



# Guia de Eficiência Energética

## Manual de Boas Práticas



## Índice

1 -	Gestão de Energia.....	3
2 -	Iluminação.....	4
2.1 -	Noções de Luminotécnica.....	4
2.2 -	Instalações de iluminação interior.....	5
2.2.1 -	Normas e Regulamentos.....	5
2.2.2 -	Potencial de economia de energia.....	5
2.2.3 -	Luminárias .....	5
2.2.4 -	Tipos de lâmpadas .....	6
2.2.5 -	Balastros .....	9
2.2.5.1 -	Balastros magnéticos.....	9
2.2.5.2 -	Balastros eletrónicos .....	9
2.2.6 -	Tecnologias de eficiência energética.....	11
3 -	Motores de elevado rendimento (Energy Efficient Motors – EEMs) .....	13
3.1 -	Dimensionamento de Motores.....	14
3.2 -	Aproveitamento de cargas variáveis em motores .....	15
4 -	Compensação do fator de potência.....	18
4.1 -	Alteração da legislação – Reativa consumida.....	19
4.2 -	Possíveis causas para pagamento de energia reativa devido à integração diária.....	20
5 -	Equipamento de escritório .....	22
6 -	Isolamento térmico .....	23
7 -	Sistema solar térmico .....	25
8 -	Recuperação de calor.....	27
9 -	Piscina aquecida .....	29
10 -	Sistemas de refrigeração .....	31
A -	REFERÊNCIAS.....	32

## **1 - Gestão de Energia**

Qualquer fatura energética de determinado edifício possui duas vertentes: a energia consumida e o respetivo custo. Sendo o custo da energia reconhecidamente marcado por fatores geopolíticos, desenvolvimento da atividade económica, sazonalidade e fenómenos atmosféricos, as organizações não conseguem por si só controlar os preços da energia que adquirem. Podem no entanto melhorar a forma como a consomem.

É com base na melhoria contínua do consumo de energia, que se pretende demonstrar que a gestão da energia permite alcançar níveis de eficiência energética, que resultam numa redução dos custos associados à utilização de energia na atividade das organizações.

No âmbito da presente medida de acompanhamento energético do plano de promoção da eficiência no consumo (PPEC) foram identificadas medidas de economia de energia resultantes da adoção de melhores práticas energéticas e da sensibilização para a eficiência de energia.

## 2 - Iluminação

### 2.1 - Noções de Luminotécnica

Iluminar um local não significa apenas destinar aquele espaço ou superfície a uma determinada quantidade de fluxo luminoso, mas criar condições com a luz para que as atividades sejam desenvolvidas pelo modo mais eficiente e confortável. Alguns conceitos de luminotécnica permitem auxiliar na escolha do tipo de luminária e da lâmpada mais adequados ao ambiente a ser iluminado.

Um outro aspeto que deve ser tido em consideração é o conforto visual, que depende da iluminância do ambiente contíguo ou adjacente, que não deve ser inferior a 1/10 da adotada para o local de trabalho (a iluminância de qualquer ponto do plano de trabalho não deve ser inferior a 70% da iluminância média), mesmo que haja recomendações para valor menor.

A temperatura de cor é uma característica importante no comportamento humano, as lâmpadas quentes estão relacionadas, com atividades que requerem uma iluminação com ambiente mais aconchegante (quartos e salas de estar), enquanto as lâmpadas frias estão relacionadas com ambientes onde se deseja estimular alguma atividade com maior produção (escritórios, cozinhas).

**Tabela 1 – Grandezas e definições Luminotécnicas.**

GRANDEZAS LUMINOTÉCNICAS				
DESIGNAÇÃO		DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS	UNIDADE
<i>Fluxo Luminoso</i>	$\Phi$	Quantidade total de luz emitida por em todas as direções do espaço	Permite identificar a característica de uma fonte luminosa	lm
<i>Intensidade luminosa</i>	$I$	Intensidade do fluxo luminoso projetado numa determinada direção.	A quantidade de luz que uma fonte emite em uma determinada direção, expressa-se cd/lm ou candela/1000 lúmens	Cd
<i>Iluminância ou nível de iluminação</i>	$E$	Fluxo luminoso que incide sobre uma superfície a uma certa distância da fonte	A densidade de fluxo luminoso na superfície a iluminar não é uniforme	lux
<i>Luminância</i>	$L$	Medida de sensação de claridade provocada por uma fonte de luz ou superfície iluminada e perceptível ao olho humano.	Depende de E, das características de reflexão das superfícies e consequentemente das condições internas e externas do local	cd/m <sup>2</sup>
<i>Eficiência Luminosa</i>	$\eta$	Relação entre a quantidade de lúmens emitidos e a potência consumida	É considerada quando se pretende uma análise da relação custo-benefício (o custo inicial da aquisição da luminária pode ser restituído no decorrer de sua vida útil).	lm/W
<i>Temperatura de Cor</i>	$TC$	Característica que indica a aparência da cor da luz	Cor quente: amareladas com temperatura de cor baixa, inferior a 3000K; Cor fria: aparência azul violeta com temperatura de cor alta, superior a 6000K	K
<i>Índice de Reprodução de Cores</i>	$IRC$	Relaciona a fidelidade das cores apresentadas por um objeto quando iluminado por uma fonte luminosa em relação à cor apresentada sob a luz natural.	Ra >90, excelente rendimento da cor; Ra > 70, rendimento aceitável; Ra > 60, fraco rendimento; Ra < 60, sem exigência específica.	%
<i>Refletância</i>	$\rho$	A refletância relaciona o fluxo luminoso incidente sobre a superfície e o fluxo luminoso refletido	Parte do fluxo luminoso que incide sobre uma superfície é absorvido, parte sofre refração e uma outra é refletida	
<i>Fator de manutenção</i>	$FM$	Contribui para a depreciação (por ação mecânica ou sujidade) do fluxo luminoso e consequente diminuição da eficiência dos sistemas de iluminação	A manutenção preventiva e periódica reduz os custos e prolonga o tempo de vida da instalação de iluminação.	%
<i>Fluxo luminoso da Pupila</i>		Característica que avalia o fluxo luminoso emitido por uma fonte luminosa e que é a percebido pelo olho humano	Resulta da aplicação de um fator de correção (F/E = fotópica / escotópica,) e a aplicado ao fluxo luminoso de uma lâmpada. {F/E= condições de pouca e muita luz, respetivamente}	PLm/W
<i>Densidade potência iluminação</i>		Comparar a potência por unidade de área, por forma a limitar a potência elétrica instalada nos espaços dos edifícios. (Também expressa em W/m2 por cada 100 lux)	A aplicação de tabelas com valores máximos para a densidade de potência a instalar (W/m2), de acordo com o tipo de utilização dos espaços, por forma a racionalizar a sua utilização.	W/m <sup>2</sup>

A densidade de fluxo luminoso na superfície do plano de trabalho, ou objeto a iluminar, é influenciado pelas diversas fontes, meio e distância à fonte, pelo que é necessário algum cuidado quando se procede ao registo de dados.

