



© Rafa Irusta - iStock

APICCAPS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS INDUSTRIAIS DE CALÇADO
COMPONENTES E ARTIGOS DE PELE E SEUS SUCEDÂNEOS

Título
Plano de Acção para as Energias Renováveis e
Eficiência Energética na Fideira do Calçado

Inesc Porto
para APICCAPS

Coordenação
Inesc Porto

Projecto gráfico e paginação
SALTO ALTO ctep criativo

Imagem da capa
© Rafa Iruستا - iStock

Produção gráfica
ORGAL impressores

Março 2011. TODOS OS DIREITOS RESERVADOS

01. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO	04
INTRODUÇÃO	05
ENQUADRAMENTO	07
02. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR INDUSTRIAL	08
SELECÇÃO DA AMOSTRA	10
ANÁLISE DA AMOSTRA	11
FACTURAÇÃO ENERGÉTICA	11
ILUMINAÇÃO	13
EQUIPAMENTOS	15
VENTILAÇÃO ASPIRAÇÃO	15
AR COMPRIMIDO	17
FORÇA MOTRIZ	17
NECESSIDADES TÉRMICAS	18
03. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	20
FACTURAÇÃO DE ENERGIA	21
ANÁLISE DA POTÊNCIA CONTRATADA	25
SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	27
VENTILAÇÃO/ASPIRAÇÃO	32
FORÇA MOTRIZ	38
AR COMPRIMIDO	43
NECESSIDADES TÉRMICAS	48
COGERAÇÃO	49
MICROGERAÇÃO	65
04. CONCLUSÕES	66



01

APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

INTRODUÇÃO

A eficiência energética e a utilização racional da energia requerem que se estude em profundidade não só os equipamentos, mas também os processos em que estes estão envolvidos. Esta avaliação pode ser feita através de um diagnóstico energético, a partir do qual se podem tecer algumas considerações e recomendações para a melhor utilização da energia.

Este relatório é o resultado de uma auditoria preliminar a um conjunto de empresas do sector do calçado e tem como objectivo identificar possíveis áreas de desperdício ou ineficiência energética. A partir deste documento é possível estabelecer prioridades de actuação e decidir sobre a eventual necessidade de elaborar auditorias detalhadas em determinadas áreas do sector do calçado.

Neste ponto convém referir o Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de Abril, que define um "conjunto de regras que actualizam a disciplina de gestão do consumo de energia constantes do regulamento para a eficiência energética na indústria, estabelecido no Decreto-Lei n.º 58/82, de 26 de Fevereiro, e sua regulamentação. Neste quadro, o presente Decreto-Lei define quais as instalações consideradas com consumo intensivo de energia, estendendo a sua aplicação a um conjunto mais abrangente de empresas e instalações com vista ao aumento da sua eficiência energética tendo em atenção a necessidade de salvaguardar a respectiva base competitiva no quadro da economia global, ao mesmo tempo que estabelece um regime diversificado e administrativamente mais simplificado

para as empresas que, actualmente, já estão vinculadas a compromissos de redução de emissões de CO₂ definidos no PNALE (Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão), embora permitindo a ambas as categorias de instalações o acesso às isenções e demais estímulos e incentivos vocacionados para a promoção de eficiência energética”.

Com este Decreto-Lei regula-se “o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia, instituído com o objectivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia. O regime previsto no presente Decreto-Lei aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia (CIE) que, no ano civil imediatamente anterior, tenham tido um consumo energético superior a 500 toneladas equivalentes petróleo (500 tep/ano), com excepção das instalações de cogeração juridicamente autónomas dos respectivos consumidores de energia. É obrigatória a realização das seguintes auditorias energéticas:

- a) Nas instalações com consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, com uma periodicidade de seis anos, sendo que a primeira destas auditorias deve ser realizada no prazo de quatro meses após o registo;
- b) Nas instalações com consumo de energia igual ou superior a 500 tep/ano mas inferior a 1000 tep/ano, com uma periodicidade de oito anos, sendo que a primeira destas auditorias deve ser realizada no ano seguinte ao do registo”.



Com base neste relatório poderá ser possível, em alguns casos, diminuir o consumo energético em algumas instalações que ultrapassem ligeiramente os limites impostos pelo Decreto-Lei e, conseqüentemente, evitar a realização periódica de auditorias. O benefício será a nível da facturação energética anual e diminuição do custo em auditorias energéticas.

Dada a diversidade de indústrias que compõem a fileira do calçado, não seria possível efectuar um estudo exaustivo em cada empresa. Também devido à diferente dimensão que as mesmas assumem, as conclusões que se possam extrair para uma, não serão completamente replicáveis nas outras empresas.

Assumi-se, então, identificar tipos de equipamentos existentes, que poderão ser comuns a várias indústrias, de componentes e de calçado, ou que apenas estarão presentes num dos tipos de indústria. Para estes equipamentos,

procurou-se efectuar uma análise de eficiência energética com base nos diagramas de carga e no tipo de motor de força motriz utilizado. Convém realçar que os resultados poderão ser futuramente extrapolados para outros equipamentos do mesmo tipo, mesmo que tenham diagramas de carga diferentes, bastando para tal conhecer o respectivo diagrama de carga.

Como já referido, procura-se com este relatório indicar caminhos a seguir com vista à diminuição da facturação energética.

Não foi descurada a procura de soluções que envolvam o recurso a fontes de energia renovável como por exemplo, painéis solares térmicos ou painéis fotovoltaicos. Relacionada com as energias renováveis, mas não catalogada como tal, surge a cogeração que também foi alvo de estudo e que neste relatório se apresentam as respectivas conclusões.

ENQUADRAMENTO

A gestão de energia é, nos dias de hoje, uma temática de extrema importância. Usar a energia de forma racional permite aumentar a competitividade, mantendo os níveis de produção de bens e/ou serviços. Para isso, na maior parte dos casos, basta usar tecnologias de mercado mais eficientes que permitem reduzir os consumos face a soluções tradicionais.

Uma das vantagens associadas à utilização de tecnologia mais eficiente é, por vezes, a diminuição dos custos do ciclo de vida dos equipamentos. Embora os custos de aquisição destes equipamentos sejam normalmente superiores aos dos equipamentos convencionais, o facto de consumirem menos energia para realizar a mesma tarefa confere-lhes um custo de exploração inferior que, com o decorrer da sua utilização, acaba por mais que compensar o acréscimo no investimento. As vantagens energéticas e económicas são inúmeras: reforço da competitividade das empresas, redução da factura e intensidade energética do país, diminuição do volume de CO₂ libertado ou a atenuação da dependência energética externa. Além destas vantagens, a utilização de tecnologias energeticamente mais eficientes traz, por vezes, uma série de outras vantagens não energéticas como

o aumento da segurança e conforto, a redução do ruído, o aumento da produtividade do trabalho, a melhoria do controlo dos processos, a poupança de água e a redução dos resíduos.

Verifica-se, no entanto, que ainda existe uma certa resistência em adoptar estas medidas. Isto deve-se a diversos factores: desde logo, o desconhecimento, por parte dos consumidores, das tecnologias mais eficientes disponíveis no mercado; o investimento inicial ser normalmente elevado, o que origina retornos de investimento por vezes superiores a 3 anos e existe ainda um certo receio associado às novas tecnologias.

Outro procedimento que conduz, inúmeras vezes, a uma redução da factura energética é o recurso a energias renováveis, nomeadamente quando são necessários volumes elevados de calor e frio. A possibilidade de utilização de painéis solares térmicos ou o recurso à cogeração são possibilidades a estudar e que podem contribuir para a diminuição dos encargos com energia eléctrica.

02

CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR INDUSTRIAL



CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR INDUSTRIAL

O consumo energético para o total da indústria portuguesa, onde a indústria do calçado se insere, representa cerca de um terço do consumo global do país. Deste consumo, como se pode verificar a partir do gráfico da Figura 1, os motores eléctricos, responsáveis pela força motriz, são as cargas mais importantes. A iluminação aparece em segundo lugar e com um valor muito menor, muito perto do total de todas as outras cargas existentes na indústria. Os motores eléctricos são utilizados numa vasta gama de aplicações, principalmente na movimentação de fluidos em bombas, compressores e ventiladores.

A Figura 2 apresenta a desagregação do consumo de electricidade dos motores, pelas principais utilizações finais no total da indústria portuguesa. Excluindo o consumo resultante da soma de todos os outros motores não enquadrados nas categorias representadas no gráfico, verifica-se que os compressores têm um peso importante, representando cerca de 25% do consumo total, logo seguido pelas bombas e pelos ventiladores.

Da leitura dos dois gráficos pode concluir-se que existe uma forte possibilidade de melhoria da eficiência energética na indústria se se actuar nos equipamentos de força motriz, principalmente ao nível dos compressores e ventiladores, e num nível inferior, corrigindo e melhorando os sistemas de iluminação.



CONSUMO DE ELECTRICIDADE NO TOTAL DA INDÚSTRIA PORTUGUESA

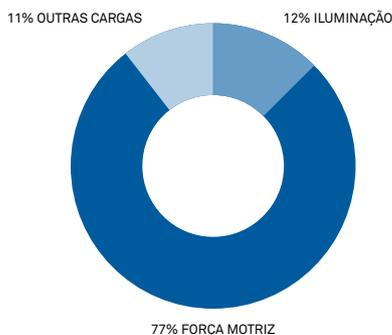


Figura 1 – Desagregação dos consumos de electricidade pelas principais cargas para o total da indústria portuguesa [Fonte: BCSD Portugal]

CONSUMO DE ELECTRICIDADE NO TOTAL DA INDÚSTRIA PORTUGUESA DOS SISTEMAS ACCIONADOS POR MOTORES

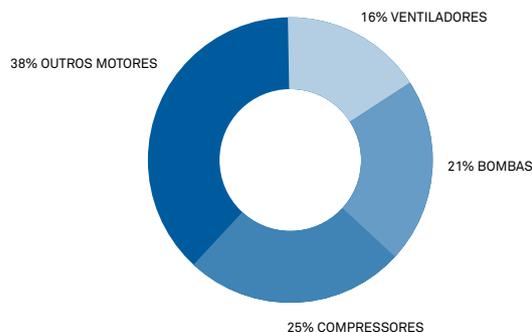


Figura 2 – Desagregação dos consumos de electricidade por tipos de equipamento de força motriz, para o total da indústria portuguesa [Fonte: BCSD Portugal]

SELECÇÃO DA AMOSTRA

Do total da indústria portuguesa referida, apenas foram seleccionadas para amostra as indústrias que integram a fileira do calçado, a saber, a do calçado, a dos componentes para calçado e a dos artigos de pele. Estas indústrias da fileira do calçado apresentam características diversificadas. Por isso, seria insensato fazer qualquer tipo de recomendação sem conhecer minimamente cada subsector.

Numa primeira abordagem esteve presente a ideia de tentar fazer um *clustering* das empresas quanto ao tipo de trabalho desenvolvido. Assim, com a cooperação do Centro Tecnológi-

co do Calçado de Portugal (CTCP), foram seleccionadas algumas empresas da indústria dos componentes e da indústria do calçado, que vieram a constituir a amostra para o estudo que suporta este relatório.

Foram identificados dois grupos distintos do sector: a produção de solas/componentes e o fabrico de calçado. Esta divisão justifica-se por variadas razões: o produto final, a dimensão física e humana das empresas, os tipos de consumos energéticos, a sua facturação, entre outros.



ANÁLISE DA AMOSTRA

Após a selecção da amostra foram realizadas várias visitas às unidades industriais que permitiram recolher informações sobre o tipo de equipamento, as suas condições de operação, algumas das suas características construtivas e fazer uma previsão sobre os seus consumos energéticos.

Posteriormente, procedeu-se à recolha dos diagramas de carga com recurso a equipamento específico instalado em algumas máquinas. Embora o ideal tivesse sido manter o equipamento durante algumas semanas para avaliar de uma forma mais precisa o respectivo funcionamento, tal não foi possível, sendo que a recolha efectuada permite de igual forma avaliar a possibilidade de melhorar a eficiência energética.

Como foi referido inicialmente, os resultados obtidos poderão ser extrapolados para outras empresas atendendo apenas ao diagrama de cargas das respectivas máquinas e à potência utilizada. Caso a caso, deverá ser efectuado um levantamento do funcionamento da máquina porque só assim se poderá avaliar, de forma precisa, o benefício obtido com a implementação das medidas que este relatório preconiza.

FACTURAÇÃO ENERGÉTICA

Os consumos energéticos das várias empresas visitadas são muito díspares. As empresas dedicadas aos componentes têm necessidades térmicas elevadas, podendo consumir energia eléctrica e/ou gás natural, conforme a tecnologia. As empresas que produzem calçado consomem quase exclusivamente energia eléctrica.

No que toca ao consumo eléctrico, verificou-se que algumas empresas compravam energia no mercado liberalizado, beneficiando de tarifas inferiores às do mercado regulado. Contudo, a opção pelo mercado liberalizado não é transversal. Talvez por falta de conhecimento das condições de funcionamento do mercado liberalizado, as empresas ainda mostravam algumas reservas quando lhes era sugerida a troca de comercializador de energia.

A partir de Janeiro de 2011, segundo o Decreto-Lei 104/2010, de 29 de Setembro, extinguiram-se as tarifas reguladas de venda de electricidade a clientes finais com consumos em muita alta tensão (MAT), alta tensão (AT), média tensão (MT) e baixa tensão especial (BTE). Assim, todas as empresas com consumos de energia nos níveis de tensão atrás referenciados passaram obrigatoriamente ao mercado liberalizado beneficiando de tarifas inferiores.

Após analisar a facturação em pormenor, identificaram-se situações que devem ser referidas, nomeadamente quanto à energia reactiva facturada e o controlo da energia consumida na hora de ponta.

No âmbito desta problemática, verificou-se que, embora na generalidade dos casos haja o cuidado de fazer a correcção do factor de potência, verificou-se que o valor deste está próximo do limite para que haja facturação. No âmbito do Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), foi elaborado um novo regime de facturação de energia reactiva que tem como objectivo incentivar comportamentos mais eficientes, contribuindo para a redução das perdas de energia na utilização das redes de transporte e distribuição de energia eléctrica.

De acordo com o Despacho nº 7253/2010, publicado em Diário da República a de 26 de Abril de 2010, o valor de tg ϕ será reduzido de 0,4 para 0,3 em 2012. No final de 2011 estarão criados escalões de tg ϕ (0,3; 0,4; 0,5), estando prevista a aplicação de factores multiplicativos penalizadores às instalações enquadradas nos piores escalões. Ainda em 2012, o período de integração, que actualmente corresponde ao período de facturação, ficará alterado para diário, para clientes em MAT, AT e MT.

Tais alterações levarão a que na maioria das unidades industriais visitadas passe haver, a partir dessa data, facturação de energia reactiva.

Para além das questões de facturação, colocam-se outras problemáticas a ter em consideração quando uma rede opera com um valor de tg ϕ elevado, a sobrecarga dos cabos e transformadores origina o sobreaquecimento destes, conduzindo a um aumento de perdas na rede do consumidor e limitando a capacidade do transformador e dos cabos em fornecer energia activa.

Identificou-se ainda uma situação na facturação cujo o controlo pode traduzir-se em reduções financeiras consideráveis. A Figura 3 representa a desagregação dos custos de uma factura energética numa das empresas visitadas. Como se pode verificar, o somatório dos custos da potência em horas de ponta (PHP) e da energia consumida nas horas de ponta (HP) representa 40% dos custos totais com energia eléctrica. A hora de ponta é o período em que o consumo de energia eléctrica é fortemente penalizador para o consumidor. Para minimizar a facturação deve sensibilizar-se as empresas a adaptar os processos produtivos procurando mover o consumo para fora do período das horas de ponta.

Além da potência de ponta e do consumo nas horas de ponta, convém referir também o valor da potência tomada.

A Potência Contratada é definida como a máxima potência média em qualquer intervalo ininterrupto de 15 minutos (Potência Tomada) ao longo dos últimos 12 meses.

O custo unitário do kW de Potência Contratada depende da opção tarifária escolhida.

A Potência Contratada é uma das variáveis de facturação, pelo que se a Potência Tomada ultrapassar a Potência Contratada, o correspondente aumento de custo irá manifestar-se ao longo de 12 meses.

O valor da Potência Tomada deve ser controlado através de um sistema de controlo de ponta. A conveniente regulação do sistema permitirá reduzir a Potência Contratada.

Após a instalação de um sistema de controlo de ponta, pode ser requerida, ao fornecedor, a actualização da Potência Contratada, manifestando-se a correspondente redução de custos a partir da factura do mês seguinte.

Dependendo da potência contratada, deve avaliar-se ainda qual a Opção Tarifária (CU – Curtas Utilizações, MU – Médias Utilizações, ou LU – Longas Utilizações) mais económica, de acordo com o diagrama de cargas do consumidor. O custo do kWh em cada período horário depende da Opção Tarifária escolhida. A opção mais económica deve ser determinada através de simulações de custos.

Esta análise deve ser repetida sempre que se verifiquem alterações significativas nos hábitos de produção, pois dessa alteração pode resultar a variação da Opção Tarifária e Ciclo Horário mais convenientes.

DESAGREGAÇÃO POR TIPO DE CUSTOS DA ENERGIA ELÉCTRICA

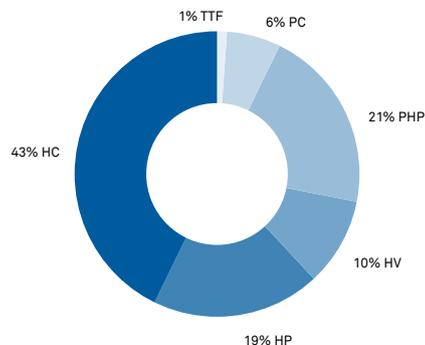


Figura 3 – Peso das diferentes parcelas da factura de electricidade de uma empresa integrante da amostra

ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação no total da indústria em Portugal têm um peso médio estimado em 12%, como é verificado na Figura 1.

No sector do calçado, com base nos dados recolhidos durante as visitas efectuadas às unidades industriais, estima-se que o peso da iluminação possa variar entre os 5% e os 23%. Nas empresas de fabrico de componentes e solas, o peso dos sistemas de iluminação ronda os 5%, uma vez que os restantes equipamentos consumidores de energia eléctrica têm consumos consideravelmente maiores face aos circuitos de iluminação. No fabrico do calçado, a iluminação tem um peso maior, estimado entre os 12% e os 23%, dependendo da dimensão da unidade industrial, assim como dos métodos de comando usados.

Encontraram-se sistemas de iluminação de vários tipos, com predominância dos típicos em naves industriais, essencialmente compostos por lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão (VMAP) e lâmpadas fluorescentes.

Embora sejam residuais, ainda se encontraram armaduras equipadas com lâmpadas fluorescentes T12. No entanto, as T8 dominam todo o sector, estando na maior parte dos casos montadas em réguas simples ou armaduras com reflector industrial, como mostra a Figura 4. Apesar do seu menor número, também se encontraram luminárias equipadas com as mais recentes, e energeticamente mais eficientes, lâmpadas T5, representadas na Figura 5.

As lâmpadas de VMAP e fluorescentes carecem de equipamentos auxiliares para funcionar - como balastos e/ou *ignitors* - dado que são lâmpadas de descarga. Estes equipamentos auxiliares têm uma determinada eficiência energética que deve ser considerada, uma vez que afecta o rendimento do conjunto. À excepção das lâmpadas T5, todas as outras podem usar balastos magnéticos e, na generalidade, é o que se verifica nas empresas visitadas. Estes balastos têm performances energéticas muito inferiores às dos electrónicos, apresentando, contudo, custos de aquisição inferiores. A utilização de um balastro electrónico da classe A2 permite reduzir, em média, cerca de 25% do consumo energético face à utilização de um balastro magnético B2 (baixas perdas) nas mesmas condições de operação.



