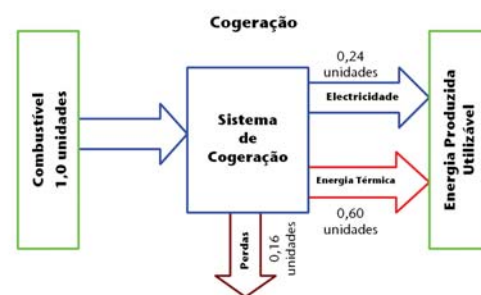


Fig. 7.2 – Produção de calor e electricidade por cogeração.

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.

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.

As principais vantagens da cogeração podem ser avaliadas pelos seguintes factores:

- 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);

CASOS DE ESTUDO

1 - Como o complexo industrial (figura da página anterior) instalado na Póvoa de Santa Iria é simultaneamente um grande consumidor de energia eléctrica (electrólises) e de energia térmica, sob a forma de vapor (produção de carbonato de sódio), a **Solvay Portugal** decidiu proceder à construção duma central de cogeração.

Trata-se duma central de produção combinada de calor e electricidade, com turbina a gás do tipo GTX 100, acoplada a um alternador com uma potência eléctrica de cerca de 44 MW e uma caldeira de recuperação da energia dos gases de exaustão da turbina, equipada com sistema de queima suplementar de gás natural, para a produção de um máximo de 120 t/h de vapor sobreaquecido (33 bar, 350°C).

A Central de Cogeração, em funcionamento normal, produz anualmente 360 GWh, de energia eléctrica, integralmente vendidos à Rede Eléctrica e 790000 t de vapor, utilizados no processo fabril da Solvay.

O consumo anual de gás natural é da ordem dos 100 milhões de metros cúbicos. O investimento na construção da Central foi da ordem de 35 M. euros.

RESULTADOS:

Em termos de emissão de CO₂, a situação actual emite 213000 ton. , enquanto a situação anterior emitiria 323.000 ton. o que corresponde a uma redução de 110.000 ton. CO₂ emitidas.

Com a Central de Cogeração deixa de haver a emissão de SO₂ e partículas, correspondentes à queima de 57 kt de fuel (170 t de partículas e 1500 ton. de SO₂, por ano).

Há também uma forte redução na emissão de NO_x (além da turbina estar equipada com queimadores de baixo teor de NO_x, há a redução correspondente à economia de 22% na queima de combustível).

Como a produção de electricidade está junto dos centros de consumo, a central de cogeração permite também poupar custos e reduzir perdas nas redes de transporte e de distribuição.

2 - A **Powercer** é uma sociedade detentora de uma central de cogeração cuja actividade se encontra intimamente relacionada com o processo produtivo da fábrica da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, em Vialonga, sendo a responsável pela gestão da produção de todo o vapor necessário ao processo fabril. São accionistas da **Powercer** a **Galp Power SGPS, SA** e a **Finerge, SA**, duas entidades de referência no mercado energético português, as quais participam separadamente já em várias outras instalações de cogeração.





Os equipamentos principais da central de cogeração da Powercer (fig. 7.3) são uma turbina a gás alimentada a gás natural com uma potência de 7.300 kW e uma caldeira de recuperação para a produção de vapor saturado a 12bar (g).

A turbina a gás produz electricidade através da queima de gás natural nas suas câmaras de combustão de baixo teor de NOx. Toda a energia eléctrica produzida, exceptuando-se a que é consumida nos auxiliares da central, é exportada para a rede pública.

A caldeira de recuperação consegue uma produção de 14 toneladas por hora de vapor (t/h), apenas por recuperação dos gases da turbina, sendo capaz de modular a sua produção até a um valor máximo de 30 ton./h com o sistema de queima suplementar.