## **2.2 - Instalações de iluminação interior**

A iluminação é um dos principais sectores energéticos inerentes a ineficiências nos edifícios, deve proporcionar um ambiente adequado para a realização das atividades nesse local, com o menor risco de acidentes, em condições de conforto visual e térmico (uma exposição, por períodos longos, a uma menor qualidade de iluminação pode provocar fadiga visual). É importante proporcionar uma distribuição uniforme, evitando-se variações de claridade e penumbra ocasionadas pela adaptabilidade da retina, tal como luz excessiva ou superfícies excessivamente polidas.

### **2.2.1 - Normas e Regulamentos**

O Comité Europeu de Normalização – CEN, publicou em 2002 a norma EN12464-1, que pretende assegurar a qualidade de iluminação em espaços interiores onde decorrem tarefas, deve ser considerada para verificação tanto na fase de projeto como das condições de iluminação de uma instalação existente. Outras normas estão estabelecidas para espaços em áreas exteriores, instalações desportivas e iluminação pública.

### **2.2.2 - Potencial de economia de energia**

A iluminação tem um impacto substancial no consumo de energia em edifícios não-residenciais (cerca de 40% da eletricidade utilizada). Dependendo da situação existente, entre 30% a 50% da eletricidade utilizada na iluminação poderá ser economizada investindo em sistemas de iluminação energeticamente eficientes.

Fazer uma correta escolha das lâmpadas, luminárias e o material acessório (balastros eletrónicos A1, A2 e A3, balastros magnéticos de perdas reduzidas as classes B1 e B2 e a classe C<sup>1</sup>), isto é, escolher as lâmpadas apropriadas para cada situação entre as disponíveis no mercado, decidir a necessidade da existência ou não de um sistema de controlo. É também de significativa importância proceder à manutenção preventiva das luminárias.

### **2.2.3 - Luminárias**

As luminárias equipadas com refletores revestidos a branco têm uma refletância de cerca

---

<sup>1</sup> A classe C não é permitida desde Outubro de 2005

de 70%, as revestidas a alumínio aproxima-se dos 95%.

A utilização de luminárias de conceção recente, com óticas que melhor rentabilizem o fluxo luminoso emitido pela lâmpada permite uma melhoria significativa da iluminação.

## 2.2.4 - Tipos de lâmpadas

De uma forma geral poderemos dividir as lâmpadas em três tipos principais:

- Incandescentes, normais e de halogéneo;
- Fluorescentes, tubulares e compactas;
- Outras lâmpadas de descarga;
- LED.

As lâmpadas incandescentes são indicadas para locais em que a iluminação é necessária por curtos períodos de tempo, de acendimentos muito frequentes permitindo-lhes ter um período de vida mais longo devido ao menor desgaste do filamento causado pelo calor gerado na lâmpada, não justificando o investimento numa lâmpada mais cara.

Desenvolvimentos recentes levaram à criação de um filamento microscópico bem definido, capaz de transformar quase toda a energia em luz; este novo filamento poderá elevar a eficiência energética das atuais lâmpadas incandescentes dos 5% até os 60%.

**Tabela 3 – Características gerais das lâmpadas.**

Características gerais das Lâmpadas (usual)				
Designação	Tipo	Descrição Construtiva	Características	
<i>Incandescência</i>	<i>Normal</i>	E14 E27	Filamento de volfrâmio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transforma 5% a 10% de energia em luz</li> </ul>
	<i>Halogéneo</i>		Filamento envolto em gás no interior do bulbo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhor intensidade luminosa</li> </ul>
<i>Descarga Fluorescentes</i>	<i>Tubulares, compactas</i>	T10\T12	Vapor de mercúrio, pó fluorescente de superfície	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Balastos de arranque e controlo do processo de iluminação;</li> <li>▪ Elevado rendimento luminoso, baixo consumo de energia</li> </ul>
		T8	(38); (26); (15-16); (7mm)	
<i>Mercurio Baixa Pressão</i>	<i>Indução</i>		Filamento de tungsténio em série com vapor de mercúrio, que produz o fluxo luminoso e atua como estabilizador da lâmpada	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instalações em lugares onde o pé direito é elevado e de difícil substituição</li> <li>▪ Emite luz por incandescência;</li> <li>▪ Emite luz intensa (tubo de descarga) de cor azulada e a radiação ultravioleta;</li> <li>▪ Com a camada fluorescente, produz luz amarelada;</li> <li>▪ Não necessitam de equipamento auxiliar de arranque</li> </ul>
<i>Mistas</i>	<i>Mercurio [Hg]</i>	VMAP	Luz produzida por arco de descarga elétrica sobre o gás ou vapor ionizado do tubo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menor potência elétrica para emitirem o mesmo fluxo de irradiação luminosa;</li> <li>▪ Instalações em lugares onde o pé direito é elevado;</li> <li>▪ Necessitam de equipamento auxiliar de arranque</li> </ul>
<i>Descarga</i>	<i>Sódio</i>	VSBP		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menor potência elétrica para emitirem o mesmo fluxo de irradiação luminosa;</li> <li>▪ Instalações em lugares onde o pé direito é elevado;</li> <li>▪ Necessitam de equipamento auxiliar de arranque</li> </ul>
		VSAP		
	<i>Iodetos Metálicos</i>		Não admitem variações de tensão mais de 5%.	
	<i>Sinalização</i>			
<i>Díodos Emissores de Luz</i>	<i>Lanterna Luz interior</i>		Indicação e sinalização de cor específica e que filtra a luz emitida Alto brilho com invólucro transparente Alta potência (1 W a 30 W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilizados em painéis elétricos e equipamentos eletrónicos;</li> <li>▪ Aplicação em luminárias internas e equipamentos de iluminação portáteis;</li> <li>▪ De alta potência (1 W a 30 W), são utilizados para iluminação interna e externa por terem alto fluxo luminoso.</li> </ul>
	<i>Alta Potência</i>			

As lâmpadas de descarga têm aplicação em locais exteriores, recintos desportivos e naves industriais e a emissão do fluxo luminoso não atinge de imediato 90% do seu valor nominal (dependendo da tecnologia da lâmpada esta característica tem um comportamento diferente no arranque, conforme este é feito a frio ou a quente, demora cerca de 2 a 7 minutos).

Uma lâmpada elétrica economizadora de energia consome cinco vezes menos potência que uma lâmpada normal. A atuação na iluminação pode levar a poupanças na ordem dos 30 a 50% da eletricidade consumida.

O LED (díodo emissor de luz) é um tipo de lâmpada recente, sendo caracterizado por não emitir grande quantidade de infravermelhos, consumos mínimos e pela sua elevada longevidade. Pode fornecer a mesma luminosidade de uma lâmpada comum de 60 watts, gastando apenas 3 watts.

O LED híbrido emite uma luz branca similar à emitida pelas lâmpadas fluorescentes, resulta da combinação de um LED normal com uma fina camada de película de cristais microscópicos.

Atualmente a tecnologia LED destaca-se por ter atingido os maiores índices de eficiência, para sinalização, iluminação portátil, iluminação interior e exterior.

### **Casos práticos de substituição de iluminação**

São apresentados dois exemplos de substituição de iluminação. O primeiro consiste na substituição de iluminação existente fluorescente do tipo T8 com 1664 luminárias de 1 x 58 W, cada.