Figura 4 – Luminária equipada com fluorescente T8 e T12



Figura 5 – Luminária equipada com lâmpadas fluorescente T5

Ao nível do comando da iluminação encontraram-se situações diversas, desde sistemas de comando que ligam quase toda a iluminação da nave, até sistemas que permitem aos funcionários ligar as luminárias individualmente. Foi ainda encontrado um sistema de comando baseado no funcionamento de uma célula fotoelétrica, que faz o aproveitamento da luz natural de forma automática, tratando-se este de um bom exemplo da utilização racional da energia, visível na Figura 6.

Para que o aproveitamento da luz natural seja maximizado, há necessidade de fazer entrar luz no espaço a iluminar, sem descuidar o isolamento térmico do edifício. Para isso, vão sendo desenvolvidas tecnologias que algumas unidades industriais já adoptaram, como por exemplo, a utilização de placas translúcidas, clarabóias de alto rendimento ou os tubos de luz. Na Figura 7 pode constatar-se que a nave industrial é exclusivamente iluminada pela luz proveniente das placas translúcidas e dos tubos de luz, evitando assim a utilização da iluminação artificial.



Figura 6 – Armadura provida de célula fotoelétrica



Figura 7 – Aproveitamento da luz natural

EQUIPAMENTOS

Na sequência da visita às instalações industriais constituintes da amostra, constatou-se a existência de uma grande diversidade de equipamentos. A maioria são máquinas accionadas por motores mas em que a alteração não é fácil porque o equipamento é adquirido como uma só peça. Como em princípio os fabricantes não aceitam que se proceda a alterações, para a melhoria da eficiência energética nestes equipamentos apenas se poderá analisar o seu regime de funcionamento e evitar comportamentos menos eficientes.

No âmbito da alteração das características, será necessário sensibilizar os fabricantes dos equipamentos a construí-los com motores de alta eficiência, o que implicará um custo final mais elevado do equipamento, não sendo, por isso, uma solução consensual.

Existem, no entanto, outros equipamentos em que poderá ser possível indicar acções para a melhoria da eficiência energética, como são os casos da ventilação/aspiração, da força motriz e dos sistemas de ar comprimido, tratados adiante neste relatório.



Figura 8 – Sistema de aspiração local

VENTILAÇÃO | ASPIRAÇÃO

Durante o levantamento feito nas unidades industriais seleccionadas para o estudo encontraram-se realidades muito díspares no que toca a ventilação e a aspiração.

A aspiração local é feita com recurso a pequenos ventiladores que têm essencialmente a função de recolha de poeiras para um reservatório, é comum existir aspiração local junto das máquinas/tarefas que produzem fumos ou poeiras, como se pretende representar na Figura 8.

Noutros casos, a aspiração é central, existindo para tal condutas que ligam directamente a cada máquina, como exemplificado na Figura 9.

O sistema de aspiração/ventilação central é formado por um ou mais ventiladores (Figura 10), aos quais está associada uma rede de aspiração que percorre parte da unidade industrial. Esta rede de aspiração tem várias “bocas de aspiração” distribuídas pelas máquinas que produzem maior quantidade de poeiras. Este sistema de aspiração torna-se por vezes ineficiente, pois não existe forma de controlar as “bocas de aspiração”. Assim, muitas máquinas, mesmo que não sejam utilizadas, têm o sistema de aspiração activo. Como se pode observar na Figura 9, as condutas encontram-se, por vezes, em muito mau estado de conservação. Nas visitas às empresas detectaram-se muitas fugas neste sistema, o que leva à diminuição da eficiência do sistema.



Figura 9 – Sistema de aspiração

Nem todas as naves industriais visitadas estão equipadas com ventilação forçada. Nas naves dotadas de circulação forçada verificou-se a inexistência de qualquer meio de controlo automático da ventilação, ou seja, os ventiladores são ligados apenas no caso de os funcionários sentirem necessidade. Desta forma, é comum que haja renovações de ar superiores ou inferiores às recomendadas, situação que pode originar desperdícios de energia ou má qualidade do ar interior, de que é exemplo a Figura 11.

Nas coberturas das naves é comum a existência de ventiladores axiais, acoplados directamente a motores de indução, como o da Figura 12. Nos sistemas de ventilação localizada são maioritariamente utilizados ventiladores centrífugos.



Figura 10 – Ventilador accionado por correias trapezoidais



Figura 11 – Quadro de comando do sistema de ventilação de uma nave



Figura 12 – Ventilador Axial

AR COMPRIMIDO

Nos diversos tipos de empresas visitadas encontraram-se sistemas de ar comprimido compostos por compressor, reservatório e sistema de distribuição.

Por vezes, o sistema de distribuição possui fugas que não são reparadas e persistem durante meses, porque se pensa que em termos de energia consumida são praticamente desprezáveis. Tal não corresponde à verdade: uma fuga de 1 mm, durante um ano de laboração, poderá traduzir-se numa verba elevada em termos de facturação energética.

Também o uso indevido do ar comprimido para desempoeiramento de vestuário no final de cada período de laboração pode significar um custo elevado em termos de energia eléctrica no final do ano.

Em algumas empresas verificou-se que os compressores são alimentados via um controlador electrónico de velocidade, que permite melhorar significativamente o rendimento da máquina. Todavia, persistem empresas em que o compressor é ligado directamente à rede sem conversor, o que contribui para a ineficiência energética.

Na Figura 13 apresenta-se uma fotografia da pistola utilizada para soprar alguns produtos e também o vestuário e calçado.



Figura 13 – Pistola de sopro

FORÇA MOTRIZ

Todos os equipamentos accionados por motores são equipamentos com força motriz. Como se referiu em anterior capítulo, há casos em que só o fabricante do equipamento pode alterar as características dos motores e, nesse caso, pouco ou nada pode ser feito. No entanto, equipamentos como passadeiras rolantes, bombas, equipamentos accionados por motores com e sem tracção por correias, em que seja possível individualizar o motor, podem ser objecto de estudo para identificação de eventuais melhorias de eficiência energética.

Nas Figura 14 e Figura 15 apresentam-se alguns exemplos de motores existentes nas instalações visitadas e que foram alvo de estudo.



Figura 14 – Exemplo de um motor



Figura 15 – Exemplo de motores

NECESSIDADES TÉRMICAS

As unidades industriais que fabricam componentes, nomeadamente as empresas que foram visitadas, necessitam de refrigeração industrial. Há casos em que água arrefecida é utilizada no arrefecimento de moldes e do óleo hidráulico das máquinas de injeção. Em termos de necessidades de temperatura de refrigeração, verificou-se que numa das instalações, a água arrefecida apresentava uma temperatura de 12 °C.

A água fria é ainda necessária para o arrefecimento do plástico. Neste caso, as necessidades em termos de temperatura de água fria, são à volta dos 20 °C.

A Figura 16 representa um esquema do processo de arrefecimento da extrusora.



Figura 16 – Circuito de arrefecimento da extrusora



Figura 17 – Torre de arrefecimento, extrusora, depósito subterrâneo

fecimento de plástico. As bombas B1 e B2 são as responsáveis pelo fornecimento de água refrigerada à extrusora, sendo depois enviada por gravidade a um pequeno depósito subterrâneo. Neste depósito existem sondas de nível que, a partir de um certo nível de água, fazem accionar a bomba B3, responsável pelo envio da água novamente à torre de arrefecimento.

Na Figura 17 encontram-se imagens representativas do sistema de arrefecimento da extrusora.

A refrigeração das máquinas de injeção é feita através de *chiller's*, como se demonstra na Figura 18.

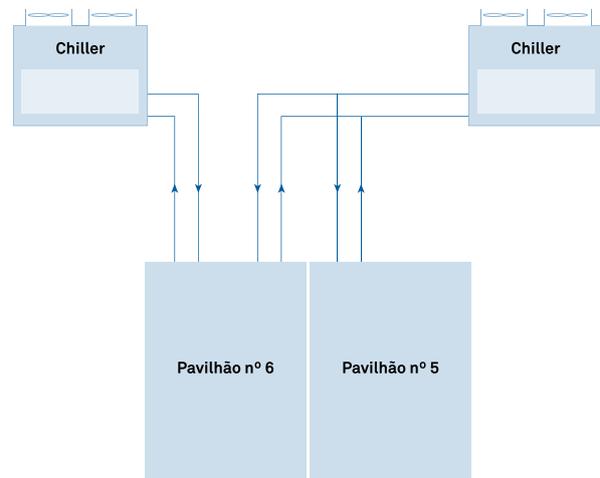


Figura 18 – Circuito de refrigeração das máquinas de injeção de uma unidade industrial visitada





03

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

FACTURAÇÃO ENERGÉTICA

Após a recolha, análise e tratamento de dados nas empresas visitadas, elegeram-se uma série de recomendações a adoptar para a melhoria da eficiência energética na fileira do calçado.

Procuraram-se medidas transversais, aplicáveis assim a todo o sector. Contudo, algumas recomendações dependem da actividade, tipologia e das necessidades energéticas das unidades industriais, pelo que a sua aplicação requer um estudo específico, tendo em conta as particularidades do sistema.

Faz-se referência a casos práticos passíveis de implementar as medidas propostas, ou situações em que essas medidas já tenham sido aplicadas com sucesso.

A facturação energética fornece informações ao consumidor sobre o seu perfil de consumo que lhe podem ser úteis na celebração de contratos de aquisição de energia ou servir

de apoio a um diagnóstico energético. Frequentemente, a escolha da melhor opção tarifária é descuidada, situação que, se devidamente acautelada, permitiria poupanças consideráveis.

Hoje em dia, com o mercado liberalizado, que passou a ser obrigatório a partir de Janeiro de 2011 para todos os consumidores em MAT, AT, MT e BTE, é possível obter economias substanciais que, dependendo do volume de facturação e do perfil de consumo, podem ser da ordem dos 20% em relação às opções tarifárias do mercado regulado que vigorou até Dezembro de 2010.

A Tabela 1 é uma simulação da facturação anual de energia eléctrica no mercado regulado e no mercado liberalizado, para duas empresas do sector - uma alimentada em BTE, outra em MT. Como se pode verificar pelos dados da Tabela 1, a troca de regime permitiu economizar cerca de 10%.

Facturação anual de electricidade (€)		
Opção de Aquisição	Empresa (BTE)	Empresa (MT)
Mercado Regulado	27219	221186
Mercado Liberalizado	24879	199339
Diferença %	8,6	9,9

Tabela 1 – Mercado Regulado versus Mercado Liberalizado

Outro ponto-chave na análise da facturação é a avaliação da possibilidade de eliminar a facturação da energia reactiva. Os sistemas eléctricos a funcionar em corrente alternada podem necessitar de dois tipos de energia: a activa e a reactiva. A energia activa é responsável pela realização de trabalho, a energia reactiva alimenta os circuitos magnéticos das máquinas e equipamentos eléctricos.

Nos casos analisados verificou-se que a maioria das empresas visitadas tem equipamento que lhe fornece a energia reactiva, evitando assim a sua facturação. No entanto, é comum que estes equipamentos avariem e ninguém perceba. Tal situação traduz-se em encargos financeiros desnecessários. Para evitar os referidos encargos, bastaria que existisse um sistema de monitorização de energia com uma plataforma de comunicação capaz de informar, automaticamente e em tempo real, os responsáveis da empresa aquando da ocorrência de consumos anómalos.

O funcionamento de instalações com um factor de potência ($\cos \varphi$ - relação entre a potência activa e a potência aparente, P/S) baixo tem inconvenientes para o funcionamento do sistema eléctrico. Um factor de potência baixo limita a capacidade de cabos e transformadores em fornecer de energia activa, uma vez que estão em parte ocupados pela circulação de energia reactiva.

Além disso, a energia reactiva é alvo de facturação de acordo com o Regulamento de Relações Comerciais do Sector Eléctrico publicado pela ERSE.

A energia reactiva pode ser indutiva - situação em que o cliente recebe energia reactiva da rede - ou capacitiva - quando o cliente entrega energia reactiva à rede. Dependendo das horas do dia, os dois tipos de energia reactiva podem ser alvo de facturação.

De acordo com a legislação actual, a facturação de energia reactiva indutiva nas horas fora de vazio ocorre quando $\text{tg } \varphi$ (média) $\geq 0,4$ para um período de integração igual ao período

de facturação. Na prática, isto significa que o cliente pode receber energia reactiva até 40% do valor da energia activa proveniente da rede, durante o período de facturação, sem que lhe seja cobrada.

Já a energia reactiva capacitiva é alvo de facturação nas horas de vazio. Neste caso, toda a energia reactiva fornecida pelo cliente é alvo de facturação.

Como foi dito anteriormente, no âmbito do Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) foi elaborado um novo regime de facturação de energia reactiva que tem como objectivo incentivar comportamentos mais eficientes, contribuindo para a redução das perdas na utilização das redes de transporte e distribuição.

De acordo com o Despacho nº 7253/2010, publicado em Diário da República a de 26 de Abril de 2010, o valor de $\text{tg } \varphi$ será reduzido de 0,4 para 0,3 em 2012. No final de 2011 estarão criados escalões de $\text{tg } \varphi$ (0,3; 0,4; 0,5), estando prevista a aplicação de factores multiplicativos penalizadores às instalações enquadradas nos piores escalões. Ainda em 2012, o período de integração, que actualmente corresponde ao período de facturação, será alterado para diário, em clientes em MAT, AT e MT.

Com a aplicação da nova lei, é expectável que as empresas analisadas que tinham uma facturação de energia reactiva nula ou muito baixa passarão a ter uma factura superior, considerando os mesmos consumos. A Tabela 2 representa os encargos estimados com energia reactiva consumida nas horas fora de vazio após a aplicação da nova regulamentação, fazendo uma comparação com os valores actuais. Na realidade os valores apresentados na Tabela 2 são uma estimativa por baixo, uma vez que apenas consideram a diminuição do valor máximo de $\text{tg } \varphi$ de 0,4 para 0,3, ignorando as restantes alterações resultantes da aplicação da nova lei, escalões penalizadores e alteração do período de integração.

Empresa	Empresa A		Empresa B	
	RCFV (2010)	RCFV (2012)	RCFV (2010)	RCFV (2012)
Janeiro	70	335	0	108
Fevereiro	0	198	0	263
Março	0	206	0	197
Abril	0	200	0	215
Mai	0	224	7	226
Junho	0	214	95	281
Julho	502	779	24	236
Agosto	275	349	0	50
Setembro	555	793	0	191
Outubro	584	825	66	302
Novembro	658	929	0	243
Dezembro	343	553	4	7
Total	2987	5605	196	2319

Tabela 2 - Encargos anuais estimados com energia reactiva no período fora do vazio
(unidade: euros)

Uma vez que não é possível eliminar a energia reactiva, pois esta é necessária para o funcionamento dos equipamentos, a solução passa por instalar dispositivos que a forneçam localmente.

Idealmente, a compensação é feita o mais próximo possível das cargas - a chamada compensação local. Muitas vezes esta é uma solução economicamente pouco viável, sendo mais adequada quando prevista na fase de projecto, pois evitará o sobredimensionamento dos circuitos de alimentação.

É mais comum optar-se pela compensação sectorial ou global. Esta é feita nos quadros parciais ou à entrada da instalação. Nestes casos, é comum optar-se por baterias de condensadores com regulação automática, embora a opção entre baterias de regulação automática e fixa esteja sempre dependente do perfil de utilização da instalação e/ou do equipamento instalado.

Existem ainda formas indirectas de eliminar as necessidades de energia reactiva, actuando directamente sobre os equipamentos que dela necessitam para funcionar. Na indústria são basicamente dois sistemas: os balastos magnéticos dos circuitos de iluminação e os motores eléctricos.

A actuação nos sistemas de iluminação passa pela instalação de condensadores nas luminárias de forma a corrigir o factor de potência localmente, ou pela substituição dos balastos magnéticos por balastos electrónicos com alto factor de potência.

Nos motores, deve evitar-se o funcionamento em baixa carga. Isto consegue-se com um correcto dimensionamento, com recurso a equipamentos de controlo, nomeadamente variadores electrónicos de velocidade, ou com a ligação do motor em estrela sempre que este esteja a funcionar abaixo de 1/3 da potência nominal.

RECOMENDAÇÕES

- Efectuar a correcção do factor de potência sempre que se verifique pagamento de energia reactiva;
- Colocar um sistema de monitorização de energia com uma plataforma de comunicação capaz de informar, automaticamente e em tempo real, os responsáveis da empresa aquando da ocorrência de consumos anómalos;
- Proceder atempadamente à correcção do factor de potência para os novos valores impostos a partir de 2012, podendo em certos casos beneficiar já em 2011 de uma redução na factura.

CASO DE ESTUDO

O factor de potência, tal como referido, pode ser corrigido aplicando uma bateria de condensadores. Na empresa referida na Tabela 2, estimou-se uma facturação de energia reactiva superior a 5600€ para o ano 2012. Para se proceder com a correcção do factor de potência de acordo com a nova legislação, baseando-se no consumo de 2009, estima-se que seria necessária uma bateria de condensadores com uma potência de 200kvar, adquirível no mercado por cerca de 2200€, sendo desta forma recuperado o investimento em menos de um ano.



ANÁLISE DA POTÊNCIA CONTRATADA

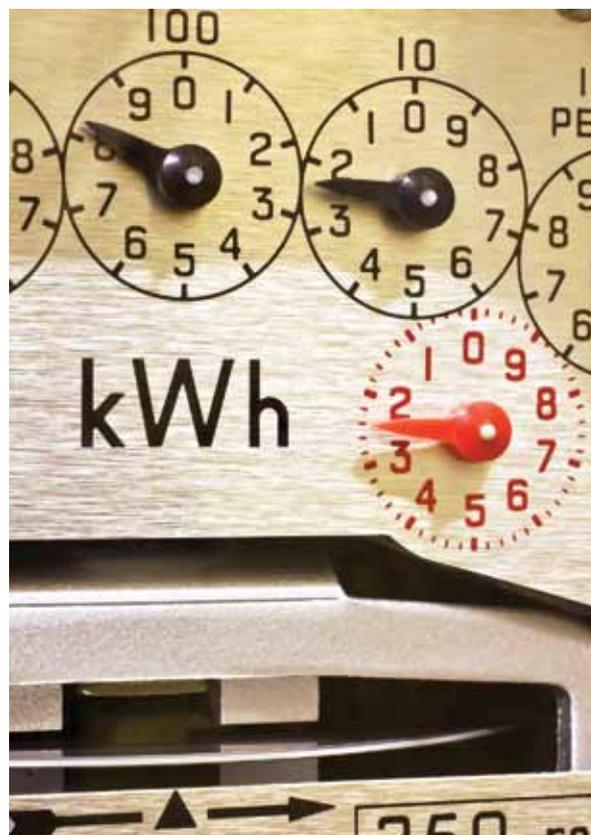
Como foi referido no início deste relatório, a Potência Contratada é definida como a máxima potência média em qualquer intervalo ininterrupto de 15 minutos (Potência Tomada) ao longo dos últimos 12 meses. O custo unitário do kW de Potência Contratada depende da opção tarifária escolhida.

A Potência Contratada é uma das variáveis de facturação, pelo que se a Potência Tomada ultrapassar a Potência Contratada, o correspondente aumento de custo irá manifestar-se ao longo de 12 meses, mesmo que não seja mais atingido o valor da Potência Contratada.

A eventual decisão pela instalação de um sistema de controlo de ponta passa por uma análise económica.

Mediante o diagrama de carga da instalação num dia de laboração normal é possível avaliar a potência máxima e o valor médio. Caso haja picos de potência, pode proceder-se a uma deslocação de algumas actividades para outras horas do dia de forma a permitir baixar o valor da potência contratada e, com ele, baixar o valor da facturação energética de forma substancial.