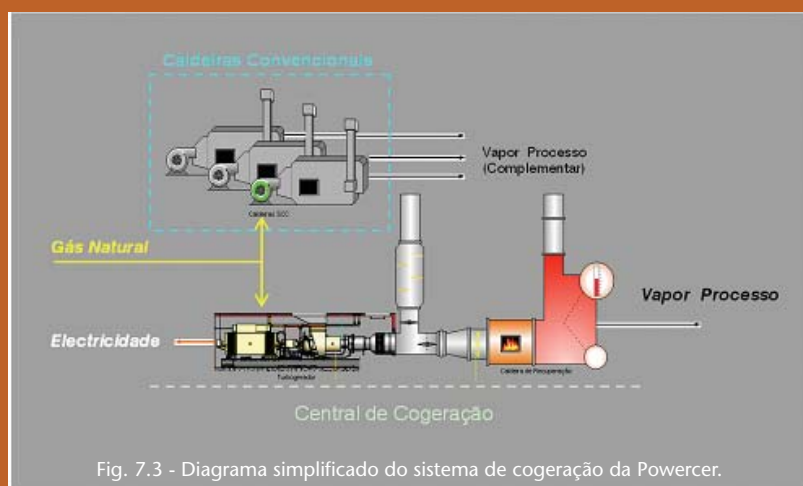


Fig. 7.3 - Diagrama simplificado do sistema de cogeração da Powercer.

RESULTADOS:

A instalação da central de cogeração da Powercer permitiu não só um importante desconto na factura do vapor como ainda importantes melhorias nos custos de operação e manutenção da fábrica. Do ponto de vista técnico, a nova central permitiu ainda ver incrementada a fiabilidade de produção, uma vez que as anteriores unidades de produção de vapor podem trabalhar como complemento e reserva, e ainda ver incrementada, através de um sistema tecnologicamente avançado, a capacidade de produção de vapor da fábrica, o que permitirá encarar de forma sustentada futuras expansões do processo industrial.

As economias geradas pelo projecto provém maioritariamente da superior eficiência energética da central e do seu impacto na estrutura do tarifário de venda de energia eléctrica à rede pública, sendo assim possível conjugar eficiência energética e rentabilidade financeira.

- Redução anual dos consumos de energia (*) - >15%
- Redução anual das emissões (*) - 24000 t/ano
- Período de recuperação do investimento - 6 anos

(*) – reduções globais no sistema, ou seja, quanto se poupa em energia primária e em emissões pela produção combinada de vapor e electricidade da central de cogeração em comparação com a produção convencional de vapor nas caldeiras convencionais e com a produção de uma quantidade idêntica de energia eléctrica numa central térmica convencional.

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.

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.

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 (fig. 7.4).

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

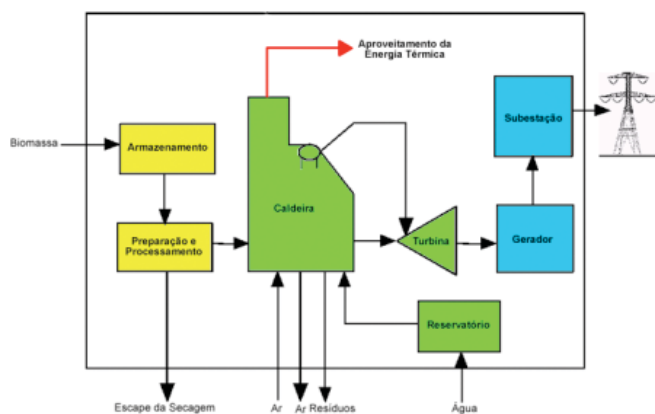


Fig. 7.4 - Produção de energia através da queima directa da biomassa.

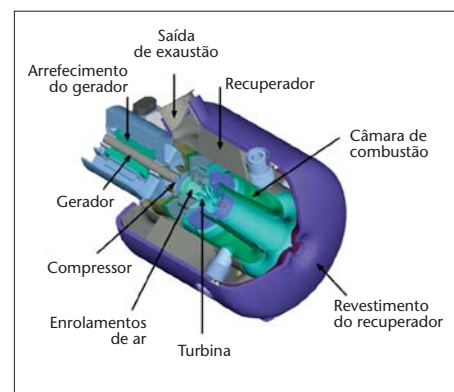


Fig. 7.5 - Desenho técnico de uma Microturbina.

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.

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 (fig. 7.5).

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. Podem também ser utilizados combustíveis líquidos como o diesel,



Fig. 7.6 - Microturbina.

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.

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 (fig. 7.7), tendo-se afirmado como uma das tecnologias

de produção de energia mais promissoras. 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.

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).

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 dimetilico, o etanol, assim como produtos resultantes da gaseificação de carvão e a nafta.

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.

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.