**Tabela 4 – Caracterização da iluminação inicial**

<b>Caracterização da iluminação inicial</b>	
Tipo de lâmpadas	Fluorescente-T8 de 58W
Tipo de balastros	Ferromagnético
N.º de lâmpadas	1664
Consumo unitário do sistema	72,5 W
Horas de trabalho	2116
Consumo elétrico	255,27 MWh/ano
Custo da eletricidade	123,64 €/MWh
Custo elétrico anual	31.562 €/ano

A substituição da iluminação existente por lâmpadas tubulares LED de 25W conduz aos seguintes resultados. A instalação de lâmpadas LED dispensa a utilização de balastros e dos arrancadores (no caso de balastros ferromagnéticos).

**Tabela 5 – Caracterização da solução proposta**

<b>Proposta: Substituição da Iluminação</b>	
Tipo de lâmpadas	Tubo LED T8 25W
Potência unitária (sistema)	25 W
Consumo elétrico	88,03 MWh/ano
Custo elétrico anual	10.883 €/ano

<b>Poupança</b>	<b>66%</b>
Benefício energético	167,25 MWh/ano
Emissões evitadas	78,6 tCO <sub>2</sub> /ano
Benefício económico	20679 €/ano
Investimento	
Sistema (Lâmpadas)	27972€
Período de retorno simples	
Sistema (Lâmpadas)	1,4 Anos

A poupança energética da substituição das lâmpadas fluorescentes é de 66%, e o período de retorno do investimento é de 1,4 anos.

O segundo caso prático consiste na substituição de 186 lâmpadas de vapor de mercúrio de 400W, instaladas em campânulas.

**Tabela 6 – Caracterização da iluminação inicial**

**Caracterização da iluminação inicial**

Tipo de lâmpadas	Vapor Mercúrio de 400W
Tipo de balastos	Ferromagnético
N.º de lâmpadas	186
Consumo unitário do sistema	423,5 W
Horas de trabalho	2288
Consumo elétrico	180,23 MWh/ano
Custo da eletricidade	119,0 €/MWh
Custo elétrico anual	21.447 €/ano

A substituição da iluminação existente por campânulas LED de 100W conduz aos seguintes resultados.

**Tabela 7 – Caracterização da solução proposta**

**Proposta: Substituição da Iluminação**

Tipo de lâmpadas	Campanula LED 100
Potência unitária (sistema)	100 W
Consumo elétrico	42,557 MWh/ano
Custo elétrico anual	5064,26 €/ano
<b>Poupança</b>	<b>76%</b>
Benefício energético	137,671 MWh/ano
Emissões evitadas	64,7 tCO <sub>2</sub> /ano
Benefício económico	16.382,88 €/ano
Investimento	
Sistema (Lâmpadas)	59.721,00 €
Período de retorno simples	
Sistema (Lâmpadas)	3,6 Anos



A poupança energética da substituição das lâmpadas de vapor de mercúrio e respetivas campânulas é de 76%, e o período de retorno do investimento é de 3,6 anos.

## **2.2.5 - Balastros**

Para o arranque das lâmpadas de descarga existe a necessidade da existência de um balastro e de um arrancador.

### **2.2.5.1- Balastros magnéticos**

Apresentam um nível considerável de perdas, dependendo elas do tipo de material de que são feitos:

Baixas perdas, onde temos núcleos laminados de aço de alta qualidade, classes B1 e B2. Apresentam menores perdas do que os balastros convencionais e são mais caros do que os outros tipos de balastros magnéticos.

### **2.2.5.2- Balastros eletrónicos**

O balastro eletrónico<sup>2</sup> consiste num retificador e um modelador de alta-frequência, à volta de 30 kHz, com as principais vantagens a seguir descritas:

- Perdas reduzidas (a operação de substituição de balastros magnéticos por aqueles têm um potencial de economias de energia de até 25%);
- As lâmpadas fluorescentes quando associadas as balastros eletrónicos produzem mais 20%;
- Impõem arranques suaves das lâmpadas, o que permite que estas tenham um período de vida útil maior e com custos de manutenção mais reduzidos;
- Não existe a necessidade de arrancadores;
- A utilização de sensores de movimento, originando muitos arranques das lâmpadas, tem baixas consequências na duração das lâmpadas;
- Podem operar duas vezes mais lâmpadas que o balastro convencional;
- Apresentam um controlo mais preciso em termos da potência da lâmpada e corrente;
- A tremulação dos balastros magnéticos corresponde à frequência de 50 ciclos/segundo, nos eletrónicos é cerca de 40 000 ciclos/segundo, não sendo assim visível;
- São mais leves, eliminam ruídos e reduzem o consumo de energia.

Em contrapartida os balastros eletrónicos são mais caros que os seus congéneres, apesar dos preços terem vindo a decrescer.

---

<sup>2</sup> A diretiva 2000/55/EC da UE estabelece sobre os requisitos de eficiência energética para os balastros da iluminação fluorescente.

### Caso prático de substituição de balastro para a mesma lâmpada

Apresenta-se o caso prático de substituição de balastros ferromagnéticos para balastros eletrónicos, em 1544 lâmpadas do tipo PL-L de 36W.

**Tabela 8 – Caracterização da iluminação inicial**

Iluminação atual	
Tipo de lâmpadas	PL-L de 36W
Tipo de balastros	Ferromagnético
N.º de lâmpadas	1544
Consumo unitário do sistema	90 W
Horas de trabalho	3220
Consumo elétrico	223,73 MWh/ano
Custo da eletricidade	118,89 €/MWh
Custo elétrico anual	26599 €/ano

A substituição dos balastros conduz aos seguintes resultados.

**Tabela 9 - Proposta de substituição de balastros**

Substituição dos balastros ferromagnéticos	
Tipo de balastros	HF-P 36 PL-L
Potência unitária (lâmpada + balastro)	66,2 W
Consumo elétrico	164,563 MWh/ano
Custo elétrico anual	19.564,85 €/ano
Poupança	26%
Benefício energético	59,163 MWh/ano
Benefício ambiental	27,8 tCO2/ano
Benefício económico	7.033,89 €/ano
Investimento	
Balastros	17.756 €
Período de retorno simples	
Sistema	2,5 Anos

A poupança energética da substituição dos balastros é de 26%, e o período de retorno do investimento é de 2,5 anos.

## 2.2.6 - Tecnologias de eficiência energética

### Sistemas de Manobra ou de Controlo da Iluminação

Os sistemas de controlo são uma parte importante de qualquer instalação de iluminação e qualquer que seja o método utilizado, o objetivo é assegurar que a iluminação funcione quando é necessário e, segundo as exigências requeridas.

Os sistemas de integração do controlo<sup>3</sup> e regulação do sistema de iluminação variam a intensidade de luz da instalação pelo ligar/desligar ou controlando o seu fluxo luminoso e permitem reduzir o consumo de energia até 70%.

### Métodos básicos para controlar a iluminação:

- Controlo por tempo (temporização integrada/não integrada);
- Controlo de luminosidade (intensidade);
- Controlo por ocupação (deteção de presença com/sem LDR<sup>4</sup>);
- Botões de pressão ou toque, interruptores e comutadores localizados, etc.

### Soluções de eficiência energética economicamente viáveis

Desligar a iluminação para poupar energia, é o primeiro passo que deverá ser complementado com equipamentos mais eficientes, de modo a ligar e desligar a iluminação apenas quando esta é necessária e adaptá-la de acordo com a ocupação e luminosidade exterior.