Face aos valores obtidos no diagrama de carga, é possível instalar e programar um controlador de ponta que efectuará o deslastre automático de máquinas não prioritárias (como por exemplo, ventiladores) e assim permitirá que não seja ultrapassado o valor pré definido.



© Alex Yeung - Fotolia

PORTU
GUESE
SHOES
DESIGNED BY
THE FUTURE

RECOMENDAÇÕES

- Efectuar a recolha do diagrama de carga da instalação para um dia normal de funcionamento;
- Colocação de controlador de ponta no quadro de entrada, escolhendo criteriosamente quais os equipamentos que podem ser deslastrados.

CASO DE ESTUDO

A partir de um diagrama de cargas típico da unidade industrial é possível encontrar um valor coerente para a potência contratada. O ideal seria traçar-se um perfil de consumos para um espaço temporal considerável. Porém, como não existe um sistema de monitorização e registo, far-se-á uma análise a um diagrama de cargas diário elaborado durante o presente estudo.

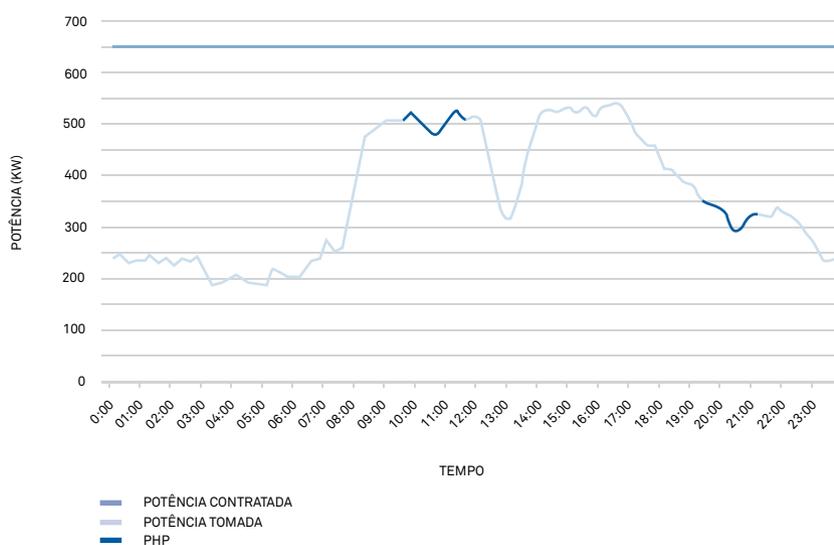
A Figura 19 ilustra um registo diário do consumo na unidade industrial em estudo, que tem uma potência contratada de 650kW. Como se pode ver pelo gráfico, a potência tomada por períodos de 15 minutos, não ultrapassa os 550kW, em nenhum momento do dia, o que significa que para esse dia não foram necessários os 650kW.

Se a aplicação de medidas de eficiência energética e gestão de energia tivesse um impacto de aproximadamente 10%, levando a que a potência tomada rondasse os 500kW, a empresa economizaria cerca de 2200 €/ano.

Da Figura 19 pode ainda ler-se que nas horas de ponta existe um consumo considerável, o que se traduz em custos avultados, em resultado da energia e da potência das horas de ponta.

Para a unidade industrial em estudo, uma redução do consumo na ponta em cerca de 30% representaria uma redução da facturação de energia eléctrica em 11%, o que se traduziria numa poupança aproximada de 25000€/ano.

Figura 19 – Diagrama de cargas diário de uma unidade industrial do sector



SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação artificial representam cerca de 10% a 20% do consumo de energia eléctrica dos países industrializados. Estima-se que em Portugal cerca de 12% do consumo de electricidade no total da indústria seja da responsabilidade dos sistemas de iluminação. Sempre que se fala em utilização racional de energia existe a necessidade de falar em iluminação, sendo que esta não se restringe às lâmpadas. A eficácia e eficiência de um sistema de iluminação estão dependentes de uma série de variáveis: lâmpadas, luminárias, reflectores, ópticas, balastros e aparelhagem auxiliar, formas de comando, controlo, temperatura ambiente, qualidade da energia, entre outros.

A utilização de equipamentos energeticamente eficientes permite que se ilumine em iguais condições de conforto e segurança com custos de exploração inferiores. Embora os custos iniciais de investimento sejam normalmente superiores, a utilização de equipamentos eficientes acaba por compensar o investimento uma vez que a maior parcela de custos de um sistema de iluminação, durante a sua vida útil, deve-se ao consumo energético, como se representa na Figura 20.

A iluminação de unidades industriais é tipicamente feita com recurso a lâmpadas de descarga (fluorescentes, vapor de mercúrio de alta pressão, vapor de sódio). Nos últimos anos têm sido feitos desenvolvimentos tecnológicos que permitiram aumentar o rendimento destes tipos de lâmpadas. Paralelamente, também se desenvolveu a aparelhagem auxiliar necessária para estes sistemas de iluminação, sendo cada vez mais frequentes os balastros electrónicos que permitem uma economia média de 25% face à utilização de balastros convencionais. Além da redução do consumo energético, a utilização de balastros electrónicos tem as seguintes vantagens:

- Aumento da vida útil da lâmpada em cerca de 50%;
- Elevado factor de potência (reduz as perdas da rede e a facturação de energia reactiva);
- Eliminação da necessidade do arrancador;
- Eliminação do efeito estroboscópico;
- Desligamento da lâmpada em caso de anomalia;
- Fluxo constante independentemente das flutuações da tensão rede;
- Permite fazer dimming com controlo automático ou manual ajustando os níveis de iluminação para os valores necessários.



DESAGREGAÇÃO DOS CUSTOS DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

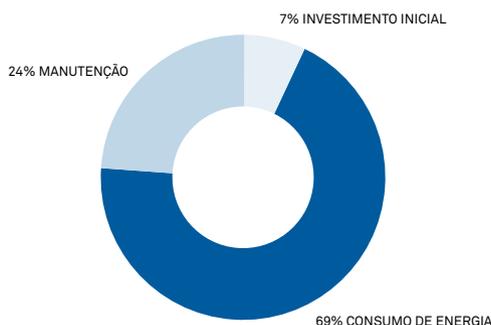


Figura 20 – Custo típico durante a vida útil de um sistema de iluminação [Fonte: BCSD Portugal]

A utilização de balastros electrónicos veio facilitar a aplicação do controlo de fluxo, pois surgiram equipamentos que permitem ajustar os níveis de iluminação artificial em função da disponibilidade de luz natural. Nos dias de hoje, a tentativa de minimizar os custos de exploração, aliada à busca pelo rótulo de empresa/organização verde, ajudam a promover o aproveitamento da luz natural, recorrendo a sensores de luz que medem os níveis de iluminância e adequam o fluxo emitido pelas lâmpadas para a obtenção dos níveis de iluminação pretendidos, optimizando assim a utilização da energia.

Para o aproveitamento da iluminação natural nas naves industriais são necessárias entradas de luz, que podem ser as tradicionais janelas e chapas translúcidas, ou as tecnologias mais recentes, tais como clarabóias de alto rendimento e tubos de luz. Qualquer que seja a tecnologia, deve ter-se em atenção que normalmente estes elementos são responsáveis por uma grande parte da energia térmica trocada com o interior. Deve encontrar-se uma solução que relacione, da melhor forma, a transmissão luminosa, a protecção contra o aquecimento e o isolamento das superfícies envidraçadas. Tal como o elemento transmissor de luz, a caixilharia deve ser de baixa condutividade térmica, usando preferencialmente materiais tais como policloreto de vinilo ou alumínio com corte térmico.

É comum encontrar nas coberturas de naves industriais placas translúcidas que, com o decorrer dos anos, sob acção das condições climáticas, se tornaram opacas. Para evitar que tal aconteça devem ser realizadas operações de manutenção ou proceder à sua substituição sempre que o seu factor de transmissão luminosa baixe consideravelmente.

As clarabóias mais recentes têm um bom isolamento térmico e permitem regular o fluxo luminoso, tal como os tubos de luz que permitem encaminhar a luz até os locais a iluminar, podendo usar-se difusores e dar a orientação pretendida.

RECOMENDAÇÕES

- Substituir de lâmpadas de halogéneo por fluorescentes compactas ou LED's;
- Substituir os balastros magnéticos nas lâmpadas fluorescentes por balastros electrónicos das classes A1 ou A2;
- Substituir as lâmpadas de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão por Sódio de Alta Pressão ou Iodetos Metálicos (em função do local a iluminar e do nível de restituição de cores pretendido);
- Na compra de novas armaduras de lâmpadas fluorescentes optar pelas que são equipadas com lâmpadas T5 e balastros electrónicos das classes A1 ou A2;
- Adequar os sistemas de comando, recorrendo a células fotoeléctricas, sensores de presença, relógios programáveis, relógios astronómicos e fazer acções de sensibilização junto dos utilizadores;
- Instalação/substituição/limpeza das placas translúcidas e envidraçados;
- Fazer o aproveitamento da luz natural recorrendo a balastros electrónicos reguláveis e sensores de luz constante;
- Executar acções de manutenção.

Relativamente às recomendações propostas, apresenta-se na Tabela 3 uma simulação do período de *payback* para alguns investimentos considerando:

- 1 turno de 8 horas;
- 2 turnos de 8 horas;
- laboração contínua com 3 turnos de 8 horas.

Nesta tabela, não foram considerados os casos em que existe aproveitamento de luz solar com a consequente diminuição do período de tempo em que a iluminação está ligada. Para reflectir este aspecto, a cobertura do investimento seria conseguida num menor número de anos.

Medidas	Solução Actual	Solução Alternativa	Economia %	Payback (anos)		
				1 Turno	2 Turno	3 Turno
Substituir BM por BE	T8 1x18 c/BM - B2	T8 1x18 + BE - A2	31	4,8	2,4	1,6
	T8 1x36 c/BM - B2	T8 1x36 + BE - A2	19	4,8	2,4	1,6
	T8 1x58 c/BM - B2	T8 1x58 + BE - A2	19	3,0	1,5	1,0
	T8 2x18 c/BM - B2	T8 2x18 + BE - A2	34	2,4	1,2	0,8
	T8 2x36 c/BM - B2	T8 2x36 + BE - A2	20	2,5	1,3	0,8
	T8 2x58 c/BM - B2	T8 2x58 + BE - A2	21	1,6	0,8	0,5
	T8 4x18 c/BM - B2	T8 4x18 + BE - A2	20	2,4	1,2	0,8
Substituir BM por BE + T8_ECO	T8 1x18 c/BM - B2	T8 ECO 1x16 + BE - A2	38	4,8	2,4	1,6
	T8 1x36 c/BM - B2	T8 ECO 1x32 + BE - A2	28	4,4	2,2	1,5
	T8 1x58 c/BM - B2	T8 ECO 1x51 + BE - A2	30	2,5	1,2	0,8
	T8 2x18 c/BM - B2	T8 ECO 2x16 + BE - A2	41	2,7	1,4	0,9
	T8 2x36 c/BM - B2	T8 ECO 2x32 + BE - A2	29	2,6	1,3	0,9
	T8 2x58 c/BM - B2	T8 ECO 2x51 + BE - A2	31	1,5	0,7	0,5
	T8 4x18 c/BM - B2	T8 ECO 4x16 + BE - A2	29	1,9	0,9	0,6
Substituir BM por BE + T8_REFLEX	T8 2x18 c/BM - B2	T8 REFLEX 1x18 + BE - A2	65	1,8	0,9	0,6
	T8 2x36 c/BM - B2	T8 REFLEX 1x36 + BE - A2	59	1,3	0,7	0,4
	T8 2x58 c/BM - B2	T8 REFLEX 1x58 + BE - A2	60	0,7	0,3	0,2
Substituir VMAP	VMAP 125W (6200lm)	IM 70W (6300 lm) + BE	46	9,6	4,8	3,2
	VMAP 125W (6200lm)	VSAP 70W (6600lm) + BE	46	3,8	1,9	1,3
	VMAP 250W (12700lm)	IM 150W (13500 lm) + BE	43	4,0	2,0	1,3
	VMAP 250W (12700lm)	VSAP 150W (17000lm) + BE	43	2,2	1,1	0,7

Tabela 3 - Medidas genéricas a adoptar para os sistemas de iluminação

CASO DE ESTUDO

Para mostrar, num exemplo prático, as economias esperadas, assim como o tempo de recuperação do investimento, escolheu-se uma nave industrial que utiliza dois tipos de luminárias: fluorescentes e lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, cujos custos se representam na Tabela 4.

As lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão de 250W podem ser substituídas por lâmpadas de iodetos metálicos, equipadas com balastros electrónicos, uma vez que estas

têm rendimentos luminosos elevados e uma boa reconstituição de cor. Os sistemas de iluminação fluorescente poderão ser remodelados, substituindo os balastros magnéticos por balastros electrónicos A2 e as lâmpadas T8 standard por lâmpadas T8 de elevada eficiência. A aplicação destas medidas permite uma economia anual estimada de 412€, que representa cerca de 31%, esperando-se que a amortização do investimento se faça em cerca de 3,2 anos, apresentado na Tabela 5. Além da redução de custos, evita-se a emissão de cerca de 3,1 toneladas de CO₂ para a atmosfera.

Tipo	Quantidade	Custo anual de exploração
VMAP 250W (12700lm)	12	755,80
T8 2x58 c/BM - B2	8	240,12
T8 2x36 c/BM - B2	18	348,21
Total		1344,13

Tabela 4 – Descrição do sistema de iluminação actual
(unidade: euro)

Solução Proposta	Quantidade	Custo anual de Exploração (€)	Economia Estimada (€)	Amortização (anos)
IM 150W (13500 lm) + BE	12	508,63	247,17	4,0
T8 ECO 2x51 + BE -A2	8	168,70	71,43	1,5
T8 ECO 2x32 + BE - A2	18	253,88	94,33	2,6
Total		931,21	412,92	3,2

Tabela 5 – Descrição do Sistema de Iluminação Proposto

Outra medida que pode ser aplicada é o aproveitamento da luz natural. Para isso é necessário criar condições para que a luz entre na nave industrial. Como foi referido, há várias formas de o fazer: as janelas e as chapas translúcidas são as formas tradicionais. As recentes clarabóias de alto rendimento e tubos de luz são tecnologias que têm coeficientes de transmissão de luz muito elevados e de transmissividade térmica reduzidos.

Recolheram-se informações no mercado para o dimensionamento e orçamentação de uma solução de “tubos de luz”

para aplicar numa nave industrial com 1200m². Os dados recolhidos e a análise económica estão sintetizados na Tabela 6, onde se pode verificar que o investimento é relativamente elevado, mas o *payback* consegue-se em aproximadamente 3 anos.

Note-se, no entanto, que esta é apenas uma das tecnologias disponíveis - e uma das que tem maiores custos de investimento associados - pelo que cada unidade industrial deve adoptar a tecnologia que melhor se adequa às funções aí desempenhadas, assim como à própria estrutura do edifício.

Solução Proposta	Quantidade	Custo anual de Exploração (€)	Economia Estimada (€) ¹	Redução das Emissões de CO ₂ (kg)	Investimento (€) ²	Amortização (anos)
Tubo de Luz TS600	20	0,00	3063,00	10492	9136,00	3,0

1- Embora os fabricantes indiquem que o sistema permite que a unidade funcione, em média, 6 horas diárias sem recurso a outras fontes de luz, consideraram-se apenas 4 horas.

2- Total de investimento e mão-de-obra com IVA incluído.

Tabela 6 – Aproveitamento da luz natural

VENTILAÇÃO | ASPIRAÇÃO

Os sistemas de ventilação têm um peso significativo no consumo eléctrico dos sistemas accionados por motores no total da indústria portuguesa, de cerca de 16%.

Estes sistemas são essenciais para renovação do ar ambiente interior, podendo também desempenhar funções de desempoeiramento.

Para uma correcta utilização racional da energia destes sistemas é necessário adequar o tipo de ventilador à função desejada, otimizando a relação fluxo/pressão.

A substituição dos tradicionais motores por motores de alta eficiência permitem uma redução de energia na ordem dos 10 a 15%, para potências das máquinas até 5kW. Acima deste valor, a redução vai diminuindo estimando-se que para motores de 100kW se situe na casa de 1%.

RECOMENDAÇÕES

- Utilizar ventiladores mais eficientes para a aplicação em causa;
- Utilizar motores e ventiladores de alto rendimento;
- Substituir motores e ventiladores sobredimensionados por motores que trabalhem perto da sua capacidade nominal;
- Substituir sistemas de transmissão com correias trapezoidais por correias dentadas, planas ou, se possível, acoplamento directo;
- Utilizar recuperadores de calor na exaustão de ar/gases;
- Adequar a secção das condutas e evitar a utilização de cotovelos e variações de secção;
- Utilizar preferencialmente condutas de secção circular;
- Aspirar a quantidade mínima de ar necessária;

- Usar captações específicas em vez de sistemas gerais de ventilação;
- Desligar ventiladores não usados;
- Ligar os sistemas apenas quando necessário, recorrendo por exemplo a temporizadores programáveis;
- Usar variadores electrónicos de velocidade para ajustar o caudal em função das necessidades;
- Executar operações de manutenção, tais como limpeza de poeiras em filtros.

CASO DE ESTUDO

O sistema de ventilação existente na instalação em estudo, é utilizado para a extracção de poeiras, resíduos e outras partículas sólidas, resultantes dos processos de polimento e corte de peças à base de plástico, madeira e outros.

Os sistemas de ventilação identificados na instalação são do tipo localizado, em que junto de cada máquina é ligada uma ou várias tubagens de extracção, conforme as características da máquina. Em algumas máquinas encontram-se registos instalados nas tubagens, que são equipamentos de interrupção do fluxo de ar de extracção, caso a máquina não esteja a produzir.

As máquinas que têm registos para corte de fluxo, estão representados nos circuitos de ventilação, com um símbolo de uma válvula, na respectiva tubagem, onde se encontra o registo instalado.

Depois as tubagens ligam-se a ramificações que se encontram espalhadas por cada pavilhão, e estas por sua vez ligam-se às condutas principais, onde se encontram os ventiladores.

A Figura 21 representa o esquema de ventilação de um pavilhão alvo de estudo.