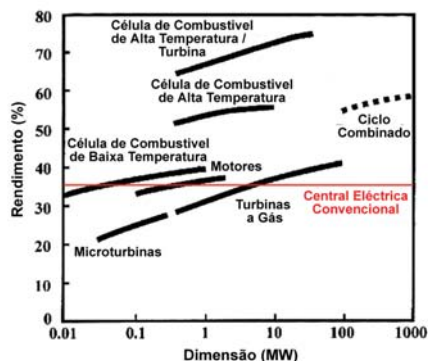


Fig. 7.8 - Rendimento comparativo entre as diversas tecnologias de células de combustível e outras tecnologias convencionais.

Integração de energia fotovoltaica e solar térmica em edifícios industriais

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 (fig. 7.9), pode reduzir em cerca de 80% o consumo de energia convencional (electricidade, gás natural, gás propano, etc.) para o aquecimento de água.

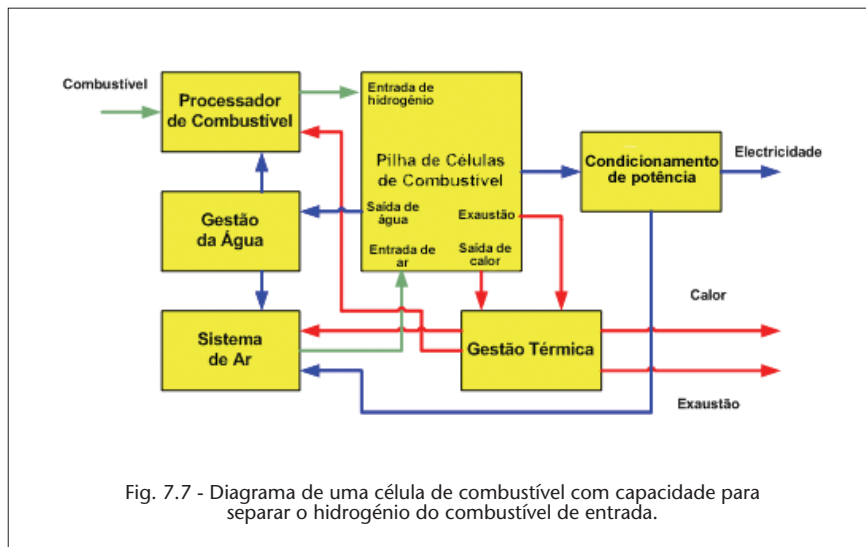


Fig. 7.7 - Diagrama de uma célula de combustível com capacidade para separar o hidrogénio do combustível de entrada.

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.



Fig. 7.9 - Aplicações de colectores solares para aquecimento de água.

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.

Sistemas com elevada qualidade de energia




A energia eléctrica constitui hoje um elemento essencial para o funcionamento de praticamente todos os sectores de actividade. Trata-se de um factor de produção não convencional, pois é requerido com fluxo contínuo. Não é viável, por enquanto, armazená-la em grandes quantidades sendo apenas possível assegurar a sua qualidade no instante em que é consumida.




A Qualidade da Energia Eléctrica é cada vez mais um factor determinante para a competitividade de numerosas actividades económicas. O número de clientes com necessidade de energia eléctrica com elevada qualidade tem vindo a aumentar nos últimos anos e é previsível que com

as novas tendências tecnológicas se venha a acentuar ainda mais esta situação. A proliferação de tecnologias que utilizam dispositivos para o processamento de informação (os denominados “*Smart Chips*”, como os sistemas digitais, microprocessadores, memórias, etc.) e dispositivos para o controlo da potência (os denominados “*Power Chips*”, como os tirístores, triacs, IGBT, fontes de alimentação comutadas, variadores electrónicos de velocidade, etc.) está hoje completamente disseminada, correspondendo em alguns sectores, à totalidade das cargas consumidoras de energia eléctrica.

Pelo facto das redes de distribuição convencionais estarem limitadas na oferta de índices de qualidade elevada, a resolução dos problemas da energia nas instalações com exigências de alta fiabilidade deve envolver o distribuidor, o cliente e o fabricante/fornecedor dos equipamentos.

Tabela 7 - Problemas mais comuns da Qualidade de Energia, suas causas e consequências.