Controlo de Iluminação permite poupanças até 30%:

- *Dimmers*, temporizadores, detetores de presença e movimento, interruptores horários, interruptores crepusculares, (em casa de banho num hotel, na entrada de um edifício, acesso à sua habitação, em redor de um edifício, numa sala);
- Sistemas de gestão, análise e monitorização de energia (fornecem informação que ajudam os clientes a perceberem o papel que desempenham na economia de energia e de como construir uma poupança sustentada);
- O sistema de BUS permite o conforto dos utilizadores no local de trabalho e efetuar algumas poupanças de energia através do controlo da iluminação e aquecimento.

Automatizar a iluminação, temperatura e controlo de estores num edifício de escritórios permite efetuar poupanças significativas de energia e ao mesmo tempo garantir

---

<sup>3</sup> Desde o simples interruptor de parede aos sistemas de gestão de edifícios controlados por microprocessadores, transmissores e detetores óticos e de IV/passivos, relógios e sensores de luminosidade.

<sup>4</sup> LDR – *Light-dependent resistor*

flexibilidade de modo a ser fácil a extensão do sistema sem necessidade de passar novos cabos. Ajustar/desligar a iluminação quando a luz natural é suficiente, ou logo que a sala se encontre vazia, assegura a poupança de energia.

A automação garante uma poupança de energia maior, aumenta o conforto e a segurança (a ausência de um interruptor em locais que recebem público ou com acessibilidade por muitos utilizadores, é mais higiénico e garante que a iluminação não fique ligada quando desnecessária).

### **Caso prático da instalação de detetores de movimento**

Apresenta-se o caso prático da instalação de 45 sensores de movimento em diversos compartimentos tais como, corredores, WC's e balneários.

As referidas divisões dispõem das seguintes características:

**Tabela 10 - Caracterização da instalação analisada**  
**Instalação Atual**

Nº divisões analisadas	27
Potência Iluminação Instalada	18,7 kW
Horas de trabalho	4450 h/ano
Consumo elétrico da anual	92,7 MWh/ano
Custo elétrico anual	9847 €/ano

A instalação deste tipo de sensores conduz aos seguintes resultados.

**Tabela 11 – Proposta de instalação de sensor de movimento**  
**Solução: Instalação de sensor movimento**

Nº de sensores	45
Redução	30%
Benefício energético	27,8 MWh/ano
Benefício ambiental	13,07 tCO2/ano
Benefício económico	2954 €/ano
Investimento	5340 €
Período de retorno simples	1,8 €/ano

A poupança energética é de 30%, e o período de retorno do investimento é de 1,8 anos.

## 3 - Motores de elevado rendimento (Energy Efficient Motors – EEMs)

Os motores de elevado rendimento, ou motores eficientes, têm um aspeto semelhante aos motores convencionais, mas apresentam custos de funcionamento mais baixos.

### Caraterísticas relevantes:

- Economia de energia (menores perdas ativas e aumento do fator de potência)
- Maior tempo de vida (resultante da menor temperatura de funcionamento)
- Maior fiabilidade
- Menos ruidosos (por via da menor potência de ventilação)
- Suportam melhor as correntes harmónicas e as variações de tensão

### Inconvenientes:

- Diminuição do binário motor de arranque
- Aumento da corrente de arranque
- Maior volume
- 25 a 30 por cento mais onerosos que o motor convencional (qualidade dos materiais)

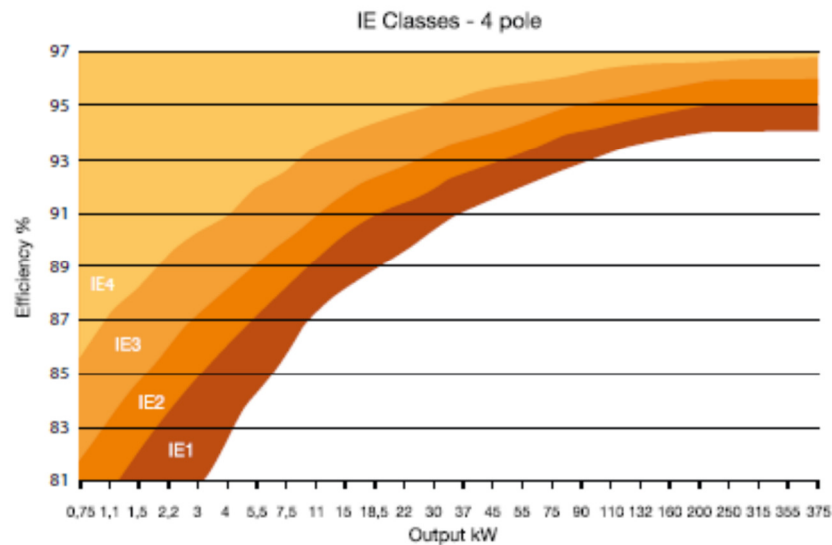
**Tabela 12 - Classificação dos motores elétricos em função do seu rendimento**

	Organismo	CEMEP	IEC
	Norma	Acordo voluntário	60034-30
	Ano	2000	2008
	Gama de Potências	1,1 a 90 kW	0,75 a 315 kW
Rendimento	Super Premium	-	IE4
	Premium	Premium	IE3**
	Alto	EFF 1	IE2 *
	Standard	EFF 2	IE1
	Baixo	EFF 3	-

\* A partir de junho 2011, todos os motores (0,75 a 375 kW) de indução trifásicos com rotor em gaiola

\*\* A partir de janeiro de 2015, os motores (7,5 a 375 kW) devem ser Premium ou dotados de VEV

**Figura 1 - gráfico comparativo de níveis de rendimento – CEMEP**  
IE efficiency classes for 4-pole motors at 50 Hz



Nota:

Um motor classe de 0,75 kW com um rendimento de 72% enquadra-se na classe IE1.

Mas um motor de 375 kW terá de ter um rendimento de 95% para pertencer à mesma classe.

### 3.1 - Dimensionamento de Motores

O dimensionamento de motores deve ser feito por forma a funcionarem com um fator de carga entre os 65% e os 100%.

Baixo fator de carga, acarreta:

- Maior investimento na aquisição do motor e na aparelhagem de corte e proteção
- Degradação do rendimento do motor
- Diminuição do fator de potência (tanto menor quanto menor a carga)

#### Caso prático de substituição de motor

Apresenta-se um exemplo de substituição de motor existente de 4 polos, de 90 kW de potência, por motor de 75 kW com classe de eficiência IE3.

Esta substituição visou ainda corrigir o sobredimensionamento verificado no motor, aquando das medições.

**Tabela 13 – Caracterização do motor analisado**

<b>Motor em Análise</b>	
Potência Nominal	90 kW
Número de Polos	4
Carga do Motor	59%
Rendimento Motor	93%
Horas Serviço	6240 h/ano
Custo Energia	107,4 €/MWh
Consumo Energia	356.340 kWh
Custo Anual Energia	38271 €

A substituição do motor conduz aos seguintes resultados.