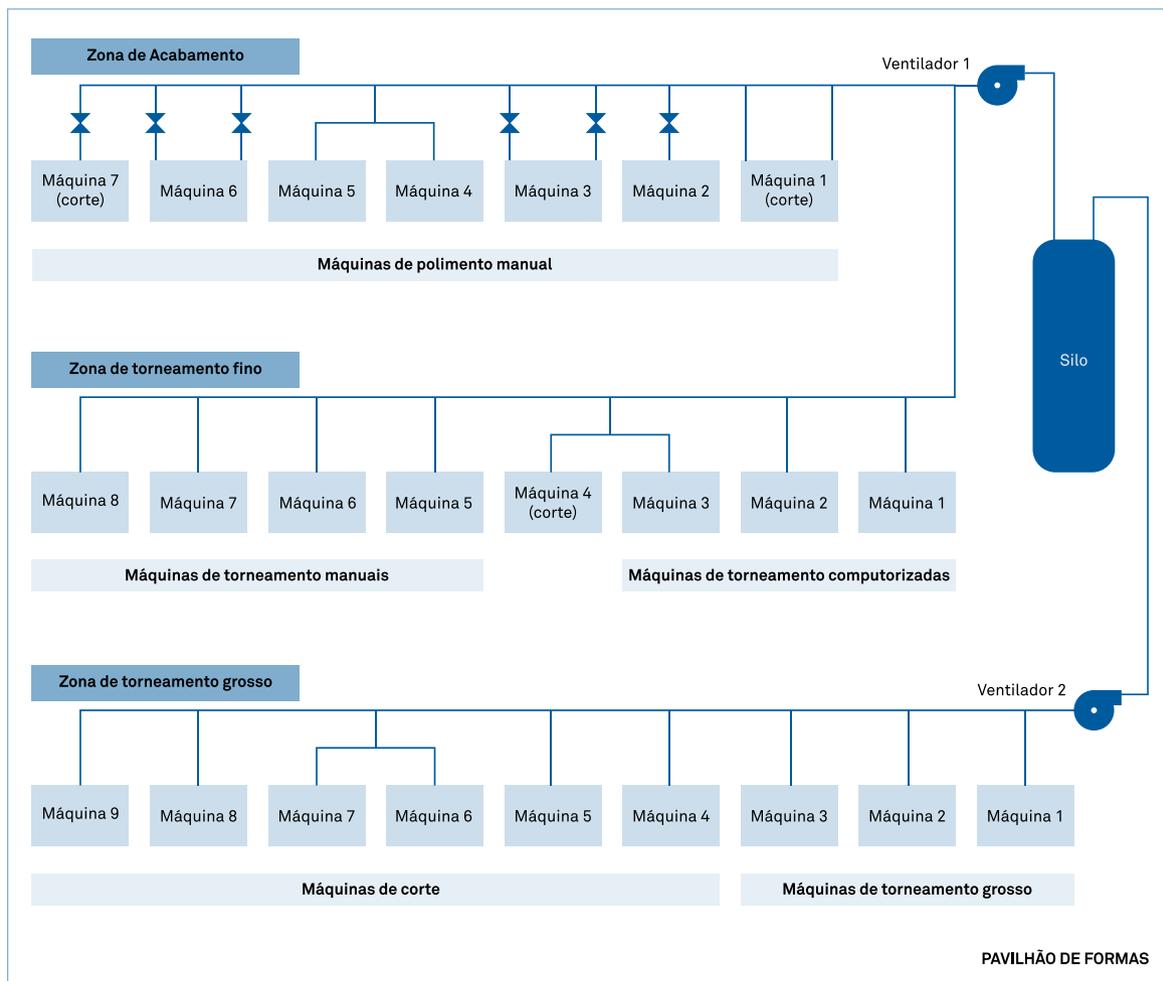


Figura 21 – Sistema de ventilação de um pavilhão alvo de estudo

A ventilação deste pavilhão é conseguida através de dois ventiladores (nº1 e nº2), em que o ventilador 1 é responsável pela extracção nas zonas de acabamento e torneamento fino, e o ventilador 2, é responsável pela extracção na zona de torneamento grosso.

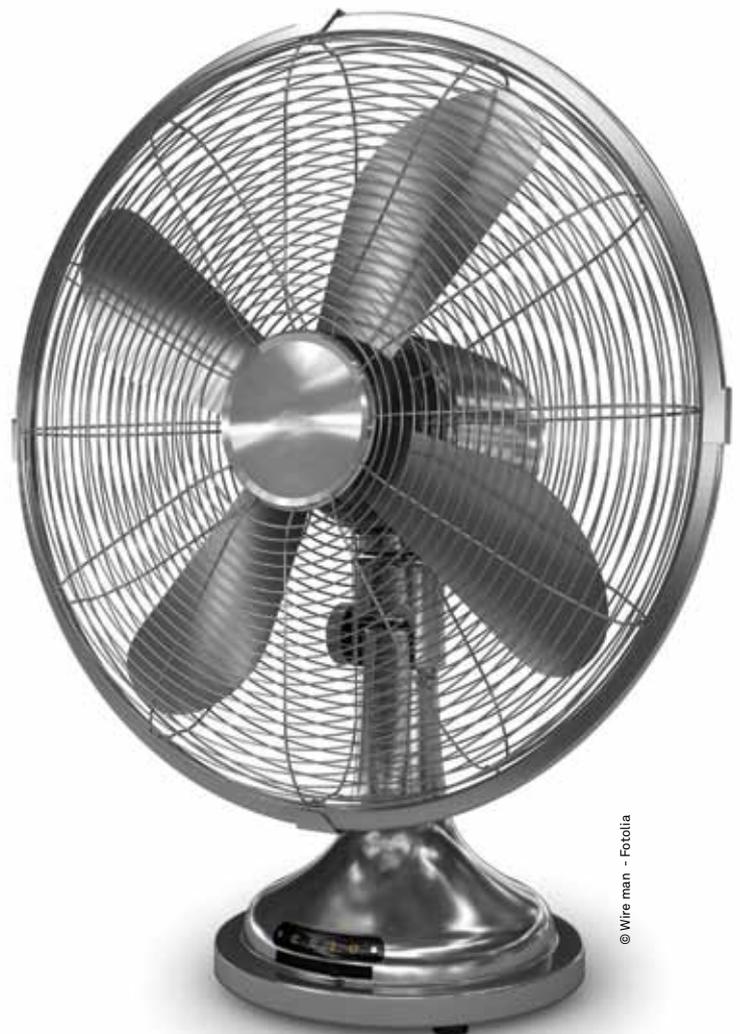
Como dos vários processos de torneamento e acabamento resultam resíduos que são aproveitados, então o terminal das condutas principais é um silo que recolhe todo o material e o introduz novamente no ciclo produtivo.

Neste pavilhão as tubagens de extracção apresentavam um diâmetro médio de 130 mm, e apenas algumas máquinas da zona de acabamento possuíam registos de corte de fluxo.

Na Figura 22 encontram-se imagens representativas da ventilação deste pavilhão.



Figura 22 – Imagens representativas da ventilação do pavilhão



Nas Figura 23 e Figura 24 encontram-se representados o diagrama de carga eléctrica do ventilador 1 e do ventilador 2.

Pela análise dos diagramas de carga das Figura 23 e Figura 24, verifica-se que nos períodos em que os ventiladores 1 e 2

foram sujeitos a medidas, apresentaram um perfil de carga constante, em que o ventilador 1 registou um consumo médio de energia de 22 kWh e o ventilador 2 um consumo médio de energia de 18 kWh.

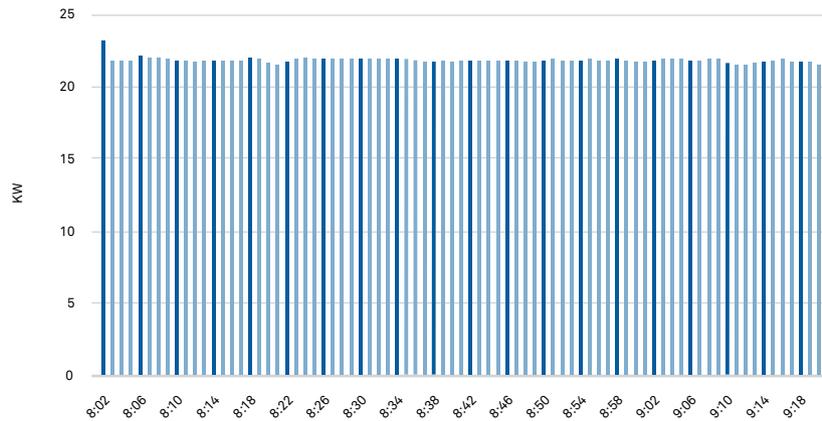


Figura 23 – Diagrama de carga eléctrica do ventilador 1

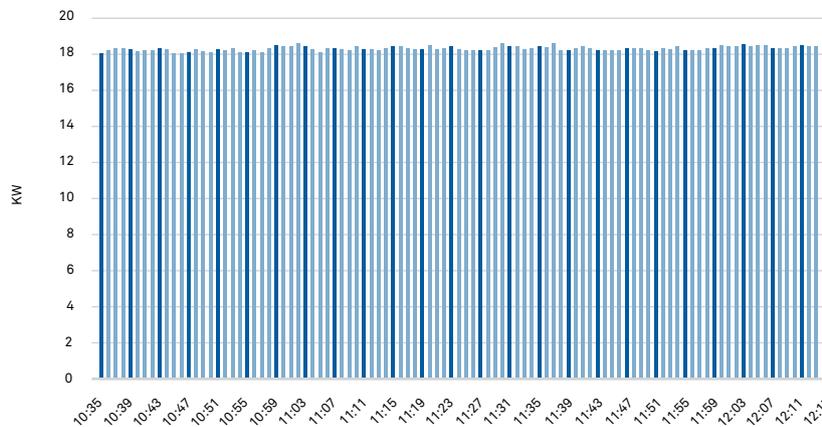


Figura 24 – Diagrama de carga eléctrica do ventilador 2

Nas Tabela 7 e Tabela 8 apresentam-se as características técnicas dos motores destes ventiladores.

Os ventiladores funcionam com rotação constante e, para obter a variação de caudal de ar (principalmente a sua diminuição) utilizam um damper (registo) que estrangula a conduta, como mostra a Figura 25. Desta forma, aumenta a pressão e as perdas de carga nas condutas de ventilação da instalação.

Este sistema de controlo por estrangulamento é ineficiente do ponto de vista energético, provocando consumo desnecessário de energia.

Outra situação que é comum encontrar neste tipo de instalação é a ausência de registos automáticos ou manuais. Os registos manuais são mais frequentes e normalmente são instalados junto de cada fonte de captação de ar/poluentes, para que, quando não exista necessidade de extracção - porque o processo de fabrico ou máquina se encontra desligada ou não está a produzir - o respectivo registo seja accionado para efectuar o estrangulamento total da conduta.

Motor do ventilador nº 1

Marca	Rabor
Tipo	1300D180L
Pot. Nominal - kW	22
Tensão - V	380
Corrente nominal - A	44
Factor de potência - cos ϕ	0,84
Velocidade nominal - rpm	1460

Tabela 7 – Características técnicas do motor do ventilador 1

Motor do ventilador nº 2

Marca	Universal Motors
Tipo	-
Pot. Nominal - kW	18,5
Tensão - V	380
Corrente nominal - A	34,5
Factor de potência - cos ϕ	0,83
Velocidade nominal - rpm	1470

Tabela 8 – Características técnicas do motor do ventilador 2



Figura 22 – Pormenor do registo de estrangulamento da conduta de ar

O registo pode ser accionado automaticamente ou manualmente pelo operador, devendo este optar sempre pela primeira possibilidade por ser a mais aconselhada e a que energeticamente é mais eficiente.

Consoante os registos vão fechando, as necessidades de caudal vão diminuindo, existindo a possibilidade de aumentar a eficiência do sistema de ventilação, adequando a rotação do motor/ventilador às reais necessidades de caudal de ar.

O sistema de ventilação tem instalado um damper fixo para controlo constante do caudal e, tal como foi dito anteriormente, esta não é a forma mais eficiente de regular o caudal desejado.

Assim sendo, a instalação de um variador electrónico de velocidade fará baixar a rotação do motor ajustando-o ao caudal desejado, com perdas de carga significativamente inferiores ao actual estrangulamento mecânico.

A economia anual resultante da aplicação de dois variadores electrónicos de velocidade, um para cada ventilador, é de 109.578 kWh/ano correspondendo a 11.287 €, como apresentado na Tabela 9.

Outro facto que carece de atenção é o caso de serem visíveis três tubagens de aspiração soltas. Pelo facto de nessa zona a ventilação ser deficiente, as tubagens foram desinstaladas dessas máquinas, e foi instalado em cada máquina um conjunto ventilador/saco. No entanto verificou-se que não foi instalado nestas tubagens qualquer dispositivo de corte de fluxo, pelo que mantém a aspiração de forma contínua, diminuindo a eficiência do sistema.

Assim, será de rever a instalação e retirar definitivamente de serviço as condutas sem actividade.

	Consumo anual	Economia actual		Investimento	PRI
	KWh/ano	KWh/ano	€/ano	€	Anos
Consumo actual	151.346	109.578	11.287	10.965,4	1,0
Consumo proposto	41.768				

Tabela 9 – Economia anual (kWh, €), Investimento e Retorno Simples de Investimento

FORÇA MOTRIZ

Uma análise cuidadosa aos sistemas de força motriz pode facilmente originar uma solução para uma substancial diminuição dos encargos com a energia eléctrica e um aumento da eficiência energética.

A classificação EU-CEMEP estabelece, para os motores, três classes de rendimentos distintos (Classe I, Classe II e Classe III). Os motores Classe III correspondem aos motores standard com valores de rendimento inferiores aos valores mínimos para a Classe II, que são considerados “motores de rendimento melhorado”. Os motores cujos rendimentos excedem os valores indicados para os mínimos da Classe I são considerados “motores de alto rendimento”.

A norma IEC 60034-30, mais recente, define novas classes de eficiência energética para motores eléctricos, harmonizando vários/diferentes requisitos actuais existentes. Pretende ultrapassar as dificuldades presentes sentidas pelos fabricantes no mercado global. O utilizador final beneficia porque passa a dispor de informação mais transparente e de mais fácil compreensão.

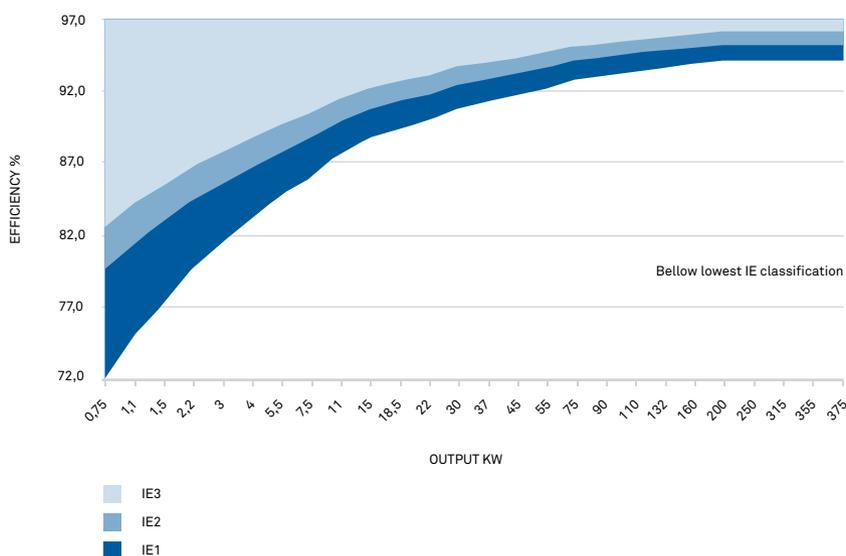
Esta norma define três classes de eficiência energética (IE - International Efficiency) para motores gaiola de esqui-lo, trifásicos de velocidade única, conforme apresentado na Tabela 10 e Figura 26.

Premium Efficiency	IE3	Premium
High Efficiency	IE2	Comparável a EFF1
Standard Efficiency	IE1	Comparável a EFF2

Tabela 10 – Classes de eficiência IE para motores segundo a IEC 60034



Figura 26 – Classes de Eficiência IE para motores de 4 pólos a 50 Hz



Recomenda-se sob o ponto de vista de eficiência energética que, em caso de substituição dos motores associados a equipamentos de processo, ou de qualquer outro motor de accionamento, seja considerada a adequação do motor à potência mecânica máxima necessária para não se incorrer em situações de sobredimensionamento, e a opção por motores de alto rendimento.

As situações mais atraentes do ponto de vista económico para instalar motores de alto rendimento traduzem-se nas situações seguintes:

- Instalação de um novo equipamento ou motor.

Neste tipo de situação, um motor de alto rendimento é normalmente vantajoso (tempo de recuperação do investimento inferior a três anos) para um número de horas de funcionamento superior a 2000 horas por ano numa instalação industrial.

- O motor existente avariou. Se o motor existente avariou, precisa de ser rebobinado e se tem um número elevado de horas de funcionamento por ano, deverá ser considerada a sua substituição por um motor de alto rendimento. Com a excepção de motores pequenos (menos que 5 kW), a reparação de um motor custa cerca de 30-50% do preço de um motor de alto rendimento. Assim, a diferença no investimento é significativamente maior do que no caso anterior.

- O motor existente está fortemente sobredimensionado. Nestas condições, e se o motor tem um número elevado de horas de funcionamento por ano, deverá ser considerada a sua substituição por um motor de alto rendimento com uma potência não excedendo o máximo da potência mecânica requerida. Esta substituição é particularmente vantajosa em empresas que têm um parque numeroso de motores instalados. O motor sobredimensionado depois de ser substituído pode servir como unidade de substituição.

A substituição de motores “standard” que se encontram em bom funcionamento raramente é atraente do ponto de vista económico pois, neste caso, o investimento adicional representa 100% do custo do motor de alto rendimento.

Para além das situações referidas, a selecção de um motor

de alto rendimento é particularmente indicada aquando da compra de “pacotes” de equipamento tais como compressores, sistemas AVAC e bombas, em situações de grandes modificações nas instalações ou nos processos, e como parte de uma manutenção preventiva ou de um programa de conservação de energia.

RECOMENDAÇÕES

- Utilizar motores de alta eficiência para a aplicação em causa;
- Substituir motores sobredimensionados por motores que trabalhem perto da sua capacidade nominal;
- Substituir sistemas de transmissão com correias trapezoidais por correias dentadas, planas ou, se possível, acoplamento directo;
- Desligar motores quando não estão a ser usados;
- Ligar os sistemas apenas quando necessário, recorrendo por exemplo a temporizadores programáveis;
- Usar variadores electrónicos de velocidade para ajustar a velocidade em função das necessidades;
- Executar operações de manutenção.

CASO DE ESTUDO

Identificaram-se alguns motores eléctricos entre o elevado número de motores existentes.

Motores dos ventiladores de um dos sistemas de desempoeiramento

Os 3 motores eléctricos identificados neste sistema apresentam uma idade considerável, com uma degradação do seu rendimento, consumindo assim mais energia eléctrica para produzir o mesmo trabalho. Sendo assim, a substituição por motores de alto rendimento (que apresentam menores perdas pois funcionam normalmente a uma temperatura mais baixa, alcançando a uma vida útil mais longa) traduz-se num aumento da fiabilidade, conduzindo a menores tempos de paragens e a uma redução de custos de manutenção.

Nas Figura 27, Figura 28 e Figura 29 apresentam-se os diagramas de carga, dos 3 motores, para o período de análise.

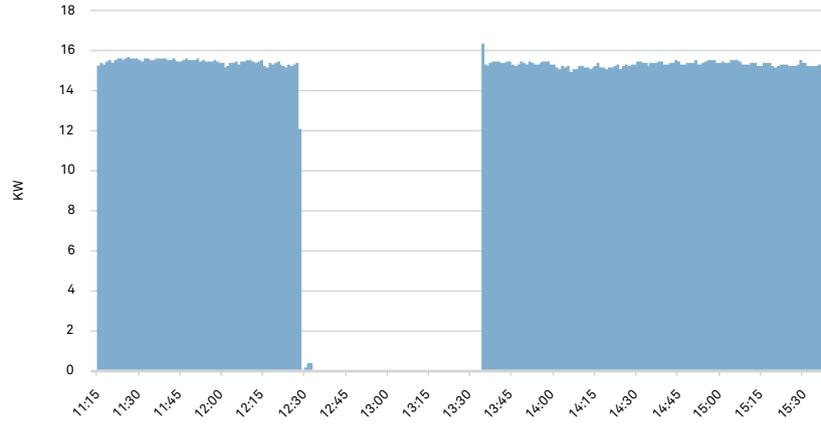


Figura 27 – Diagrama de carga eléctrica do motor 1

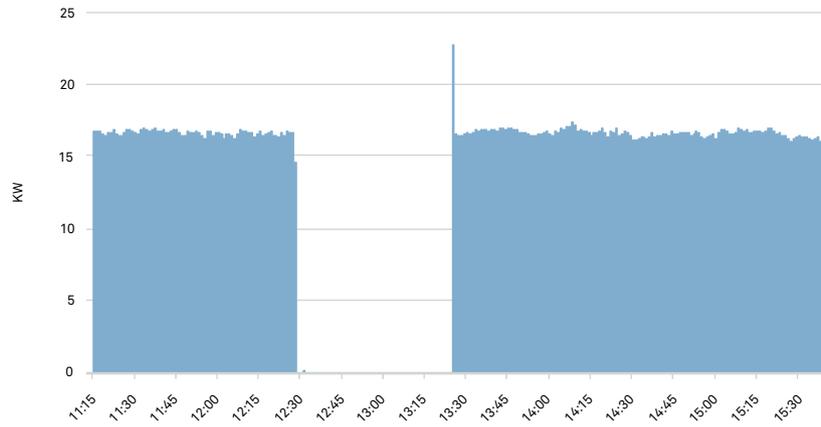


Figura 28 – Diagrama de carga eléctrica do motor 2

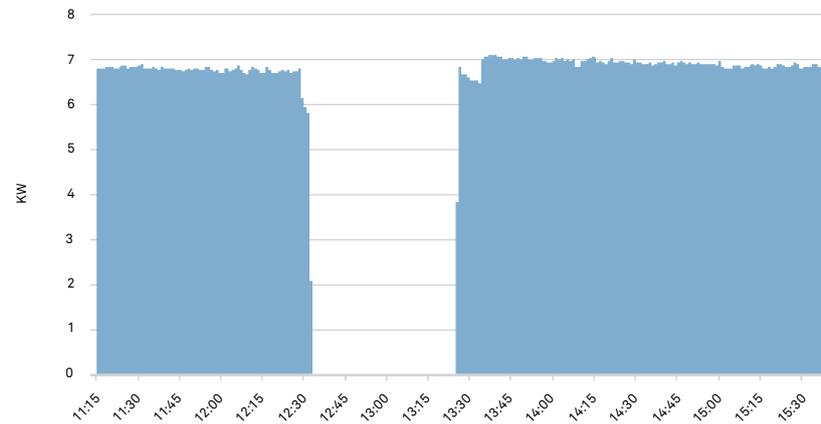


Figura 29 – Diagrama de carga eléctrica do motor 3

A economia anual resultante da substituição dos motores actuais por motores de alto rendimento é de 89.645 kWh/ano, correspondendo a 9.235 €/ano, com um investimento de 47.340 €/ano, sendo o período de retorno do investimento de cerca de 5 anos.