<p>Interrupções longas</p>  <p>Interrupções breves</p> 	<p>Descrição: Situação em que a tensão de alimentação no ponto de entrega é inferior a 1% da tensão declarada. Uma interrupção da alimentação pode ser classificada como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • prevista, quando os Clientes são informados com antecedência, para permitir a execução de trabalhos programados na rede; • acidental, quando provocada por defeitos permanentes ou transitórios, na maior parte das vezes ligados a acontecimentos externos, a avarias ou interferências. <p>As interrupções acidentais podem ser classificadas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • interrupção longa, (duração superior a 3 minutos) provocada por um defeito permanente; • interrupção breve, (duração não superior a 3 minutos) provocada por um defeito transitório. <p>Valores indicativos: Em condições normais de exploração, a frequência anual de interrupções longas pode ser de 10 a 50, de acordo com as regiões. Não se dão valores indicativos para as interrupções previstas por serem anunciadas com antecedência. O número anual de interrupções breves pode variar de algumas dezenas a algumas centenas. Cerca de 70% das interrupções breves têm duração inferior a 1s.</p> <p>Causas: Estas perturbações estão especialmente relacionadas com manobras de desligação e rearme automático de disjuntores, para isolamento de defeitos. As principais causas de defeitos são as condições atmosféricas adversas, deterioração dos materiais isolantes nos sistemas eléctricos de distribuição e de utilização final de energia, avarias de equipamento, contornamento de isoladores, contacto de árvores e animais com condutores eléctricos, acidentes rodoviários, incidentes de construção civil e outros condicionalismos externos aos sistemas eléctricos.</p> <p>Consequências: Interrupção longa ou breve de funcionamento do equipamento.</p>
<p>Cavas de tensão</p> 	<p>Descrição: Considera-se como cava de tensão a diminuição brusca da tensão de alimentação para valores situados entre 90% e 1% da tensão declarada, durante 10ms a 1min (por convenção). O valor de uma cava de tensão é definido como sendo a diferença entre a tensão eficaz durante a cava de tensão e a tensão nominal.</p> <p>Valores indicativos: O número de cavas de tensão pode ir de algumas dezenas a um milhar por ano. A maioria dura menos de 1s e tem uma amplitude inferior a 60%. No entanto, podem ocorrer, embora raramente, cavas de tensão com amplitude e duração superiores.</p> <p>Causas: Defeitos nas redes de transporte e distribuição, defeitos nas instalações dos Clientes, arranque de cargas de elevada potência, em determinadas condições de exploração.</p> <p>Consequências: Problemas em contactores, relés electromecânicos, variadores electrónicos de velocidade, diminuição de rendimento nas máquinas eléctricas rotativas, paragem de sistemas de controlo industrial baseados em microprocessador (computadores e autómatos programáveis).</p>

<p>Sobretensões transitórias</p> 	<p>Descrição: Variações muito rápidas do valor da tensão, com duração entre alguns microssegundos e poucos milissegundos. A amplitude da tensão pode atingir valores da ordem das centenas de milhares de Volt.</p> <p>Causas: Descargas atmosféricas, descargas electrostáticas, operações de comutação de linhas ou de baterias de condensadores para correcção do factor de potência.</p> <p>Consequências: Possível destruição de componentes electrónicos, ruptura dos materiais isolantes, perda de dados ou erros no processamento de informação, interferência electromagnética, etc.</p>
<p>Desequilíbrios de tensões</p> 	<p>Descrição: Variação das tensões num sistema trifásico, em que a amplitude das tensões das três fases e/ou o desfasamento entre elas não são iguais.</p> <p>Causas: Distribuição desequilibrada de cargas monofásicas nos sistemas eléctricos, em determinadas condições de exploração.</p> <p>Consequências: Um sistema desequilibrado implica a existência de uma componente de sequência negativa que afecta sobretudo as cargas trifásicas. As cargas mais afectadas são os motores de indução trifásicos. Aumento da corrente no condutor de neutro e diminuição do rendimento global dos sistemas.</p>
<p>Distorção harmónica de tensão</p> 	<p>Descrição: Considera-se que existe distorção harmónica de tensão em situações cuja forma de onda da tensão não é sinusoidal, sendo possível decompô-la numa série de sinais com diferentes amplitudes e fases, e com frequências múltiplas da tensão fundamental (50Hz em Portugal).</p> <p>Causas: Cargas electrónicas, tais como variadores electrónicos de velocidade, equipamentos informáticos e de telecomunicações, fornos de indução, máquinas de soldar, lâmpadas de descarga, máquinas eléctricas a funcionar em regime de saturação do núcleo ferromagnético.</p> <p>Consequências: Sobreaquecimento de equipamentos, degradação do factor de potência, diminuição do rendimento de máquinas eléctricas, possibilidade de ocorrência de ressonância, interferências electromagnéticas com sistemas de comunicação, erros de medida em aparelhos de medida convencionais (de leitura de valor médio), aumento da corrente no neutro.</p>