**Tabela 14 – Caracterização do motor proposto e viabilidade da alteração**

<b>Motor 4 polos IE3</b>	
Potência Nominal	75 kW
Número de Polos	4
Carga do Motor	67%
Rendimento Motor	95%
Horas Serviço	6240 h/ano
Custo Energia	107,4 €/MWh
Consumo Energia	315.489 kWh
Custo Anual Energia	33.884 €
Investimento	15.100 €
Benefício Energético	40.851 kWh
Benefício Económico	4.387 €/ano
Retorno Simples	3,4 anos

A poupança energética da substituição do motor é de 12%, e o período de retorno do investimento é de 3,4 anos.

### **3.2 - Aproveitamento de cargas variáveis em motores**

A utilização de **VEV** (Variadores Eletrónicos de Velocidade), em detrimento das válvulas estranguladoras ("damper"), na regulação do caudal, apresenta grandes vantagens em termos do consumo energético do motor de acionamento.

Com a VEV consegue-se:

- O arranque suave com elevada disponibilidade de binário motor
- A redução controlada da potência dos motores

- Economia de energia ativa, melhoria do fator de potência
- Economia em ações de manutenção corretiva, aumento da produtividade

### **Economia de energia estimada em função do tipo de carga variável**

As aplicações com maior potencial para economia de energia são as bombas, ventiladores e compressores. Estes tipos de cargas, associados à movimentação de fluídos por ação centrífuga, representam 60% das aplicações de força motriz na Indústria. Nas bombas, ventiladores e compressores centrífugos existe uma relação do tipo aproximadamente cúbica entre a velocidade de rotação e a potência mecânica absorvida. O caudal é aproximadamente proporcional à velocidade de rotação. Assim, reduzindo o caudal em 20%, o consumo de energia elétrica pode ser reduzido a metade.

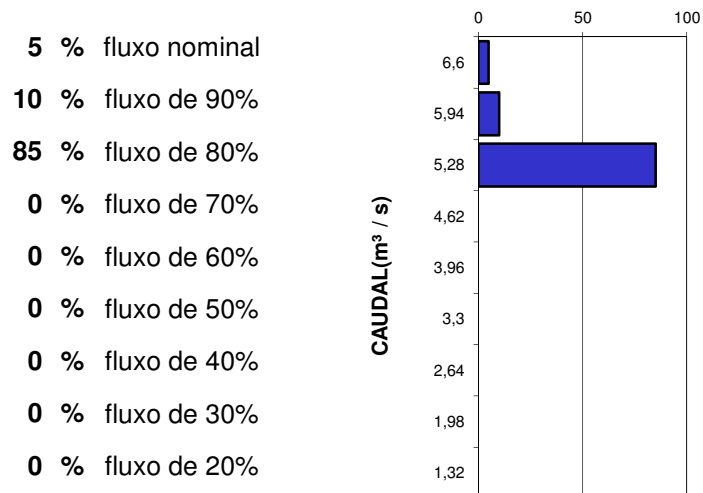
- Bombas centrífugas: 20% a 50%
- Bombas alternativas: 10% a 30%
- Ventiladores / Exaustores: 20% a 50%
- Telas transportadoras: 10 a 30%

### **Caso prático da instalação de variador de velocidade em motor**

Apresenta-se o caso prático da instalação de variador de velocidade em motor de um ventilador, com potência de 40 CV.

Tendo por base o resultado das medições e considerando um funcionamento de 2250 horas por ano, podemos considerar o seguinte perfil de funcionamento anual.

**Tabela 15 – Previsão do perfil de funcionamento anual motor aspiração**



### **Instalação de variador de frequência**

A instalação de um variador de frequência no ventilador em análise produz os seguintes resultados.



**Tabela 16 – Estudo de viabilidade da instalação de variador de frequência motor aspiração 1**

**Viabilidade Energética e Ambiental**

Benefício Energético	18	MWh
Benefício Ambiental	9	tCO <sub>2</sub>

**Pressupostos Financeiros**

Preço Energia	110,00	€/MWh
Custo de Investimento	3523	€

**Resultados Financeiros**

Poupança Anual	2034	€
Retorno Simples	1,7	Anos

A poupança energética da instalação do variador de velocidade é de 40%, e o período de retorno do investimento é de 1,7 anos.

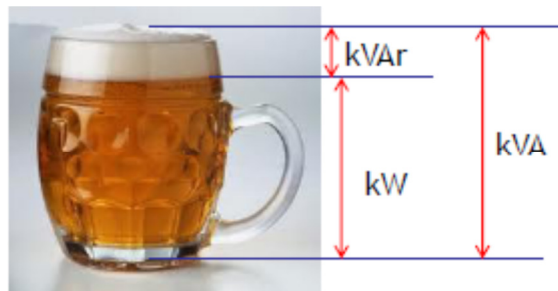
## 4 - Compensação do fator de potência

Todo o equipamento elétrico cujo funcionamento assenta nos efeitos dos campos eletromagnéticos, como é o caso dos motores, dos transformadores, dos balastros, consome para além de energia ativa, energia reativa.

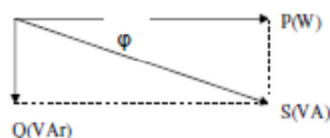
A energia reativa, que não produz trabalho, mas é necessária ao funcionamento de equipamentos como os indicados, traduz-se numa maior intensidade de corrente, o que implica:

- Acréscimo das perdas por efeito de Joule em todo o sistema de transporte e distribuição da energia elétrica;
- Sobredimensionamento de cabos de alimentação;
- Sobredimensionamento da aparelhagem de corte e proteção.

Figura 2 – Analogia à potência reativa (KVar)



Assim, há todo o interesse em fornecer localmente aos equipamentos a energia reativa necessária ao seu funcionamento, fazendo a compensação do fator de Potência ( $\cos\phi$ ).



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\cos(\phi) = \frac{P}{S}$$

A **compensação individual** representa sob o ponto de vista técnico, a melhor solução.

- Reduz as perdas energéticas em toda a instalação;
- Alivia a potência disponível nos transformadores e nos cabos;
- Melhora os níveis de tensão em toda a instalação.

Tem algumas desvantagens:

- Os custos de instalação são maiores que nas outras soluções;
- É difícil ajustar a potência de compensação para as potências disponíveis no mercado.

### Compensação parcial, por grupos de cargas

A bateria de condensadores é instalada por forma a compensar um setor, ou um conjunto de máquinas. É colocada junto ao quadro parcial que alimenta esses recetores.

A potência necessária será menor que no caso da compensação individual, o que torna a instalação mais económica.

### Compensação centralizada

Utiliza-se em grandes instalações elétricas, com um elevado número de recetores de potência diferentes e regime de utilização pouco uniformes.

## 4.1 - Alteração da legislação – Reativa consumida

O despacho nº 7253/2010, de 26 de Abril, aprovou o regime jurídico aplicável à faturação de energia reativa indutiva e capacitiva, relativas à utilização de redes de transporte e à utilização da rede de distribuição.