Motor da bomba hidráulica da máquina de injeção

O motor eléctrico identificado apresenta uma idade considerável, uma acentuada degradação do seu rendimento, consumindo por isso mais energia eléctrica para produzir o mesmo trabalho. Sendo assim, a substituição por um motor

de alto rendimento com variação electrónica de velocidade deve ser considerada nas decisões de gestão da unidade fabril.

Na Figura 30 apresenta-se o diagrama de carga da máquina de injeção. O grande consumo destas máquinas encontra-se associado às bombas hidráulicas.

A economia anual resultante da substituição por motores de alto rendimento com variação electrónica de velocidade é de 21.438 kWh/ano correspondendo a 2.200 €/ano, com um investimento de 11.600 €/ano, sendo o período de retorno de investimento inferior a 5,5 anos.

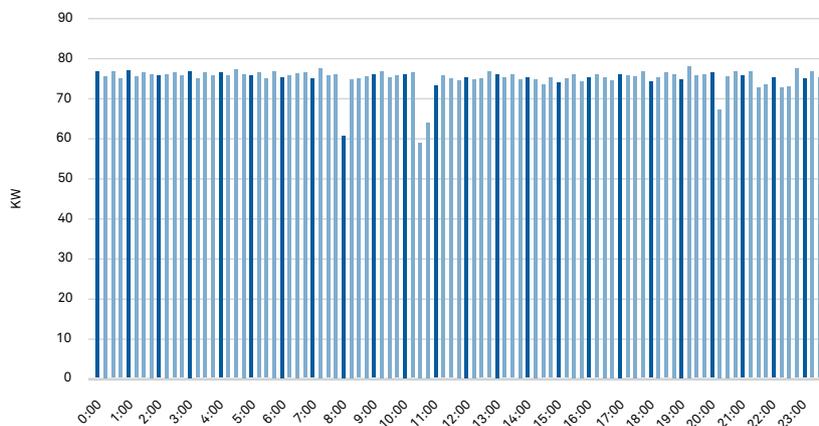


Figura 30 – Diagrama de carga da máquina de injeção

Motor eléctrico do moinho

O motor eléctrico identificado neste sistema apresenta uma idade considerável, com uma degradação do seu rendimento, consumindo assim mais energia eléctrica para produzir o mesmo trabalho. Sendo assim, a substituição por um motor de alto rendimento (que apresenta menores perdas pois funciona normalmente a uma temperatura mais baixa, atingindo a uma vida útil mais longa) traduz-se num aumento da

fiabilidade, conduzindo a menores tempos de paragens e a uma redução de custos de manutenção.

Na Figura 31 apresenta-se o diagrama de carga do motor.

A economia anual resultante da substituição por um motor de alto rendimento é de 5.117 kWh/ano correspondendo a 527 €/ano, com um investimento de 3.200 €/ano, sendo o período de retorno de investimento inferior a 6 anos.

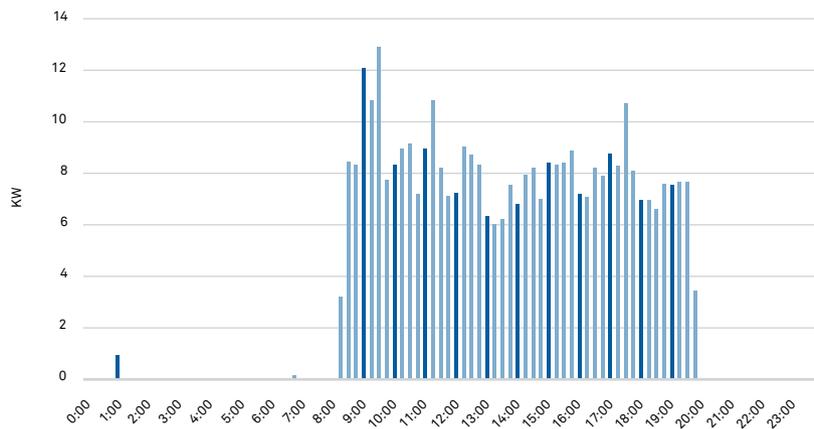
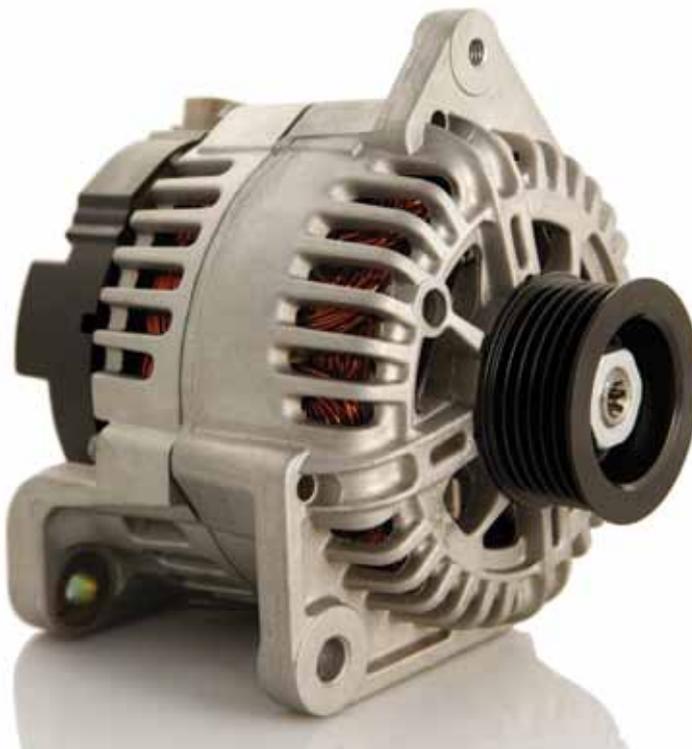


Figura 31 – Diagrama de carga eléctrico do motor

© redav - Fotolia



AR COMPRIMIDO

Os sistemas de ar comprimido são responsáveis por cerca de 25% do consumo de energia por parte dos sistemas de força motriz, o que equivale a 19% do consumo total de energia eléctrica da indústria portuguesa. Um estudo efectuado pela Comissão Europeia demonstrou que 75% dos custos de um sistema de ar comprimido, num ciclo de vida de 5 anos, deve-se aos encargos com a energia (Figura 32). Estes sistemas têm tipicamente rendimentos muito baixos, a rondar os 10%, sendo portanto uma fonte de energia muito dispendiosa. Assim sendo, torna-se imperioso otimizar a sua utilização, promovendo assim a competitividade das empresas.

Nas unidades industriais é comum que as centrais de ar comprimido sejam formadas por três elementos: um compressor, um secador, e um reservatório. Associada a estes está normalmente uma rede de distribuição de ar comprimido.

Para uma eficiente utilização desta forma de energia é necessário adoptar medidas em várias frentes, nomeadamente na produção, na distribuição, na utilização, no controlo e na manutenção.

Como se referiu anteriormente, é vulgar encontrar sistemas de distribuição com várias fugas e também vários tipos de fugas relacionadas com o diâmetro do furo. Por se pensar que, em termos de energia consumida são insignificantes, não são reparadas. Numa análise rápida e recorrendo à Tabela 11 constatámos que mesmo uma fuga de 1 mm, durante um ano de laboração, poderá traduzir-se numa verba elevada em termos de facturação energética.

DESAGREGAÇÃO DOS CUSTOS DE UM SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

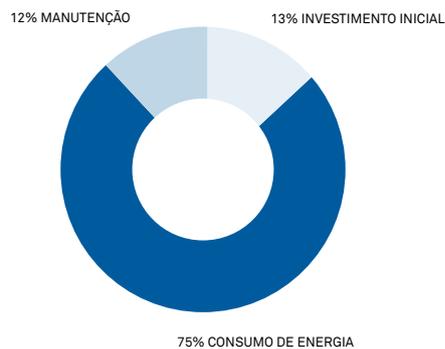


Figura 32 – Custo típico de um sistema de Ar Comprimido
[Fonte: ADENE]

Ø Furo (mm)	Caudal m3/min a 6 bar	Potência necessária (KW)
1	0,06	0,3
3	0,6	3,1
5	1,62	8,3
10	6,3	3,3

Tabela 11 – Potência de perdas em caso de fuga no sistema de distribuição de ar comprimido

RECOMENDAÇÕES

- Em instalações com mais de 10 anos procurar sistemas de produção mais eficientes, por exemplo equipamentos com menor consumo específico;
- Ajustar a pressão do ar comprimido em função das necessidades;
- Recorrer a redes multi-pressão ligadas por sobreprensos locais (Reduzir de 7 bar para 6 bar representa uma economia média de 8%);
- Usar recuperadores de calor para valorizar os processos industriais ou na climatização da unidade;
- Escolher os locais para admissão de ar de forma a reduzir a sua temperatura;
- Secar e filtrar o ar dentro dos parâmetros pretendidos;
- Aumentar o diâmetro das tubagens;
- Reduzir a extensão da rede de distribuição de ar;
- Explorar a rede em anel fechado;
- Evitar cotovelos ou mudanças de secção;
- Instalar reservatórios junto das máquinas que

- têm grande variação das necessidades de ar comprimido;
- Utilizar purgadores de condensação do tipo “sem perdas de ar”;
 - Dividir a rede de distribuição por zonas com controlos de pressão ou válvulas de forma a seccionar troços fora de serviço;
 - Dimensionar correctamente a capacidade de armazenamento, evitando arranques/paragens frequentes;
 - Não alimentar máquinas com ar comprimido quando estas não estão em operação, usar por exemplo válvulas;
 - Evitar ao máximo a utilização de ar comprimido para soprar (pistolas de ar), nomeadamente em operações de limpeza, dando preferência à utilização de aspiradores que têm normalmente performances energéticas superiores;
 - Instalar um sistema de regulação da produção de ar comprimido, por exemplo com recurso a variadores electrónicos de velocidade;
 - Executar operações de manutenção, nomeadamente ao nível da lubrificação dos equipamentos e da detecção e eliminação de fugas.



© Lebazelle - iStock

CASO DE ESTUDO

Consideremos uma instalação de ar comprimido com 10 furos de 1 mm e 2 furos de 3 mm. Consideremos ainda que a instalação se encontra em funcionamento 8 horas por dia, 5 dias por semana, e que a instalação se encontra desligada 4 semanas por ano para férias do pessoal. No total teremos que a instalação se encontra em funcionamento

$$48 \text{ semanas} \times 5 \text{ dias/semana} = 240 \text{ dias}$$

$$240 \text{ dias} \times 8 \text{ horas/dia} = 1920 \text{ horas}$$

10 furos de 1 mm

$$10 \times 0,3 \text{ kW} \times 1920 \text{ horas} = 5760 \text{ kWh}$$

2 furos de 3 mm

$$2 \times 3,1 \text{ kW} \times 1920 \text{ horas} = 11904 \text{ kWh}$$

Se o custo médio do kWh for 0,10€/kWh teremos anualmente

$$(5760 + 11904) \times 0,10 = 1766 \text{ €}$$

Este é o custo devido às fugas no sistema de distribuição de ar comprimido.

Se considerarmos agora o consumo por utilização indevida do ar comprimido, como por exemplo, para desempoeiramento de roupa no final do período de laboração e para uma instalação com:

100 trabalhadores

5 min por trabalhador para desempoeiramento de roupa pistola com 3 mm de diâmetro de furo

Recorrendo ao cálculo anterior teremos 240 dias de trabalho por ano

$$240 \text{ dias} \times 100 \text{ trabalhadores} = 24000$$

e

$$24000 \times 5 \text{ min} = 120000 \text{ min}$$

$$120000 / 60 = 2000 \text{ horas}$$

$$1(\text{furo de 1 mm}) \times 3,1 \text{ kW} \times 2000 \text{ horas} = 6200 \text{ kWh}$$

$$6200 \times 0,10 = 620 \text{ €}$$

Este é o custo previsível devido ao desempoeiramento de roupa, pelos trabalhadores, recorrendo ao sistema de ar comprimido.

Numa das instalações alvo de estudo o ar comprimido é produzido através de uma central, constituída por três compressores, um depósito de ar, um secador e respectivos filtros, com o esquema representado na Figura 33 e cujas características técnicas serão apresentadas de seguida. Na Figura 34 apresentam-se alguns dos equipamentos.

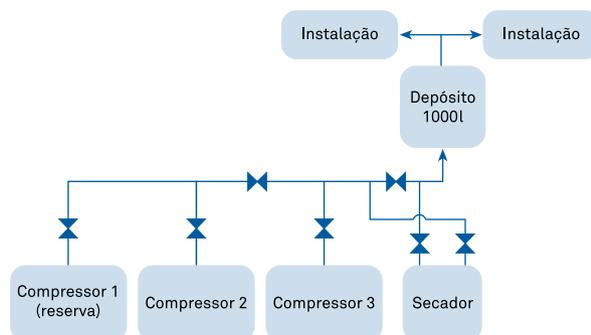


Figura 33 – Esquema do sistema de Ar Comprimido

A central de ar comprimido existente funciona a 7,5 bar. Verificou-se que existem três compressores, dos quais apenas o compressor 3 se encontra em funcionamento. Os outros dois estão definidos como reserva.

As características do compressor 3 apresentam-se na Tabela 12.

Esta central apresenta um consumo anual de energia eléctrica estimado de aproximadamente 390.552 kWh/ano, o que, em termos de custos, representa 40.227 €/ano, responsável por cerca de 17,5 % do consumo global de energia eléctrica da instalação em causa.

No que respeita ao compressor 3 analisado, o diagrama de carga obtido durante o trabalho de campo, é apresentado no gráfico da Figura 35.

Através da análise do diagrama de carga da Figura 35, verificou-se que o compressor, permaneceu em funcionamento durante as 24 horas, com um consumo médio horário de aproximadamente 62,9 kWh.

No decorrer do trabalho de campo foi possível detectar algumas fugas de ar, tendo-se realizado um ensaio com o objectivo de encontrar o consumo relativo às fugas nas redes de ar comprimido. Estas fugas localizam-se sobretudo junto dos consumidores, nas válvulas, "racords" flexíveis, ligadores rápidos e outros acessórios. Na Figura 36 apresentam-se alguns exemplos de fugas de ar comprimido.

Características	Compressor
Marca	HYDROVANE 975
Tipo	975ACS08
Ano de fabrico	-
Tipo de compressor	-
Frequência (Hz)	50
Pressão Máxima (bar)	7,5
Potência (kW)	75
Capacidade de Produção (m ³ / min)	11,64
Eficiência em carga (%)	-
Eficiência em Vazio (%)	-
Velocidade (rpm)	-
Tipo de arrefecimento	Ar

Tabela 12 – Características do compressor 3



Figura 34 – Equipamentos auxiliares da central de ar comprimido

Na quantificação e valorização em termos energéticos das fugas, estas representam na sua globalidade cerca de 12.068 €/ano, ou seja, 117164 kW/ano, o que equivale a cerca de 55 ton de emissões de CO₂ equivalente. Refira-se que o valor estimado para as fugas de ar comprimido apenas diz respeito ao período de laboração da instalação.

Com efeito, a maioria das fugas podem ser detectadas e eliminadas pelos responsáveis e colaboradores da instalação, pelo que se recomenda aos responsáveis da manutenção, tão rápido quanto possível, a sua eliminação e a sensibiliza-

ção de todo o pessoal, no sentido de evitar o desperdício de ar comprimido. Esta medida deverá ser complementada com formação aos colaboradores de forma a estes alertarem os serviços de manutenção para a eliminação das fugas existentes nos seus postos de trabalho.

Neste caso, a substituição do compressor actual por um compressor equipado com variação electrónica de velocidade, correctamente instalada, é uma hipótese a ponderar. Será necessário efectuar um estudo em termos de retorno do investimento.

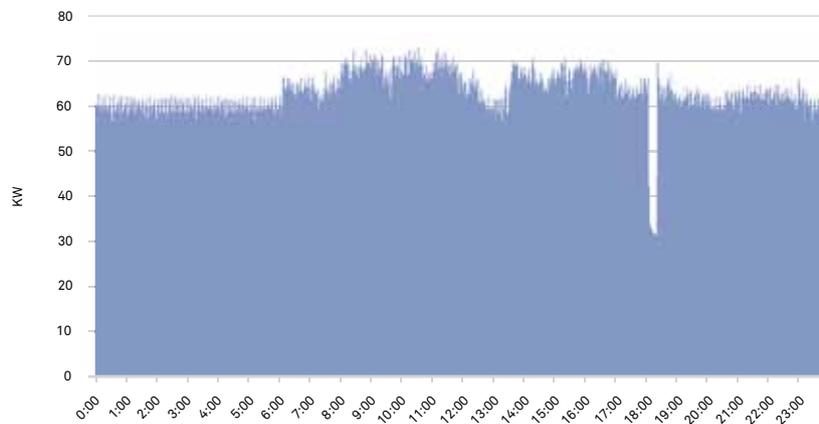


Figura 35 – Diagrama de carga do compressor de ar



Figura 36 – Exemplos de fugas existentes na rede de Ar Comprimido

NECESSIDADES TÉRMICAS

Tal como descrito no capítulo anterior, as unidades industriais ligadas à produção de componentes têm necessidades térmicas de frio para o arrefecimento de moldes e componentes plásticos. Para tal, recorrem a *chiller's* tradicionais.