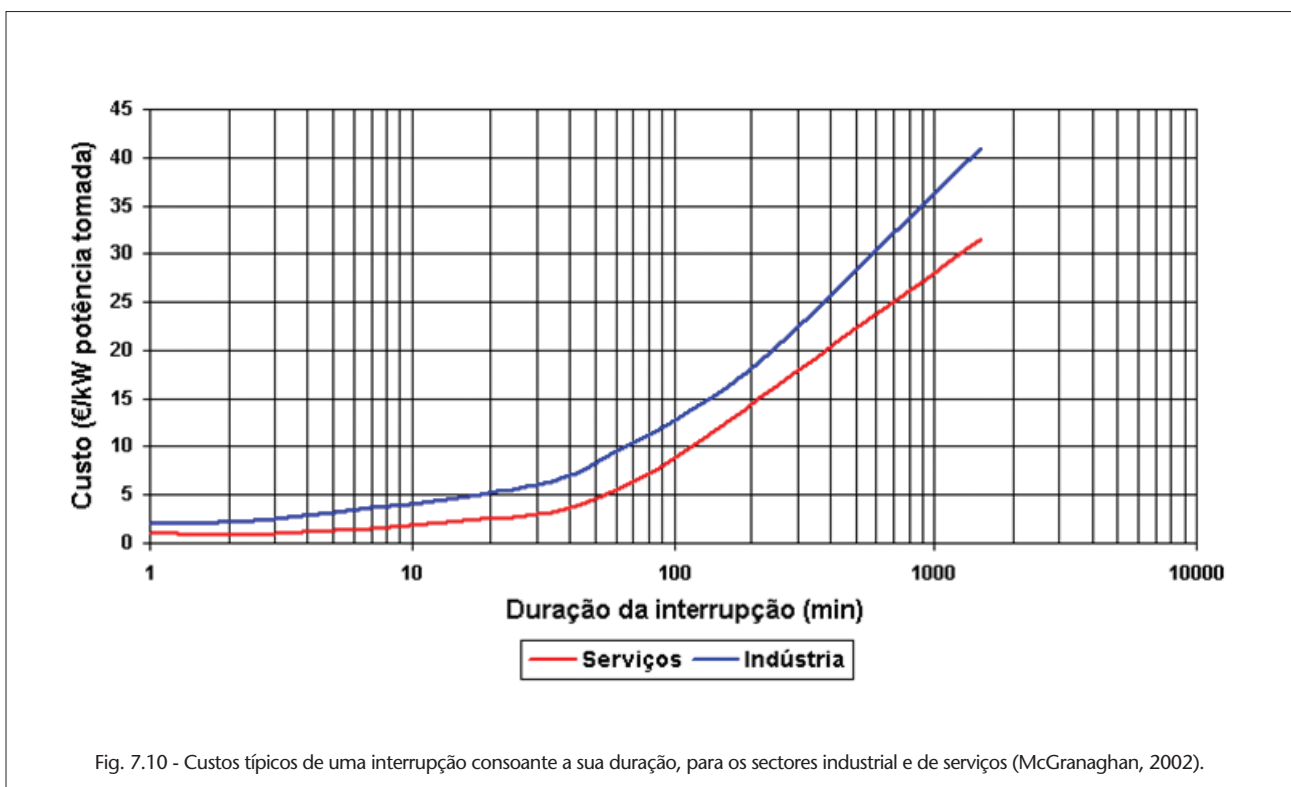


Fig. 7.10 - Custos típicos de uma interrupção consoante a sua duração, para os sectores industrial e de serviços (McGranaghan, 2002).



Sustentabilidade nos transportes

O desenvolvimento económico gerou um fenómeno de forte e rápida concentração de pessoas e de actividades nos centros urbanos marcado pelo aparecimento de grandes metrópoles, com uma dinâmica da evolução muito própria. O que surgiu no século XX não foi só a necessidade de mobilidade, foi o aparecimento, em massa, do transporte mecânico de estrada (o automóvel) e o transporte por ar (avião). A fig. 8.1 representa a evolução da mobilidade entre 1850 e 1990, quantificada em termos de movimento das populações quilómetro por pessoa e por ano. Pode-se dizer que não só aumentou a mobilidade, mas também se processou uma acentuada transformação em direcção à mobilidade mecânica.