Em termos gerais, pode-se destacar o seguinte:

- A faturação de energia reativa é efetuada a partir de 30% em relação à energia ativa (antes 40%)
- Inclusão de fatores multiplicativos

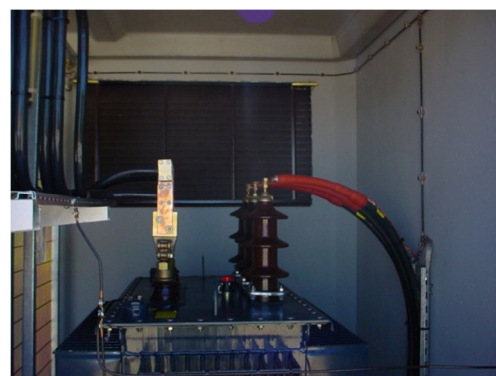
**Tabela 17 – Fatores multiplicativos aplicáveis à energia reativa**

Escalão	Descrição	F. Multiplicativo
1	$30\% \leq Tg \varphi < 40\%$	0,33
2	$40\% \leq Tg \varphi < 50\%$	1
3	$50\% \leq Tg \varphi$	3

Integração Diária (excetuando BTE`s)

Os transformadores em vazio têm um consumo de energia reativa bastante superior ao de energia ativa.

Nestes casos, quase toda a energia reativa faturada no escalão 3.



é

## 4.2 - Possíveis causas para pagamento de energia reativa devido à integração diária

- Potência (KVar) da bateria de condensadores ser insuficiente nos dias de maior consumo
- Bateria de condensadores fora de serviço devido a disparo do dispositivo de proteção e/ou alarme do relé varimétrico (ex: temperatura, taxa de distorção harmónica)
- Clientes com leitura em média tensão, em que a instalação está parada, devido ao consumo de reativa do transformador

### Casos práticos da compensação do fator de potência

Apresenta-se o caso prático da instalação de uma bateria de condensadores para compensação do fator de potência, anulando a energia reativa consumida fora do vazio.

**Tabela 18 – Custos associados ao consumo de energia reativa**

Mês	Energia reativa consumida FV [kVArh]	Custo [€]
Jul-12	15.073	676,02
Ago-12	16.210	630,75
Set-12	17.155	724,94
Out-12	14.202	740,49
Nov-12	11.995	595,34
Dez-12	11.227	304,88
Jan-13	11.459	342,68
Fev-13	12.112	328,98
Mar-13	10.546	287,42
Abr-13	12.019	435,28
Mai-13	12.354	509,19
Jun-13	13.236	580,28

O benefício económico da instalação de uma bateria de condensadores de 200 KVAR é o seguinte:

**Tabela 19 – Estudo de viabilidade da instalação de uma bateria de condensadores**

#### **Pressupostos Financeiros**

Custo de Investimento 5.200,00 €

#### **Resultados Financeiros**

Poupança Anual 6.156,25 €

Retorno Simples 0,8 Anos

Apesar de não se traduzir numa redução direta do consumo de energia ativa, a solução apresentada representa um benefício económico aproximado de 6.156,25 €, para um investimento de 5.200,00 €, com um período de retorno do investimento de 0,8 anos.

Outro caso prático corresponde a um caso em que foi detetado um fornecimento exagerado de energia reativa no período de vazio, tendo excedido os 4.600,00€. Para eliminar este fornecimento propõe-se a instalação de um sistema de temporização que efetue essa função automaticamente, com investimento de 1.000,00€. O período de retorno do investimento é de 0,2 anos.

## 5 - Equipamento de escritório

É uma boa prática desligar os equipamentos de escritório (computadores, monitores, etc.), quando não são utilizados durante algum tempo, nomeadamente durante o período de almoço e no final do dia. Durante estes períodos, também se deve desligar o sistema de ar condicionado.

É recorrente que os equipamentos de uso partilhado, como fotocopiadoras e impressoras, fiquem ligados durante a noite. Deve-se criar uma rotina de desligar estes equipamentos no final do dia e, voltar a ligá-los no dia seguinte apenas quando forem necessários.

### Caso prático de desligar equipamentos durante o período de almoço

**Tabela 20 – Caracterização do funcionamento da zona administrativa**

**Potência tomada na zona administrativa**

Potência média tomada (kW)	15
Nº de horas de utilização diária	8,0
Consumo anual	31 800 kWh

A adoção de medidas de sensibilização para os colaboradores desligarem a iluminação e os computadores quando se ausentarem, nomeadamente no período de almoço conduz aos seguintes resultados.

**Tabela 21 – Benefícios de desligar equipamentos no período de almoço**

**Sensibilização dos colaboradores para desligarem equipamentos e iluminação durante o horário de almoço**

Redução	50%
Consumo anual após implementação da medida	29 813 kWh
Benefício energético	1 988 kWh
Benefício económico	236 €
Benefício ambiental	0,93 tCO <sub>2</sub> /ano

Por se tratar de uma medida que não implica qualquer investimento, o período de retorno é imediato.

## 6 - Isolamento térmico

Os sistemas que produzem, transportam e utilizam energia térmica (calor ou frio) apresentam perdas de calor devido a fenómenos físicos de condução, convecção e radiação. Aplica-se isolamento térmico a equipamentos, tubagens e acessórios para reduzir as perdas térmicas, manter as temperaturas pretendidas no processo e para fins de segurança pessoal. Em geral, os custos de melhoria do isolamento térmico são relativamente baixos e recuperam-se rapidamente.

A eficiência do isolamento térmico é medida através de uma propriedade denominada condutibilidade térmica (K). Os materiais com valores mais baixos são os bons isolantes térmicos.

Alguns dos materiais mais utilizados são os seguintes:

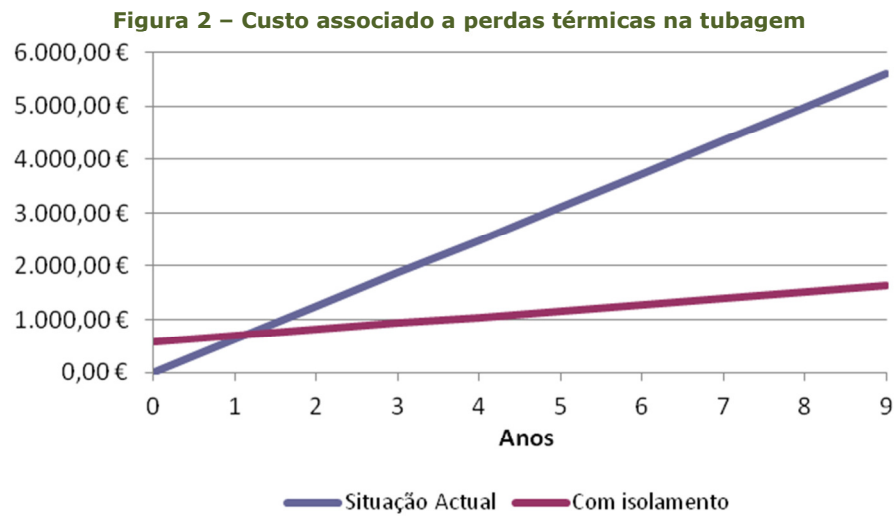
- EPS – Poliestireno expandido
- XPS – Poliestireno extrudido
- MW – Lã mineral (rocha, vidro)
- PUR – Poliuretano
- ICB – Aglomerado negro de cortiça

### Caso prático da aplicação de isolamento térmico

Apresenta-se o seguinte exemplo de aplicação de isolamento térmico em 32 metros de tubagem.