RECOMENDAÇÕES

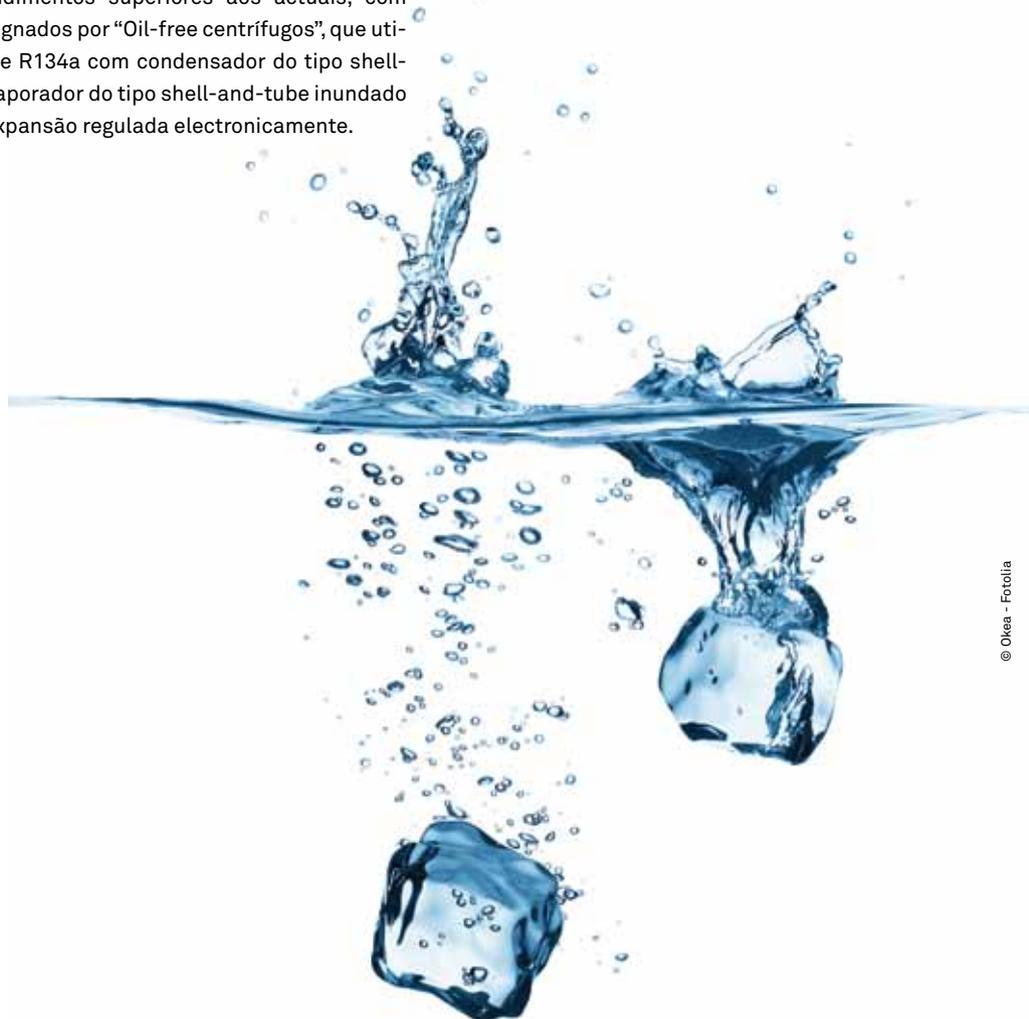
- Substituição dos tradicionais *chiller's* por *chiller's* de levitação.

CASO DE ESTUDO

A evolução tecnológica mais recente ao nível dos *chiller's* permite obter rendimentos superiores aos actuais, com compressores designados por “Oil-free centrífugos”, que utilizam o refrigerante R134a com condensador do tipo shell-and-tube, com evaporador do tipo shell-and-tube inundado e com válvula de expansão regulada electronicamente.

Este tipo de compressor funciona com variação electrónica de velocidade, garantindo não só uma boa precisão na regulação da temperatura desejada, mas também assegurando um rendimento elevado em regimes de carga parcial. Nas condições actuais, a produção de frio é utilizada para arrefecimento dos moldes das máquinas de injeção, através de três mini *chiller's*, e na extrusora existente no pavilhão afecto às formas, à custa de uma torre de arrefecimento.

Desta forma, a produção de frio deverá ser efectuada através de um *chiller* de levitação que satisfaça as necessidades de arrefecimento de todas as máquinas. Com esta substituição estima-se uma economia anual na ordem de 35% do consumo total de energia eléctrica associado ao sistema de refrigeração.



© Okea - Fotolia

Como foi referido anteriormente, a indústria dos componentes, principalmente das solas, necessita de volumes elevados de energia térmica, pelo que poderá ser uma candidata à instalação de um sistema de cogeração.

Designa-se por cogeração a produção simultânea de energia térmica e energia eléctrica a partir de um único combustível e de um único conjunto de equipamentos.

A cogeração permite um acréscimo de rendimento e de eficiência relativamente aos processos tradicionais de produção de energia. Nos processos tradicionais de produção de energia eléctrica com base em centrais termoeléctricas uma percentagem elevada de calor é libertado para a atmosfera trazendo o rendimento das centrais para valores da ordem dos 35 a 40%. Quando há necessidades de calor numa determinada indústria é possível produzir localmente energia eléctrica e aproveitar o calor que noutras situações seria libertado. Com este procedimento consegue-se elevar os rendimentos para valores superiores a 60%.

No caso das empresas visitadas, as da indústria dos componentes são as que necessitam de elevadas quantidades de calor e de frio. A cogeração permite igualmente aproveitar o calor da produção de energia eléctrica para a produção de frio através de sistemas de absorção. Neste caso, estamos perante um caso de trigeração.

Os benefícios energéticos e ambientais da cogeração são de tal forma relevantes que a meta para 2010, estabelecida pela União Europeia, para a produção de energia eléctrica através da cogeração se situava nos 18% do total da energia produzida.

LEGISLAÇÃO

O Decreto-Lei n.º 23/2010, de 25 de Março, procede ao enquadramento da actividade de produção em cogeração, estabelecendo o respectivo regime jurídico e remuneratório. Este revoga o Decreto-Lei n.º 538/99, de 13 de Dezembro, e transpõem para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2004/8/CE.

Trata-se de um importante instrumento jurídico no domínio da eficiência energética, na medida em que, incentivando a cogeração de elevada eficiência, estimula a poupança acentuada de energia, nomeadamente em processos industriais como a secagem, a evaporação ou o aquecimento. De facto, com a cogeração, a poupança de energia primária é superior a 10% relativamente à produção separada de electricidade e calor, permitindo uma eficiência global superior a 70%, como verificável na Figura 37.

O regime remuneratório agora instituído assenta em duas modalidades à escolha do promotor da cogeração e acessíveis a cogerações eficientes ou de elevada eficiência, que se encontram devidamente identificadas na Figura 38.

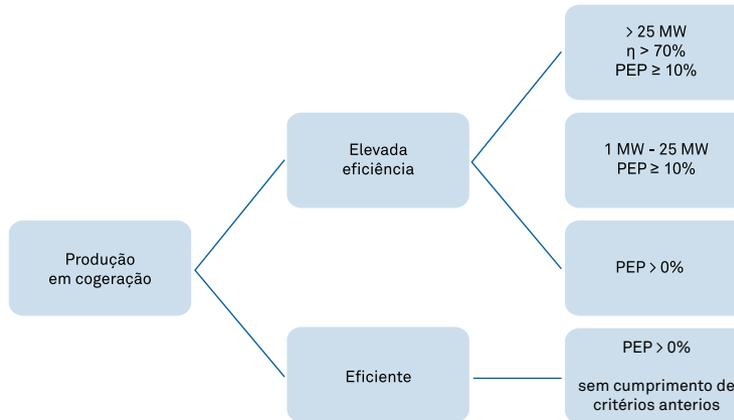


Figura 37– Produção em cogeração

Regime Económico	
Geral	Especial
<p>- Sem restrições de potência instalada</p> <p>a) Fornecimento de energia térmica a terceiros, em que o preço de venda é o que resultar dos contratos celebrados entre o cogrador e o cliente ou clientes da energia térmica produzida na instalação de cogeração;</p> <p>b) Fornecimento de energia eléctrica a cliente ou clientes directamente ligados à instalação de cogeração, em que o preço de venda é o que for livremente estabelecido entre as partes;</p> <p>c) Fornecimento através da celebração de contratos bilaterais com clientes ou comercializadores, em que o preço de venda é o que for livremente estabelecido entre as partes;</p> <p>d) Fornecimentos em mercados organizados, em que o preço é o que resultar das vendas realizadas nesses mercados;</p> <p>e) Um prémio de participação no mercado definido como uma percentagem da tarifa de referência, quando se trata de instalações com uma potência instalada inferior ou igual a 100 MW.</p>	<p>- Capacidade instalada \leq 100 MW e acesso ao licenciamento da instalação após prévia obtenção de ligação à rede eléctrica de serviço público (RESP)</p> <p>a) Fornecimento de energia térmica a terceiros, em que o preço de venda é o que resultar dos contratos celebrados entre o cogrador e o cliente ou clientes da energia térmica produzida na instalação de cogeração;</p> <p>b) Fornecimento de energia eléctrica ao CUR*, sendo que o preço de venda é igual a uma tarifa de referência;</p> <p>c) Um prémio de eficiência, calculado em função da poupança de energia primária de cada instalação de cogeração;</p> <p>d) Um prémio de energia renovável, em função da proporção de combustíveis de origem renovável consumidos.</p>

* Comercializador de Último Recurso

Figura 38 – Regime económico geral e especial

A previsão daqueles incentivos baseia -se fundamentalmente em três critérios:

- A redução de consumo de energia primária e consequente redução de emissões de CO₂ relativamente à produção separada de energias eléctrica e térmica;
- A promoção da cogeração que seja eficiente e utilize recursos renováveis;
- A promoção da participação dos cogeneradores no mercado eléctrico.

Os termos da tarifa de referência, do cálculo do prémio de eficiência, do prémio de energia renovável e do prémio de participação no mercado são definidos por portaria do Governo.

Os prémios de eficiência e de energia renovável incidem sobre a energia eléctrica produzida pela instalação de cogeração, excluindo os consumos nos sistemas auxiliares internos de produção energética que é considerada no cálculo da poupança de energia primária.

A tarifa de referência, o prémio de eficiência e o prémio de participação em mercado, vigoram durante os 1^{os} 120 meses após entrada em exploração, podendo ser prorrogado até mais 120 meses, desde que se mantenha como instalação de elevada eficiência ou eficiente, nas condições de aplicação de uma tarifa de referência e prémio de mercado revistos. A prorrogação é aplicável também nos casos em que haja uma reconversão de combustível que resulte num investimento superior a 25% do preço de substituição por equipamento novo.

ACESSO À ACTIVIDADE DE PRODUÇÃO EM COGERAÇÃO

A actividade de cogeração pode ser exercida por pessoas singulares ou colectivas, de direito público ou privado. O licenciamento das instalações de cogeração é regido pelas disposições aplicáveis do Regulamento de Licenças para Instalações Eléctricas (RLIE).

A atribuição da licença de produção em cogeração depende:

- Da existência de condições de ligação à RESP (Rede Eléctrica de Serviço Público) adequadas à capacidade de recepção de electricidade ou, tratando-se de promotor que opte pela modalidade especial de regime remuneratório, a prévia obtenção de ligação à RESP;
- Da segurança da rede eléctrica, da fiabilidade das instalações e do equipamento associado (Regulamento da Rede de Transporte, no Regulamento da Rede de Distribuição e Regulamento de Operação de Redes);
- Do cumprimento da regulamentação aplicável no que respeita à ocupação do solo, à localização, à protecção do ambiente, à protecção da saúde pública e à segurança das populações;
- Da produção de calor útil e da demonstração da procura economicamente justificável.



© Oleksandr - Fotolia

PORTU
GUESE
SHOES
DESIGNED BY
THE FUTURE

PROCEDIMENTO DE ATRIBUIÇÃO DA LICENÇA EM COGERAÇÃO

O procedimento para atribuição de licença de produção em cogeração inicia -se com a apresentação, por meios electrónicos, de um pedido devidamente instruído, dirigido à entidade competente para o licenciamento (DGEG).

O pedido é instruído com os elementos referidos no n.º 2 do artigo 14 do Decreto-Lei n.º 23/2010.

GARANTIAS E CERTIFICADOS DE ORIGEM

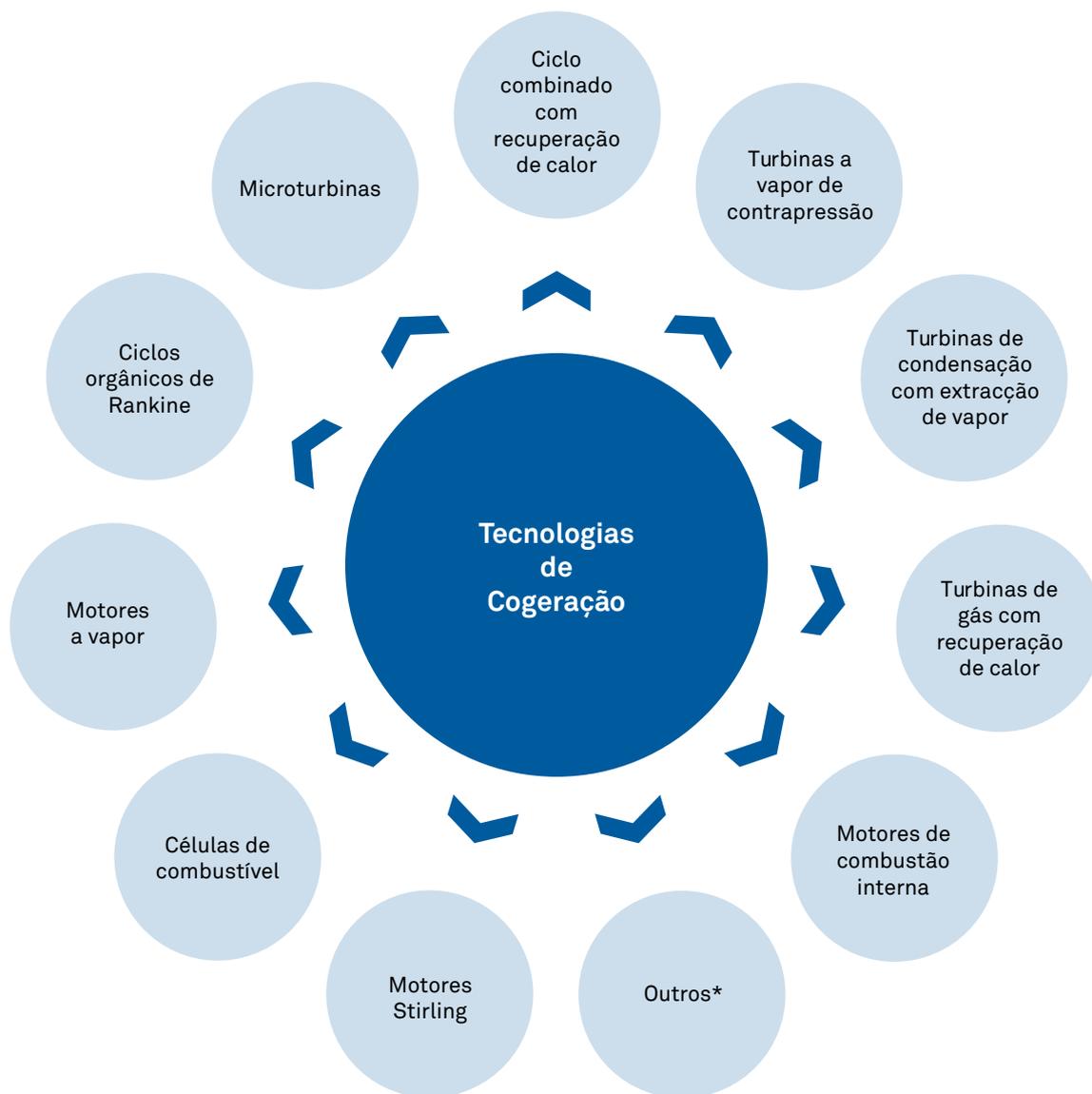
Qualquer produtor de electricidade em instalações de cogeração de elevada eficiência, pode solicitar à entidade emissora de garantias de origem (EEOG) a emissão de garantia de origem referente à electricidade produzida em cogeração. A garantia de origem destina -se:

- a) A comprovar a quantidade de electricidade produzida em cogeração de elevada eficiência;
- b) A certificar que a instalação permite a obtenção de uma poupança de energia primária.



Direitos do cogrador	Deveres do cogrador
<p>a) Consumir ou fornecer a energia térmica produzida;</p> <p>b) Consumir ou fornecer a energia produzida ou fornecê-la nas condições estabelecidas no Decreto-Lei n.º.23/2010;</p> <p>c) Realizar paralelo com a RESP, ns termos da regulamentação aplicável;</p> <p>d) Adquirir a electricidade de reserva ou de reforço;</p> <p>f) Ter prioridade na entrega de energia à RESP;</p> <p>e) Fornecer serviços de sistema através de contratação bilateral com o operador de sistema ou através de mercados organizados para o efeito;</p> <p>g) Fornecer energia eléctrica em situação de indisponibilidade da RESP aos consumidores que estejam ligados à instalação de cogeração.</p>	<p>a) Entregar e receber energia eléctrica de acordo com as normas técnicas aplicáveis e de modo a não introduzir perturbações no normal funcionamento da RESP;</p> <p>b) Estabelecer contratos de venda e aquisição de energia eléctrica com os clientes finais ou com os comercializadores ou, se for o caso, com o CUR;</p> <p>c) Observar as condições técnicas e de segurança de ligação às redes de transporte e distribuição da RESP;</p> <p>d) Cumprir as regras estabelecidas para o fornecimento de energia reactiva no RRT e no RRD e do RRC;</p> <p>e) Adquirir e instalar o equipamento de telecontagem para a produção de energia eléctrica.</p>

Figura 39 – Direitos e deveres do cogrador



* qualquer outro tipo de tecnologia ou combinação de tecnologias que corresponda ao conceito de cogeração, definido no artigo 1º.

Figura 40 – Principais tecnologias de cogeração

CÁLCULO DA ELECTRICIDADE PRODUZIDA EM COGERAÇÃO

Os valores utilizados para o cálculo da electricidade produzida em cogeração serão determinados com base no funcionamento esperado ou efectivo da unidade em condições normais de utilização.

Considerando:

E_{CHP} — quantidade de electricidade produzida em cogeração;

C — rácio electricidade/calor (entendido como o rácio entre a electricidade produzida em cogeração e o calor útil produzido exclusivamente em modo de cogeração, utilizando dados operacionais da unidade em causa);

H_{chp} — quantidade de calor útil produzida em cogeração (calculada para o efeito como produção total de calor, deduzindo o calor que seja eventualmente produzido em caldeiras separadas ou por extracção de vapor vivo do gerador de vapor antes da turbina).

$$E_{CHP} = H_{chp} \times C$$

O cálculo da electricidade produzida em cogeração deve basear-se no rácio efectivo electricidade/calor, Tabela 13. Se o rácio efectivo electricidade/calor de uma unidade de cogeração não for conhecido, podem ser utilizados, nomeadamente para fins estatísticos, os seguintes valores implícitos para as unidades de cogeração dos tipos indicados, desde que a electricidade produzida em cogeração assim calculada seja igual ou inferior à produção total de electricidade da unidade.

CÁLCULO DA POUPANÇA DE ENERGIA PRIMÁRIA

A poupança de energia primária (PEP) da actividade da cogeração, relativamente à produção separada de calor e de electricidade, é medida de acordo com a seguinte fórmula:

Em que:

- $CHP H\eta$ é a eficiência térmica do processo
- $Ref H\eta$ é o valor de referência da eficiência para a produção separada de calor;
- $CHP E\eta$ é a eficiência eléctrica do processo;
- $Ref E\eta$ é o valor de referência da eficiência para a produção separada de electricidade.

$$PEP = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHP H\eta}{Ref H\eta} + \frac{CHP E\eta}{Ref E\eta}} \right] \times 100\%$$

Tipo de unidade	Rácio implícito electricidade/ calor, C
Turbinas de gás em ciclo combinado com recuperação de calor	0,95
Turbinas a vapor de contrapressão	0,45
Turbinas de condensação com extracção de vapor	0,45
Turbinas de gás com recuperação de calor	0,55
Motores de combustão interna	0,75

Tabela 13 – Rácio electricidade / calor por tipo de unidade

EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO REFERENTE AO REGIME DE COGERAÇÃO

Neste ponto é abordada a evolução da legislação referente à Cogeração. De notar que esta listagem tem apenas um carácter informativo, para um melhor enquadramento jurídico no sector, propõe-se a consulta da legislação no Diário da República.