O crescimento populacional, o aumento de infra-estruturas e de instalações urbanas, muitas vezes sem o planeamento adequado, tem como consequência, a deterioração do ambiente e da qualidade de vida. Os centros urbanos criam necessidades acrescidas de mobilidade que em muitos casos é satisfeita recorrendo ao automóvel, que oferece flexibilidade de utilização mas com impactos ambientais preocupantes. Neste momento, algumas grandes cidades chegaram a uma fase da sua evolução onde o barulho, a poluição atmosférica, e os engarrafamentos, que condicionam a desejada mobilidade, se encontram associados ao urbanismo anárquico.

Para combater as novas patologias urbanas, num período em que o desenvolvimento harmonioso aplicado à cidade é de enorme importância para o seu equilíbrio e para a qualidade de vida dos seus habitantes, é preciso pensar no seu ordenamento tendo em conta uma política de transportes economicamente viável, socialmente aceitável e respeitadora do ambiente.

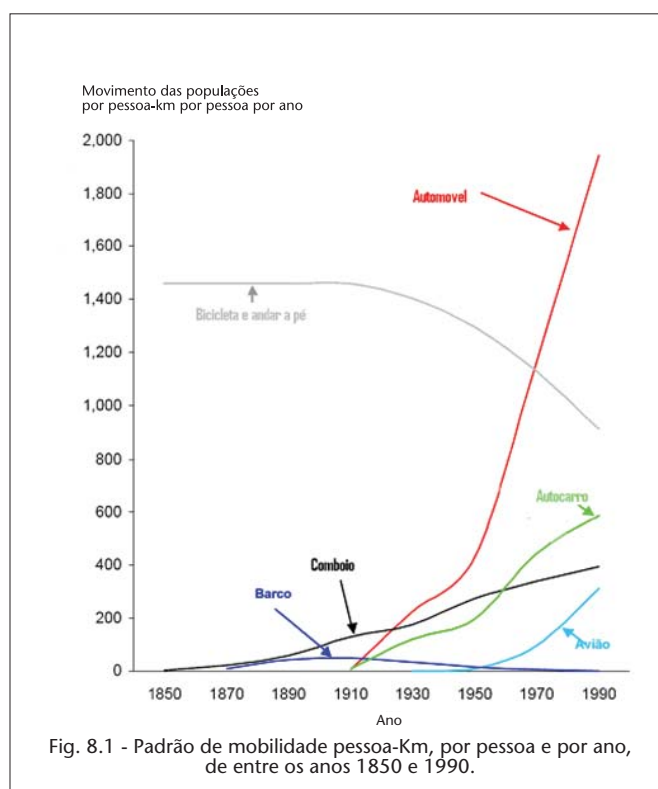


Tabela 8 – Políticas e medidas (PeM) de redução de GEE na UE. Fonte: European Climate Change Program.

Políticas e Medidas (PeM)	Potencial de Redução
Implementação de acordos voluntários com fabricantes de veículos que visem a redução das emissões de CO ₂ através da construção de veículos mais leves	5 a 10 Tg CO ₂ /ano
Melhorias tecnológicas ao nível dos automóveis de passageiros, como por exemplo, melhorias na tecnologia do motor e do ar condicionado, do tipo de combustível	40 Tg CO ₂ /ano
Melhorias ao nível da utilização das infra-estruturas relativas aos transportes, bem como ao nível da cobrança, incluindo utilização de Sistemas Inteligentes de Transporte (“Intelligent Transport Systems”)	40 a 60 Tg CO ₂ /ano
Medidas Fiscais	17 Tg CO ₂ /ano
Transporte intermodal/multimodal, bem como melhoria da eficiência ao nível da logística	Pode atingir 50% em alguns sectores
Aumento da consciência e mudança ao nível do comportamento, tal inclui uma consciencialização dos benefícios resultantes da eficiência no consumo de combustíveis, bem como do incentivo à educação da “eco-condução”	mínimo de 50 Tg CO ₂ /ano
Melhor qualidade de informação para avaliação e monitorização de todos os modos de transporte, em particular ao nível de transporte terrestre e aéreo, na medida em que são precisamente estes os maiores contribuintes de emissões de GEE	não determinado
Total	Superior a 200 Tg CO₂/ano

Em Portugal o transporte rodoviário abarca cerca de 80% das emissões de gases de efeito de estufa, sendo previsível que esta proporção aumente até 2010, sendo de salientar a fraca percentagem (3%) de emissões imputáveis ao modo ferroviário.