**Tabela 22 – Exemplo de viabilidade da aplicação de isolamento**

<b>Viabilidade Energética e Ambiental</b>	
Perdas lineares totais atuais	2433 W
Perdas totais após adoção medida proposta	623 W
Benefício energético	1 663 W
Horas de funcionamento	4380 h
Benefício energético anual	8.374,5 kWh
Benefício ambiental	1,9 tCO <sub>2</sub>
<b>Pressupostos Financeiros</b>	
Investimento	582 €
<b>Resultados Financeiros</b>	
Benefício económico	490 €
Período de retorno	1,2 anos



A poupança energética da aplicação de isolamento térmico é de 75%, e o período de retorno do investimento é de 1,2 anos.



## 7 - Sistema solar térmico

A energia solar térmica está associada ao processo de produção de água quente para fins sanitários, com significativa redução das necessidades de outras fontes de energia. É uma energia renovável, com baixos custos de exploração e segura e que pode reduzir a fatura energética de uma instalação.

Os principais componentes de um sistema solar são os painéis solares, responsáveis pela captação da radiação solar e os depósitos de acumulação, para armazenamento da energia em forma de água quente. Estes elementos são interligados por uma rede de tubagem e um equipamento de circulação de água entre o depósito e os painéis.

Quando as necessidades de aquecimento são superiores à capacidade de produção dos painéis, entram em funcionamento os sistemas de apoio tais como caldeiras, esquentadores, resistências elétricas, etc.

Com uma manutenção adequada, os sistemas de energia solar têm uma vida útil superior a 15 anos. O período de retorno de investimento típico varia entre os 6 e os 10 anos.

### Caso prático da instalação de sistema solar térmico para produção de AQS

O exemplo apresentado refere-se a um consumo de 16.180 litros/dia utilizados para águas quentes sanitárias para banhos, numa instalação no distrito do Porto. Atualmente é utilizada uma caldeira a gás natural para suprimir as necessidades de AQS.

**Tabela 23 – Caracterização do consumo de água quente sanitária**

<b>Perfil de consumo</b>	
Temperatura de utilização	50 °C
Consumo médio diário para banhos	16 180 litros
Energia consumida	242 063 kWh/ano
Custo de energia	0,66 €/m <sup>3</sup>
Custo energia anual	16 095 €

A solução proposta é composta por 60 painéis, e dimensionado para obter uma fração solar anual de 48 %, isto é, num ano o sistema solar produzirá quase metade da energia necessária para AQS. Como consequência da instalação do sistema solar, haverá uma importante economia no consumo de gás natural (7.799€/ano).

**Tabela 24 – Exemplo de viabilidade da instalação de sistema solar térmico**

Número de Coletores	60
Fração Solar	48%
Rendimento Coletor	72%
Benefício energético	122 182 kWh/ano
Benefício ambiental	32 tCO2/ano
<b>Pressupostos financeiros</b>	
Custo energia anual	16 095 €/ano
Investimento	70 062 €
<b>Resultados financeiros</b>	
Benefício económico	7 799 €/ano
Período de retorno simples	9 anos

## 8 - Recuperação de calor

Um sistema frigorífico transfere calor duma substância (ar ou água) que deve ser arrefecida para outra área (normalmente o ar exterior). A maior parte dos sistemas frigoríficos utiliza o ciclo de compressão de vapor: O calor é absorvido através de um permutador de calor, evaporando o fluido refrigerante, sendo posteriormente rejeitado para o exterior, noutra permutador de calor, onde é efetuada a condensação do fluido.

Neste processo de transferência de calor, muitas vezes é ignorada a possibilidade de aproveitamento do calor que é libertado para o ar, para por exemplo aquecer água para fins sanitários, reduzindo o acionamento dos sistemas de produção (caldeira, termoacumuladores, etc.).

A recuperação do calor libertado no processo de produção de água refrigerada para climatização ou na remoção de carga térmica num expositor refrigerado num supermercado pode colmatar grande parte das necessidades de AQS de determinado edifício, reduzindo o consumo e a fatura energética associada.

### Caso prático de recuperação de calor

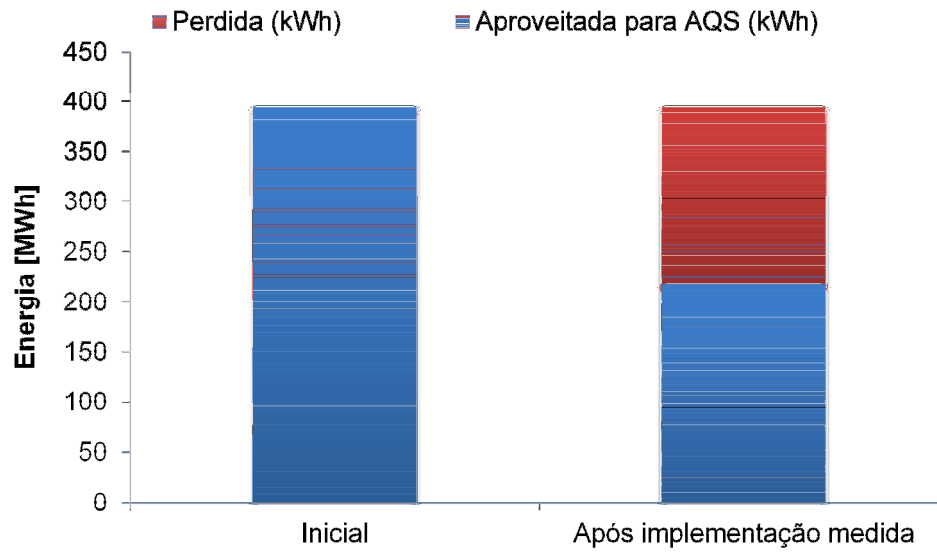
Apresenta-se seguidamente um exemplo da recuperação de calor libertado por um *chiller* no processo de produção de água refrigerada. O calor recuperado é utilizado na produção de 15.000 litros de AQS a 40 °C.

**Tabela 25 – Recuperação de calor do circuito de condensação do *chiller***

AQS	
Temperatura entrada água de rede	18 °C
Temperatura final do depósito	40 °C
Volume	15 000 litros
Análise energética, económica e ambiental AQS	
Necessidades de energia para preparação de AQS	259.804 kWh
Benefício energético anual	175 385 kWh
Benefício energético anual	68 %
Benefício ambiental	21,3 tCO <sub>2</sub>
Benefício económico	15 193 €
Investimento	40 877 €
Período de retorno	2,7 anos

A poupança energética da recuperação de calor é de 68%, e o período de retorno do investimento é de 2,7 anos.

**Figura 3 – Energia reaproveitada após implementação da medida**



## 9 - Piscina aquecida

O aquecimento da água de uma piscina é um dos principais consumidores de energia de um edifício, em virtude da necessidade de manter a temperatura da água em valores aceitáveis durante grande parte do ano.

A eficiência energética no aquecimento de água da piscina passa então essencialmente por duas vertentes:

- Melhoria da eficiência do sistema de produção de água quente;
- Redução das necessidades de aquecimento da água;

Em casos de piscinas existentes, em que não seja possível melhorar o isolamento térmico das respetivas paredes e fundo e assim reduzir as perdas por condução, a redução das necessidades de aquecimento da água, pode ser abordada das seguintes formas:

- Redução da temperatura da água;
- Redução das perdas por evaporação;

A temperatura recomendada da água para piscinas aquecidas com finalidades de recreio, diversão ou aprendizagem deve estar entre os 26 °C e os 28 °C.