Lei nº 2002, de 26 de Dezembro de 1944

- Electrificação do País;
 - Reconhece a importância da figura do pequeno produtor de energia;

Decreto-Lei nº 502/76, de 30 de Julho

- Criação da Empresa Pública Electricidade de Portugal – EDP;
 - Prevê a figura do pequeno produtor de energia eléctrica;

Decreto-Lei nº 20/81, de 28 de Janeiro

- Medidas de incentivo à autoprodução de energia eléctrica;

Lei nº 21/82, de 28 de Julho

- Produtor independente de energia eléctrica;
- Possibilidade de proceder à distribuição;

Decreto-Lei nº 189/88, de 27 de Maio

- Regula a actividade de produção de energia eléctrica;
- Requisitos instaurados;
- Originou um acentuado desenvolvimento de utilização do processo de Cogeração;
 - Surgimento de muitas especialidades;
 - Necessidade de autonomização do enquadramento legal da Cogeração;

Decreto-Lei nº 186/95, de 27 de Julho

- Consagra a separação legislativa das formas de produção de energia eléctrica, aplicando-se exclusivamente à produção de energia em instalações de Cogeração;
- Estabelecimento de regras quantitativas;

Decreto-Lei nº 538/99, de 13 de Dezembro

- A criação do mercado interno de electricidade;
- A defesa do ambiente – estreitamento das políticas ambiental e energética;

Decreto-Lei nº 313/2001, de 10 de Dezembro

- Reformulação das condições a que devem obedecer as instalações de Cogeração;
- Clarificação das situações de coexistência de duas ou mais instalações de Cogeração associadas a uma mesma instalação de utilização de energia térmica cogerada;
- Ajustamento do âmbito de aplicação do mecanismo de gestão conjunta de energia;
- Diferenciação do tarifário aplicável ao fornecimento para a rede do SEP da energia eléctrica produzida em instalações de Cogeração, relativamente à utilização dos vários tipos de combustíveis;

Portaria n.º 57/2002, de 2002-01-15

- Fórmula de cálculo da remuneração, pelo fornecimento da energia entregue à rede, das instalações de cogeração licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 538/99, de 13 de Dezembro, cuja potência de ligação seja superior a 10 MW.

Portaria n.º 58/2002, de 2002-01-15

- Fórmula de cálculo da remuneração, pelo fornecimento da energia entregue à rede, das instalações de cogeração licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 538/99, de 13 de Dezembro, cuja potência de ligação seja inferior ou igual a 10 MW.

Portaria n.º 59/2002, de 2002-01-15

- Fórmula de cálculo da remuneração pelo fornecimento da energia entregue à rede das instalações de cogeração licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 538/99, de 13 de Dezembro, utilizando como combustível fuelóleo independentemente da potência de ligação.

Portaria n.º 60/2002, de 2002-01-15

• Tarifário aplicável a instalações de cogeração licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 538/99, de 13 de Dezembro, bem como as disposições relativas ao período de urgência das modalidades do mesmo tarifário.

Portaria n.º 399/2002, de 2002-04-18

• Normas relativas ao estabelecimento e exploração das instalações de cogeração.

Portaria n.º 440/2004, de 2004-04-30

• Corrige as fórmulas de cálculo da remuneração da cogeração.

Decreto-Lei n.º 23/2010, de 2010-03-25

• Estabelece o regime jurídico e remuneratório aplicável à energia eléctrica e mecânica e de calor útil produzidos em cogeração, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2004/8/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de Fevereiro.

BENEFÍCIOS DA COGERAÇÃO

Desde que o sistema de Cogeração esteja otimizado (i.e. dimensionado de acordo com as necessidades de calor), podem surgir os seguintes benefícios:

- Aumento na eficiência de conversão e uso de energia;
- Menores emissões para o ambiente, em particular CO₂ o principal gás responsável pelo efeito de estufa;
- Em alguns casos onde existem combustíveis de biomassa e materiais como gases de refinaria, resíduos e processos agrícolas (digeridos anaerobicamente ou gasificados), estas substâncias podem ser utilizadas como combustível para unidades de Cogeração, diminuindo assim os custos associados à aquisição de combustível e ao mesmo tempo reduzindo a necessidade de enviar esses resíduos para aterros;
- Grande poupança, uma vez que fornece electricidade a preços competitivos e calor para os utilizadores domésticos a preços aceitáveis;
- Uma oportunidade de avançar para formas de produção de energia mais descentralizadas, onde a unidade de Cogeração é dimensionada para as exigências dos consumidores locais, com uma grande eficiência, evitando as perdas de transporte pela rede e aumentando a flexibilidade

do sistema. Este será o caso se o gás natural for a forma de transporte da energia;

- Aumento da segurança no fornecimento local de energia, a produção é local podendo reduzir-se o risco dos consumidores ficarem sem fornecimento de electricidade e/ou calor. Além disso é menor o consumo de energia e reduz a dependência de fontes externas promovendo a Auto-Sustentabilidade – um desafio chave na energia da Europa do futuro;
- Oportunidade de aumentar a diversidade das centrais de geração aumentando a competitividade no meio. A Cogeração é um dos veículos mais importantes para a promoção da liberalização dos mercados;
- Aumento da empregabilidade – vários estudos concluíram que o desenvolvimento da Cogeração é geradora de empregos.

ENERGIA E ECONOMIA DE CUSTOS

Uma instalação de Cogeração dimensionada e operada adequadamente produzirá sempre energia de um modo mais eficiente que uma central tradicional, proporcionando uma poupança a nível energético e de custos. Só se utiliza uma fonte de energia para a geração de calor e energia eléctrica. Deste modo a poupança depende da diferença de preços entre a fonte de combustível primário e o preço a que se vende a energia eléctrica. No entanto, apesar do lucro associado à Cogeração, uma vez que produz energia mais barata, o seu sucesso depende do aproveitamento do calor produzido; o principal requisito para o dimensionamento adequado de uma unidade de Cogeração é saber quais as necessidades de calor a colmatar. Empiricamente, pode-se afirmar que a Cogeração será uma opção adequada se houver uma procura de produção de calor, no mínimo, de 4500 h/ano.

A gestão das horas em que se injecta electricidade na rede será muito importante para uma instalação de Cogeração, uma vez que os lucros serão maiores fora das horas de vazio. Considerando os preços actuais dos combustíveis, tarifas eléctricas, tempo de vida da instalação e custos de manutenção, podem-se atingir para muitas instalações de Cogeração, períodos de payback de 3 a 5 anos.

ECONOMIA EM TERMOS DE CUSTOS AMBIENTAIS

Para além da economia directa, a Cogeração apresenta benefícios ambientais significativos, através do uso de combustíveis fósseis de um modo mais eficiente. Em particular, é bastante eficiente em termos de redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e dióxido de enxofre (SO₂). As emissões de óxidos de azoto (NO_x) também são reduzidas através da introdução de condições de combustão adequadas.

REDUÇÃO EM EMISSÕES DE CO₂

A determinação da redução nas emissões de carbono devido a uma instalação de Cogeração tem sido tema de aceso debate, sendo bastante difícil provar a quantidade de electricidade realmente substituída pela Cogeração.

Este assunto tem sido tema de longo debate nos mercados Europeus, sem ter chegado a consenso. Será que a Cogeração vai substituir:

- Uma central com um nível de produção médio?
- A central convencional com produção mais marginal existente no sistema?
- A próxima central convencional a ser construída pela indústria?
- A melhor central teoricamente possível de construir?

Combustível substituído	Poupança em CO ₂
Carvão para electricidade e caldeiras	342
Gás para electricidade e caldeiras	50
Mistura de combustíveis fósseis para electricidade e caldeiras	188

Tabela 14 – Economia em emissões de CO₂
unidade: milhões de toneladas

Dependendo da resposta, a redução em emissões de dióxido de carbono podem variar de 100 kg/MWh até mais de 1000 kg/MWh. Coloca-se a mesma questão a todos os projectos que substituem outras formas de produção de electricidade.

Por exemplo, uma turbina a gás acoplada a uma caldeira de recuperação de calor pode apresentar a seguinte redução:

Relação calor/energia produzida: 1,6

Eficiência total: 80%

Emissões de CO₂ por unidade de combustível: 225 g/kWh

Emissões de CO₂ por kWh de electricidade: 581 g/kWh

Se for assumido que a Cogeração gera electricidade e calor a partir da caldeira a partir de vários combustíveis, a poupança pode chegar aos 650 g/kWh.

A Tabela 14 ilustra qual a poupança em emissões de CO₂. Os resultados são diferentes e dependem do tipo de combustível a ser substituído:

REDUÇÃO DE EMISSÕES NO_x E SO₂

Para calcular a poupança de NO_x e SO₂ aplica-se o mesmo princípio: é necessário conhecer a fonte que é substituída.

De acordo com cálculos efectuados, expressos na Tabela 15, podem-se atingir os seguintes níveis de poupança com uma turbina a gás equipada com caldeira de recuperação de calor relativamente quer ao carvão, quer ao fuelóleo.

Caldeira substituída	NO _x	SO ₂
A carvão	2.9 g/kWh	23.2 g/kWh
A fuelóleo	2.9 g/kWh	23.4 g/kWh

Tabela 15 – Redução de emissões (comparação de combustíveis)

OPÇÃO DE COMBUSTÍVEL

Teoricamente, quase todos os combustíveis são apropriados para a cogeração. Na prática, os combustíveis fósseis, especialmente o gás natural (por razões económicas e ambientais) são predominantes, mas são também importantes os resíduos municipais, determinados gases industriais e a biomassa. É provável que a biomassa e os gases combustíveis seus derivados venham a tomar o lugar do gás natural, porque as tecnologias se tornam mais disponíveis e mais baratas e têm em conta os interesses ambientais.

As instalações de cogeração podem ser projectadas para aceitar mais do que um combustível. Um exemplo difundido no Reino Unido é a queima em “dual fuelóleo de gás natural e fuelóleo. O gás natural é comprado em tarifa ininterrupta e substituído por fuelóleo, durante os períodos de pico de procura do gás.

Em alguns casos, os sistemas de cogeração podem utilizar três ou quatro combustíveis de modo que o operador possa seleccionar em cada momento o combustível mais barato.

Os factores chave na escolha do combustível são os incentivos eventualmente oferecidos para sua utilização e a qualidade do combustível. Alguns países oferecem incentivos para a utilização de combustíveis de qualidade melhor, tais como gás natural, biomassa ou biogás. Os combustíveis de menor qualidade são, por vezes, mais baratos (variando de país para país) mas podem proporcionar custos extra significativos, para assegurar uma boa combustão que satisfaça a legislação ambiental.

Os combustíveis podem ser sólidos, líquidos ou gasosos, ou designados por “comerciais” ou “resíduos”. Os combustíveis ditos comerciais são os combustíveis fósseis que são extraídos e tratados ou refinados e depois vendidos por todo o país. Os resíduos resultam de vários processos de fabrico e de outras utilizações. Os combustíveis renováveis não são normalmente designados por comerciais, estando apenas economicamente disponíveis em certas situações específicas.

FUEIS COMERCIAIS

- **Carvão:** O carvão foi usado por muito tempo em instalações de CHP (produção combinada de calor e energia eléctrica) (especialmente em grandes instalações de aquecimento central na Europa Oriental e na Dinamarca) mas o tipo de muitas instalações a carvão modernas conduz a que não sejam utilizáveis para CHP de menor dimensão e aplicações industriais, uma vez que produziriam mais calor do que poderia ser utilizado, mesmo se não fossem situados longe dos centros populacionais principais. As instalações CHP a carvão estão, no entanto, ainda difundidas nos países onde o carvão é abundante e barato.

- **Gás natural:** o uso de gás natural na produção de energia tem crescido desde os anos oitenta. O seu relativo baixo preço, a flexibilidade de utilização e o facto de libertar, relativamente ao carvão e ao fuelóleo, menores quantidades de dióxido de carbono por megajoule produzido, justificam esta popularidade.

- **Fuelóleo pesado**
- **Gasóleo**
- **GPL**
- **Nafta**

COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS MAIS COMUNS

- **Sólidos:** Há várias proveniências, tais como: madeira proveniente da indústria transformadora da madeira; biomassa da floresta e da agricultura; resíduos sólidos urbanos, lamas residuais provenientes do tratamento de águas residuais, recolhidas pelos municípios e queimadas em grandes centrais e outros resíduos.

- **Líquidos:** Por exemplo, o licor negro proveniente da indústria celulósica pode ser usado.

- **Gasosos:** Biogás, que é metano de baixa pureza, resultado da deterioração da matéria orgânica. Por exemplo, o gás proveniente do digestor de lamas do tratamento de águas residuais, o gás de aterros e lixeiras municipais é apropriado para a cogeração. Pode, igualmente, ser usado como combustível o biogás produzido sinteticamente proveniente de várias outras fontes de resíduos sólidos e líquidos e os gases residuais produzidos em certos processos (caso das siderurgias, indústrias químicas, refinarias).

As principais vantagens destes combustíveis são o seu custo inicial baixo ou mesmo nulo e a potencial redução ou mesmo a eliminação dos custos de tratamento dos resíduos. As desvantagens potenciais são os custos extra devidos ao armazenamento e à manipulação, ao tratamento e ao equipamento especializado de combustão que poderão ser necessários.

PRINCIPAIS REQUISITOS PARA O SUCESSO DA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE COGERAÇÃO

Na Tabela 16 apresentam-se alguns dos principais requisitos para a implementação de um sistema de cogeração. A verificação dos mesmos é fundamental para viabilidade de um sistema desta natureza.

Pos.	Requisitos	Sim/Não
1	Foram identificadas todas as potenciais medidas de economia de energia, ou implementadas ou tidas em consideração?	
2	Há uma carga de base simultânea de electricidade e calor que excede os 20 quilowatts e os 50 quilowatts, respectivamente, por mais de 4.500 horas/ano?	
3	Está assegurado o fornecimento de combustível?	
4	Há acesso e espaço apropriados para instalação de uma unidade de cogeração e a localização é apropriada ao desempenho de outras funções no local (por exemplo ruído e exaustão)?	
5	Estão os registos dos consumos de combustível e de electricidade disponíveis em base mensal ou em períodos mais curtos?	
6	Se houver algumas alterações planeadas, foram tidos em conta os efeitos possíveis no tipo/custos do sistema de cogeração?	
7	Há necessidade de alterar o sistema de aquecimento existente, a distribuição eléctrica ou o sistema de controlo em consequência da instalação do sistema de cogeração?	
8	O utilizador do calor situa-se próximo da localização proposta para o sistema de cogeração e do sistema de distribuição eléctrica?	
9	Há possibilidade de financiamento directo ou está disponível alguma via alternativa para financiamento?	

Tabela 16 – Requisitos para implementação de um sistema de cogeração

ASPECTOS ECONÓMICOS

Se a avaliação técnica mostrar que diversos esquemas alternativos de Cogeração são aceitáveis (como é frequentemente o caso) é necessário proceder a uma avaliação económica antes que a escolha final esteja feita.

Durante esta avaliação haverá alguns aspectos em relação à parte técnica que poderão ser modificados, por vezes será necessário recorrer a compromissos entre a solução técnica e a parte financeira de modo a apresentar um projecto o mais rentável possível.

CUSTO DO CAPITAL

Resumem-se a seguir os custos associados à implantação de uma unidade de Cogeração, que compreende:

- Unidade (s) de Cogeração e infra-estruturas associadas, montagem testes e comissionamento;
- Fornecimento de combustível, armazenamento e manuseamento;
- Custos associados à ligação à rede de distribuição nacional, incluindo postos de transformação;
- Todos os trabalhos mecânicos e eléctricos, instalação e comissionamento;
- Todos os edifícios novos, alterações aos existentes, fundações e estruturas de suporte;
- Formação do pessoal, custos com peças de substituição e ferramentas necessárias para a manutenção;
- Engenharia, licenças de utilização, requisitos ambientais, requisitos de prevenção e combate a incêndios, etc.; (com eventual recurso e utilização de entidades externas para a execução destas tarefas).

As cotações obtidas a partir dos fabricantes, fornecedores, entidades contratadas e consultores, somadas dão um valor inicial “first cut” do capital necessário ao investimento.

Os custos evitados, isto é, custos previstos que não se realizem, devem ser também identificados de modo a contabilizar os custos marginais da Cogeração. As cotações devem conter dados sobre a “performance”, tempo de entrega e custos, de modo a permitir:

- Determinar todos os custos de maneira realista;
- Programar a montagem da instalação e ter uma previsão dos fluxos de caixa.

Para centrais de Cogeração com turbinas a gás e grandes motores, o pacote gerador/transformador e equipamento associado (sistema auxiliar, compressor de gás e sistema de armazenamento de combustível de “backup”) representam frequentemente 40-60% do custo da instalação. O equipamento de recuperação de calor (caldeira de recuperação de calor e permutadores de calor) e equipamento associado (estação de tratamento de águas, arejador e bombas) representam mais cerca de 15 a 30% dos custos, dependendo do tipo de caldeira (e se existir), pressão do vapor e sistema auxiliar de combustão. Instalação eléctrica e sistemas de protecção representam cerca de 5-15% do investimento, o restante é atribuído ao trabalho de engenharia, gestão do projecto e instalações (inclui-se tubagens, e trabalhos de construção).

Para uma central de Cogeração com ciclo de vapor, a caldeira de alta pressão é a que representa o custo mais elevado, seguida da turbina/gerador.

Centrais de Cogeração de pequenas dimensões, baseadas em motores de ignição e diesel tendem a ser comercializadas como um pacote, incluindo motor, gerador, permutadores de calor e equipamento de controlo, cujo conjunto representa cerca de 50-60% do investimento global.

CUSTOS DE OPERAÇÃO

De seguida discriminam-se os custos de operação anuais associados a uma central de Cogeração:

- Combustível para o sistema principal e os sistemas auxiliares e de arranque, sempre que necessários;
- Mão-de-obra para operação e manutenção;
- Materiais e acessórios para manutenção incluindo mão-de-obra e manutenções agendadas pelos fabricantes (como algumas operações de manutenção têm intervalos longos, os custos de manutenção devem ser calculados preferencialmente para um período de 5 anos);
- Consumíveis tais como lubrificantes, produtos químicos para tratamento da água de alimentação, entre outros;
- Custos com a energia eléctrica necessária para o funcionamento do sistema.

O valor líquido dos custos de operação de uma central de Cogeração pode ser obtido através da dedução do valor da energia exportada aos custos de operação e manutenção.

De modo a obter custos desagregados da Cogeração na produção de energia eléctrica e de calor, utilizam-se os dados do fabricante para permitir determinar o consumo de combustível bem como o seu custo e, da mesma forma, determinar outros custos.

Na maioria dos casos, demonstra-se que os custos com a produção de calor são idênticos ou ligeiramente superiores aos do sistema de produção antigo e que na Cogeração o factor crítico é o custo total por kWh de electricidade gerada.

A maioria dos fabricantes dos equipamentos utilizados em Cogeração, oferecem contratos de manutenção a longo prazo de modo a minimizar os riscos para os clientes e dar uma maior visibilidade aos custos em que se incorre.

ECONOMIA

Se a central de Cogeração fornecer uma pequena proporção das necessidades energéticas da empresa e os custos de produção de calor e energia eléctrica se mantiverem inalterados, a poupança anual obtém-se através da subtracção dos custos totais da Cogeração ao custo total da energia produzida.

No entanto, a proporção da energia fornecida tipicamente por uma grande central de Cogeração é tal que os custos associados à compra do remanescente são, por vezes, muito diferentes.

Por exemplo, um consumo reduzido ou muito oscilante poderá implicar tarifas mais elevadas; a reduzida e possivelmente intermitente carga das caldeiras convencionais pode ter efeito nos custos do calor. Neste caso, os custos de operação da central de Cogeração são insuficientes quando comparados com os custos totais da factura energética.

Os custos energéticos podem ser obtidos a partir das facturas de electricidade, combustível, entre outros, sempre actualizados para os valores correntes.

Se nas instalações fabris puderem ser implementadas medidas de economia ou de aproveitamento de energia, estas devem ser adoptadas como medidas complementares, competidoras com a opção da Cogeração.

ECONOMIA GLOBAL DOS PROJECTOS DE COGERAÇÃO

Sob circunstâncias favoráveis, os projectos de Cogeração podem resultar em períodos de *payback* de 3 a 5 anos e, por vezes, ainda menos. A economia dos projectos de Cogeração é muito mais sensível a oscilações no preço da energia eléctrica do que a oscilações no preço do combustível. Por exemplo, um incremento de 10% no preço da electricidade pode reduzir o tempo de *payback* em 15%, enquanto uma redução similar no preço do combustível só reduzirá o tempo de *payback* em apenas 6%.

Este tipo de análise de sensibilidade deve ser efectuado como parte do estudo de viabilidade económica do projecto. Factores que reduzem o período de *payback*:

- Baixo custo do investimento;
- Preço do combustível baixo;
- Preço elevado da energia eléctrica;
- Preço mínimo para o combustível da Cogeração (comparado com o combustível para uma caldeira convencional);
- Elevado número de horas de operação anual;
- Elevada eficiência térmica global;
- Valores de tarifa de referência, prémio de eficiência, prémio de energia renovável e do prémio de participação (valores ainda não definidos por Portaria do Governo).

De salientar que os valores de tarifa ainda não estão definidos, por isso, a leitura da legislação não pode ser ainda conclusiva, podendo ser prematura qualquer análise exaustiva de novos projectos de cogeração, pois esse valor irá condicionar fortemente a viabilidade deste tipo de instalações.

CASO DE ESTUDO

Efectuou-se uma análise de viabilidade para uma central de produção de energia térmica e eléctrica (cogeração) para assegurar as necessidades energéticas das instalações de uma empresa com facturação energética, electricidade e gás relativamente elevada.

Os resultados desta análise devem ser considerados meramente indicativos, sendo que no caso de se avançar para a implementação de um sistema de cogeração, os mesmos deverão ser alvo de uma análise mais exaustiva.

Cálculo da poupança de energia primária e rendimento eléctrico equivalente

H_{CHP}	1.702.517	kWht/ano
E_{CHP}	1.276.888	kWhe/ano
C- Energia Total/und	3.505.182	kWh/ano
C – Racio E/C	0,75	(Para motor de combustão interna)
Rendimento do sistema	85%	
$CHPH\eta$	49%	
$CHPE\eta$	36%	
$RefH\eta$	85%	
$RefE\eta$	53%	
PEP	21%	(condição favorável)
REE	79% > 55%	(condição favorável)

Tabela 17 – Poupança de energia primária e Rendimento eléctrico equivalente

onde:

H_{CHP} - quantidade de calor útil produzida em cogeração (calculada para o efeito como produção total de calor, deduzindo o calor que seja eventualmente produzido em caldeiras separadas ou por extracção de vapor vivo do gerador de vapor antes da turbina).

E_{CHP} - quantidade de electricidade produzida em cogeração

Proposta da solução de cogeração e análise económica

De acordo com as necessidades da instalação obtidas através de simulação dinâmica, foram considerados os seguintes valores para uma solução onde se opta por um Motor Alternativo de Combustão Interna.

Foram considerados os seguintes aspectos:

- Total de 7200 horas de operação da central de cogeração;

- Necessidade de energia térmica total de 1.702.517 kWh/ano com base numa eficiência de 85% do actual sistema que consome actualmente 2.002.961 kWh/ano;
- Custo médio de Gás natural - 0,31 c€/kWh;
- Custo médio de energia eléctrica - 0,93 c€/kWh;
- O perfil de consumos mensais de gás natural para o ano de 2009, que é apresentado na figura 41;
- O perfil de consumos mensais de energia eléctrica para o ano de 2009, que é apresentado na figura 42.

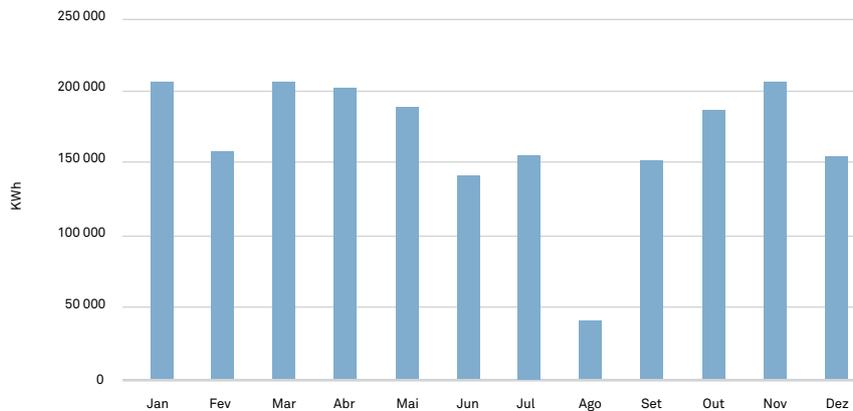


Figura 41 – Perfil de consumo de gás natural - 2009

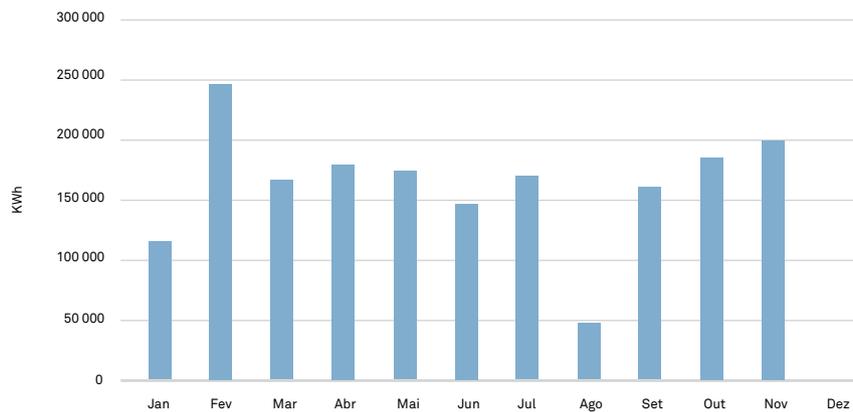


Figura 42 – Perfil de consumo de energia eléctrica - 2009

De acordo com cálculos efectuado através da ferramenta “Rough calculation tool for small-scale cogeneration projects” by easyCOGEN.xls (www.cogen-challenge.org), os resultados foram os seguintes:

Parâmetro	Valor
Capacidade térmica da unidade de cogeração	237 kWt
Eficiência térmica	46%
Eficiência térmica	1.702.517 kWt
Capacidade eléctrica da unidade de cogeração	178 kWe
Eficiência eléctrica	35 %
Produção eléctrica	1.279.800 KWhe
Consumo anual de Gás Natural	3.674.071 kWh
Investimento total	252.250 €
Período de Retorno simples	7,2 anos

Tabela 18 – Resultado da simulação easyCOGEN.xls

Tendo em conta os custos médios actuais em vigor para o kWhe e de Gás Natural, bem como os custos associados à instalação de uma unidade de cogeração, segundo esta ferramenta da COGEN, estima-se que o Período de Retorno Simples de Investimento será superior a cinco anos (7,2 anos). No entanto, nesta análise não é considerado o benefício da garantia de abastecimento de energia eléctrica providenciado pela unidade de cogeração que, no caso de falha de energia eléctrica da rede eléctrica nacional, suprirá grande parte das necessidades da instalação industrial.

De forma a determinar a viabilidade da opção de exploração em estudo, foi calculado o Valor Actualizado Líquido (VAL), o Período de Recuperação do Capital (PRC) e a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR).

O VAL traduz-se no cálculo do somatório dos cash flows (diferença entre as receitas e as despesas do projecto) anuais actualizados a uma determinada taxa, e deduzido do montante actualizado do investimento inicial.

$$Val = \sum_{k=0}^n \frac{R_k - C_k - I_k}{(1+i)^k}$$

A decisão pelo investimento em determinado projecto será tanto maior quanto mais positivo for o VAL do mesmo, no período considerado (15 anos).

O PRC corresponde ao ano de exploração em que o VAL é nulo, ou seja, é o tempo que decorre desde o investimento inicial até ao retorno do capital investido, através da sua exploração.

A TIR permite determinar a taxa de juro de actualização que iguala o somatório dos cash flows de exploração ao somatório dos investimentos, ou seja, o valor da taxa que torna o VAL nulo. Esse valor poderá então ser comparado com a taxa de actualização utilizada e com a taxa de juro do mercado, de modo a ser possível determinar se será preferível, ao invés de optar pelo investimento no projecto, aplicar esse capital noutra investimento do mercado.

Sendo dois indicadores complementares, a opção pelo investimento será tanto mais justificável quanto maior for o VAL associado a uma maior TIR. Ainda assim, por norma, o melhor método de escolha é a TIR.

Para este estudo de viabilidade e sensibilidade, foi utilizada uma taxa de actualização de 2,4% para um período total de exploração de quinze anos. A escolha da taxa de actualização (TA) dependeu essencialmente de três parâmetros:

- a remuneração real desejada para os capitais próprios;
- o risco económico e financeiro inerente ao projecto;
- a taxa anual média de inflação esperada para o futuro.

Os resultados obtidos para cada um dos indicadores referidos foram os seguintes:

VAL - Valor Actualizado Líquido	114.552 €
TIR - Taxa Interna de Rentabilidade	8%
PRC - Período de Recuperação do Capital	8 anos

Tabela 19 – Indicadores Económicos

MICROGERAÇÃO

Outra possibilidade compreende a produção de energia através da microgeração, nomeadamente, recorrendo a painéis solares térmicos, painéis solares fotovoltaicos e micro-eólica. No caso dos painéis solares térmicos serão viáveis apenas se a indústria necessitar de água quente que, como se pode verificar na Tabela 18, será interessante para valores iguais ou superiores a 500 litros por dia e que terá um retorno do investimento previsto para um período entre 4,2 a 6,3 anos.

Já para a produção de energia eléctrica com base em painéis solares fotovoltaicos, que poderá ser uma possibilidade para qualquer empresa desde que possua uma área livre de cerca de 40m², com grande incidência solar, não é condição necessária a necessidade de água quente. No entanto, o Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de Novembro, refere que a instalação de painéis solares fotovoltaicos no regime bonificado, o único interessante em termos de retorno do investimento, é condicionado à existência no local de consumo de colectores solares térmicos, no caso de produtores individuais, e da realização de auditoria energética e respectivas medidas, no caso de condomínios. Refere ainda que podem ser produtores de electricidade por intermédio de unidades de micro-

produção todas as entidades que disponham de um contrato de compra de electricidade em baixa tensão.

Do Decreto-Lei conclui-se que só as instalações individuais alimentadas em baixa tensão e que possuam painéis solares térmicos reúnem condições para a colocação de painéis fotovoltaicos, beneficiando do regime bonificado. Do mesmo Decreto-Lei não é líquido extrair que as empresas sejam consideradas como produtores individuais pelo que será necessário efectuar uma consulta junto das autoridades competentes para confirmar a possibilidade de usufruírem do regime bonificado.

Actualmente, qualquer das empresas poderá optar por produzir energia sendo que o retorno do investimento, caso beneficiem do regime bonificado, se situará entre os 5 e os 7 anos, caso seja regime geral o retorno do investimento ultrapassa em muito os 15 anos.

Convém salientar que o novo Decreto-Lei que alterou significativamente a legislação existente, pelo que será conveniente analisar as eventuais alterações.



	Painel Solar Térmico	Painel Solar Fotovoltaico	Microeólica
	500 l/dia	3,5 kW	1,5 a 3 kW
Investimento (€)	3 950 a 4 350	17 650 a 17 900	7 350 a 10 200
Produção de Energia kWh	6 800 a 7 900	4 700 a 5 300	2 900 a 5 800
Receita (€/ano)	690 a 1 030	3 050 a 3 400	1 230 a 2 640
Prazo de Amortização (anos)	4,2 a 6,3	5,1 a 5,7	3,6 a 5,6
Emissão de CO ² (ton/ano)	-2,1 a -2,5	-2,3 a -2,7	-1,4 a -2,9

Tabela 20 – Microgeração em PME
(fonte: www.proyctogener.org)



04
CONCLUSÕES



CONCLUSÕES

Neste relatório foram abordadas medidas que podem contribuir para o aumento da eficiência energética, com a consequente diminuição da factura energética e redução das emissões de CO₂.

Procurou-se, nos casos de estudo, identificar equipamentos e procedimentos passíveis de sofrerem intervenções que conduzam a resultados muito interessantes em termos de retorno do investimento.

O Despacho nº 7253/2010 (publicado em Diário da República a de 26 de Abril de 2010) veio alterar a forma como é facturada a energia reactiva. Na sequência desta alteração, mesmo as empresas que actualmente possuem os seus sistemas eléctricos devidamente compensados poderão passar, a partir de Janeiro de 2012, a ter um encargo acrescido devido à alteração de escalões. Acresce que as empresas que já tinham um encargo mensal com energia reactiva, viram a sua factura aumentar já em Janeiro de 2011. Em alguns casos, o valor facturado de energia reactiva terá chegado a triplicar. Será importante que todas as empresas efectuem a correcção do factor de potência sempre que se verifique pagamento de energia reactiva, considerando a nova legislação e tendo em conta a alteração prevista para 2012.

Não menos importante é a monitorização do consumo de energia, especialmente no período das horas de ponta. Tal controlo deve ser efectuado recorrendo a um controlador de ponta no quadro de entrada e escolhendo criteriosamente quais os equipamentos que podem ser deslastrados. Esta medida evitará a alteração de escalão da potência contratada (que se manteria alterado ao longo de 12 meses) sem que a empresa tenha necessidade. A utilização de uma plataforma de comunicação capaz de informar, automaticamente e em tempo real, os responsáveis da empresa aquando da ocorrência de consumos anómalos evitará igualmente o aumento da factura energética.

A iluminação artificial representa em Portugal cerca de 12% do consumo de electricidade no total da indústria, pelo que a implementação de algumas medidas nesta área significará uma redução substancial no consumo de energia eléctrica. Tal como se identificou no capítulo correspondente, a substituição de lâmpadas de halógeno por fluorescentes compactas ou LED's, a substituição dos balastos magnéticos nas lâmpadas fluorescentes por balastos electrónicos das classes A1 ou A2, a compra de novas armaduras de lâmpadas fluorescentes equipadas com lâmpadas T5 e balastos electrónicos das classes A1 ou A2, a adequação dos sistemas de comando, recorrendo a células fotoeléctricas, sensores de presença, relógios programáveis, relógios astronómicos ou a implementação de acções de sensibilização junto dos utilizadores conduzirão inevitavelmente, entre outras medidas, à redução da energia eléctrica consumida. Ainda no campo da iluminação, o recurso ao aproveitamento da luz natural por tubos de luz ou placas translúcidas e a execução de acções de manutenção de placas reflectoras constituem outro meio de poupança de energia.

Os sistemas de ventilação têm igualmente um peso significativo no consumo eléctrico dos sistemas accionados por motores na totalidade da indústria portuguesa, cerca de 16%. A substituição dos motores tradicionais por motores de alta eficiência permite uma redução de energia na ordem dos 10 a 15%, para potências das máquinas até 5kW. Relativamente a potências superiores, a potencial redução conseguida vai diminuindo, estimando-se que para motores de 100kW se situe na casa dos 1%. Conforme indicado, a substituição por novos motores só se justifica em casos pontuais, como por exemplo, no caso de avaria, dado o elevado investimento na aquisição de um motor novo. Todavia há algumas medidas que são passíveis de serem implementadas com um muito menor investimento, como são o caso da substituição de sistemas de transmissão com correias trapezoidais por correias dentadas, planas ou, se possível, acoplamento directo. No caso de sistemas de aspiração, a utilização preferencial de condutas de secção circular e a aspiração da quantidade mínima de ar necessária constituem soluções potencialmente proveitosas em termos de diminuição do consumo energético.

Os sistemas accionados por motores devem somente ser ligados quando necessário, recorrendo a temporizadores programáveis, mantendo-se desligados quando não são utilizados. É possível também executar operações de manutenção e usar variadores electrónicos de velocidade para ajustar a velocidade em função das necessidades.

Os sistemas de ar comprimido são responsáveis por cerca de 25% do consumo de energia no que respeita aos sistemas de força motriz - o equivalente a 19% do consumo total de energia eléctrica da indústria portuguesa na sua totalidade. A título de exemplo, poderão ser realizadas acções como procurar equipamentos com menor consumo específico para as instalações com mais de 10 anos, ajustar a pressão do ar comprimido em função das necessidades, reduzir a extensão da rede de distribuição de ar, não alimentar máquinas com ar comprimido quando estas não estão em operação, evitar ao máximo a utilização de ar comprimido para soprar e executar operações de manutenção (ao nível da lubrificação dos equipamentos) e ainda a detecção e eliminação de fugas que são responsáveis por uma elevada parcela na factura de energia, como demonstrado e quantificado.

A indústria dos componentes, principalmente das solas, necessita de volumes elevados de energia térmica, pelo que se efectuou um estudo para analisar a possibilidade de instalação de um sistema de cogeração. Na empresa analisada, concluiu-se que o capital a investir teria um período de pay-back de aproximadamente 8 anos, o que a torna uma solução bastante interessante.

É possível, em alguns casos, através dos resultados obtidos para determinados equipamentos numa empresa, extrapolar soluções e prever resultados para equipamentos de base semelhante a operar em outras empresas do mesmo ramo de actividade. Todavia, o ciclo de trabalho, o tipo de equipamento, a sua antiguidade e a forma como é operado podem conduzir a resultados diferentes e, por isso, a retornos de investimento também diferentes.

Neste relatório procurou-se demonstrar que é possível, na indústria do calçado, proceder a uma enorme diminuição da facturação energética e do nível de emissões de CO₂. As propostas apresentadas para alguns equipamentos estudados demonstram, inclusive, que é possível um retorno de investimento em prazos muito aceitáveis.

Cada empresa é um caso, e deve ser estudada individualmente. Dado o elevado número de empresas que constituem a fileira do calçado, propõe-se que o estudo seja dividido por tipo de equipamento e efectuado para todas as empresas. Desta forma, analisa-se faseadamente um tipo de equipamento e indicam-se medidas, empresa a empresa, que possibilitem a melhoria da eficiência energética no seu caso específico.

Um ponto comum a todas as empresas, qualquer que seja o ramo de actividade, é a falta de sensibilização dos funcionários para as questões da eficiência energética e da diminuição dos consumos. É frequente observar-se equipamentos ligados durante os períodos de pausa, como tapetes rolantes, ventiladores ou aspiração, que conduzem a desperdícios. A solução passa por quantificá-los e apresentá-los aos funcionários, de forma a sensibilizá-los para a questão e motivá-los para realizarem acções em concreto.

Por fim, destaca-se que algumas empresas são já actualmente acompanhadas por empresas de auditorias energéticas e têm implementado algumas soluções conducentes à diminuição da sua facturação energética. Como foi referido no início deste relatório, todas as empresas com consumo anual superior a 500 tep têm a obrigatoriedade de procederem a auditorias energéticas e implementar medidas de eficiência energética.



© Xavier Arnaud - iStock

PORTU
GUESE
SHOES
DESIGNED BY
THE FUTURE

ENERGIA
plano de acção

**PORTU
GUESE
SHOES**
DESIGNED BY
THE FUTURE