A tabela 8 apresenta algumas possíveis estratégias para a sustentabilidade e para a redução dos Gases Efeito de Estufa no sector dos Transportes na União Europeia. As reduções possíveis no sector dos Transportes representam um dos maiores potenciais disponíveis para redução das emissões.

A implementação de políticas de gestão eficientes e a utilização de novas tecnologias podem oferecer novas oportunidades para atingir um desenvolvimento mais equilibrado no sector dos transportes. No entanto, só a combinação de políticas ambientais ambiciosas e uma mudança nos hábitos da sociedade poderão alcançar uma mobilidade sustentável. A promoção de uma malha intermodal integrada de transportes públicos seguros, pontuais, confortáveis, a um preço acessível, e relativamente rápidos, tem sido usada com sucesso nalguns centros urbanos para mitigar a utilização do automóvel.

Paralelamente, a utilização de automóveis tem vindo a ser condicionada e/ou penalizada nos grandes centros urbanos, nomeadamente nos núcleos históricos claramente desadequados para a utilização massiva do automóvel. Com a utilização crescente das tecnologias da informação e da comunicação, o teletrabalho nalgumas actividades já constitui uma alternativa viável ao movimento pendular diário casa-trabalho.

Encontram-se em desenvolvimento novas tecnologias de transporte que poderão ter impactos positivos na redução do consumo de energia primária, das emissões poluentes, do ruído e da congestão. Os motores de combustão interna, apesar de baratos, têm um rendimento muito modesto (25 a 35%), são poluentes e não têm capacidade regenerativa. Para além destes problemas, estes motores usam na sua quase totalidade combustíveis fósseis (derivados do petróleo e gás natural), com todos os problemas associados da disponibilidade e do preço a longo prazo. A utilização crescente de biocombustíveis é uma estratégia interessante para minorar a dependência nos combustíveis fósseis.

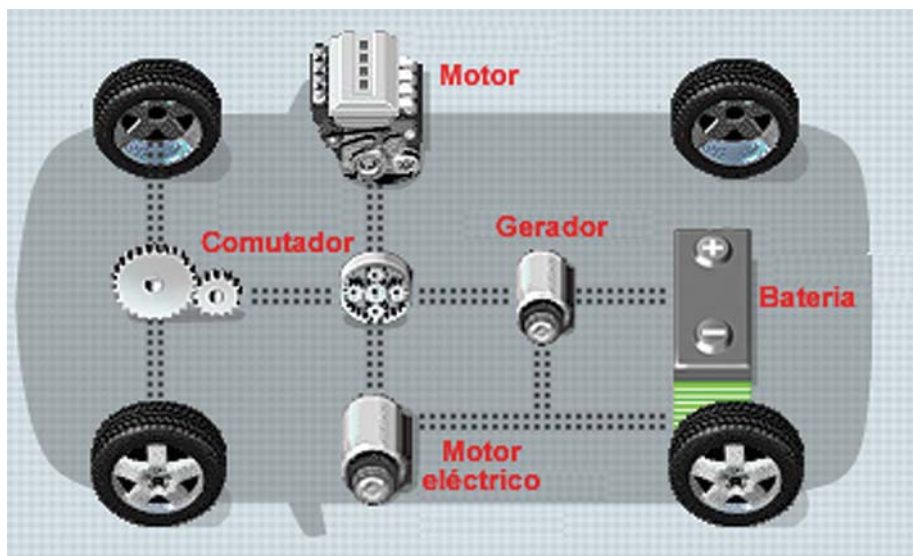


Fig. 8.2 - Diagrama interno de um veículo híbrido (Fonte: Toyota Motor Corporation).

Os motores eléctricos têm rendimentos superiores a 95% e capacidade regenerativa (quando o veículo trava a sua energia cinética é recuperada), são também mais silenciosos e não são poluentes no local de utilização. Assim, perspectiva-se uma revolução nos transportes com a electricidade a servir cada vez mais como vector energético, sendo de realçar algumas tecnologias já disponíveis ou emergentes:

- Automóveis híbridos (com motor de combustão e motor eléctrico), cujo desempenho traz economias muito significativas, nomeadamente em tráfego urbano (fig. 8.2);
- Eléctricos e mini-autocarros eléctricos ultraleves com e sem condutor (fig. 8.3);
- Veículos (Autocarros, automóveis e motos) eléctricos com baterias ou com células de combustível (fig. 8.4).