No que respeita á redução das perdas por evaporação, estas podem ser conseguidas pelo aumento da humidade relativa do ar da nave, mantendo-a entre os 55% e os 75%, ou pela aplicação de uma cortina que cubra a piscina nos períodos de não utilização da mesma.

### Caso prático de redução de consumos numa piscina aquecida

Um edifício escolar está equipado com uma piscina interior com 25 x 17m de dimensão, a que correspondem 425 m<sup>3</sup> de volume de água, em que a temperatura da água é de 30°C, com condições do ar interior de 31°C de temperatura de bolbo seco e 50% HR.

O horário de abertura ao público é das 08:00 às 19:00, no entanto, os equipamentos associados à piscina operam durante 24 horas por dia e 320 dias por ano. O tanque não dispõe de cortina de revestimento.

### Redução da temperatura da água de uma piscina

Através da redução da temperatura da água em 1°C foi possível obter uma poupança de 12% da fatura energética anual.

**Tabela 26 – Necessidades de aquecimento da água das piscinas**

<b>Condições atuais da piscina interior</b>	
Consumo energético anual	1 321 132 kWh
Custo energia atual	0,059 €/kWh
Custo energético anual	77 854 €
<b>Redução de temperatura da água da piscina</b>	
Novo consumo energético anual	1 163 630 kWh
Benefício energético anual	157 502 kWh
Benefício energético anual	12 %
Benefício económico anual	9 282 €
Benefício ambiental anual	38,8 tCO <sub>2</sub>

#### Caso prático do aumento da humidade interior da nave da piscina

Através do aumento da humidade relativa em 5% foi possível obter uma poupança de 7% da fatura energética anual.

**Tabela 27 – Necessidades de aquecimento da água das piscinas**

<b>Aumento da humidade relativa</b>	
Novo consumo energético anual	1 231 413 kWh
Benefício energético anual	89 719 kWh
Benefício energético anual	7 %
Benefício económico anual	5 287 €
Benefício ambiental anual	22,1 tCO <sub>2</sub>

#### Caso prático de aplicação de cortina numa piscina

A aplicação de uma cortina implica um investimento de 28.400€, com período de retorno de 1,2 anos e redução da fatura anual em 30%.

**Tabela 28 – Necessidades de aquecimento da água das piscinas**

<b>Instalação de Cortina</b>	
Consumo energético anual com cortina	929 358 kWh
Benefício energético anual	391 774 kWh
Benefício energético anual	30 %
Benefício ambiental anual	96,6 tCO <sub>2</sub>
Investimento	28 400 €
Benefício económico anual	23 087 €
Período de retorno	1,2 anos

## 10 - Sistemas de refrigeração

A eficiência energética num sistema de refrigeração passa por reduzir a energia consumida, sem comprometer a qualidade dos produtos armazenados.

Uma das principais áreas de atuação para melhorar o desempenho dos sistemas de refrigeração consiste em corrigir a carga térmica a remover. Para tal é essencial que qualquer medida de eficiência energética nos sistemas de refrigeração comece por analisar os ganhos internos presentes. Para minimizar a carga térmica, os produtos deverão ser introduzidos a uma temperatura muito próxima da de conservação. Desta forma as necessidades de arrefecimento serão menores.

Os sistemas tradicionais de controlo de temperatura são usados para monitorizar e controlar a refrigeração através da medição da temperatura do ar circulante. No entanto, a temperatura do ar varia drasticamente, com a utilização, e dá uma indicação deficiente da temperatura real dos alimentos.

Existem dispositivos no mercado (eCube) que contêm um gel simulador de alimentos no seu interior e que são acoplados às sondas de controlo da temperatura das câmaras de refrigeração, ficando em contacto com o gel, fornecendo assim a temperatura do gel (que é a temperatura simulada dos alimentos) para os sistemas de controlo que fazem atuar os evaporadores e compressores de frio. Desta forma, os ciclos de refrigeração/congelação das câmaras são significativamente reduzidos (em média cerca de 66%).

A leitura correta da temperatura a que os alimentos se encontram, reduz a necessidade de arranque dos sistemas de frio, dando assim origem a uma redução no consumo de energia elétrica que varia entre 10% e 30% (dependendo dos equipamentos evaporadores, compressores de frio e câmaras).

### **Caso prático da aplicação de eCubes em câmaras frigoríficas**

Apresenta-se de seguida o exemplo da aplicação de eCubes num armazém frigorífico de 8000 m<sup>3</sup> de volume.

**Tabela 29 – Análise de viabilidade da medida proposta**

Consumo energético anual	858,5 MWh
Benefício energético anual	85,9 MWh
Benefício económico anual	11.477,88 €
Emissões evitadas	40,3 tCO <sub>2</sub>
Investimento	1.900 €
Período de retorno	0,2 Anos

A aplicação de esta tecnologia traduz-se numa poupança de 10% de energia, com um período de retorno do investimento de 0,2 anos.

## A – REFERÊNCIAS

[www.osram.pt](http://www.osram.pt)

[www.adene.pt](http://www.adene.pt) - ADENE – Agência para a Energia, Instalação de colectores solares térmicos em processos industriais

Comité Europeu de Normalização

Lumicenter.

DGGE - Ministério da Economia; - Eficiência Energética nos Edifícios;

[www.iapmei.pt](http://www.iapmei.pt)

[www.erse.pt](http://www.erse.pt) – Entidade Reguladora do Sector Energético

Thompson, Mark; Forrest, Stephen; [et all]; - Management of singlet and triplet excitons for efficient white organic light-emitting devices Nature; Vol.: 440. 2006

Jabbour, Ghassan; [et all]; - Excimer-Based White Phosphorescent Organic Light-Emitting Diodes with Nearly 100% Internal Quantum Efficiency; Advanced Materials; Vol.: 19, pg. 197-202. 2007

Philips, Lighting manual for N. V. Philips Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, Madrid : Paraninfo - 2ªEd. 1979; Philips (2006;2010)

Cree (2010).

Brancacci (2009).

Almeida (2005).

Cromatek (2010).

Lamptech (2009).

Murray (2010).

Catálogo técnico da General Eletric (2002)

Light's Labour's Lost

André de Sá,(2010). Guia de aplicações gestão de energia e eficiência energética.

PACIFIC GÁS AND ELECTRIC COMPANY. Technoso

Universal Display Corporation; Nippon Steel Chemical Company

Westinghouse electric corporation, Manual del Alumbrado, Madrid: Editorial Dossat. 1972

Norma NP ISO 8995:2002 – Requisitos de iluminação interior de locais de trabalho para diferentes tarefas ou actividades.

[www.eee.pt](http://www.eee.pt) - EE – Empresa de Equipamento Elétrico

[www.eu-greenbuilding.org](http://www.eu-greenbuilding.org) - GreenBuilding, Módulo Técnico Iluminação

ABB 32009

ABB, 2007b

Siemens 2009

EFACEC Motores

Rational use of energy in the Hotel sector – THERMIE

Impact of adaptive comfort criteria and heat waves on optimal building thermal mass control