Fig. 8.3 - Fotografia de um Cybercar - veículo eléctrico sem condutor para utilização em centros históricos num projecto piloto em Coimbra (Fonte: Universidade de Coimbra; www.cybercars.org).



Fig. 8.4 - Autocarro com tracção eléctrica na cidade do Porto, com células de combustível alimentadas a hidrogénio puro (Fonte: www.fuel-cell-bus-club.com).

Sobre o BCSD Portugal

O BCSD Portugal – Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável é uma associação sem fins lucrativos, criada em Outubro de 2001 pela iniciativa das empresas Sonae, Cimpor e Soporcel, associadas ao WBCSD – World Business Council for Sustainable Development, em conjunto com mais 33 empresas de primeira linha da economia nacional. Actualmente a organização conta com 75 membros, representando cerca de 20 áreas de negócio.

A missão

> A missão principal do BCSD Portugal é fazer com que a liderança empresarial seja catalisadora de uma mudança rumo ao Desenvolvimento Sustentável e promover nas empresas a eco-eficiência, a inovação e a responsabilidade social.

Os objectivos

- > Divulgação e promoção do Desenvolvimento Sustentável
- > Disponibilização de serviços e ferramentas de implementação aos membros
- > Acompanhar as políticas públicas
- > Promoção da divulgação das boas práticas das empresas membro.

Para comentários ou mais informações:

info@bcsdportugal.org

A publicação está disponível em:

www.bcsdportugal.org

Ficha técnica:

ISR – Dep. de Eng. Electrotécnica e de Computadores
Universidade de Coimbra



Aníbal Traça de Almeida
Carlos Patrão
Paula Fonseca
Pedro Moura

Professor Catedrático
Investigador do ISR-UC
Investigadora do ISR-UC
Investigador do ISR-UC

Comissão Técnica:

António Lerenó Machado	UNICER
António Neves de Carvalho	EDP
Augusto Sardinha	AMORIM
Eduardo Alves de Sá	ABB
Joaquim Croca	Vodafone
Jorge Sousa Marrão	Deloitte & Touche
José Bravo Ferreira	SECIL
Margarida Ferraz	Caixa Geral de Depósitos
Paula Gonzalez	GALP
Rui Campos	SONAE



BCSD Portugal
Conselho Empresarial para o
Desenvolvimento Sustentável

Luís Rochartre Álvares
Susana Azevedo
João Tavares

Novembro de 2005

Agradecimentos:

Agradecemos ao Professor Aníbal Traça de Almeida, ao Eng.º Carlos Patrão, à Eng.ª Paula Fonseca e ao Eng.º Pedro Moura da Universidade de Coimbra pelo estudo efectuado e pela colaboração ao longo de todo o processo.

Gostaríamos de agradecer ao Eng.º João Soares e ao Eng.º Ricardo Rodrigues do Grupo Portucel/Soporcel, à Dr.ª Elsa Monteiro, ao Eng.º Rui Campos e à Eng.ª Cláudia Beirão Lopes da SONAE, ao Eng.º António Castro e ao Eng.º Fernando Gualter da Salvador Caetano IMVT, à Dr.ª Margarida Martins Ramalho da Jerónimo Martins, ao Dr. José Ortigão Sanches da ABN AMRO, ao Eng.º Luís Saldanha da Gama e ao Eng.º Baptista Pereira da Solvay Portugal, ao Dr. Alberto Pimenta e à Dr.ª Leonor Pereira dos CTT, ao Eng.º Leonel Horta Ribeiro da ANA, à Arq.ª Paula Gonzalez e ao Dr. João Cancellata de Abreu da GALP, ao Dr. José Manuel Oliveira Monteiro da CP e a todos os colaboradores destas empresas que participaram na recolha de informação para a elaboração dos *case studies*.

Gostaríamos ainda de agradecer à Bactéria pelo esforço e eficiência demonstrados na execução deste trabalho, em particular ao Dr. Sérgio Rosa pela sua dedicação e empenho em todo o processo.

Edição portuguesa com o patrocínio:

