

Gestão do Consumo de Energia - Eliminação de Desperdício

ColepCCL

Paula Velho Azevedo Costa

Projecto Final do MIEM

Orientador na Empresa: João Paulo Teixeira

Orientador na FEUP: Américo Azevedo



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Janeiro 2009

À minha mãe

Resumo

A necessidade da gestão dos consumos de energia nos dias de hoje justifica-se por diversos motivos, tais como: responsabilidade ambiental, conhecimento dos custos energéticos reais, definição de indicadores de performance e objectivos no ramo da energia, diminuição dos custos fixos directos, aumento da fiabilidade das máquinas e consequentemente da produção. Estes são alguns dos principais ganhos que a gestão de energia proporciona a uma empresa, garantindo assim a sua importância. Portanto a preocupação com a gestão energética é recorrente não apenas quando se fala em aquecimento global, mas também quando se pensa no sucesso financeiro das empresas.

Esta dissertação decorre do projecto de fim de curso em empresa, do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e foi proposto por uma empresa líder europeia de *contract manufacturing*. Intitulado “Gestão do Consumo de Energia - Eliminação de desperdício”, o projecto tem como principal objectivo promover a redução de quinze por cento no desperdício dos consumos energéticos na empresa objecto de estudo.

O documento contempla o tema gestão energética tanto em termos conceptuais, estado da arte, como também a abordagem às principais estratégias utilizadas para redução do consumo de energia na indústria. A seguir apresenta um caso prático de estudo, o projecto desenvolvido na empresa objecto de estudo.

A realização do projecto incorporou o autor num grupo multidisciplinar, o *Energy Savings Team*, que promove o programa de gestão de energia na empresa objecto de estudo. A participação neste grupo surgiu pela necessidade de ter um recurso totalmente disponível para a realização das diversas tarefas e estudos. A integração neste grupo de trabalho proporcionou de forma natural mecanismos de auto-orientação. Durante a progressão deste projecto foram desenvolvidas variadas iniciativas que permitissem localizar, quantificar e eliminar desperdícios energéticos, ao mesmo tempo que se cria um sistema de controlo, o qual visa garantir que as economias energéticas conseguidas se mantenham ao longo do tempo.

Através de um balanço energético e de uma análise crítica à utilização da energia na empresa, facilmente se concluiu que os desperdícios energéticos em que se poderiam obter mais ganhos com menor esforço e investimento contemplam dois factores: o ar comprimido e a iluminação. Tendo estas duas temáticas em vista, é necessário ter em conta medidas para atacar a sua má utilização e as más práticas.

A preocupação com a consciencialização de todos os colaboradores perante a necessidade de economia de energia foi um factor comum a todas as tarefas realizadas. Este é um factor muito importante, uma vez que só a mudança de atitude de todos os colaboradores permite que as economias energéticas alcançadas até o final deste projecto se mantenham, e possam surgir novas ideias e sugestões a serem implementadas.

O projecto atingiu quantitativamente os resultados esperados, principalmente através da abordagem ao ar comprimido. A investigação nele desenvolvida dará seguimento a muitas outras tarefas, sendo a principal a optimização dos pontos de medição e colocação ao encargo das células produtivas a gestão de indicadores de performance energético.

Energy Consumption Management – Waste elimination

Abstract

The need of energy consumption management in our times is justified by several reasons, such as environmental responsibility, knowledge of actual energy costs, definition of energy key performance indicators and targets, reduction of direct costs, increased reliability of machines and production. These are some of the major gains that energy management provides to a company, thus ensuring its relevance. So, the concern with energy management is not only when it comes to global warming, but when you think about the financial success of companies.

This dissertation stems from the project in a company, of Integrated Master in Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Porto and was proposed by a European leader in contract manufacturing. Entitled “Energy Consumption Management- Waste Elimination”, this project’s objective is to promote the reduction of fifteen percent of wasteful energy consumption in the study case company.

The dissertation addresses the issue of energy management in conceptual terms, state of art, but also the approach to the main strategies used for reducing energy consumption in industry. Then presents a case of study and the project developed in the company study.

The completion of the project has the author incorporated in a multidisciplinary group, the *Energy Savings Team*, which promotes the energy management program in the company study case. Participate in this group came of a necessity for a resource fully available to perform various tasks and studies. The integration in the working group provided a natural way of self-orientation. During the progression of this project there were developed task-forces that could locate, quantify and eliminate waste energy, while establishing a controlling system, which aims to ensure that the energy savings achieved will be maintained over time.

Through an energy balance and a critical analysis of energy use in the company, it was concluded that the waste energy subject that could be more profit with less effort and investment are: compressed air and lighting. Taking these two issues, it is necessary to take into account tasks to avoid the misuse and bad practices.

The concern with the awareness of all employees to the necessity for saving energy was common to all undertaken tasks. This is a very important subject, since only a change of attitude of all employees allows the energy savings achieved by the end of the project remain, and new ideas may arise and suggestions to be implemented.

The project achieved quantitatively the expected aims, mainly through compressed air approach. The developed research will be follow by many other tasks. The main point for optimization is measuring, once the production cells should manage their key performance indicators.

Prefácio

Realizar um projecto com o tema envolvendo energia foi fundamental para a minha motivação e entusiasmo. A energia está na base do meu já antigo discurso sobre o porquê da escolha pelo curso de Engenharia Mecânica. Outro ponto de motivação é a preocupação com a degradação ambiental. Não é por estar na moda, desprezo modismos. Tive a oportunidade de crescer em contacto com a rica natureza dos pampas de um país tropical, e gostaria que as gerações que me sucederão também tenham a oportunidade de ver o que eu vi, de viver o que eu vivi.

Através da realização deste projecto, e não só disso, proponho-me a ser uma cidadã energética e ambientalmente consciente. Convido você, caro leitor, para também o ser. Acredito que isto faça a diferença.

Agradeço ao documentário '*An Inconvenient Truth*' pela interessante forma de apresentar esta mensagem tão urgente.

Agradecimentos

Ao Engenheiro João Paulo Teixeira, pela orientação, pelos conhecimentos transmitidos e pela sua disponibilidade.

Ao Engenheiro Luís Filipe Vaz, por todos os conhecimentos partilhados e incentivo a abordagem crítica aos problemas.

À Engenheira Paula Martins e ao Engenheiro António Pinto, por terem contribuído para o meu crescimento confiando tarefas de diferentes âmbitos.

A todos os membros do *Energy Savings Project*, que contribuíram com senso crítico à realização das tarefas e o sucesso do Projecto.

A todos os elementos da ColepCCL, que directa ou indirectamente contribuíram para a minha rápida integração e para a realização do presente Projecto.

Ao Professor Américo Azevedo, pela orientação durante a execução do Projecto.

Ao tio e agora colega de profissão, José Leonardo Aita, pelo exemplo de competência, tornando-se assim uma importante fonte de inspiração.

A todos os amigos que foram acolhedores como uma família e proporcionaram o meu bem-estar para realização da conclusão do período académico em Portugal.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contexto	1
1.2. Objectivos	1
1.3. Metodologia	2
1.4. Organização do documento	i
2. Gestão de Energia.....	4
2.1. Conceitos fundamentais e evolução	4
2.2. Principais fontes energéticas	8
2.3. Abordagem à redução do consumo energético	11
2.4. Enquadramento legal e legislação aplicável	12
2.5. Outros aspectos relevantes	15
3. Estratégias para redução do Consumo Energético	24
3.1. Linha de Acção	24
3.2. Gestão da mudança na perspectiva energética	33
3.3. Recursos de suporte a decisão	35
3.4. Gestão da Energia Eléctrica e tarifação em Portugal	36
4. Caso prático de estudo	38
4.1. Caracterização da Organização objecto de estudo	38
4.2. Caracterização dos Produtos	38
4.3. Modelo produtivo	39
4.4. Marcos relevantes no âmbito da gestão de energia	42
4.5. Utilização das fontes de energia	42
4.6. Caracterização energética dos processos produtivos e Potência Instalada	43
4.7. Distribuição de Energia	48
4.7.1. Distribuição de electricidade	48
4.7.2. Produção e Distribuição do ar comprimido	49

4.7.3. Iluminação	51
4.7.4. Distribuição de Vapor e recolha de Condensados	51
4.7.5. Distribuição de energia sob a forma de água quente	52
4.7.6. Aquecimento e arrefecimento ambiente	52
4.7.7. Gás Natural	52
4.8. Segmentação do consumo	52
5. Implementação de Programa de Racionalização de Energia e Discussão dos Resultados	62
5.1. Processo de implementação	62
5.2. Continuidade dos trabalhos	74
5.3. Análise dos resultados obtidos	77
6. Conclusão	80
6.1. Principais Conclusões	80
6.2. Perspectivas de Desenvolvimento futuro	80
7. Referências e Bibliografias	82
 ANEXO A – Estruturação de um plano de Auditoria Energética	 84
ANEXO B – Apresentação da organização objecto de estudo	85
ANEXO C – Caracterização do processo de montagem de embalagens metálicas	86
ANEXO D – Cálculos de poupança estimada para iluminação	89
ANEXO E – Estudo poupança temporização de sopros de ar comprimido na secção da estampagem	92
ANEXO F – Estudo poupança dos sopros de ar comprimido	93
ANEXO G – Estudo poupança da troca do sistema de alimentação dos vibradores de pó do verniz	94

Índice de Figuras

Figura 1 – Diagrama de <i>Ishikawa</i> para as fontes de desperdício de energia.....	2
Figura 3 – Abordagens a Eficiência Energética Activa e Passiva	11
Figura 4 - Representação de uma harmónica	18
Figura 5 – Resultante da soma de duas curvas harmónicas	18
Figura 6 – Diagrama de Potências	20
Figura 7 – Visualização do comportamento das demandas (activa e reactiva)	22
Figura 8 – Esquema de um PMCS, Sistema de controlo de gestão de energia.....	23
Figura 9 - Ciclo PDCA ou Ciclo de Deming (DEMING, Edward).....	24
Figura 10 – Linha de acção do plano de gestão de energia (adaptado de CIPEC, 2002)	25
Figura 11 – Processo produtivo simplificado do fabrico de embalagens metálicas	39
Figura 12 – Reestruturação da Litografia	40
Figura 13 – Reestruturação das metálicas	41
Figura 14 – Coils e folha/chapa em balotes	43
Figura 15 – Folha inteira litografada	44
Figura 16 – Corte de coil seguido de corte em <i>scroll</i>	45
Figura 17 – Fundos, cúpulas, anéis.....	45
Figura 18 – Método de trabalho do <i>Energy Savings Project</i>	62
Figura 19 – Situação anterior dos quadros eléctricos da iluminação	63
Figura 20 – Planta da iluminação	64
Figura 21 – Fugas de Ar comprimido registadas de Junho de 2008 a Janeiro de 2009	65
Figura 22 – Histograma de Frequência	66
Figura 23 – Localização visual de fugas de ar comprimido	67
Figura 24 – Sopro de ar comprimido para movimentação de componentes	68
Figura 25 – Magnéticos a separar folhas	69
Figura 26 – Alimentação do verniz exterior utilizada anteriormente	70
Figura 27 – Troca sistema de alimentação de vibradores de pó.....	70
Figura 28 – Campanha de economia de Água.....	71

Figura 29 – Campanha de economia de ar comprimido	72
Figura 30 – Campanha de economia da iluminação	73
Figura 31 – Campanha motivação para sugestões.....	73
Figura 32 – Campanha de incentive às sugestões.....	74
Figura 33 – Comportamento do consumo energético perante a monitorização e controlo ou a ausência deles	75
Figura 34 – Planta da iluminação que chama a atenção para necessidade de reestruturação.....	76

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Abordagem recomendada para poupança energética da ordem dos 30%.....	5
Tabela 2 – Factores de conversão	6
Tabela 3 - Utilização de fontes/forma de energia em diferentes áreas industriais.....	9
Tabela 4 – Quadro comparativo dos sistemas de medição	17
Tabela 5 – Características principais dos Chillers.....	47
Tabela 6 – Características dos Transformadores	48
Tabela 7 – Características principais dos compressores de ar da Central Nº1	49
Tabela 8 – Característica dos compressores de ar na central nº2	50
Tabela 9 - Característica do compressor de ar na central nº3	50
Tabela 10 - Divisão dos consumos	56
Tabela 11 – Contadores parciais de Energia Eléctrica.....	57
Tabela 12 – Consumo específico de Electricidade	60
Tabela 13 – Consumo específico de Ar comprimido.....	60
Tabela 14 – Economia a partir das medidas	78

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Distribuição Mundial do consumo de energia.....	4
Gráfico 2 - Evolução do consumo ao longo dos últimos anos em tep	53
Gráfico 3 – Distribuição das diferentes formas de energia em tep e GJ.....	54
Gráfico 4 - Distribuição do consumo em GJ vs Tep.....	55
Gráfico 5 – Distribuição de consumo de electricidade	58
Gráfico 6 – Distribuição de Consumo de ar comprimido	59
Gráfico 7 – Distribuição do consumo de Gás Natural em m ³	59
Gráfico 8 – Consumo Específico de Ar Comprimido	60
Gráfico 9 – Distribuição do consumo em tep ao longo do ano.....	61
Gráfico 10 – Distribuição percentual das economias geradas por cada medida	78
Gráfico 11 – Consumos comparativos anuais e semestrais para 2007 e 2008, em kWh.....	79
Gráfico 12 – Consumo de Electricidade dos compressores	79

1. Introdução

1.1. Contexto

A energia e a sua gestão já conquistaram a sua devida importância na realidade industrial. A energia já é considerada um factor de produção tão importante como o trabalho, o capital e as matérias-primas. Neste sentido, as empresas tem vindo a implementar processos específicos de optimização e gestão do consumo de energia.

Esta dissertação apresenta o projecto do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, na opção de Gestão da Produção, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Intitulado “Gestão do Consumo de Energia - Eliminação de desperdício”, o projecto foi proposto por uma empresa fabricante de embalagens e desenvolvido no primeiro semestre do ano académico 2008/2009.

1.2. Objectivos

A empresa objecto de estudo caminha ao encontro da implementação da filosofia *lean*, e com isso gere os desperdícios a fim de eliminá-los. Eliminar desperdícios é tarefa que surge e torna-se crucial na medida em que aumenta a pressão económica na indústria. Para além destes contextos, a questão da responsabilidade ambiental é grande motivação para a gestão energética, uma vez que esta se torna um compromisso social.

O projecto foi desenvolvido pelo autor num contexto de integração numa equipa de trabalho - *Energy Saving Team* - que tem como objectivo reduzir os consumos energéticos através da eliminação de desperdícios e tornar a utilização energética mais racional. Enquanto os restantes membros desenvolvem outras tarefas além de participar desta equipa, o autor, por ter dedicação integral a este, esteve incumbido para além da realização das suas tarefas de fazer a gestão do grupo. A redução de 1% ao ano do consumo específico global da fábrica está previsto pelo Plano de Racionalização de Energia, (mais informações a respeito na secção 2.4), porém o objectivo do projecto é muito mais ambicioso.

A redução do desperdício energético neste projecto, em termos quantitativos, tem como objectivo 15%, e deve ser acompanhado por um sistema de controlo. O sistema de controlo deve prever medidas que consistam em mecanismos constantes e intemporais para que as economias não se percam.

Em termos qualitativos pretende-se uma mudança comportamental, ou seja, a consciencialização por parte de todos os colaboradores de que é preciso uma mudança de atitude perante o uso da energia. A colaboração dos trabalhadores passa por seguir medidas que proporcionem economia de energia além do compromisso em manter as soluções adoptadas.

1.3. Metodologia

No contexto do *Energy Savings Project (ESP)* foi constituído o *Energy Savings Team*, que é composto por membros das áreas produtivas e responsáveis da manutenção. O método de trabalho adoptado passa por reuniões semanais com visitas às diversas secções da fábrica para identificar oportunidades de redução energética e reuniões mensais para fazer análise dos dados, fazer e comunicar o ponto de situação e estabelecer futuras abordagens. Para alcançar os objectivos são aplicadas metodologias que promovem boas práticas na gestão dos consumos das formas de energia utilizadas, e com isso o consequente aumento da eficiência energética.

Tendo em vista o ambiente fabril de concepção de embalagens, deve ter-se em conta a redução de determinadas formas finais de energia, nomeadamente ar comprimido, electricidade e gás natural. A diminuição do consumo energético deve ser orientada por um estudo, representado no diagrama de *Ishikawa* da Figura 1, que aponta as causas do desperdício energético. A partir desta análise ficam estabelecidas as áreas onde actuar.

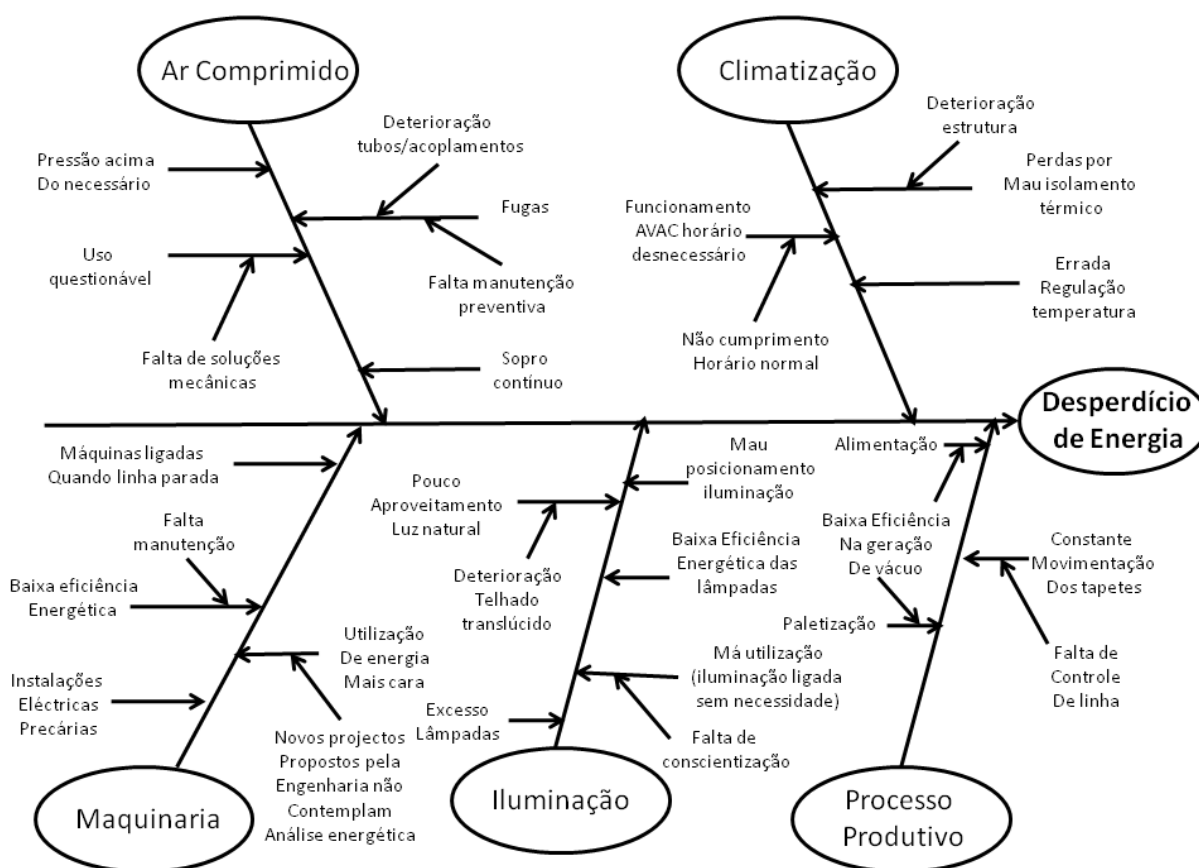


Figura 1 – Diagrama de *Ishikawa* para as fontes de desperdício de energia

O enfoque inicial estabelecido pelo *ESP* foi o de localizar e eliminar fugas de ar comprimido, pois este é sem dúvida a maior fonte de desperdício. O segundo passo é a busca do aumento de eficiência energética de todos os processos, adoptando sempre medidas que devem ter em conta a redução de forma sistematizada dos consumos, permitindo assim a conservação dos

objectivos alcançados ao longo do tempo. A Figura 2 ilustra a metodologia geral aplicada para se alcançar os objectivos, quantitativo e qualitativo.

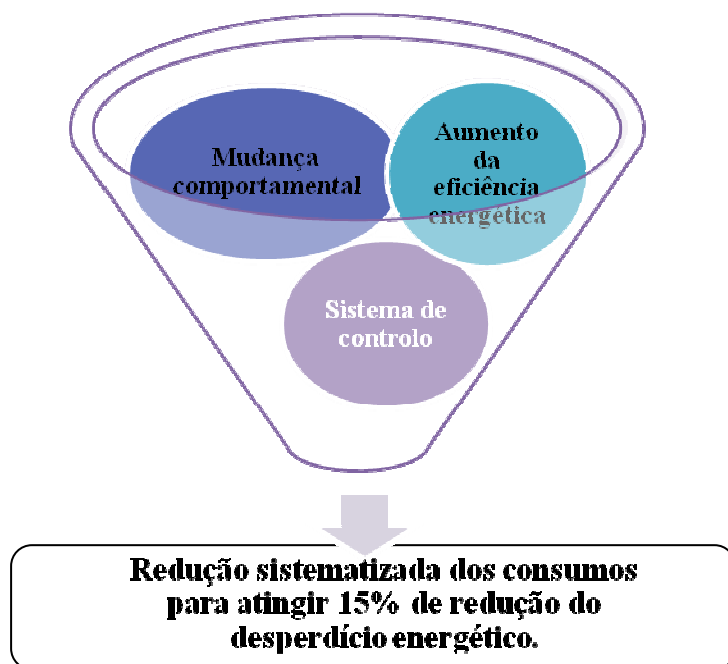


Figura 2 – Metodologia aplicada

1.4. Organização do documento

O documento apresenta-se organizado da maneira a seguir descrita.

O presente capítulo introduz a temática do projecto desenvolvido, os principais objectivos e a metodologia utilizada para os alcançar.

O capítulo dois descreve o estado da arte da Gestão de Energia, desenvolvendo problemáticas, metodologias e ferramentas usuais do tema.

O capítulo três desenvolve as principais estratégias capazes de traçar linhas de acção para redução do consumo energético.

O quarto capítulo é dedicado ao caso prático de estudo. Neste é feita a caracterização energética da organização modelo de estudo, em forma de balanço energético e análise crítica.

O capítulo cinco apresenta o programa de racionalização de energia adoptado. Mostra a forma como foi feita a implementação das metodologias desenvolvidas durante a realização do projecto e apresenta os resultados obtidos a partir destas mesmas.

Finalmente o capítulo seis apresenta as principais conclusões obtidas com a realização do presente documento.

2. Gestão de Energia

2.1. Conceitos fundamentais e evolução

A gestão de energia é um tema que tem a sua importância assegurada há muito tempo. Actualmente é um desafio para toda a indústria, uma vez que a pressão económica aumenta resultado do esforço em corrigir o impacto ambiental dos processos produtivos (uma obrigação que aumenta os custos do produto), enquanto se luta para competir num mercado global de preços em declínio (Kaltschmitt, 2007).

A indústria e sua infra-estrutura consomem cerca de 33% da energia mundial, como representado no Gráfico 1, e segundo os dados da *World Resources Institute*, detém a maior responsabilidade perante a redução dos consumos. Segundo a *Schneider Electric* a redução do consumo energético na indústria pode alcançar entre 10% e 20% com medidas como:

- Sistemas de motores eléctricos;
- Análise de rede;
- Sistemas de gestão de energia;
- Soluções de automação.

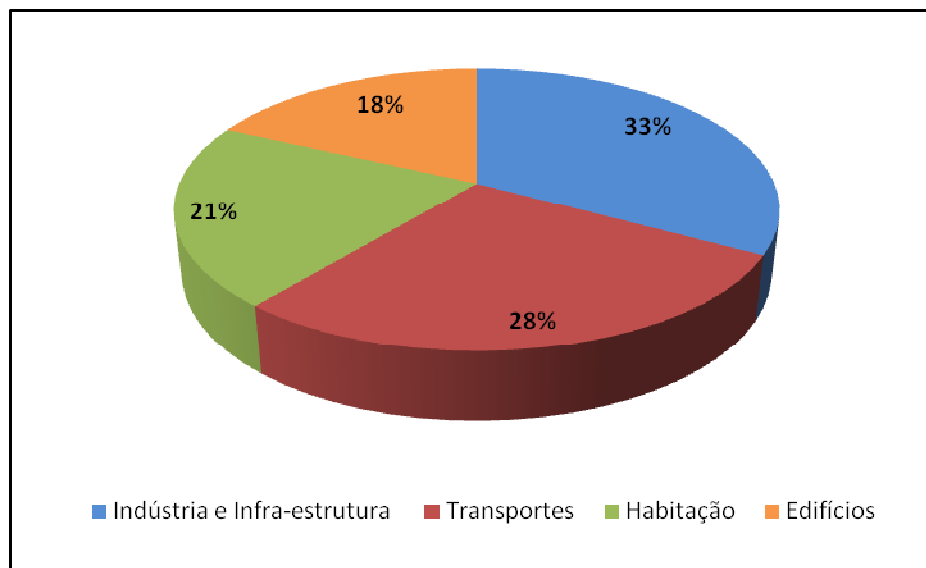


Gráfico 1 – Distribuição Mundial do consumo de energia

Para se alcançar economias energéticas da ordem dos 30%, devem ser combinadas as abordagens indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Abordagem recomendada para poupança energética da ordem dos 30 %

Abordagem	Meio de o fazer	Potencial para gerar economia de
Equipamentos eficientes, instalações eficazes	Equipamentos de baixo consumo, edifícios termicamente isolados	10 - 15 %
Utilização otimizada dos equipamentos e instalações	Deslastre de equipamentos sempre que possível, regulação do regime dos motores para níveis otimizados	5 - 15 %
Acompanhamento permanente, melhoria continua	Programa de manutenção rigorosos, análise em continuo dos consumos e reacção imediata perante os desvios	2 - 8 %

Gerir a energia não deve significar apenas reduzir os consumos, mas sim garantir a sua utilização da forma mais racional possível. Esta metodologia traduz-se na procura de uma alta eficiência energética, ou seja, fazer mais e melhor com menos consumo. Este deve ser um processo dinâmico onde, para se atingirem os objectivos, se deve criar um compromisso entre as questões económicas e ambientais. Na relação de compromisso entre estas duas questões há uma partilha de riscos e deve ser estabelecida uma relação de ganho entre as partes envolvidas.

As vantagens de gerir a energia não se resumem apenas às citadas anteriormente. Um completo sistema de gestão apoia e solidifica a fiabilidade de todo o sistema produtivo para além de monitorar e controlar importantes parâmetros. Pode-se citar outras mais-valias de um sistema de gestão de energia tais como:

- A riqueza de informações e detalhes permite a supervisão total do fluxo de energia na instalação, inclusive alimentando sistemas de gestão empresarial (ERP) em tempo real;
- A competitividade da economia globalizada obriga as empresas a conhecer detalhadamente os seus custos de energia, rateando-o entre os vários sectores (centro de custos) da planta;
- Inúmeros componentes eléctricos têm máxima vida útil quando operados com factor de potência dentro de um dado intervalo;
- Transformadores tem máximo rendimento quanto maior for o factor de potência, e sua eficiência é de grande importância contra a obsolescência precoce de subestações;
- Protecções (fusíveis e disjuntores) podem actuar desnecessariamente se a qualidade da energia utilizada cair abaixo de certos limites (uma combinação de factor de potência, distorções harmónicas e número de interrupções e transientes);
- O fenómeno chamado "efeito joule", que causa aquecimento desnecessário em equipamentos eléctricos, incluindo fios e cabos, a medida que cai o factor de potência, compromete a vida útil de inúmeros componentes.

O uso racional de energia pressupõe que cada processo a utilize de forma a minimizar a quantidade consumida de energia primária. Este é o recurso energético que se encontra

disponível na natureza: petróleo, gás natural, energia hídrica, energia eólica, biomassa, solar, entre outros. Exprime-se normalmente, em termos da massa equivalente de petróleo (quilograma equivalente de petróleo - kgep - ou tonelada equivalente de petróleo - tep) ou Giga-Joule (GJ). A Tabela 2 apresenta os coeficientes de transformação das formas finais de energia mais comuns na indústria, para kgep e GJ.

Tabela 2 – Factores de conversão

Vapor	2353	kJ/Kg	0,063	Kgep/Kg
Água Quente	3600	KJ/KWh	0,096	Kgep/kWh
Gás Propano	47730	KJ/Kg	1,14	Kgep/Kg
Gás Natural	38100	KJ/Nm³	0,91	Kgep/Nm³
Electricidade	3600	KJ/KWh	0,29	Kgep/kWh

A conversão energética para análise de distribuição de consumos deve ser cuidada pois as diferentes formas de energia não têm uma relação linear, nem o mesmo peso, quando convertidas para tep ou GJ. A electricidade, por exemplo, apresentará maior valor numa análise de distribuição percentual do uso de energia se feita em Kgep do que em GJ.

Uma vez que se fala em gestão energética, é evidente a necessidade da apresentação do conceito principal do tema, ou seja, a energia.

A etimologia da palavra tem origem no idioma grego, onde *εργος* (ergos) significa "trabalho". Definir energia é muito mais do que definir uma grandeza, já que esta pode assumir diversas formas. De acordo com *Max Planck* energia é definida como a habilidade de um sistema para causar acções externas. Quando temos de a quantificar ou medir, naturalmente que o resultado se traduz sempre da mesma maneira, ou seja, capacidade de gerar trabalho (força x distância) na unidade de tempo, o Joule (J).

É comum confundir fontes de energia com formas de energia. As formas de energia podem ser: mecânica (potencial ou cinética), térmica, eléctrica, química, nuclear e solar. Na prática, as aplicações energéticas têm capacidade para gerar trabalho visível através de força, calor e luz. Fontes de energia primárias ocorrem livremente na natureza e não sofreram qualquer transformação. As formas de energia (ou fontes de energia secundárias) são obtidas a partir de outras fontes, como por exemplo: electricidade, gasolina, petróleo, etc.

A evolução da gestão de energia

Em 1960, a Arábia Saudita, o Kuwait, o Irão, o Iraque e a Venezuela criaram a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) permitindo que, pela primeira vez na história estes países se unissem contra as "sete irmãs", nome pelo qual eram conhecidas sete multinacionais anglo-americanas que durante a década de 50 controlavam os preços e volumes de produção da principal matéria-prima para a geração de formas de energias finais da indústria, o petróleo. Um acidente que danificou o oleoduto entre a Arábia Saudita e o mar mediterrâneo levou a uma diminuição da oferta de 5 mil barris/dia no mercado e teve como consequência o aumento dos preços do petróleo, o que levou a OPEP a dar-se conta do seu poder (Cronologia da OPEP, 2006).

A Guerra do *Yom Kipur* de 1973, provocou o primeiro choque petrolífero mundial. A OPEP elevou o preço do barril em 70% e limitou a sua produção. Os preços do barril de petróleo atingiram valores altíssimos, o que provocou grande recessão nos Estados Unidos e na Europa e desestabilizou a economia no mundo. Esta crise permitiu alertar que as fontes de energia primária são limitadas, escassas e com preços instáveis, o que favoreceu a gestão energética. É natural que os maiores consumidores também tenham sido os primeiros a enfrentar a crise energética, neste caso os EUA, e a iniciar a desaceleração dos consumos. Este é considerado o primeiro grande marco da gestão de energia da sociedade moderna (Mollo-Mollo, 1974).

Alguns anos depois o crescimento energético voltou a ser promovido, com medidas oficiais que reforçaram as práticas industriais com vista a fornecer energia com o menor preço possível. Nesta altura não, mas alguns anos mais tarde surgiram novamente preocupações com o consumo, nomeadamente com o início da Guerra do Golfo em 1991, em que o Iraque invadiu o país vizinho, Kuwait, um dos maiores produtores de petróleo do mundo. Com a invasão das forças militares dos EUA e dos países aliados, os iraquianos foram expulsos do Kuwait, no entanto incendiaram alguns poços de petróleo do emirado provocando uma crise económica e ecológica.

A evolução da gestão energética na indústria é historicamente mais abordada no âmbito da evolução dos equipamentos de gestão de energia eléctrica, que é brevemente apresentada nos próximos parágrafos (Controle & Instrumentação, 1999).

Até o início dos anos 80, usavam-se conjuntos de relés para controlar a demanda de energia. Nesta época, o surgimento das tarifas hora-sazonais coincidiram com os primeiros controladores micro-processados. Estes equipamentos não tinham capacidade nenhuma de programação. A evolução continuou, e os controladores passaram a dispor de CPU's mais potentes, capazes de controlar ecrãs, teclados, e de armazenar dados. No final da década de 80 surge o primeiro equipamento com capacidade de comunicação serial, justamente no momento em que o uso dos computadores pessoais começou a ser mais difundido.

De lá para cá a evolução da interface visual dos sistemas (software) foi enorme: gráficos esteticamente mais interessantes, relatórios mais completos, mais análises, e mais estatísticas. Mas enquanto a informática explodiu em todo o mundo, os sistemas de controlo pouco evoluíram, principalmente quanto ao hardware. Prova disto é que, ainda hoje, algumas marcas do sector vendem sistemas baseados em CPU's de 8 bits. Os fabricantes alegavam ter capacidade de fazer a gestão energética, bastando instalar medidores de energia activa com saída em pulsos e placas de entradas digitais que levariam as informações até a CPU central, ou a CPU's auxiliares ou expansões.

Sistemas mais completos e complexos surgiram no início dos anos 90. Mas os resultados ainda eram pouco confiáveis. Talvez por isso a solução não se disseminou e a maioria dos consumidores continuou a fazer o controlo de demanda pura e simplesmente.

As pressões políticas criadas com o tratado de Quioto impulsionaram o mercado de soluções para a gestão energética. O Protocolo de Quioto é consequência de uma série de eventos iniciada com a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá em Outubro de 1988, seguida pelo *IPCC's First Assessment Report em Sundsvall*, na Suécia em Agosto de 1990 e que culminou com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (CQNUMC) na ECO-92 no Rio de Janeiro (Brasil) em Junho de 1992. A partir deste quadro, os países começaram a publicar suas normas para os sistemas de gestão

energética (SGE). Em geral são documentos muito completos e acessíveis, para apoiar e orientar o SGE desde as grandes plataformas indústrias até pequenas residências.

A utilização da energia na indústria teve no passado uma ligação mais intensa com os custos de compra da unidade energética. Ou seja, o agente limitador do uso era, no limite, o preço do barril de petróleo, que influenciava o preço da compra de fontes de energia maioritariamente utilizadas (electricidade e gás). A seguir foram contemplados nos custos directos, ou seja, facturas energéticas, os custos de manutenção, correctiva seguida da preventiva. Actualmente é uma preocupação que engloba vários factores, nomeadamente: ambientais (necessidade de redução dos Gases de Efeito Estufa, riscos de esgotamento das reservas de energias fósseis) e económicos (peso do custo da energia no processo de produção e nos transportes).

As saídas apontadas para a correcta utilização das fontes energéticas passam pelos mais diversos tipos de solução técnica/tecnológica e investimentos a realizar. As escolhas a tomar na hora de optar pelas medidas de poupança de energia são com certeza bastante variadas já que na indústria, na hora das decisões, há que combinar os critérios técnico-económicos com as preocupações ambientais. As energias renováveis, ou energias limpas, apresentam normalmente um tempo de retorno ao investimento mais elevado, mas em contra-partida são importantíssimas à questão ambiental e status.

2.2. Principais fontes energéticas

Para além das várias formas que a energia pode atingir, outro aspecto não menos importante é o facto de só fazer sentido falar em energia no contexto de uma transformação. Este é um dos factores que influenciam o êxito de uma empresa, saber quanto custa transformar uma fonte numa forma, ou mais vulgar, transformar uma forma de energia em outra forma diferente.

As formas de energia normalmente utilizadas na indústria de embalagens - indústria objecto de estudo – são a electricidade, o ar comprimido e o gás natural industrial, que envolvem os temas apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Utilização de fontes/forma de energia em diferentes áreas industriais

		Fonte / Forma de energia		
		Ar Comprimido	Electricidade	Gás Natural
Área / Tema	Tecnologia Eléctrica	✓	✓	
	Máquinas Eléctricas	✓	✓	✓
	Sistemas de protecção e Controlo Automático	✓	✓	✓
	Termodinâmica	✓		✓
	Mecânica dos Fluidos	✓		✓
	Transferência de calor e massa	✓		
	Tecnologia do frio e adsorção	✓		
	Técnica de filtragem	✓		✓
	Tribologia	✓		
	Tratamento de água industrial	✓		
	Ventilação	✓	✓	
	Cálculo de Redes	✓	✓	✓
	Manutenção Eléctrica e Mecânica	✓	✓	✓

Segue-se uma breve descrição das fontes de energia finais aqui abordadas.

Electricidade

Na indústria transformadora não há dúvidas que, entre todas as formas de energia utilizadas, a electricidade é a mais consumida e por isso a de maior importância. A electricidade, como fonte de energia secundária, ao ser convertida em energia útil vai continuar a ter um papel determinante nos processos industriais. Este facto obriga a tomar medidas inteligentes tanto relativamente ao seu consumo quanto a concepção dos modelos de produção.

As questões relevantes para a gestão de energia que se levantam sobre o consumo de electricidade são: Por que preço? A partir de que fonte ou fontes? Que influência têm na qualidade ambiental?

Desde a Revolução Industrial até as últimas décadas os diversos modelos de crescimento económico estavam baseados no petróleo, energia barata, de fácil manejo, utilização e transporte. O que se passa de facto nas últimas duas décadas é que a crescente preocupação com a situação ambiental levou à criação de fortes incentivos, financeiros ou de outra ordem, para a criação de formas de geração de electricidade que não o petróleo - as energias limpas.

Ar Comprimido

O ar comprimido é a síntese de uma transformação de uma forma de energia em outra forma diferente, ou seja, trocar electricidade por pressão. A falta de esclarecimentos sobre a diferença entre formas e fontes de energia, segundo José Maria Novais (1995), gera a pouca consciência sobre os custos energéticos consumidos ou perdidos indevidamente, na medida em que é elevado o custo de conversão de energia eléctrica em energia mecânica e finalmente em pressão.

A atenção a este tema deve ser expressiva, uma vez que o ar comprimido é a segunda energia mais consumida na indústria transformadora, e por conseguinte a mais cara de todas, e mesmo assim a mais mal gerida. Esta problemática poderia explicar-se sobretudo pelo facto de o senso comum considerar o ar matéria-prima gratuita, esquecendo o motor eléctrico a funcionar na unidade compressora. Tal facto deve ser combatido pois cobre custos, que somados a outros encargos nem sempre detectáveis, mascaram os resultados de uma empresa.

A factura energética é uma das principais condicionantes pela fraca competitividade industrial, e como já referido, o ar comprimido está intimamente relacionada a esta, sendo importante assim a preocupação com a sua gestão.

A tecnologia do ar comprimido envolve duas grandes áreas da engenharia: mecânica e electrotecnia, assumindo assim carácter multidisciplinar. Os principais temas associados são:

- Custos Energéticos;
- Critérios na selecção de equipamentos;
- Tratamento do ar comprimido;
- Classes de manutenção.

Partindo do princípio de que neste momento e no futuro próximo, só se consegue ar comprimido industrial a partir de electricidade, e como o compressor é uma máquina de baixo rendimento, tudo o que diz respeito à forma de energia que é a electricidade interessa (Novais, 1995).

Gás Natural

O Gás Natural é um combustível fóssil e por isso não renovável. Tem vindo a substituir na indústria o gás propano, já que as vantagens apresentadas não se resumem apenas ao preço. O custo da conversão também se paga no desinvestimento em armazenagem, manutenção e equipamentos de controle ambiental, mostrando-se um benefício de médio e longo prazo.

Algumas das características que sustentam a utilização do gás natural são:

- Chama fácil e finamente regulável com temperatura constante;
- Ser pouco poluente: liberta, por unidade de energia produzida, menos dióxido de carbono;
- O teor de enxofre é residual;
- Não produz cinzas nem resíduos sólidos;
- Não necessita de ser bombeado nem de ser aquecido;
- Responde imediatamente ao controle, permitindo a automatização de processos;
- Devido à sua natureza gasosa, permite menores excessos de ar na combustão;
- É simples configurar adequadamente as características e forma da chama.

Na indústria as principais aplicações do Gás Natural são: caldeiras, fornos, secadores, aquecimento radiante, incineração de gases e cogeração.

2.3. Abordagem à redução do consumo energético

Para se actuar na redução dos consumos de energia pode-se adoptar duas abordagens da eficiência energética: a passiva e a activa. A eficiência energética passiva é gerida através do recurso à utilização de equipamentos de baixo consumo, isolamento mais eficaz, correcção do factor de potência, limitando-se a evitar perdas que diminuam o rendimento da instalação. A eficiência energética activa tem atenção constante sobre os consumos, através de monitorização e programas rigorosos de manutenção que permitem reacção imediata em caso de desvios e implementação de medidas correctivas. Inclui ainda a mudança dos comportamentos e procedimentos dos utilizadores, uso optimizado das instalações e equipamentos. As principais etapas destas abordagens estão ilustradas na Figura 3.

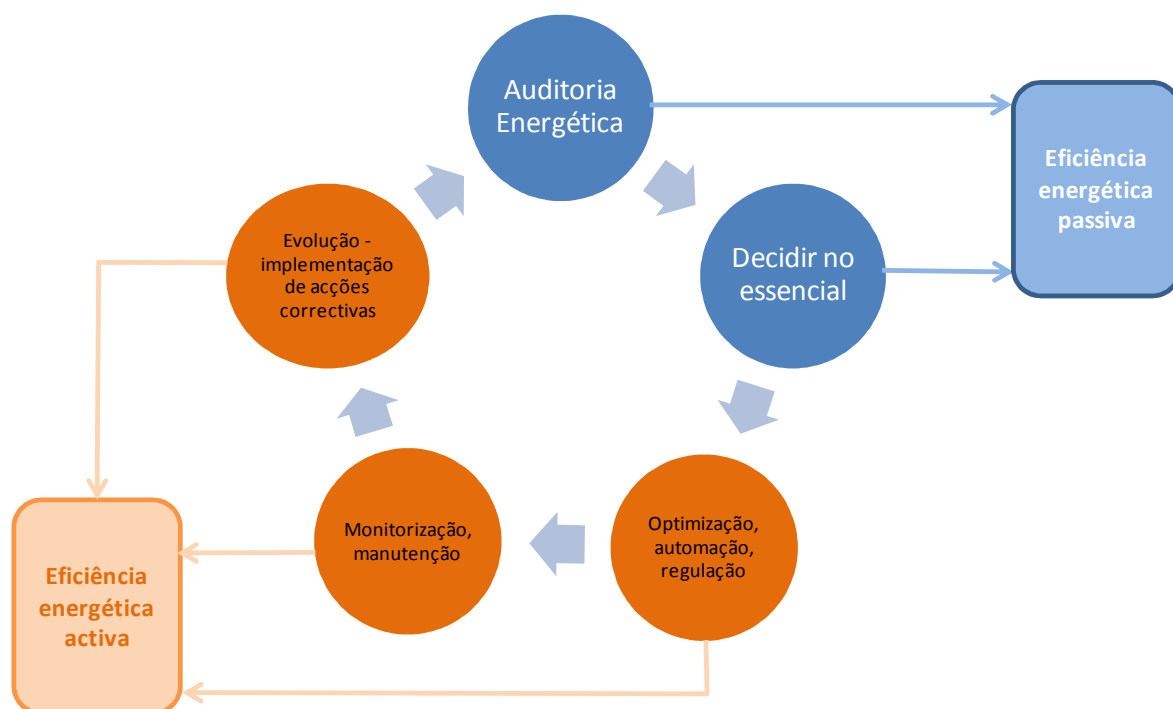


Figura 3 – Abordagens a Eficiência Energética Activa e Passiva

As abordagens da gestão energética, focadas na eliminação de desperdício, começam pela identificação dos processos mais simples energeticamente. Estes processos normalmente envolvem a utilização de apenas uma forma de energia e podem ter grande parte do consumo diminuído apenas com uma utilização mais racional do seu uso. Esta constatação é importante para que se possa ter uma boa gestão do custo benefício para eliminação de desperdício, custo neste caso, também no sentido de esforço.

O desperdício numa empresa pode acontecer de muitas formas, seja em pequenas actividades redundantes, que se faz no decorrer do trabalho, seja nas operações causadas pelos defeitos que não são identificados nos produtos. Para se evitar o desperdício é necessário fazer uma revisão de todas as etapas do processo e modificá-lo onde é necessário, de modo a que as actividades que não acrescentam valor ao produto sejam eliminadas. A ideia de anular o desperdício pode parecer trivial, mas, na prática, o que é aparentemente trivial não é levado muito a sério e o desperdício acaba por acontecer mesmo assim. Reduzir perdas num processo

de trabalho é tornar a empresa livre de um peso desnecessário.

A partir da definição de desperdício conclui-se que a gestão de energia numa primeira abordagem deve concentrar-se em tarefas que eliminem o desperdício de energia. Esta é a abordagem a eficiência energética passiva. Para se atingir os resultados pretendidos é necessário identificar quais as acções vitais (potenciais); estas tarefas geralmente apresentam resultados a curto prazo, o que é muito vantajoso. Algumas medidas podem ser fáceis de implementar, ter reduzido investimento e rápidos retornos, e certamente devem ser as primeiras a serem propostas e implementadas, servindo de ‘motor propulsor’ a outras tarefas.

Um exemplo facilmente identificável é a iluminação. A iluminação é um recurso que usualmente não está no centro das preocupações da maioria dos colaboradores de uma empresa, uma vez que se julga que o consumo deste é muito inferior ao da maquinaria. Isso pode ser sem dúvida uma verdade, porém uma vez que se queira eliminar os desperdícios, é de extrema importância que se olhe com mais atenção a este assunto. O consumo de electricidade pelo qual a iluminação é responsável depende muito do factor humano, ou seja, da consciência que se tem perante ao facto de uma lâmpada ligada desnecessariamente é desperdício. Logo, gerir o desperdício energético provocado pela iluminação é uma tarefa que pode ter o esforço facilmente recompensado, já que não envolve maquinaria nem processos complexos.

Outro ponto importante na gestão energética é a identificação de processos que estejam a utilizar uma energia que não a mais eficiente, ou não a mais económica. Esta análise é suportada pelo preço de cada unidade energética consumida, como €/kWh, €/Nm³/min¹ de ar comprimido, etc. Neste âmbito não se deve ter em atenção apenas os processos que já decorrem na empresa, mas também nos futuros, ou seja, na aquisição da nova maquinaria e criação de processos, caso contrário o gestor da energia terá que andar sempre a procura de situações com baixas eficiências energéticas.

2.4. Enquadramento legal e legislação aplicável

Dada a evidente necessidade de redução dos consumos energéticos é importante questionar-se sobre em que medida deve-se reduzir os consumos. É preciso estabelecer objectivos concretos para atingir, uma meta. Tendo em vista esta preocupação e a regulamentação que são criadas medidas legislativas aplicáveis a gestão energética.

A gestão de energia deve assentar no conhecimento dos sistemas consumidores, através da elaboração de auditorias energéticas periódicas e na consequente elaboração de programas de actuação e de investimento nesta área, a fim de reduzir os consumos e/ou efectuar substituição de energia.

¹ Enquanto a vazão mássica permanece constante durante o escoamento permanente de um gás, a vazão volumétrica se altera conforme as condições de pressão e temperatura mudam. Ela é maior na entrada do que na saída de um compressor. Por isso é comum o uso de vazões baseadas numa condição padrão, o Nm³/h (normal metro cúbico por hora), que representa a vazão volumétrica em condições de pressão e temperatura definidas como padrão, pressão de 1 atmosfera e zero graus celsius de temperatura volumétrica se altera conforme as condições de pressão e temperatura mudam. Ela é maior na entrada do que na saída de um compressor. Por isso é comum o uso de vazões baseadas numa condição padrão, o Nm³/h (normal metro cúbico por hora), que representa a vazão volumétrica em condições de pressão e temperatura definidas como padrão, pressão de 1 atmosfera e zero graus celsius de temperatura.

O RGCE, Regulamento de Gestão do Consumo de Energia, tem como primeiro objectivo instaurar nos agentes económicos a análise da energia como "factor de custo", estabelecendo uma metodologia de intervenção para a gestão dos consumos específicos energéticos.

A Política Energética Nacional tem o dever de conduzir as empresas ou instalações consumidoras intensivas de energia a iniciarem a sua própria gestão de energia do modo mais adequado, através da execução do exame das condições de utilização de energia (auditoria energética) e do estabelecimento obrigatório da definição e cumprimento de um plano de racionalização, tendente a levar a instalação a evoluir, num determinado prazo, o seu consumo de referência para um outro definido de acordo com metas estabelecidas. Encontra-se abrangida por este Regulamento toda e qualquer instalação consumidora de energia em relação à qual se verifique uma das seguintes condições:

- Tenha um consumo energético anual superior a 1000 tep;
- Tenha equipamentos cuja soma dos consumos energéticos nominais excedam 0,5 tep/hora;
- Tenha um equipamento cujo consumo energético nominal exceda 0,3 tep/hora.

A auditoria energética em Portugal deve ser feita a cada 5 anos e deve acompanhar a apresentação posterior de um relatório, seguindo os passos listados abaixo:

1º Passo: levantamento energético da situação, conhecer de modo detalhado quanta energia é consumida e sob qual forma.

2º Passo: fluxo de energia relevante, conhecer os equipamentos, seus rendimentos e perdas.

3º Passo: medições específicas, para complementar informações sobre o sistema de a forma a conhecer melhor seu comportamento geral e seu funcionamento integrado.

4º Passo: análise dos dados recolhidos, definição e estudo de eventuais medidas correctivas (Plano de racionalização).

5º Passo: execução.

6º Passo: efectuar acompanhamento permanente. Controlar o processo de controlo, estabelecendo periodicidade da recolha da informação e o nível do seu tratamento e análise.

O Plano de racionalização dos consumos de energia (PRCE) consiste num programa de actuação do consumidor abrangendo um período de 5 anos que, integrando os resultados da Auditoria Energética realizada e os planos de produção e desenvolvimento previstos pela entidade, permita reduzir os consumos específicos de acordo com as metas previamente fixadas.

As metas são definidas em função da situação energética da instalação no ano de realização da auditoria por comparação com consumos específicos pré-estabelecidos. Para além disso, o PRCE deve listar a sequência de medidas de gestão e os investimentos a realizar.

Para cumprimento da meta é necessário estabelecer um indicador (M - meta de redução do consumo específico) que neste caso é o Consumo Específico (CE) - consumo de energia por unidade de produto. A meta em cada período (N - ano), estabelecida de 5 em 5 anos, pode estar especificado conforme actividade da empresa. Caso não esteja estabelecido é dado pelo cálculo efectuado a partir da equação (1): redução para a metade da diferença entre os consumos específicos reais (C – consumo específico real em kgep/un), verificados quando da

realização do exame da instalação, e os consumos específicos de referência (K – consumo específico de referência em kgep/un), definidos pela Direcção-Geral de Energia para diversos produtos, tipos de operação ou instalação.

$$M = [(C - K)/29] \times [N/5] \quad (1)$$

Para alguns sectores, o K é calculado como sendo 90% do consumo específico real mais baixo verificado nas empresas ou instalações examinadas, conforme calculado pela equação (2).

$$K < 0,9 \times C \quad (2)$$

No caso de não haver valor de referência publicado, os consumos específicos devem diminuir 1% ao ano, com valor de referência estabelecido na auditoria energética, conforme calculado pela equação (3).

$$M > 0,01 \times C \times N \quad (3)$$

No âmbito energético também foram instituídos nacionalmente apoios financeiros para acções que visem a gestão da energia de uma forma geral, presentes no Regulamento de Gestão do Consumo de Energia: Sistema de Incentivos à utilização racional de energia (S.I.U.R.E.), criado pelo decreto de lei nº 188/88, publicado em 27 de Maio de 1988, que contempla:

- Conservação e economia de energia e combustíveis;
- Produção de energia e combustíveis através de recursos renováveis, resíduos ou subprodutos; e
- Substituição do consumo de produtos derivados de petróleo.

Segue as outras aplicações da legislação vigente.

Portaria n.º 60/2002. DR 12 SÉRIE I-B de 15-01-2002 do Ministério da Economia

Estabelece o tarifário aplicável a instalações de co-geração licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei nº 538/99, de 13 de Dezembro, que sejam utilizadoras de energia primária que, em cada ano, seja constituída em mais de 50% por recursos renováveis ou resíduos industriais, agrícolas ou urbanos, independentemente da potência de ligação. Estabelece ainda disposições relativas ao período de vigência das modalidades do mesmo tarifário. Revoga a Portaria nº 525/2001, de 25 de Maio.

Portaria n.º 59/2002. DR 12 SÉRIE I-B de 15-01-2002 do Ministério da Economia

Estabelece a fórmula de cálculo da remuneração pelo fornecimento da energia entregue à rede das instalações de co-geração licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei nº 538/99, de 13 de Dezembro, utilizando como combustível fuelóleo, isoladamente ou em conjunto com combustíveis residuais, independentemente da potência de ligação. Estabelece ainda disposições relativas ao período de vigência das modalidades do mesmo tarifário.

Portaria n.º 58/2002. DR 12 SÉRIE I-B de 15-01-2002 do Ministério da Economia

Sumário: Estabelece a fórmula de cálculo da remuneração, pelo fornecimento da energia entregue à rede, das instalações de co-geração licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei nº 538/99,

de 13 de Dezembro, cuja potência de ligação seja inferior ou igual a 10 MW, utilizando como combustível gás natural, GPL ou combustíveis líquidos, com excepção do fuelóleo. Estabelece ainda disposições relativas ao período de vigência das modalidades do mesmo tarifário. Revoga a Portaria nº 30/2000, de 27 de Janeiro.

Decreto-Lei n.º 71/2008, DR 74 Série I de 15-04-2008 do Ministério da Economia e da Inovação

Este diploma regula o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia, com o objectivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia.

Decreto-Lei n.º 538/99. DR 288/99 SÉRIE I-A de 13-12-1999 do Ministério da Economia

Estabelece o regime da actividade de co-geração. Revoga o Decreto-Lei nº 186/95, de 27 de Julho, sem prejuízo do disposto no artigo 28º.

Declaração de Rectificação n.º 8-B/2002. DR 50 SÉRIE I-A 2º SUPLEMENTO de 28-02-2002 do Presidência do Conselho de Ministros

De ter sido rectificado o Decreto-Lei nº 313/2001, do Ministério da Economia, que altera o Decreto-Lei nº 538/99, de 13 de Dezembro, revendo normas relativas às condições de exploração e tarifárias da actividade da produção combinada de calor e electricidade, publicado no Diário da República, 1ª série, nº 284, de 10 de Dezembro de 2001.

2.5. Outros aspectos relevantes

A medição

Seguindo a máxima: “Se você não consegue medir, você não consegue gerir”, (Kaplan, 1996) torna-se evidente a importância da medição também na gestão de energia. É fundamental, medir, analisar e compreender a informação, uma vez que a medição só tem sentido se comparado a um padrão e combinada com uma eficaz monitorização (CIPEC, 2002).

A medição e a monitorização de diferentes fluxos de energia e de materiais em uma instalação são essenciais para a redução do uso de energia, e apresentam ainda os seguintes benefícios:

- Informação sobre o processo de produção, tais como temperatura, pressão e quantidade,
- Determinação do desempenho energético para usar como comparação na avaliação do progresso dos projectos de energia,
- Criação de novos padrões de desempenho e metas operacionais,
- Gestão diária e correcção de desempenhos inaceitáveis,
- Denunciar o mau uso da energia,

- Facilitar o processo de tomada de decisões relacionadas com a melhoria das operações,
- Planeamento das iniciativas da gestão de energia;
- Comunicação dos progressos realizados no desempenho da eficiência energética - estimular a participação e estimular a sensibilização para a energia dos colaboradores;
- Justificação de modificação nas instalações e compra de novos equipamentos ou substituição dos mesmos, e
- Integração dos dados de saída em um sistema de gestão de energia computadorizado na instalação.

A qualidade dos equipamentos de medição do consumo de energia devem ser uma prioridade para que se possa mantê-los em funcionamento nos picos eficiência e poder detectar a sua diminuição. As medidas mais úteis para o acompanhamento da utilização da energia são fluxo, temperatura, humidade, calor, entalpia e consumos eléctricos, tensão e corrente. Estas variáveis devem ser medidas no sentido de permitir observação e gravação de padrões de uso de energia que permitirá aos gestores estabelecer valores e encontrar directamente ineficiências energéticas. A gestão de energia exige que os dados sejam confiáveis e precisos. Neste sentido conta com avanços significativos nesta área e as mais-valias da medição electrónica, que beneficia as medições com maior fiabilidade e facilidade de manuseamento dos dados.

A Tabela 4 faz uma comparação entre os sistemas baseados em medição electrónica, e os sistemas com medidores electromecânicos.

Tabela 4 – Quadro comparativo dos sistemas de medição

Sistemas com medição electrónica	Sistemas com medidores electromecânicos
Várias grandezas no mesmo instrumento	Um instrumento para cada grandeza
Leituras instantâneas directas permitem o registo histórico de todas as grandezas eléctricas	Valores precisam ser processados, e não podem ser usados em manutenção preventiva
Demanda e Factor de Potência instantâneo	Demanda e Factor de Potência projectados
Leituras de tensão e corrente por fase	Não informa valores de tensões e correntes
Leituras de potências por fase	Não informa valores de potência
Leituras de Distorções Harmônicas	Não informa valor de distorção harmónica
Leituras de consumos acumulados (activo e reactivo)	Valores de consumos devem ser acumulados pelo sistema de gerenciamento
Consistência dos dados é total (inclusive dos acumuladores)	Consistência pode ser quebrada por falta de energia nos diversos componentes do sistema
Leituras detalhadas auxiliam a conferência da ligação do próprio medidor	Requer muita experiência para garantir a correcta ligação dos medidores
Instalação simplificada (rede serial RS-485 com um par de fios apenas)	Cabos de cada ponto de medição devem ser levados até a CPU central
Menor número de componentes (apenas os medidores e o gestor)	Vários componentes adicionais (emissores de pulsos, placas de entradas, etc.)
Maior fiabilidade e precisão, até 0,2%	Partes móveis diminuem a precisão até 2%
Calibração única (na fabrica)	Necessidade de calibrações periódicas

A Qualidade da Energia Eléctrica

O aumento de preço de bens de consumo ou mesmo da matéria-prima, no caso da indústria, levanta a questão da qualidade dos mesmos. É normal a preocupação com a qualidade crescer consoante ao aumento dos preços. Com a energia eléctrica não é diferente, uma vez que mesmo com oscilações do preço do barril de petróleo o preço pago pelo kWh não diminui, crescendo assim a exigência quanto a qualidade da energia eléctrica e com ela a necessidade de informação sobre as causas e consequências desta má ou boa qualidade.

Cada vez mais, plantas industriais têm descoberto que têm de lidar com o problema da "energia suja". Esta é a expressão popular usada para descrever uma grande variedade de contaminações na corrente e na tensão eléctrica (Engcomp, Brasil).

A seguir serão listadas causas da baixa qualidade da energia eléctrica e suas principais implicações.

Uma harmónica é a componente de uma onda periódica cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental (no caso da energia eléctrica, de 60 Hz). Na Figura 4 vemos duas curvas: uma onda senoidal normal, representando uma corrente de energia "limpa", e outra onda menor, representando uma harmónica.

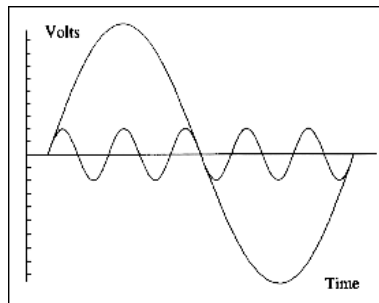


Figura 4 - Representação de uma harmónica

Esta segunda onda menor representa a harmónica de quinta ordem, o que significa que sua frequência é de 5×60 Hz, ou 300 Hz. Na Figura 4 vemos como ficaria a soma das duas curvas. Esta curva resultante mostra bem a distorção harmónica da curva de tensão, que deixa de ser perfeitamente senoidal na presença de harmónicas.

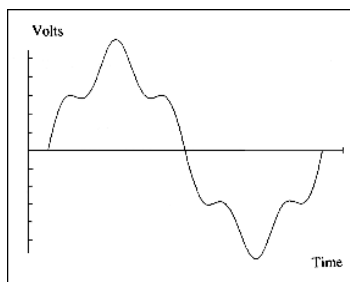


Figura 5 – Resultante da soma de duas curvas harmónicas

Harmónicas são um fenómeno contínuo, e não devem ser confundidas com fenómenos de curta duração que duram apenas alguns ciclos. Transientes, perturbações eléctricas, picos de sobre-tensão e sub-tensão não são harmónicas. Estas perturbações no sistema podem normalmente ser eliminadas com a aplicação de filtros de linha (supressores de transientes). Entretanto, estes filtros de linha não reduzem ou eliminam correntes e tensões harmónicas.

A distorção harmónica é um tipo específico de energia suja, que é normalmente associada com a crescente quantidade de accionamentos estáticos, fontes chaveadas e outros dispositivos electrónicos nas plantas industriais. Os principais equipamentos causadores das harmónicas são: inversores de frequência, variadores de velocidade, accionamentos em corrente contínua ou alternada, rectificadores, "drives", conversores electrónicos de potência, fornos de indução e a arco, "no-breaks" e máquinas de solda a arco.

Altos níveis de harmónicas numa instalação eléctrica podem causar problemas para as redes de distribuição das concessionárias, para a própria instalação, e para os equipamentos ali instalados. As consequências podem chegar até a paragem total de equipamentos importantes

de produção. Segue uma lista de consequências que as harmónicas podem causar em diversos tipos de equipamentos:

- Capacitores/Condensadores: queima de fusíveis, e redução da vida útil;
- Motores: redução da vida útil, e impossibilidade de atingir potência máxima;
- Fusíveis/Disjuntores: operação falsa/errónea, e componentes danificados;
- Transformadores: aumento de perdas no ferro e no cobre, redução de capacidade, e sobreaquecimento;
- Medidores: medições erróneas e possibilidade de maiores contas;
- Telefones: interferências;
- Accionamentos/Fontes: operações erróneas devido a múltiplas passagens por zero, e falha na comutação de circuitos.

Distorções harmónicas ainda causam perda de produtividade devido a paragens de produção causadas por inesperadas falhas em motores, accionamentos, etc. Em uma planta industrial que contenha capacitores para correcção de factor de potência, as distorções harmónicas podem ser amplificadas em função da interacção entre os capacitores e o transformador de serviço. Este fenómeno é normalmente chamado de ressonância harmónica ou ressonância paralela. Normalmente, a solução mais confiável e acessível são feitas com o uso de filtros de harmónicas. Um filtro de harmónicas é essencialmente um capacitor para correcção de factor de potência combinado em série com um reactor (indutor).

Outro dos factores a levar em conta para assegurar a qualidade da energia eléctrica são os transitórios. Os transitórios são fenómenos electromagnéticos oriundos de alterações súbitas nas condições operacionais de um sistema de energia eléctrica. Geralmente, a duração de um transitório é muito pequena, mas de grande importância, uma vez que submetem equipamentos a grandes solicitações de tensão e/ou corrente. Existem dois tipos de transitórios: os impulsivos, causados por descargas atmosféricas, e os oscilatórios, causados por chaveamentos. As principais consequências são danos em transformadores, condensadores e no isolamento.

O Factor de Potência é a relação entre a potência activa e potência total numa instalação, num intervalo de tempo. Como a maioria das cargas de uma instalação eléctrica são indutivas, elas exigem um campo electromagnético para funcionar. Com isso, uma instalação qualquer necessita de dois tipos de energia:

- Potência Activa, que realiza o trabalho propriamente dito, gerando calor, iluminação, movimento, etc., e é medida em W;
- Potência Reactiva, que mantém o campo electromagnético, e é expressa em VAR.

Grande parte dos equipamentos eléctricos ou electromecânicos instalados em unidades industriais necessitam, para poderem funcionar, de uma forma de energia eléctrica que não produz trabalho - a energia reactiva. A potência reactiva indutiva é necessária ao funcionamento de motores. Esta energia é responsável pela magnetização dos enrolamentos de motores e transformadores.

O oposto da energia reactiva indutiva é a energia reactiva capacitiva, e por isto ela é expressa na mesma unidade, porém com valor negativo. A energia reactiva capacitiva é normalmente

fornecida ao sistema eléctrico por capacitores. Esta energia poderá ser totalmente adquirida ao distribuidor, que providenciará a sua produção e transporte, ou poderá ser compensada nas instalações do consumidor através de uma bateria de condensadores. A primeira opção implica, a partir de determinados valores, uma facturação suplementar. Em alternativa, o investimento em condensadores revela-se rapidamente compensador em grande parte dos casos, não só do ponto de vista financeiro, mas também porque conduz a melhorias apreciáveis nas condições de exploração das redes eléctricas.

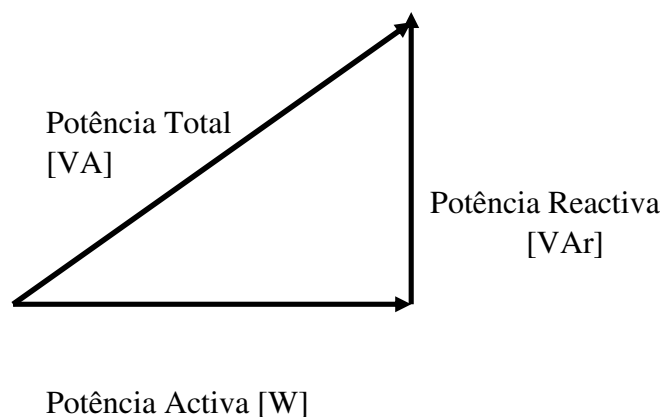


Figura 6 – Diagrama de Potências

A Potência Total ou Aparente é dada em VA, e é a soma vectorial das potências activa e reactiva, como mostra a Figura 6. O factor de potência é sempre um número entre 0 e 1 e pode ser capacitivo ou indutivo, dependendo se o consumo de energia reactiva for capacitivo ou indutivo.

O factor de potência, tecnicamente, é responsável pela sobre carga de cabos e transformadores. Gera uma grande perda de energia e ainda é passível de multa se apresentar valores muito baixos.

É importante concluir afirmando que a má qualidade de energia é dispendiosa. Os motivos técnicos já foram acima apresentados. Mas resta ressaltar que a má qualidade da energia gera outros custos devido aos factores listados abaixo:

- Perdas de produção devido a problemas eléctricos: paragens inesperadas de equipamentos e impacto na qualidade de produção (por exemplo soldadura fraca);
- Falha prematura do equipamento: aumenta os custos de manutenção e acelera a necessidade para actualizações e substituição de equipamento.

Sistema de gestão de energia (SGE)

Como relatado na evolução da gestão de energia, apenas com o *boom* da energia, alavancado pelo tratado de Quioto, é que foi impulsionado o desenvolvimento do sector de sistemas de gestão energética. A necessidade gerou a criação de sistemas completos, que fazem a contagem, análise e controle dos dados. O objectivo é dar suporte a todas as necessidades já

citadas de forma a criar sinergias para a indústria com os resultados obtidos em termos de redução dos custos de consumo, eliminação das multas, aumento da produtividade devido a diminuição das interrupções e maior vida útil aos equipamentos, entre outros.

Os sistemas de gestão de consumos não toma decisões, por isso não substitui o gestor de energia. É apenas uma ferramenta que, de forma sistemática, recolhe os dados e produz os relatórios necessários à gestão de energia. Torna possível a correcta análise de investimentos em equipamento para melhorar a eficiência energética de máquinas, processos ou sectores, além de quantificar os ganhos obtidos em resultado das decisões tomadas pela equipa de gestão de energia.

Os sistemas de gestão de energia são talmente complexos que deles fazem parte, normalmente, mais de um sistema. O SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) é um sistema de supervisão e aquisição de dados. Geralmente se refere a um sistema de controlo industrial: um computador e um sistema de controlo do processo. O controlo pode ser de processo industrial, de infra-estrutura ou instalação. No âmbito de interesse incluem os processos industriais de fabricação, produção, geração de energia, fabricação e refino, e pode funcionar em contínuo, descontínuo, repetitivas, ou modos discretos.

Um sistema SCADA é geralmente constituído dos seguintes subsistemas: uma interface homem-máquina (ou HMI), que é o aparelho que apresenta processo de dados para um operador humano, e através deste, o operador humano, monitora e controla o processo; um sistema de supervisão (computador), sistema de colecta (aquisição) e envio de comandos (controle) de dados. Os RTU's (*Remote Terminal Units*) conectam aos sensores no processo, o sensor converte sinais para dados digitais e envia os dados digitais para o sistema de supervisão; infra-estrutura de comunicação que liga o sistema de supervisão ao RTU. São exemplos de sistemas SCADA: Wizcon, Fix, Intouch, Factory Link, Unisoft, Elipse, entre outros.

Após especificada a componente técnica de um SGE, resta ressaltar as ferramentas de análise financeira, estatística e de processo. Com ferramentas de análise de custos, a administração da planta terá todas as informações para fazer um perfeito custeio do produto acabado, seja por lotes ou turnos de produção. Por esta razão, o sistema deve possuir ferramentas de análise, estatística e gerenciamento, habilitadas individualmente por meio de senhas. Com elas, um operador ou gerente pode dimensionar expansão de bancos de capacitores, estimar novos valores ideais para as demandas contratadas junto à concessionária, determinar potenciais de economia, simular transferência ou instalação/retirada de novas máquinas, além de visualizar todas as informações sob a forma de gráficos ou tabelas.

A monitorização remota contempla, via internet, a qualquer hora do dia, a gestão, controle e monitorização do SGE. Visto que uma programação nunca é completa o suficiente para abranger todos os estados e tomar decisão perante a cada uma deles, o SGE também pode prever dar avisos ou mesmo gerar alarmes, contribuindo assim para o sistema de apoio a decisão. A seguir serão apresentados exemplos de SGE presentes no mercado.

No modelo proposto pela *Engcomp* a CPU principal concentra as leituras de todos os transdutores, processa as informações, e comanda as saídas, além de enviar todas as informações para a estação de supervisão e controle. Na estação de supervisão, ilustrada na Figura 7, o operador deve ter acesso, em tempo real, a todas as grandezas eléctricas em todas as subestações: correntes nas três fases, tensões nas três fases, frequência da rede, factor de potência instantâneo, potência activa, potência reactiva, potência aparente, consumo activo

acumulado, e consumo reactivo acumulado. Além disto, o sistema deve armazenar os dados históricos de demanda e factor de potência de cada transformador a cada intervalo de integração, conforme legislação vigente, e em sincronismo com a medição da concessionária.

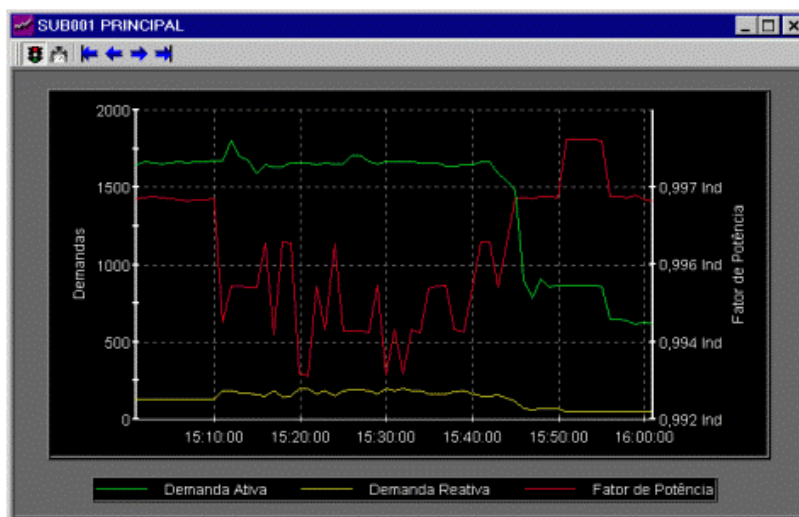


Figura 7 – Visualização do comportamento das demandas (activa e reactiva) e do factor de potência (FP)

A *Schneider Electric* oferece a seus clientes uma solução que inclui automação e infraestrutura industrial, automação predial e automação residencial. Sendo que todas as acções estão voltadas ao uso económico e racional da energia, tanto do lado do suprimento quanto no lado do consumo. Para isso inclui produtos e sistemas voltados a: controle de demanda, correcção do factor de potência, auditoria da medição da concessionária, gerenciamento do consumo em tempo real, gestão do contrato de fornecimento de energia, optimização de demandas contratadas, escolha do melhor enquadramento tarifário, identificação de potenciais de economia com tarifas e contratos especiais, possibilidade de migração para o ambiente do mercado livre, identificação de pagamentos indevidos nas facturas de energia (incluindo impostos), accionamento de grupos geradores durante horário de ponta e rateio de custos de energia.

O PMCS (*Power Management Control System*), esquematizado na Figura 8, é um sistema de controlo de gestão composto por uma rede de dispositivos de gestão de energia, juntamente com um avançado software que roda em qualquer computador pessoal. O sistema de gestão de energia permite a criação de uma solução totalmente integrada para qualquer nível de necessidade, de uma simples medição à avançada análise da forma de onda e controle de todo o sistema de distribuição energético.



Figura 8 – Esquema de um PMCS, Sistema de controlo de gestão de energia

A disponibilidade dos dados em tempo real permite uma gestão clara da tomada de decisão. É capaz de recuperar informações eléctricas, bem como outros dados sobre energia, como gás, vapor e água a partir de qualquer local na rede. A apresentação dos dados ao mesmo tempo que é simplificada e sofisticada, também mostra ao usuário uma visão global da instalação, que vai desde a totalidade do sistema de distribuição eléctrico, até um circuito individual.

As versões mais recentes de PMCS utilizam novas tecnologias que fornecem detalhes e não especulação sobre a causa de falhas ou outros problemas da aplicação. Isto oferece aos clientes a capacidade de rapidamente diagnosticar e resolver problemas de sistema, poupando-lhes tempo e dinheiro.

O sistema de repartição dos custos da energia, incluído no PMCS, simplifica o processo de facturação através da automatizada colecta de dados da energia utilizada a partir de medidores situados em vários locais da instalação. Quando esses dados são acumulados, o sistema aplica uma taxa programada pelo utilizário, gerando a distribuição da factura em variados centros de custos e, em seguida, transmite para qualquer indivíduo ou localização.

A *Oracle* desenvolveu em conjunto a *Efacec* o *PowerGEST*, uma solução para a implementação de Sistemas de Gestão de Energia e Sistemas auxiliares, constituídos basicamente por três componentes: sistema de automação, sistema de supervisão e controlo e sistema de supervisão e gestão. Com uma concepção modular, utilizado tecnologias de última geração, abertas e de fácil integração, implementa-se uma solução vertical, com elevado nível de automatização e disponibilizando ferramentas de controlo e gestão para áreas como: energia eléctrica, cogeração, caldeiras, energia térmica, ar comprimido, águas e efluentes, combustíveis, ventilação e iluminação.

3. Estratégias para redução do Consumo Energético

O aumento significativo do custo da energia durante a década de 70, decorrido da crise do petróleo, levou o estabelecimento da gestão da energia como uma questão essencial em qualquer organização. Nenhuma organização pode esperar manter a sua posição competitiva se falhar em assegurar que os seus fornecimentos futuros da energia sejam seguros e que exista um controlo rígido na forma como ela é utilizada.

As estratégias para redução do consumo de energia devem estar sistematizadas como um ciclo de desenvolvimento muito aplicado em normas de sistemas de gestão, idealizado por *Shewhart* e divulgado por *Deming*. O ciclo começa pelo planeamento, em seguida a acção, ou seja, são executadas todas as acções planeadas, verifica-se se o que foi feito estava de acordo com o planeado, constantemente e repetidamente (ciclicamente), e toma-se uma acção para eliminar ou ao menos mitigar defeitos no produto ou na execução. É conhecido por ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), e está ilustrado na Figura 9.

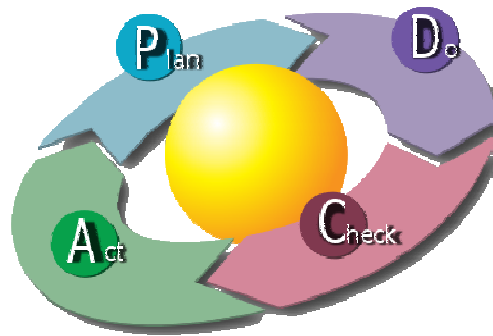


Figura 9 - Ciclo PDCA ou Ciclo de Deming (DEMING, Edward)

Os passos são os seguintes:

Plan (planejamento): estabelecer missão, visão, objectivos (metas), procedimentos e processos (metodologias) necessários para se atingirem os resultados.

Do (execução): realizar, executar as actividades.

Check (verificação): monitorar e avaliar periodicamente os resultados, avaliar processos e resultados, confrontando-os com o planejado, objectivos, especificações e estado desejado, consolidando as informações, eventualmente confeccionando relatórios.

Act (acção): Agir de acordo com o avaliado e de acordo com os relatórios, eventualmente determinar e confeccionar novos planos de acção, de forma a melhorar a qualidade, eficiência e eficácia, aprimorando a execução e corrigindo eventuais falhas.

3.1. Linha de Acção

A estratégia inserida nos passos descritos no ciclo PDCA é bastante geral. Para se traçar uma estratégia no âmbito da redução dos consumos energéticos mais específica há de se detalhar

cada uma das fases do ciclo. O modelo de estratégia proposto na Figura 10 ainda pode ser muito geral se pensarmos o quão diferente as empresas podem ser, o variado nível de dificuldade podem encontrar, porém é importante haver uma linha de acção a seguir.

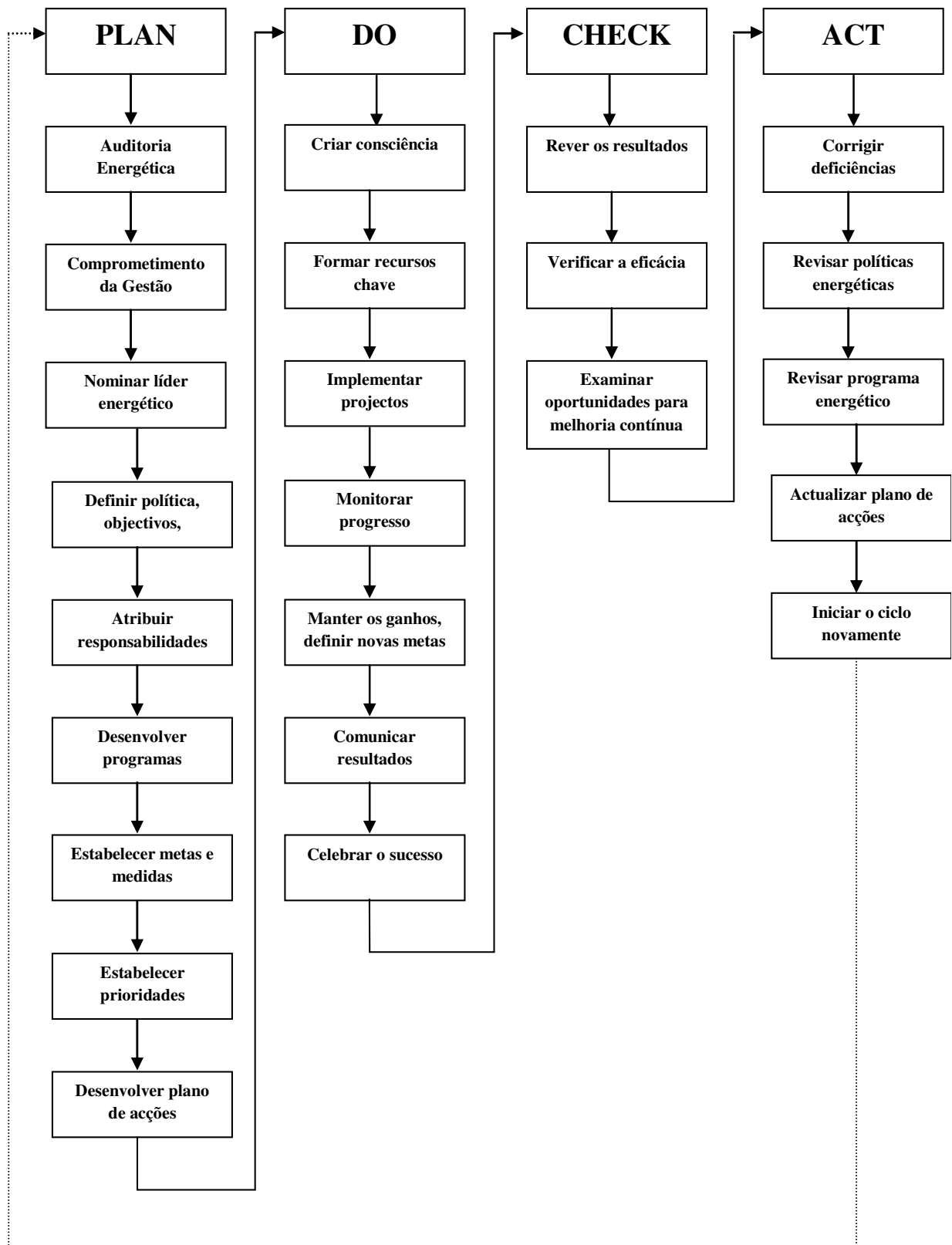


Figura 10 – Linha de acção do plano de gestão de energia (adaptado de CIPEC, 2002)

Passa-se agora a uma breve explicação dos passos apresentados na linha de acção do plano de gestão de energia de forma a reduzir os consumos energéticos (CIPEC).

Auditoria Energética

Consiste em um reporte factual, de observação e análise para determinar aonde e como a energia é usada e pode estar a ser desperdiçada. É uma etapa vital para o programa de gestão de energia. É necessário no sentido de identificar oportunidades de poupanças e otimizar a gestão energética. Estabelece o marco inicial a partir do qual o progresso e o sucesso serão medidos. A auditoria pode dispor de vários recursos, planos completos, para ajudar a conduzir a execução e realizar os cálculos. No Anexo A há a estruturação de um plano modelo para guiar a auditoria energética, que é útil para avaliar as fontes de perdas de energia e decidir que áreas requerem uma avaliação mais detalhada.

Obter compromisso da gestão

Da mesma forma que é tratada a gestão de recursos, de matérias-primas, de stocks, a qualidade dos produtos finais, objectivos a atingir na área produtiva e económica da empresa, é importante que a gestão de topo assuma e divulgue o seu posicionamento em relação a gestão energética.

Este posicionamento e a forma como é divulgado terão um impacto significativo em toda a estrutura da organização, devendo ser um meio de mobilização de todos os elementos da organização mas, também, de definição de responsabilidades.

Uma das formas consideradas mais eficientes para que o empenho das gestão de topo seja evidente é através da definição de uma política de energia para a empresa que contemple, além da sua visão para o desempenho energético da empresa, a definição de metas e objectivos concretos e mensuráveis.

Nomear líder energético

Um gestor no papel de líder da energia deverá chefiar a estrutura do gerenciamento da energia. Esta pessoa deverá dar ao programa suporte e estrutura suficiente para demonstrar que a gestão de energia é um compromisso que todos deverão levar a sério. O líder deverá demonstrar que um alto nível de entusiasmo e profunda convicção sobre os benefícios do programa de eficiência energética.

Definir política, objectivos, estrutura

O lançamento do programa de gestão energética deverá começar com uma declaração da política pelo chefe executivo dos colaboradores, seguido imediatamente pela apresentação que explica os benefícios do aumento da eficiência energética. A política de energia deve ser desenvolvida na mesma etapa que os objectivos estratégicos da empresa, de acordo com outras políticas (qualidade, produção, ambiental, etc) e também a visão e missão da empresa.

Para dar legitimidade ao programa a gestão de topo deverá manter outros importantes compromissos, tais como: mostrar que o programa de gestão energética é tão importante

quanto a produção, fornecer os recursos necessários e demonstrar os progressos aos accionistas e colaboradores. A eficiência do programa depende do tempo e esforço dos responsáveis pela sua implementação, consequentemente, um funcionamento operacional adequado é fundamental. Ao adequar os objectivos a organização deverá considerar suas prioridades e exigências financeiras, operacionais, negociá-las e especificá-las. O objectivo deverá ser mensurar, definir realística e claramente e comunicar a todos na organização.

Atribuir responsabilidades

O líder deverá presidir o comité de gestão energética e terá responsabilidades perante a implementação e sucesso do programa assim como pela sua eficácia. Esta pessoa deverá ter o conhecimento técnico apropriado além de habilidades em liderar, motivar, comunicar, ser o agente facilitador e mediador, ser persistente, ter determinação e vontade de defender a causa da eficiência energética. Outro dever do líder da energia é fazer o reporte regular do status do programa, especialmente quando o projecto alcançar a meta de economia energética.

Desenvolver programas

Uma boa abordagem para o desenvolvimento de um programa de melhoria da eficiência energética deverá incluir os seguintes itens:

- Plano de poupança de longo prazo;
- Plano de médio prazo para toda a instalação;
- Plano de projecto detalhado para o primeiro ano, e
- Medidas para melhorar a gestão da energia, incluindo a implementação de um sistema de monitorização energética.

O plano de gestão da energia deve ser contínuo e ter uma série de projectos de poupança de energia coordenados em conjunto, ao invés de serem executados todos ao mesmo tempo ou pouco-a-pouco.

O líder de gestão da energia deve compartilhar com todos os membros do projecto as informações disponíveis sobre a utilização da energia e desafiar os a explorar maneiras para poupar energia em suas respectivas áreas ou departamentos. Usando essa informação, definir metas realistas de poupança de energia que deve proporcionar incentivo suficiente para desafiar os colaboradores. Estabelecer um sistema de informação para monitorar os progressos em direcção destas metas.

Estabelecer metas e medidas

A utilização de equipamentos de medição rudimentar não deve ser impedimento para iniciar um projecto de melhoria da eficiência energética, no entanto os primeiros sucessos do projecto deverão proporcionar forte justificação para a aquisição de novos aparelhos.

As metas devem ser mensuráveis e verificáveis. Para garantir que sejam realistas, deve-se aplicar normas que indicam quanta energia deve ser usada para um particular aplicação. Sempre que possível tentar expressar as metas em relação à unidade de produção. Procurar estabelecer metas e padrões em conhecidas unidades de consumo energético (por exemplo,

MJ, GJ, Btu, kWh). Quando o objectivo é alcançado a meta deve ser restabelecida com um valor progressivo.

Estabelecer prioridades

A definição de prioridades certamente que deve ter em conta a necessidade da empresa. Mas é preciso lembrar-se que se tem que caminhar antes de começar a correr, ou seja; começar com pequenas, fáceis e rapidamente alcançáveis metas. Esta será uma grande fonte de motivação para os colaboradores, vendo que as metas podem ser cumpridas, que vão se fazendo progressos e vão sentir que obtiveram sucesso. Os membros do grupo que compõe o projecto de gestão energética também irão adquirir experiência e confiança antes de enfrentar metas mais complexas de alcançar ou com horizonte de longo prazo.

Desenvolver plano de acções

É preciso estabelecer um plano de acção específico, já que é uma ferramenta de controlo e gestão de projecto. Deve conter a identificação do pessoal e as suas responsabilidades, as tarefas específicas, a respectiva área e o calendário para cumprimento das tarefas. Deverá também especificar os recursos necessários (custos, pessoal, formação, etc) e de prazos para os projectos e as suas etapas. Vários softwares de gestão de projecto estão no mercado para facilitar a criação de diagramas de *Gantt*, que são utilizados para monitorar e controlar o cumprimento do projecto, custos e outros dados. Ao seleccionar projectos de eficiência energética para a execução, deve-se ter em conta as oportunidades de poupança de gestão energética.

Criar consciência

Todas as tarefas realizadas no âmbito da busca por uma maior eficiência energética devem estar envolvidas no projecto. Apesar disso, todos devem estar sensibilizados à importância da redução dos consumos energéticos de forma a proporcionar poupanças e também os benefícios ambientais proporcionado pelas melhorias da eficiência energética – como a redução do consumo de energia está relacionado com a diminuição das emissões de CO₂, por exemplo. Os colaboradores devem saber seus papéis e responsabilidades nas tarefas da gestão de energia e como o seu comportamento pessoal pode influenciar o resultado. Isso deve incluir nota das potenciais consequências de não se atingir as melhorias pretendidas tanto para o bem-estar da empresa quanto para a sociedade.

Formar recursos chave

Os membros do grupo de gestão de energia e outros que serão envolvidos no programa – e que tenham maior influencia sobre o consumo energético – devem receber a formação apropriada, a qual deve incluir práticas pertinentes dos colaboradores para a economia de energia. A empresa deve proporcionar cursos de melhoria da eficiência energética. A formação pode estar dividida em dois estágios: formação específica para determinados colaboradores e formação para estratégia de integração da gestão energética na matriz existente, de forma a manter as formações sobre regulares.

Implementar projectos

A implementação de projectos de economia de energia deve envolver uma acção coordenada e coerente com projectos ligados ao programa de melhoria da eficiência energética, de forma a ser mais eficaz. Se vários projectos energéticos são previstos, a interacção entre eles também deve ser considerada. Deve-se começar por capitalizar as oportunidades da gestão energética tão logo quanto possível. Iniciando com projectos modestos mas que proporcionem poupança rapidamente, especialmente projectos que corrijam fontes de desperdício encontrados na auditoria inicial. A poupança energética conseguida incentivará o projecto de gestão de energia a buscar um maior resultado nas áreas menos óbvias, tais como a energia utilizada pelas máquinas e nos processos. O líder da energia deve reunir-se regularmente com a comissão de avaliação dos progressos, actualizar listas de projectos, avaliar e definir novas metas pretendidas.

Monitorar progresso

Ao acompanhar continuamente os fluxos energéticos que entram na instalação assim como a sua utilização, o grupo de gestão de energia pode colectar muitas informações que irão ajudá-los a avaliar os progressos do seu programa e planejar futuros projectos. O acompanhamento da utilização energética produz dados tais como os seguintes:

- Determinar se estão a ser feitos progressos;
- Gerir a utilização da energia no dia-a-dia para fazer correcções de condições de processo que causaram excessivo consumo subitamente;
- Determinar as tendências do consumo de energia e utilizar essa informação no processo orçamentário;
- Calcular o retorno sobre o investimento (ou seja, a redução de custos alcançada a partir de dados recolhidos pelo sistema de monitorização de energia);
- Comparar os resultados de uma medida de poupança de energia em comparação às projecções, a fim de identificar problemas com o desempenho do projecto e melhorar as técnicas para estimar os custos e benefícios das melhorias de eficiência energética para projectos futuros;
- Monitorar o desempenho dos projectos em que os fornecedores tenham feito garantia;
- Relatar melhorias na eficiência energética aos quadros superiores com precisão assegurando assim compromisso de gestão;
- Definir metas futuras de redução da utilização da energia e monitorização do progresso para novas metas;
- Selecção das áreas para realização de uma auditoria energética futura detalhada.

Em uma planta fabril com muitas áreas diferentes o acompanhamento dos consumos de energia são feitos com aparelhos instalados em pontos estratégicos para medir o fluxo de fontes de energia, tais como vapor, ar comprimido ou electricidade, em cada uma das principais secções. O desempenho energético é então avaliado pelo cálculo da quantidade de energia consumida por unidade de produção. O cálculo do desempenho energético contribui para que os gestores possam identificar áreas que têm mais desperdício na instalação e

permite distribuir aos responsáveis da secção para assumir a responsabilidade pelo uso da energia em seus áreas. Quando o acompanhamento mostra que o consumo de energia está a diminuir, que as melhorias estão sendo feitas, a atenção pode voltar-se para outra área de preocupação.

Manter os ganhos, definir novas metas

Sem atenção vigilante para a gestão da energia os ganhos podem desaparecer. Para tornar as novas medidas de poupança de energia estáveis deve-se ter atenção ao projecto implementado até que a tarefa se torne uma rotina. É preciso lembrar-se que a gestão da energia é uma questão de tecnologia bem como de pessoas. Se as práticas e os procedimentos forem alterados conforme resultado de um projecto leva tempo e esforço para documentar e proceder a instrução de trabalho. Isto irá garantir a coerência da prática, bem como servir como um treino e ferramenta de auditoria.

Quando uma meta foi cumprida e está estabilizada por um período de várias semanas é hora de voltar a analisá-la. Pode-se vir a ter um novo padrão, e uma nova e progressista meta estabelecida. Estabelecer metas ajuda a envolver todo o pessoal dos projectos de energia. Ao definir metas os gestores vão aprender a tratar a energia como um recurso que deve ser gerido com atenção igual a outros recursos do processo, tais como trabalho e matéria-prima.

Comunicar resultados

Este passo é extremamente importante e precisa ser bem executado, a fim de que toda a gente sinta que faz parte dos esforços em busca de uma óptima gestão dos consumos de energia. Relatórios periódicos a partir dos dados monitorados incentivam o pessoal ao mostrar que eles estão a progredir em direcção das suas metas. A ênfase deve estar na análise gráfica simplificada, fazendo a representação visual dos resultados. Alguém deve estar no comando de distribuir a informação e fazer sua actualização regularmente.

Celebrar o sucesso

Esta é uma etapa importante e muitas vezes negligenciada no segmento do programa. As pessoas gostam de ser reconhecidas. Inúmeras formas podem ser empregadas para reconhecer a realização e destacar a contribuição das equipes. Celebrar o sucesso é uma ferramenta motivacional que traz também o encerramento psicológico de um projecto. A realização de um objectivo deve ser comemorado como um marco no caminho para melhoria contínua da eficiência energética na planta.

Rever os resultados

A fim de manter o assunto de gestão de energia vivo e para sustentar interesses, a comunicação regular com a equipa de gestão é necessária. As actualizações da gestão de energia devem ser um item permanente nas reuniões, assim como a qualidade, produção, questões financeiras e ambientais são.

Verificar a eficácia

O projecto perdurou até as expectativas? As melhorias implementadas para eficiência energética são realmente eficazes? Estão sendo mantidas? Para apoiar a credibilidade do esforço de gestão da energia a eficácia das medidas tomadas devem ser verificadas para que se façam ajustes futuros no projecto.

Examinar oportunidades para melhoria contínua

Muitas vezes um projecto abre as portas para outras ideias. O programa de eficiência energética é um programa de melhoria contínua. O projecto de gestão de energia, tal como todos os colaboradores, devem ser incentivados a estudar e reanalisar outras oportunidades para aprofundar os ganhos.

Corrigir deficiências

Informações obtidas a partir de dados da monitorização, do projecto de gestão de energia, da análise dos resultados e da verificação da eficácia do projecto podem verificar se alguma acção correctiva é necessária. O líder da energia é responsável por organizar esta acção com a equipe do projecto de energia e o respectivo responsável da área. A raiz da causa da deficiência deverá ser determinada e as medidas correctivas necessárias deverão ser iniciadas. É importante lembrar de documentar cada uma das deficiências encontradas de modo que no futuro possam beneficiar-se das lições aprendidas.

Revisar políticas, objectivos e metas energéticas originais, o programa de melhoria da eficiência energética e plano de acções

Estas medidas garantirão o prosseguimento da relevância e da utilização da política energética. Os objectivos e as metas apoiam a política. Como as metas mudam com o tempo devem ser revistas para garantir que as prioridades das condições actuais são mantidas. Esta revisão deve ocorrer anualmente ou semi-anualmente.

Iniciar o ciclo novamente

O plano apresentado, que estabelece uma linha de acção para implementação de uma eficaz e eficiente gestão energética, é sem dúvida muito completo. Se executado por completo não é difícil concluir que a gestão energética alcançou o seu sucesso. Lembra-se, no entanto, a importância da consciência de que a continuidade das acções é que o perdura ao longo do tempo. É claro que ‘com a casa organizada’ energeticamente torne-se mais fácil e ágil seguir as etapas do ciclo, e que a gestão energética se torna praticamente independente e implícita do funcionamento da organização. Este deve ser o objectivo, a gestão de energia no seu limite, a auto-gestão.

É preciso, porém, ter em conta que em muitos casos algumas das etapas não são cumpridas, e mesmo assim espera-se (ou até exige-se) o sucesso da gestão de energia e consequente redução dos consumos. Há também quem faça a gestão de energia sem qualquer estratégia, linha de acção ou estruturação, e busque indiscriminadamente a redução dos consumos. É

claro que não é a prática mais aconselhada, mas não se pode julgar as dificuldades no meio fabril sem as conhecer.

Tendo em vista a realidade por último descrita, para alcançar o objectivo de redução do consumo energético leva-se em conta tomar acções das mais variadas vertentes, tais como:

- Modernização de máquinas/equipamentos que tenham maior eficiência energética;
- Eliminação ou diminuição do tempo de tarefas que não acrescentam valor ao produto/serviço;
- Alteração de tecnologias;
- Alteração de forma de alimentação de máquinas;
- Redução, eliminação e combate ao desperdício puro: fugas;
- Optimização de processos.

Na situação agora a analisar, a gestão de energia não necessariamente bem estruturada, há também de surgir limitações financeiras e temporais. Nestes casos, em que possivelmente não seja possível a realização de um passo essencial que é a auditoria energética, é importante apoiar-se no uso de outras ferramentas, de uso simples e análise rápida no apoio a decisão. Algumas das sete ferramentas da qualidade são capazes de cumprir estes requisitos, e estão descritas abaixo (Bank, 1992).

Gráfico/Diagrama de Pareto

É um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Mostra ainda a curva de percentagens acumuladas. Sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos.

Diagramas de causa-efeito, ou espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa

É uma ferramenta gráfica utilizada para a gestão e o controle em diversos processos. Também é conhecido como diagrama 6M pois, em sua estrutura, todos os tipos de problemas podem ser classificados como sendo de seis tipos diferentes: Método, Matéria-prima, Mão-de-obra, Máquinas, Medição e Meio ambiente. Permite estruturar hierarquicamente as causas de um determinado problema ou oportunidade de melhoria, bem como seus efeitos. É útil no sentido que apresenta resposta gráfica e sintética.

Gráficos de dispersão

Constitui a melhor maneira de visualizar a relação entre duas variáveis quantitativas. Reuni dados aos pares de duas variáveis (causa/efeito) para verificar a existência real da relação entre elas.

Fluxogramas

É um tipo de diagrama, e pode ser entendido como uma representação esquemática de um processo, muitas vezes feita através de gráficos que ilustram de forma simplificada a transição de informações entre os elementos que o compõem, assim como a documentação dos passos necessários para a execução de um processo qualquer.

Cartas de controlo

É um tipo de gráfico normalmente utilizado para o acompanhamento durante um processo, determina uma faixa chamada de tolerância, limitada pela linha superior (limite superior de controle) e uma linha inferior (limite inferior de controle) e uma linha média do processo, que são estatisticamente determinadas. É útil no sentido de registar os pontos fora de controlo e depois verificar as condições daquele momento e adquirir informações importantes, de forma a relacionar os factos e tirar conclusões sobre eles.

Tendo em vista as limitações financeiras, é crucial a avaliação de onde consegue-se diminuir o consumo com poucos ou nenhuns investimentos. É natural que estes requisitos se cumpram na eliminação de desperdício, que segundo a definição é ‘gasto inútil, perda’. Isto consegue-se pela promoção das boas práticas e eliminação de fugas. As boas práticas podem traduzir-se apenas pelo bom senso na administração dos recursos energéticos tais como: não deixar máquinas ligadas quando não estiverem a produzir, não utilizar velocidades ou caudais acima do necessário, não ter as luzes acesas quando a iluminação natural for suficiente, entre outros. É importante ressaltar que estas medidas não dependem necessariamente do gestor da energia, mas sim da consciencialização de todos os colaboradores. Resta ao agente energético, neste caso, as promover.

Quando a limitação é de tempo para se obter resultados na gestão de energia, as estratégias para o conseguir devem focar-se mais no âmbito da gestão. Primeiramente porque não se pode exigir uma mudança comportamental imediata, isso não se consegue naturalmente, quanto mais forçosamente. Alguns pontos que se podem abordar são: ajuste do tarifário, deslocamento de tarefas para fora do horário de pico, manutenção de máquinas responsáveis por grandes fugas, ou até dos compressores, entre outros.

3.2. Gestão da mudança na perspectiva energética

Dentro de um panorama de competitividade acirrada, que é a realidade da indústria, é presente um fenómeno cada vez mais comum no mundo dos negócios: a mudança. Os gestores precisam estar atentos para antever, preparar e suportar as suas equipas para que convivam com as mudanças da maneira mais produtiva possível. Por isso, nada melhor do que entender o comportamento das pessoas num ambiente de mudança e trabalhar para os deixar confortáveis para continuar gerando resultados, crescendo e se desenvolvendo em um ambiente de incertezas.

É importante entender que toda mudança gera desconforto e por isso a chave do sucesso é o comportamento da equipa de gestão, ou do líder que a representa, de forma que se consiga estar ao lado dos seus liderados ajudando a atravessar a curva da mudança. É preciso imaginar

que todas as pessoas circulam por uma estrada quando estão em um ambiente de mudança. Essa estrada é composta de 4 estágios e, para cada estágio, há uma ferramenta ou comportamento que deve ser colocado em prática pelo líder, para que as pessoas consigam passar por esse período turbulento mantendo a motivação, a auto-estima e contribuindo para a melhoria do clima corporativo, para o espírito de trabalho em equipa sem perder o foco nos resultados (Abreu, 2008).

O primeiro estágio da curva da mudança é a rejeição, ou seja, logo que a mudança fica visível para todos o comportamento normal das pessoas é rejeitá-la, dizendo que essa tendência não é duradoura. Nesse momento o que a gestão precisa fazer é passar todas as informações possíveis e necessárias para que haja a devida compreensão por parte das pessoas gerando um certo conforto e fazendo com que as pessoas continuem a caminhar na curva em direcção a segunda portagem dessa estrada.

A resistência é a segunda etapa dessa curva. É um período que se caracteriza por uma certa desobediência no que diz respeito à execução, ao alcance dos objectivos ou mesmo em relação a compreensão dos factos e motivos que estão direccionando a mudança. Nesse momento, o líder tem que estar disponível para ouvir a sua equipa, para receber e compreender a opinião e sentimento das pessoas. Não é necessário responder perguntas ou rebater críticas, o simples facto de estar disponível para que as pessoas contribuam com suas angústias já será bastante para ajudar as pessoas a passarem para o terceiro estágio. Julga-se que a quantificação e a comparação energéticas com exemplos que são familiares a qualquer um poderão ajudar aos menos atentos a participar em campanhas de poupança de energia.

A exploração. Nessa fase, todos os colaboradores já se sentem mais confortáveis e começam a demonstrar claros sinais de envolvimento com o processo de mudança através da disponibilização de novas sugestões, experimentações e uma comunicação muito mais aberta e fluida dentro da equipa. Para que o líder não perca esse momento e faça com sua equipa volte ao primeiro estágio da curva é imprescindível a prática do incentivo através de *feedback* constantes e a apresentação do ponto de situação, mostrando transparência sobre os resultados obtidos. Após esse sentimento de envolvimento e com o comportamento de incentivos bem-feitos pelo líder, vem a última etapa.

O compromisso é a etapa que reforça que todos já compraram efectivamente a mudança e já se dedicaram da melhor maneira para que os resultados fossem atingidos. Não há dúvidas entre os integrantes da equipa que a mudança era necessária e foi benéfica. Neste momento é imprescindível o líder mostrar reconhecimento aos contribuidores, de forma a deixar claro para todos que cada um foi parte importante deste processo de mudança e gerar um sentimento de certeza de que a mudança trouxe benefícios tanto para a empresa quanto individualmente.

Apesar de óbvio é importante lembrar que o líder também é um ser humano e também passará por essa curva de adaptação mas, por sua posição, ele tem de ter uma capacidade de compreensão das necessidades e conquistar o equilíbrio necessário para que possa apoiar sua equipa em todo o processo e gerar os resultados esperados pela organização. Outro ponto muito importante a lembrar é que todas as pessoas passarão por esses estágios, mas com velocidades diferentes, e é aí que a importância do comportamento gerencial aumenta: na identificação da individualidade de cada um em suportar a diversidade existente em seu time para que todos consigam cruzar essa estrada da maneira mais confortável possível, obtendo um sentimento positivo assim que enxergar todo o trabalho e esforço realizado quando o

processo de mudança terminar, ou melhor, até surgir a próxima mudança. Pois afinal, a única certeza que se tem é que a mudança é permanente.

3.3. Recursos de suporte a decisão

No processo de tomada de decisões fala-se muito em *tradeoff*, ou relação de compromisso, acto de balancear entre duas coisas que se precisa mas são opostas uma a outra. O método de tomada de decisões com multi-critérios (*MCDM*, é a sigla em inglês) é uma estratégia para a tomada de decisões em situações em que se queira o melhor balanço entre as alternativas a escolher (Benjamin, 2000).

Empresas, assim como pessoas têm muitos objectivos, metas, critérios, atributos ou índices de performance que são utilizados para julgar possíveis direcções de acções. O problema é que infelizmente é raro que todos estes objectivos se cumpram ou sejam maximizados por uma alternativa. Algumas alternativas vão ser certamente melhores em alguns critérios que outras. Escolher uma alternativa significa ter prioridades. Alcançar alguns objectivos significa sacrificar outros. Escolher prioridades é difícil tarefa para um indivíduo, mas é tarefa ainda mais difícil quando muitas pessoas estão envolvidas nesta decisão, cada qual com suas perspectivas e valores. Confrontar esta decisão consiste em perceber como diferentes opções se comportam perante os objectivos.

A relação de compromisso entre objectivos conflitantes está presente no cerne da maioria dos planos e políticas energéticas. Díficeis escolhas estão presentes no sector energético por causa dos factores ambientais, técnicos, sociais e económicos envolvidos, que fornecem recursos confiáveis e convenientes. A abordagem deste método não se preocupa em determinar entre quais escolhas devem-se optar, mas sim como elas devem ser feitas.

Exemplo de problemas com múltiplos critérios no sector energético, os quais a escala de tempo para tomada de decisões estende-se de minutos até décadas, e por sua vez a escala geográfica vai da local até a internacional:

- Fiabilidade de um sistema de transmissão e distribuição;
- A que extensão deve um sistema de geração desviar-se da política de menor custo operacional de maneira a reduzir as emissões de NO_x, SO_x e CO_x;
- Quais investimentos devem ser feitos para o controlo de poluição;
- Como deve o sistema de benefício de cobranças ou outras taxas designadas para apoiar programas sociais e ambientais serem gastos;
- Que outras acções devem o governo adoptar para manter programas sociais e ambientais tradicionalmente suportadas por entidades públicas;
- Como é que as performances ambientais de diferentes processos energéticos podem ser comparáveis, e em que medida esta performance pode melhorar ao longo do tempo;
- Em que medida que a pesquisa e desenvolvimento são requeridas e para que devem ser direccionadas;
- O que significa energia e economia sustentável (degradação ambiental, taxa de consumo de recursos, alocação de recursos e distribuição de resultados).

Este método visa melhorar a qualidade de decisões que envolvem múltiplos critérios por tornar as escolhas mais explícitas, racionais e eficientes. Para tal tem 6 funções que suportam o objectivo, são elas: estruturação do processo de decisão, mostrar as relações de compromisso entre critérios, ajuda pessoas a reflectir, articular, ajudar a tornar mais consistentes e racionais as estimativas de riscos e incertezas, facilitar negociação e documentar como as decisões foram tomadas.

Os métodos que permitem uma melhor tomada de decisão devem seguir critérios apropriados para processos de decisão energética, apresentar filosofia divergente na tomada de decisão e devem ser uma representação válida da preferência das pessoas.

3.4. Gestão da Energia Eléctrica e tarifação em Portugal

Em face do crescente uso de automação nas indústrias, e do aumento das multas e ajustes cobrados pelas concessionárias, a gestão da energia eléctrica vem a tornar-se uma necessidade para as empresas interessadas em reduzir custos. Os consumidores não estão preocupando-se apenas com os ganhos decorrentes da eliminação de multas, mas passam a exigir recursos para que se alcance um aumento de produtividade através da diminuição de interrupções, maior vida útil dos transformadores, e demais equipamentos instalados nas subestações.

Esta crescente automação na indústria vem sendo impulsionada principalmente por três factores: as empresas sentem cada vez mais a necessidade de redução de custos, os preços dos equipamentos e sistemas vem caindo significativamente, e a capacidade destes mesmos sistemas vem crescendo em progressão geométrica. Dentro deste quadro, surge com destaque a gestão e a conservação de energia eléctrica, por razões específicas: crescente rigidez nos critérios de facturação e nas tarifas de energia eléctrica, e sua aplicação à quase que totalidade dos processos industriais.

A partir da informação sobre como é feito o enquadramento tarifário para a facturação do consumo eléctrico pela companhia energética, qualquer que ela seja, é notório a importância da gestão destes consumos, visando não atingir tarifas não apropriadas ao consumo. A recolha de dados que permite esta gestão é feita por um controlador que pode:

- Monitorar o comportamento da demanda e do factor de potência continuamente;
- Fornecer gráficos e relatórios que permitem a análise do comportamento da demanda e do factor de potência, e a tomada de medidas correctivas cabíveis;
- Controlar automaticamente as cargas e os capacitores, impedindo a ocorrência de multas.

A redução na conta se dá otimizando os contratos de demanda, e eliminando as ultrapassagens de demanda e os ajustes de factor de potência. Isto é possível porque existe uma legislação de âmbito nacional que regula a cobrança da electricidade por todas as concessionárias.

Demanda

Demanda é o consumo de energia da instalação dividido pelo tempo no qual se verificou tal consumo. Para facturação de energia pela concessionária, utilizam-se intervalos de integração de 15 minutos. Assim, a demanda de energia, medida em kW, é igual ao consumo a cada 15 minutos dividido por 1/4. Em um mês, ocorrem quase 3000 intervalos de quinze minutos, assim, a demanda será medida quase 3000 vezes ao longo do mês, e a concessionária de energia eléctrica escolherá o valor mais alto, ainda que tenha sido verificado apenas uma única vez.

O factor de potência já foi definido na secção 2.5. Basta agora dizer que para a facturação de energia, o factor de potência é registado de hora em hora. Assim como no caso da demanda, os mecanismos de tarifação levarão em conta o pior valor de factor de potência registado ao longo do mês, dentre os mais de 700 valores registados.

A tarifação em Portugal

As tarifas e preços regulados para a energia eléctrica e outros serviços regulados são, ordinariamente, aprovados e publicados pela Entidade Reguladora Dos Serviços Energéticos (ERSE) em Dezembro de cada ano, para vigorarem durante o ano seguinte, nos termos e com os fundamentos estabelecidos no Regulamento Tarifário do sector eléctrico.

As tarifas são aplicadas conforme 4 períodos: horas de ponta, horas cheias, horas de vazio normal e horas de super vazio. A tarifação também varia conforme a demanda, ou seja consumidores de média, alta e baixa tensão.

4. Caso prático de estudo

4.1. Caracterização da Organização objecto de estudo

A organização objecto de estudo² é uma empresa multinacional da indústria de embalagens, tendo dentro de sua planta em Portugal o *packaging*, onde se realiza a produção de embalagens metálicas e embalagens plásticas, e o *contract operations*, que desenvolve, formula e faz o enchimento de produtos de cuidado pessoal e da casa, em regime de *contract filling*, o embalamento é realizado em regime de subcontratação.

O fabrico de embalagens metálicas está presente desde a fundação da multinacional genuinamente portuguesa, em 1965, e é até hoje o de maior destaque dentro da planta em Portugal. Este destaque dá-se tanto pelas proporções ocupadas na fábrica, quanto em questão de rentabilidade e volume de negócios.

Uma vez que os modelos produtivos das diferentes vertentes do negócio – *packaging e contract manufacturing* – são totalmente distintos e dado a complexidade dos mesmos, foi dada prioridade durante o desenvolvimento do projecto para a fábrica de embalagens metálicas. Os motivos desta escolha são: a variedade de processos é mais alargada, a maquinaria envolvido é mais antigo, logo necessita mais atenção aos processos e aos consumos, há um maior número de pessoas envolvidas e o espaço físico compreende cerca de 60% das instalações em Portugal. Portanto, todas as questões abordadas neste projecto em termos de processos referem-se ao *metal packaging* e quando se menciona a problemática das estruturas é que se fala de toda a planta da empresa objecto de estudo em Portugal.

4.2. Caracterização dos Produtos

A matéria-prima maioritariamente consumida na elaboração das embalagens metálicas é a folha flandres. A folha flandres é uma liga metálica de ferro com baixo teor em carbono, sobre a qual se deposita um revestimento de estanho. O corpo da embalagem metálica é constituído pela folha-de-flandres soldada, formando uma virola. A este corpo são cravados nas extremidades os componentes, fundos e cúpulas, que dão origem a embalagem final. Os componentes para a produção da embalagem são provenientes da área de estampagem da fábrica.

As embalagens metálicas são necessariamente recobertas nas duas faces, interior e exterior, seja simplesmente por verniz de protecção ou pintura decorativa; esta tarefa sendo responsabilidade da litografia, juntamente com o corte primário e secundário.

² Apresentação da organização objecto de estudo no Anexo B.

4.3. Modelo produtivo

A fábrica dispõe de cinco secções produtivas em que se atribuem as seguintes designações:

- Litografia,
- Embalagens Metálicas, ou apenas Metálicas,
- Embalagens Plásticas,
- Enchimento e
- Copacking.

O modelo do processo produtivo genérico da secção de embalagens metálicas é apresentado em forma de diagrama sequencial na Figura 11 e seguido de uma descrição mais exaustiva na secção 4.6.

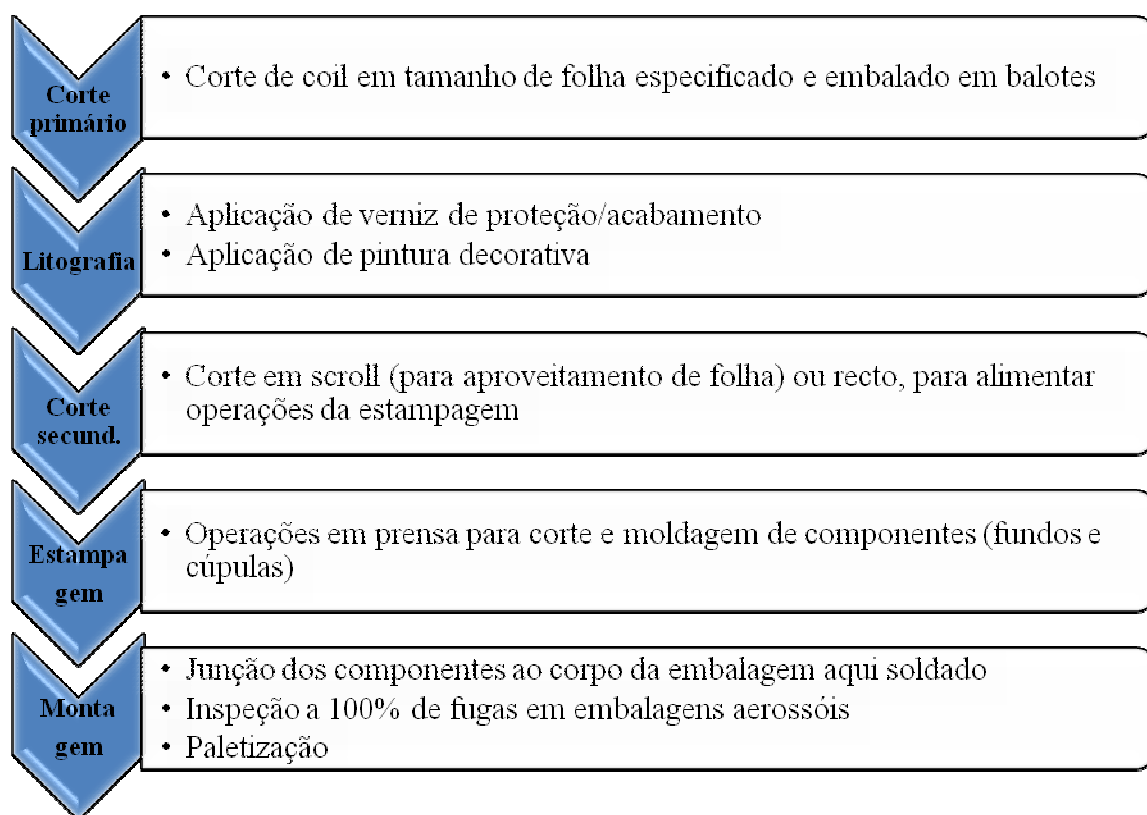


Figura 11 – Processo produtivo simplificado do fabrico de embalagens metálicas

A secção de embalagens metálicas divide-se em produção de aerossóis e *general line*, sendo este último composto por secção alimentar de industrial. A manutenção respeita a divisão de montagem e estampagem. Durante o último ano houve uma reestruturação que passou a dividir a fábrica em células produtivas: 4 na litografia (corte primário, impressão UV, impressão convencional e corte secundário) representadas na Figura 12, 10 células para o fabrico de *General Line* e 5 células para o fabrico de Aerossóis, ambas ilustradas na Figura 13.



Figura 12 – Reestruturação da Litografia

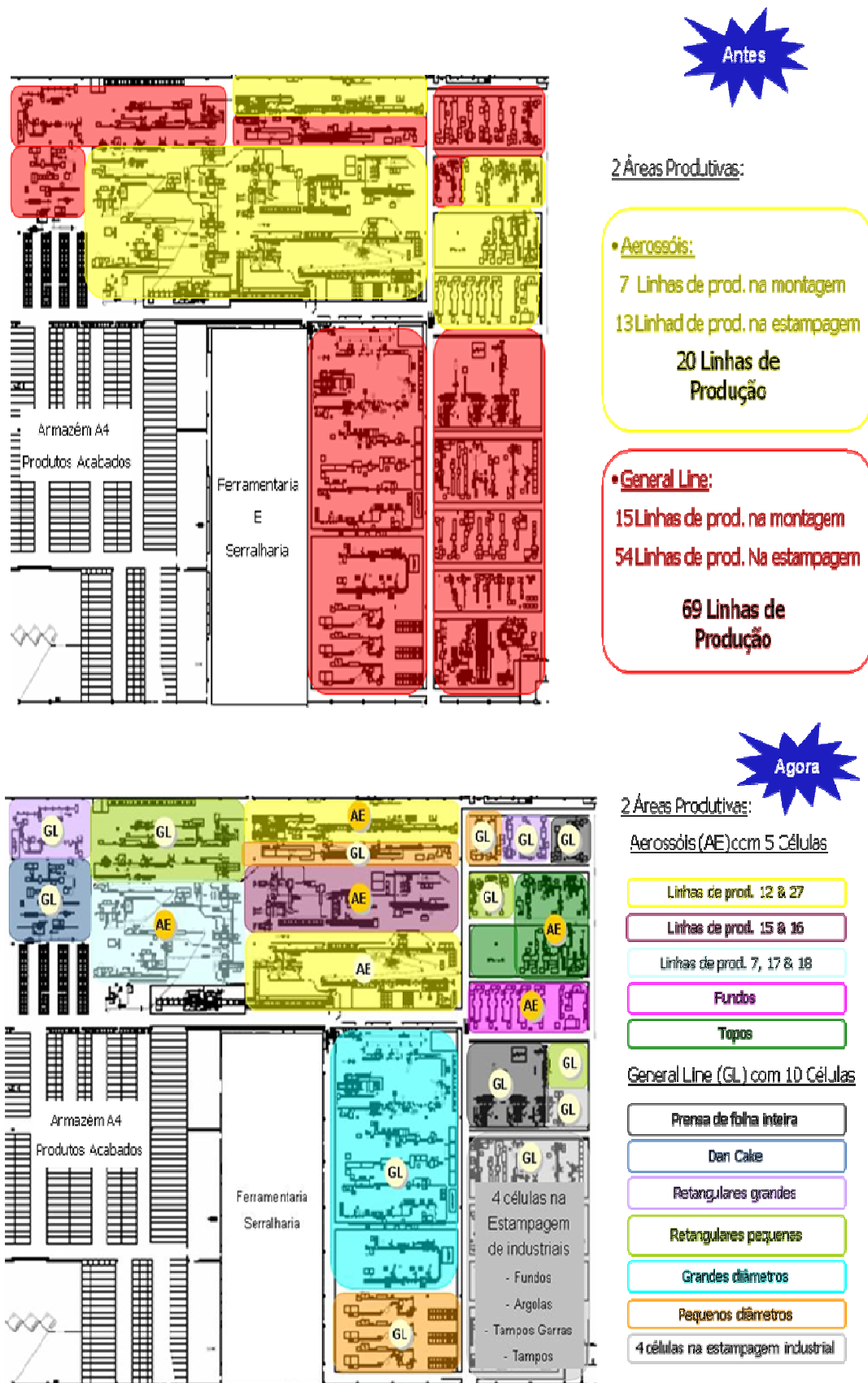


Figura 13 – Reestruturação das metálicas

4.4. Marcos relevantes no âmbito da gestão de energia

No ano de 1994 a empresa objecto de estudo teve talvez a seu mais importante salto na questão energética, que foi a instalação de uma central de cogeração. Esta ideia nasceu a partir da necessidade abordada na última auditoria energética realizada até então. O motor da cogeração trabalhava a fuelóleo, e dele resultava a combinação da geração de energia eléctrica e calor. Mais tarde foram instalados mais duas caldeiras de vapor para apoiar quando necessário a geração de vapor, consumido no enchimento e utilizada para ambientação da fábrica, crucial nos armazéns. Por questões fiscais deu-se a necessidade da criação de uma empresa interna distribuidora de energia³, e consequentemente possuidora da cogeração.

Em Novembro de 2007, por questões ambientais, a empresa distribuidora de energia encerrou a geração de energia eléctrica, ou seja, desligou o motor a fuelóleo. Ao atingir a concentração de emissões de NOx a 1500mg/Nm³ foi mandatório a instalação da monitorização em contínuo das emissões, anteriormente feitas 2 vezes por ano. Na medida em que os valores destas medidas ultrapassavam o teto previsto pela legislação portuguesa, foram aplicadas coimas e efectuado o pedido de desligamento da mesma. O facto de a empresa estar em processo de certificação ambiental, ISO 14000, fortaleceu a decisão.

Em 2008, dada a necessidade efectiva de uma central de cogeração, surgiu a proposta de reactivá-la, desta vez com um combustível propulsor que atende melhor as preocupações ambientais: o gás natural. Neste momento está submetida a proposta para aprovação na Direcção Geral de Energia.

4.5. Utilização das fontes de energia

A empresa objecto de estudo utiliza essencialmente quatro tipos de energia para realizar suas actividades, são eles: electricidade, gás natural, água quente e vapor de água. A água quente e o vapor de água são fornecidos pela empresa fornecedora interna que situa-se nas mesmas instalações; sendo as restantes energias compradas a companhias fornecedoras externas.

Para a geração de água quente e vapor de água, a empresa fornecedora de energia possui uma central térmica composta por duas caldeiras de vapor. A água quente produzida é requerida para o aquecimento de ambientes como armazéns de bobines e de folhas litografadas e na serralharia. Nestes sítios procura-se evitar a condensação de água na matéria-prima e produto-em-curso-de-fabrico, como forma de prevenir o processo de corrosão nas mesmas. O vapor de água é utilizado em processos de aquecimento na secção de Enchimento tais como depósitos de formulação e nas tinas onde são efectuados testes de pressão dos aerossóis.

O gás natural, que veio a substituir o gás propano por completo, é utilizado como combustível para os fornos que fazem a cura após o processo litográfico e ainda em estufas para secagem da borracha e do verniz aplicado sobre a soldadura.

A electricidade tem larga utilização na empresa, desde o funcionamento dos motores eléctricos, presente em praticamente todas as máquinas que envolvem o processo de fabrico; accionamento dos compressores que geram ar comprimido, outra importante forma de energia

³ A empresa que detém a cogeração e faz o fornecimento de alguns recursos energéticos internamente para empresa objecto de estudo é a Colep Energia.

presente na maior parte das máquinas e processos; iluminação e outras actividades de laboratório e escritório.

4.6. Caracterização energética dos processos produtivos e Potência Instalada

Litografia

O processo produtivo desta secção desenvolve-se em três sectores principais: corte primário, conhecido como Littell por ser o nome da máquina, litografia e corte secundário. O processo começa com a recepção e armazenamento das bobinas de chapa metálica (folha-de-flandres) no respectivo armazém a partir do qual é feita a alimentação da bobine à máquina Littell. Nesta máquina, a chapa é desenrolada, cortada, seleccionada e agrupada em lotes. Os lotes são embalados e armazenados, estando prontos para serem enviados para o sector seguinte, conforme mostrado na Figura 14.

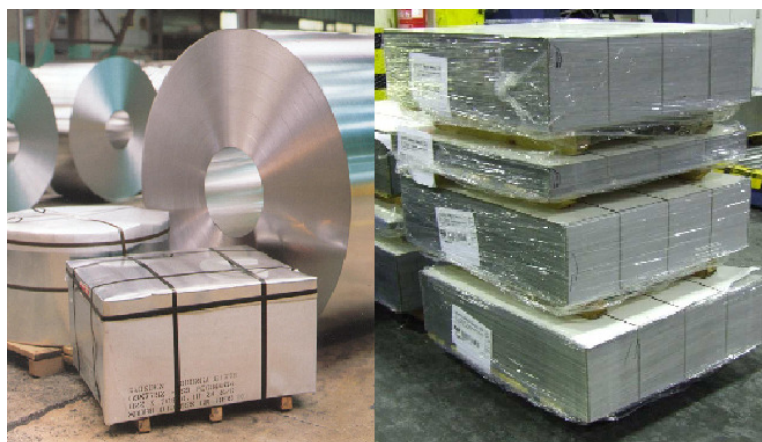


Figura 14 – Coils e folha/chapa em balotes

A litografia das folhas-de-flandres é feita em dois grupos de linhas de impressão e secagem. Há um grupo cuja secagem das chapas após impressão é feita através de lâmpadas ultravioletas (UV) e há um outro grupo que tem associados fornos a gás natural para cura de vernizes e tintas após impressão. O grupo de linhas com secagem por UV é constituído por: uma linha de quatro cores, uma linha de duas cores, uma linha de uma cor e uma linha nova de sete cores. As chapas que vão ser impressas nestas linhas passam antes nas linhas de litografia com fornos de secagem para receberem uma camada de verniz. Ilustração de uma folha inteira litografada, assim como sai das linhas na litografia, na Figura 15.



Figura 15 – Folha inteira litografada

O grupo de linhas com fornos a gás natural é constituído por: uma linha de duas cores e quatro linhas de uma cor. Cada uma destas linhas tem associado um forno. Os fornos de secagem das chapas são constituídos por uma câmara, em forma de túnel, onde dão entrada as chapas após a impressão ou envernizamento, juntamente com o dispositivo de transporte (cuja massa é considerável). Na câmara é insuflado ar aquecido por dois ou três queimadores de gás natural (conforme o modelo do forno). Os gases de exaustão dos fornos (ar e solventes) são extraídos pela chaminé do respectivo forno e enviados para um incinerador de gases (a gás natural) que é comum a todos os fornos.

Os fornos de secagem são da marca LTG, cinco deles têm uma capacidade de secagem de 5000 folhas/hora e um forno tem uma capacidade de secagem de 6 000 folhas/hora. Estes fornos, que foram construídos entre 1973 e 1986, originalmente consumiam gás propano, tendo sido convertidos para gás natural em 2006. A temperatura máxima de secagem é na ordem dos 220°C. O incinerador de gases também é da marca LTG e foi instalado em 2001. A temperatura máxima de incineração é na ordem dos 950 °C, mas está a funcionar com temperaturas na ordem dos 750 °C com queima de gás natural. O motor do ventilador é da marca Siemens, tem uma potência eléctrica nominal de 250 kW e está equipado com variador de velocidade.

Em relação ao consumo de energia na secção, a electricidade é consumida, fundamentalmente, para accionamento dos vários motores eléctricos acoplados aos vários equipamentos e para iluminação. O gás natural é consumido nos fornos de secagem das chapas litografadas e no incinerador dos gases de exaustão destes fornos. Há também consumo de energia térmica sob a forma de água quente, proveniente da central de cogeração da empresa fornecedora, para aquecimento do ar ambiente do sector Littell e do armazém de chapa cortada. O ar comprimido serve para o sopro que auxilia a separação de folha na alimentação das máquinas.

No sector do corte secundário, as chapas provenientes da litografia vão ser cortadas em diversos formatos e dimensões conforme o fim a que se destinam. Para o efeito existem treze linhas de corte, sendo algumas de corte recto, ou convencional, e outra de corte em *scroll*, que permite o maior aproveitamento da folha, mostrado na Figura 16. Com as chapas cortadas são produzidas embalagens destinadas a três tipos de produtos diferentes: aerossóis, industriais e alimentares. As chapas cortadas são armazenadas num armazém (A3) a partir do qual são

alimentadas as linhas de estampagem.

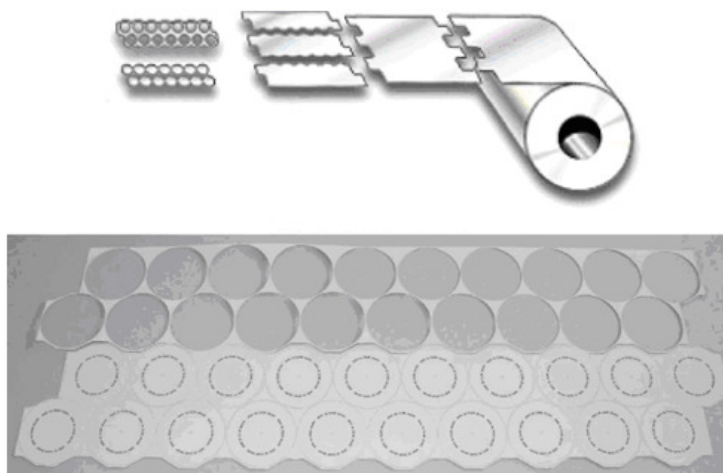


Figura 16 – Corte de coil seguido de corte em *scroll*

Metálicas

Nesta secção todos os produtos passam por dois processos distintos: a estampagem e a montagem⁴ das embalagens. Na estampagem são conformadas as diversas peças que constituem uma embalagem completa, tais como: tampas, fundos, anéis, mostrados na Figura 17. Em algumas linhas da estampagem existem fornos com queima de gás natural para secagem das borrachas de vedação colocadas nas embalagens. Na montagem são agrupadas todas as peças que vão dar origem à embalagem final. Em algumas linhas da montagem existem fornos com queima de gás natural para secagem do verniz colocado na zona de soldadura.



Figura 17 – Fundos, cúpulas, anéis.

Depois de as embalagens estarem montadas é feito o teste de estanquicidade através da pressurização das mesmas com ar comprimido. Em relação ao consumo de energia na secção, a electricidade é consumida, fundamentalmente, para accionamento dos vários motores eléctricos acoplados aos vários equipamentos e para iluminação. O gás natural é consumido nos fornos existentes em algumas linhas de estampagem e de montagem destas embalagens e também num forno retráctil (Thimon) do paletizador das embalagens.

⁴ Caracterização do processo de montagem de embalagens metálicas no Anexo C.

Há também consumo de energia térmica sob a forma de água quente, proveniente da central de cogeração da empresa fornecedora, para aquecimento do ar de uma cortina de ar quente colocada numa das portas de acesso à zona de montagem de embalagens industriais e para aquecimento do ar ambiente do armazém (A3) de chapa litografada cortada.

A distribuição de electricidade em média tensão é feita por cabo pelos quatro postos de transformação, que se encontram colocados em vários pontos da fábrica. A rede de distribuição de baixa tensão caracteriza-se pela interligação dos transformadores de cada posto de transformação ao respectivo Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) e destes aos quadros de distribuição. Dos quadros de distribuição saem as alimentações para os equipamentos consumidores. A compensação do factor de potência é efectuada por baterias de condensadores existentes no QGBT dos postos de transformação 1 e 2, descritos na Tabela 6 da secção 4.6.1.

Para as embalagens metálicas está instalado uma máquina frigorífica, ou *chiller*, associado a um sistema central de circulação de água refrigerada (a cerca de 12 °C) por algumas máquinas produtivas. Há um depósito de acumulação de água refrigerada, que está colocado no exterior da nave e tem isolamento térmico. A este *chiller* tem associado um compressor da marca Bitzer e de modelo 6F-50.2Y. Há ainda algumas unidades frigoríficas individuais colocadas em algumas máquinas produtivas. Estes equipamentos tem potências eléctricas relativamente baixas quando comparados com os restantes equipamentos semelhantes adstritos a outras secções produtivas da fábrica, pelo que o seu consumo de electricidade não é tão relevante.

Embalagens Plásticas

O processo produtivo desta secção desenvolve-se em três sectores: insuflação, injeção e serigrafia. Para fabrico de embalagens por insuflação existem dezasseis máquinas onde é feito o aquecimento das matérias-primas (termoplásticos e corantes) por intermédio de resistências eléctricas, a extrusão, a insuflação com ar comprimido para o interior de um molde e, finalmente, a rebarbagem.

Para fabrico de embalagens por injeção existem onze máquinas onde é feito o aquecimento das matérias-primas (termoplásticos e corantes) por intermédio de resistências eléctricas, a injeção num molde e, finalmente, o arrefecimento da embalagem. Há ainda uma máquina de serigrafia e uma máquina de rotulagem por onde passam algumas embalagens.

Em relação ao consumo de energia na secção, a electricidade é consumida, fundamentalmente, para accionamento dos vários motores eléctricos acoplados aos vários equipamentos produtivos, nos *chillers* e para iluminação. Na máquina de serigrafia há algum consumo de gás natural, mas quantidades com pouca expressão, para além de que esta máquina não é muito utilizada. O ar comprimido apresenta consumo muito significativo.

Em funcionamento normal, as máquinas e os moldes utilizados no fabrico de embalagens plásticas necessitam de arrefecimento contínuo de forma a manter a temperatura de trabalho nos valores pré-estabelecidos para cada equipamento. Este arrefecimento é feito através da circulação de água refrigerada (a cerca de 10-11 °C) pelos canais internos das máquinas e dos moldes. Para refrigeração da água estão instalados seis *chillers* de compressão de diferentes capacidades. Para algumas máquinas que não necessitam de arrefecimento com água refrigerada com temperaturas tão baixas está instalada uma torre de refrigeração da marca Uniclina – modelo TCE 180. Na Tabela 5 são apresentadas as principais características dos

chillers referidos.

Tabela 5 – Características principais dos Chillers

Marca	gwk	Corema	Gefrisa	-	Corema
Modelo	-	P0/A0 35EE	G-325 HÁ	-	PC/AV/E – 260
Tipo	850	Pack Chiller	-	-	big
Fluido Frigogéneo	R22	-	R22	-	R 407 C
Ano	1984	-	1985	-	-
Quantidade	2	1	1	1	1
Potência Eléctrica	-	-	67 kW	-	112,6 kW
Potência de Refrigeração	104 kW	-	218 kW	-	366 kW
COP	-	-	3,2	-	3,2
Arrefecimento Condensadores	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar

Enchimento

O processo produtivo desta secção desenvolve-se em três sectores: formulação de produtos, enchimento de aerossóis e enchimento de líquidos. A maior parte das embalagens utilizadas para enchimento nesta secção são provenientes das secções de Embalagens Metálicas e de Embalagens Plásticas da fábrica, havendo algumas que são provenientes de empresas externas.

A formulação dos produtos é feita em depósitos existentes numa sala independente da sala de enchimento. Estes depósitos dispõem de camisas interiores por onde circula vapor para fazer o aquecimento ou água refrigerada para fazer o arrefecimento dos produtos durante e/ou após a formulação. Os depósitos têm isolamento térmico.

Depois de feita a formulação, os produtos são armazenados em depósitos a partir dos quais é feita a alimentação das linhas de enchimentos. No sector dos aerossóis é feito o enchimento das latas com o produto pretendido. Depois, segue-se a cravação da válvula, o enchimento com gás propulsor em cabinas preparadas para o efeito, a pesagem, o banho quente (verificação de fugas), a secagem das latas, a montagem do actuador e, finalmente, a montagem da tampa. Para estas operações existem seis linhas com diversas capacidades de produção, uma das quais é utilizada para enchimento de gel.

O banho quente das latas cheias é feito em água a uma temperatura cerca de 60 °C, aquecida com vapor em permutador tubular externo ao tanque da máquina. No sector de líquidos é feito o enchimento das embalagens metálicas e das embalagens plásticas. Depois, segue-se a montagem da tampa e a colocação do rótulo. Para estas operações existem duas linhas com diversas capacidades de produção.

Para arrefecimento dos depósitos de formulação dos produtos cheios nesta secção, é feita a circulação de água refrigerada (a cerca de 12 °C) pelas camisas interiores dos depósitos. Para produção de água refrigerada utilizada para este fim está instalado um aero-refrigerador e um *chiller* de compressão. O aero-refrigerador, da marca Fincoil, foi instalado para fazer a refrigeração da água sempre que a temperatura do ar ambiente for inferior à temperatura de retorno da água refrigerada, em substituição do *chiller*. No entanto, o aerorefrigerador não

está a ser utilizado. O *chiller* é da marca Bitzer, do tipo 4 H-25.2 Y e fluído R 407 C, do ano de 1997.

Em relação ao consumo de energia na secção, a electricidade é consumida, fundamentalmente, para accionamento dos vários motores eléctricos acoplados aos vários equipamentos, no *chiller*, no aero-refrigerador e para iluminação. O vapor é utilizado para aquecimento de água dos banhos das latas de aerossóis, para aquecimento dos tanques de formulação dos produtos e para aquecimento do ar ambiente.

Copacking

Neste sector são embalados artigos em regime de subcontratação. Normalmente, são recebidos do exterior os artigos em pequenas séries de peças soltas para serem montados e embalados nas linhas existentes, resultando os produtos finais desta secção. A maior parte das operações aqui desenvolvidas são manuais, embora estejam instaladas algumas máquinas onde são feitas algumas operações específicas de embalamento. Em relação ao consumo de energia na secção, a electricidade é consumida, fundamentalmente, para accionamento dos vários motores eléctricos acoplados aos poucos equipamentos existentes e para iluminação.

4.7. Distribuição de Energia

4.7.1. Distribuição de electricidade

A empresa objecto de estudo recebe a energia eléctrica na ordem de 15 kV, e por isso tem distribuído em suas instalações 4 postos de transformação (PT's) que abaixam a tensão. Os transformadores de serviço contínuo instalados nos postos de transformação existentes na fábrica têm as características apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Características dos Transformadores

PT nº	Tranfo. nº	Potência KVA	Marca	Ano
1	1	800	Siemens	1980
1	2	630	Efacec	1984
1	3	630	France Tranfo	1993
2	1	800	Efacec	2005
2	2	800	Motra	1987
2	3	800	Motra	1985
3	1	400	France Tranfo	2000
4	1	800	France Tranfo	2000
4	2	800	France Tranfo	2000

4.7.2. Produção e Distribuição do ar comprimido

A empresa dispõe de três centrais para produção do ar comprimido necessário aos vários equipamentos utilizados na fábrica. Duas das centrais (nº 1 e nº 3) produzem ar comprimido a uma pressão cerca de 7.5-8 bar e têm as suas redes de distribuição de ar interligadas. A central nº 2 produz ar comprimido a uma pressão cerca de 12.5 bar e possui uma rede de distribuição de ar independente das outras.

Na central nº1 estão instalados quatro compressores de ar, de duplo estágio, com o respectivo secador de ar acoplado. No exterior, junto à mesma, existe um reservatório de ar comprimido com uma capacidade de 2 m³ e duas torres de refrigeração da água de arrefecimento dos compressores. Esta central, em conjunto com a central nº 3, alimenta todos os consumidores de ar comprimido com a exceção das linhas de teste de pressão dos aerossóis. Os compressores de ar instalados têm as características apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Características principais dos compressores de ar da Central Nº1

Marca	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco
Modelo	ZR 4A	ZR 4A 55	ZR 90
Ano	1986	1993	1993
Tipo	Parafuso Isento de óleo		
Quantidade	2	1	1
Potência do Motor	250 kW	200 kW	90 kW
Capacidade	34,6 m³/min (10 bar)	24,6 m³/min (10 bar)	11,5 m³/min (10 bar)
Consumo Específico	0,120 kWh/m³	0,135 kWh/m³	0,130 kWh/m³
Regulação	Carga-Vazio	Carga-Vazio	Carga-Vazio
Arrefecimento	Água	Água	Água
Secador (tipo)	MD4	MD4	MD 90

Todos os compressores estão equipados com contador de horas totais de funcionamento e contador de horas em carga. Nesta central está instalado um autómato que permite fazer o controlo do funcionamento destes compressores, para os quais está definido um *set-point* de 7.5 bar para a pressão de serviço. Este autómato promove a entrada em funcionamento dos compressores em função da variação de pressão na rede de ar comprimido, de forma que as horas de funcionamento dos mesmos sejam equivalentes. O funcionamento dos compressores desta central é influenciado pelo funcionamento do compressor da central nº 3, uma vez que estão ligados à mesma rede de distribuição de ar comprimido.

Na central nº2 estão instalados três compressores de ar, um dos quais tem variador de velocidade do motor principal e tem secador de ar incorporado. Existe ainda um secador de ar para os dois compressores mais antigos. No exterior, junto à mesma, existe um reservatório de ar comprimido com uma capacidade de 2 m³. Esta central alimenta as linhas de teste de pressão dos aerossóis. Os compressores de ar instalados têm as características apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Característica dos compressores de ar na central nº2

Marca	Atlas Copco	Atlas Copco
Modelo	GA 345 - 13	GA 90 VSD FF
Ano	1989	2003
Tipo	Parafuso com injeção de óleo	
Quantidade	2	1
Potência Motor	45 kW	90 kW
Capacidade	4,86 m³/min (13 bar)	11,8 m³/min (13 bar)
Consumo Específico	0,154 kWh/m³	0,127 kWh/m³
Regulação	Carga-Vazio	Velocidade variável
Arrefecimento	Ar	Ar
Secador (tipo)	FD 355	Incorporado

Os compressores GA 345 – 13 estão equipados com contador de horas totais de funcionamento e contador de horas em carga. O compressor com VSD está equipado apenas com contador de horas totais de funcionamento. Nesta central também existe um autómato que permite fazer o controlo do funcionamento destes compressores. O controlo é feito de forma: quando o compressor com VSD tem capacidade suficiente para as necessidades de consumo da fábrica, é o único em funcionamento; quando o compressor com VSD não tem capacidade suficiente para as necessidades de consumo da fábrica, entra em funcionamento um dos outros compressores como base e o compressor com VSD fica numa situação de apoio, modulando a sua carga em função das variações no consumo de ar comprimido.

Na central nº3 está instalado um compressor de ar de duplo estágio com válvula de modulação de ar comprimido e dois secadores de ar (ligados em série). Não existe depósito de acumulação de ar comprimido. Esta central, em conjunto com a central nº 2, alimenta todos os consumidores de ar comprimido com a exceção das linhas de teste de pressão dos aerossóis. O compressor de ar instalado tem as características principais apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Característica do compressor de ar na central nº3

Marca	Ingersoll-Rand
Modelo	SSR MH 200-2S
Ano	-
Tipo	Parafuso com injeção de óleo
Quantidade	1
Potência Motor	200 kW
Capacidade	36,36 m³/min (10 bar)
Consumo Específico	0,092 kWh/m³
Regulação	Caudal de ar variável
Arrefecimento	Água
Secador (tipo)	SV – 707AP e TMS 480

O compressor está equipado com contador de horas totais de funcionamento. O controlo do funcionamento deste compressor é feito através do controlador do próprio compressor em função da pressão de serviço, cujo *set point* é de 8 bar. Através da válvula de variação de caudal de ar comprimido, o compressor modula a sua carga em função das necessidades de consumo da fábrica e em função do funcionamento dos compressores ZR da central nº 1, uma vez que estes compressores estão ligados há mesma rede de distribuição de ar comprimido.

Com base nos registos das leituras efectuadas aos contadores parcelares de electricidade instalados na fábrica, associados a estes equipamentos, é possível quantificar o consumo de electricidade para produção de ar comprimido. Assim, para o ano de referência deste documento, foi contabilizado um consumo de cerca de 5 622 MWh, que representa cerca de 26 % do consumo total de electricidade na fábrica registado no mesmo período.

4.7.3. Iluminação

A iluminação das naves fabris e sectores auxiliares é efectuada por lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio e de vapor de sódio de 250 e 400 W, por lâmpadas de descarga de iodetos metálicos de 250 W e por lâmpadas fluorescentes de 18, 36, 40 (anti-deflagrantes) e 58 W. Todas as lâmpadas dispõem de balastros ferro-magnéticos. As lâmpadas de iodetos metálicos de 250 W foram instaladas no sector de estampagem da secção de embalagens metálicas, na secção de enchimento e na secção de embalagens plásticas em meados de 2007. Estas lâmpadas vieram substituir lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio de 400 W que existiam nestes sectores, assim como algumas lâmpadas fluorescentes instaladas no sector de embalagens metálicas industriais.

Na cobertura de uma parte das naves fabris estão colocadas chapas translúcidas que permitem um bom aproveitamento da luz natural, permitindo reduzir o tempo de funcionamento da iluminação artificial, o que se reflecte num menor consumo de electricidade para iluminação. Em alguns destes espaços estão também colocadas células fotoeléctricas para controlo do funcionamento das lâmpadas em função da luminosidade natural. Algumas destas chapas translúcidas já apresentam níveis de opacidade consideráveis devido a uma degradação provocada pelos raios solares ou, eventualmente, alguma sujidade acumulada, e estão gradualmente a ser substituídas, tal como a cobertura metálica, que ganha novos acrílicos, nova pintura e sistema de ventilação natural.

4.7.4. Distribuição de Vapor e recolha de Condensados

O vapor é consumido nos vários equipamentos da secção de enchimento, assim como em termo ventiladores existentes nesta secção, e é proveniente da central vapor da Colep Energia. A distribuição do vapor saturado é feita a partir de um colector existente na Colep Energia a uma pressão média de 8 bar. As tubagens de distribuição de vapor dispõem de isolamento térmico que se encontra em bom estado de conservação. Todos os condensados resultantes da utilização do vapor nos vários consumidores são enviados para um depósito existente na central térmica da Colep Energia para ser reutilizado na produção de vapor consumido na fábrica. Portanto, consideramos que a taxa de recuperação de condensados é de 100 %. As tubagens de condensados também dispõem de isolamento térmico que se encontra em bom estado de conservação.

4.7.5. Distribuição de energia sob a forma de água quente

Para fazer o aquecimento ambiente de algumas zonas da fábrica é adquirida energia térmica sob a forma de água quente que circula em termo ventiladores colocados nessas zonas. Esta energia é adquirida à empresa fornecedora interna e é proveniente das caldeiras desta. Neste relatório, o consumo desta energia pode ser designado de forma simplificada por “consumo de água quente”, embora não haja consumo efectivo de água mas apenas da energia térmica (calor) libertada pela circulação em circuito fechado de água quente. As tubagens de circulação de água quente pela fábrica dispõem de isolamento térmico que se encontra em bom estado de conservação.

4.7.6. Aquecimento e arrefecimento ambiente

Para promover o aquecimento do ar ambiente de alguns espaços fabris adstritos à litografia, nomeadamente: no armazém de folha-de-flandres cortada e no centro de escolha, estão instalados termo-ventiladores que utilizam água quente como fonte de calor. Este aquecimento é feito, principalmente, para evitar que ocorram condensações devido ao arrefecimento do ar no interior destes espaços. Há também um sistema de ventilação para formar uma “cortina” de ar quente numa porta de acesso à nave fabril de montagem de embalagens metálicas industriais. O aquecimento do ar também é feito com água quente. A água quente utilizada nestes termo-ventiladores é proveniente da central de cogeração da empresa fornecedora interna, como já foi referido. Para climatização de gabinetes e outros espaços técnicos e administrativos existem sistemas eléctricos que promovem o aquecimento e o arrefecimento desses espaços, maioritariamente são unidades individuais do tipo *Split*, mas também há alguns sistemas centrais de tratamento de ar com aquecimento por resistências eléctricas e arrefecimento com máquinas frigoríficas (no edifício administrativo e no edifício das embalagens plásticas). As unidades centrais de tratamento de ar têm associadas redes de condutas de insuflação de ar tratado nos espaços a que estão adstritas.

4.7.7. Gás Natural

Este combustível entra na fábrica através de um Posto de Regulação e Medida (PRM) colocado nos terrenos desta unidade fabril. Os consumidores de gás natural são: fornos das linhas de litografia; incinerador dos gases provenientes dos fornos das linhas de litografia; linha de serigrafia das embalagens plásticas; fornos da estampagem de embalagens metálicas para secagem da borracha de vedação colocada; fornos da montagem de embalagens metálicas para secagem do verniz colocado na zona de soldadura; Thimon – forno retráctil do paletizador das embalagens metálicas e cozinha do refeitório.

4.8. Segmentação do consumo

Após a descrição detalhada dos processos fabris, da caracterização dos equipamentos que cada um dos processos envolve, tal como as formas de energia utiliza, apresenta-se agora a segmentação dos consumos da empresa objecto de estudo, para o ano de realização do projecto. Será útil uma segmentação mais detalhada para apresentação dos resultados obtidos, que serão apresentados no Capítulo 5.

Os dados, na sua maioria, foram apresentados apenas em tep, devido ao facto que representa melhor as transformações energéticas de natureza térmica e eléctrica. Em algumas análises, porém, estão apresentados em ambas unidades energéticas, pois, como anteriormente citado, as diferentes formas de energia apresentam peso diferente em unidades de contabilização da energia, ou seja GJ (giga joules) e tep (tonelada equivalente de petróleo).

Para se perceber a evolução da empresa em termos energéticos está apresentado no Gráfico 2 a evolução dos consumos totais, transformados para a unidade de tonelada equivalente de petróleo (tep) - ver secção 2.1 - ao longo dos últimos anos. Nota-se que o ano de 2008 já reflecte a preocupação com a poupança energética, uma vez que foi um ano com produção equivalente a 2006, porém com o consumo energético cerca de 9% menor.

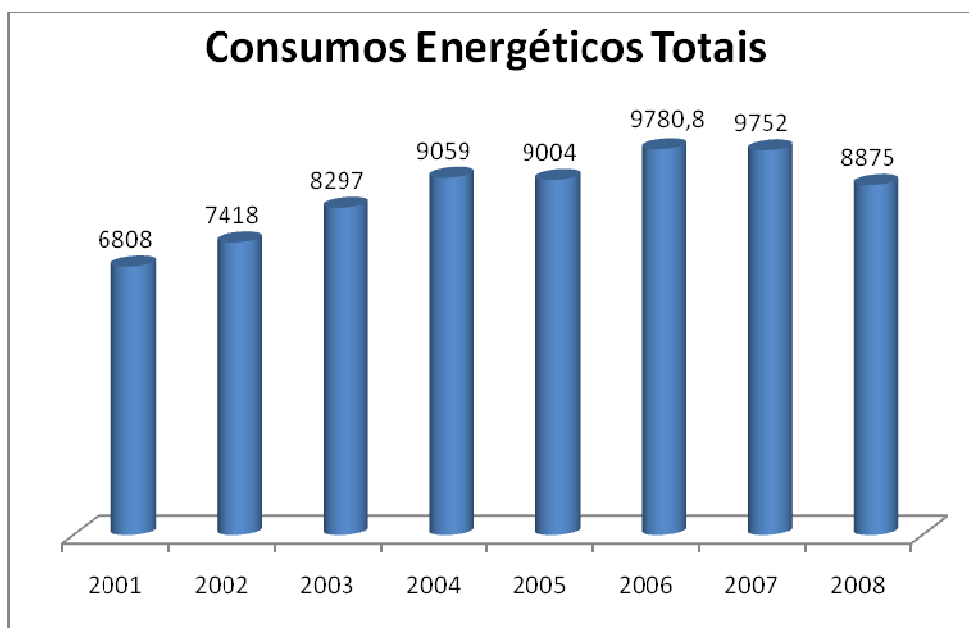


Gráfico 2 - Evolução do consumo ao longo dos últimos anos em tep

O Gráfico 3 apresenta a distribuição das diferentes formas de energia finais utilizadas na empresa em termos percentuais. O Gráfico 4 apresenta a distribuição do consumo de energia das diferentes secções em termos percentuais. Estes dois gráficos ilustram a situação já referenciada da diferença de peso na transformação para as unidades tep e GJ. No Gráfico 3 torna-se evidente que a electricidade tem maior peso na análise em tep, ao contrário do gás natural, que apresenta maior peso percentual em GJ e com isso faz com que na análise do Gráfico 4 a Litografia represente ser o maior consumidor de energia da fábrica.

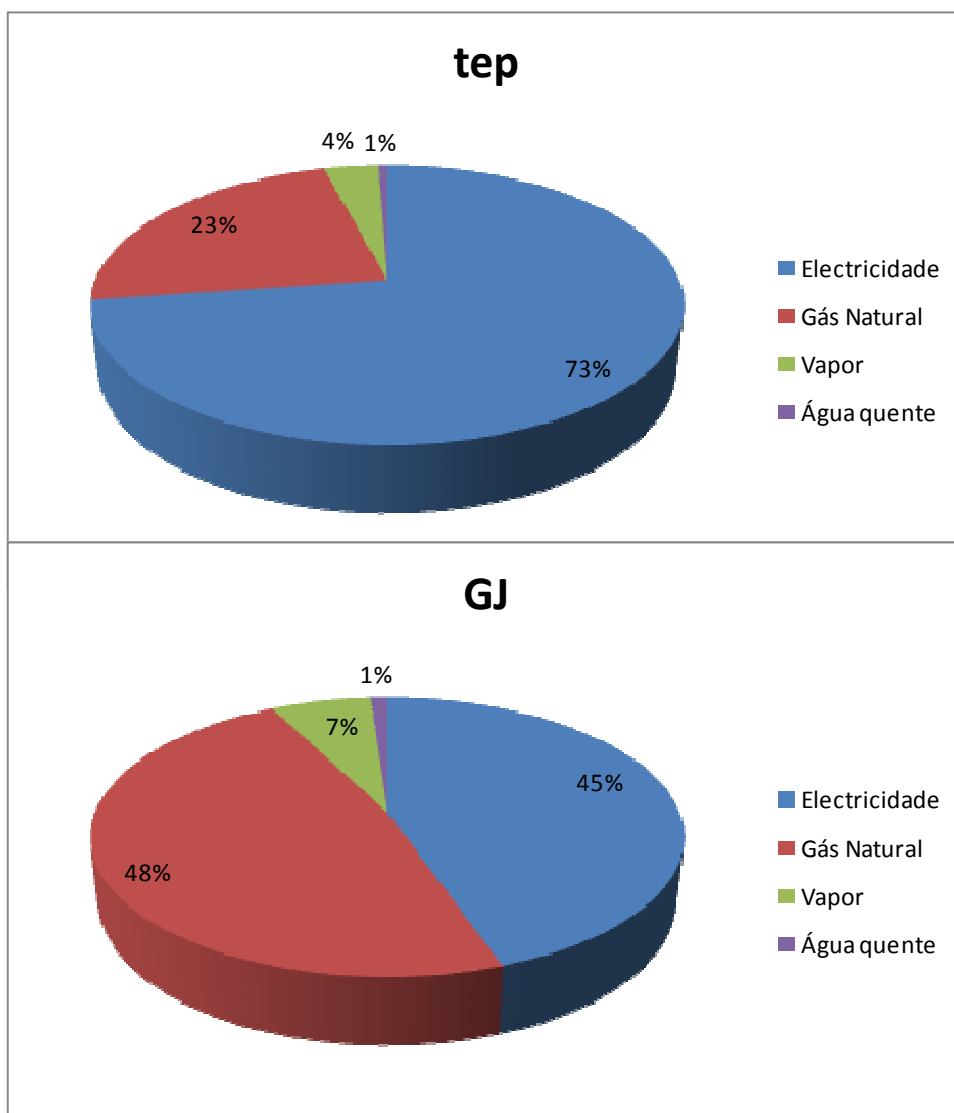


Gráfico 3 – Distribuição das diferentes formas de energia em tep e GJ

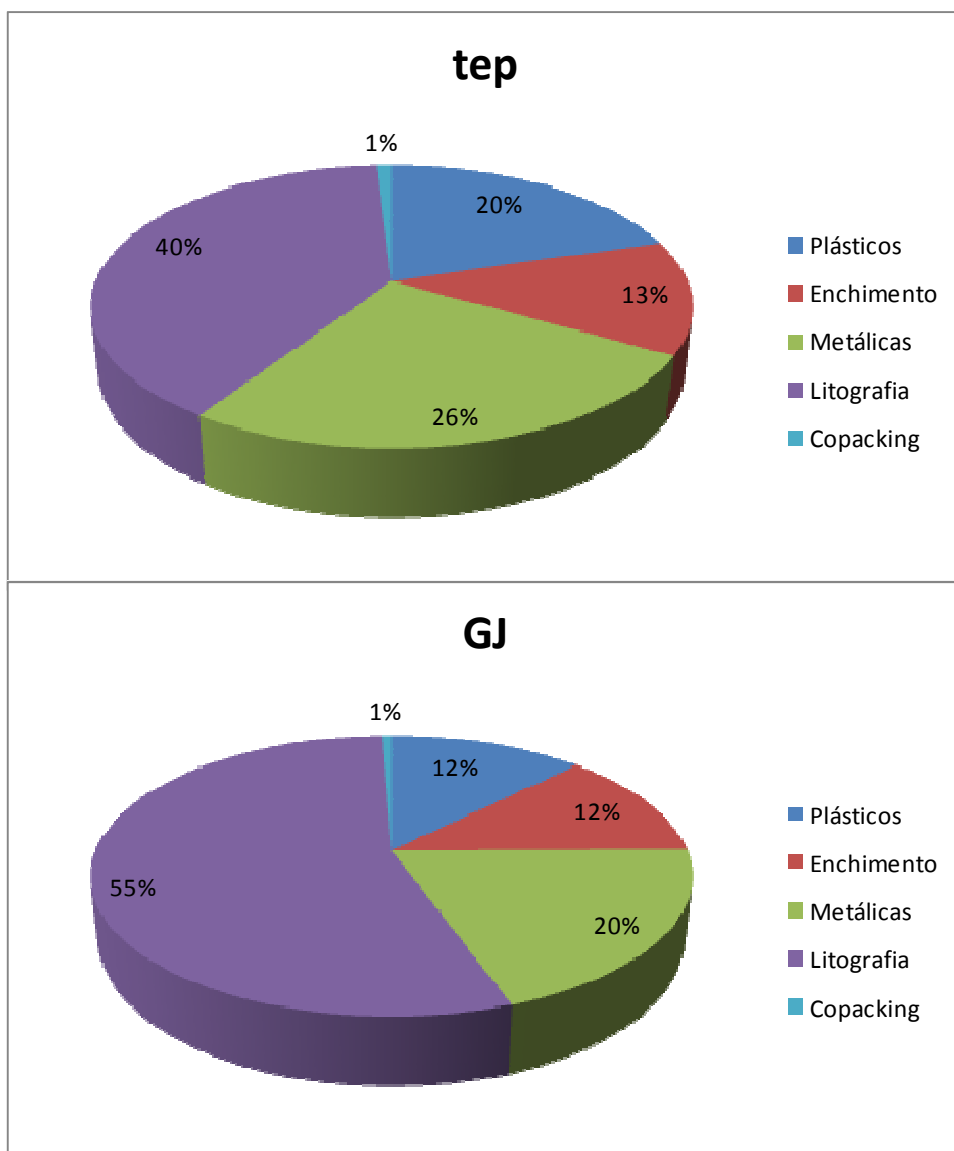


Gráfico 4 - Distribuição do consumo em GJ vs Tep

A Tabela 10 apresenta para o ano de 2008 a distribuição mensal dos consumos de energia, em tep, em cada secção da fábrica.

Tabela 10 - Divisão dos consumos

Consumo Tep								
Sector	Copacking				Enchimento			
Energia	Elect.	Gas Nat	Vapor	Agua Q.	Elect.	Gas Nat	Vapor	Agua Q.
Jan	9,78	0,00	0,00	0,06	92,17	0,00	32,17	0,54
Fev	8,22	0,00	0,00	0,04	86,76	0,00	31,19	0,46
Mar	7,02	0,00	0,00	0,03	79,17	0,00	24,93	0,31
Abr	6,38	0,00	0,00	0,02	76,58	0,00	25,79	0,19
Mai	6,00	0,00	0,00	0,00	69,25	0,00	22,34	0,00
Jun	4,24	0,00	0,00	0,00	49,81	0,00	17,70	0,00
Jul	5,52	0,00	0,00	0,00	74,16	0,00	27,87	0,00
Ago	4,98	0,00	0,00	0,00	63,11	0,00	22,87	0,00
Set	6,37	0,00	0,00	0,00	69,21	0,00	28,58	0,00
Out	8,46	0,00	0,00	0,01	61,71	0,00	25,01	0,07
Nov	7,24	0,00	0,00	0,02	53,58	0,00	25,79	0,16
Dez	5,96	0,00	0,00	0,04	66,17	0,00	28,65	0,47
Total/Área	80,19	0,00	0,00	0,22	841,67	0,00	312,89	2,21

Consumo Tep								
Sector	Plásticos				Metálicas			
Energia	Elect.	Gas Nat	Vapor	Agua Q.	Elect.	Gas Nat	Vapor	Agua Q.
Jan	178,20	0,00	0,00	1,05	194,25	16,46	0,00	5,87
Fev	153,54	0,00	0,00	0,81	178,61	16,17	0,00	4,83
Mar	139,68	0,00	0,00	0,56	179,87	17,22	0,00	3,56
Abr	168,79	0,00	0,00	0,42	176,69	17,43	0,00	2,32
Mai	162,11	0,00	0,00	0,00	183,32	16,87	0,00	0,00
Jun	142,07	0,00	0,00	0,00	155,58	16,93	0,00	0,00
Jul	161,88	0,00	0,00	0,00	186,17	18,60	0,00	0,00
Ago	138,24	0,00	0,00	0,00	158,89	17,77	0,00	0,00
Set	148,21	0,00	0,00	0,00	172,10	18,42	0,00	0,00
Out	166,43	0,00	0,00	0,19	182,93	18,61	0,00	1,10
Nov	144,82	0,00	0,00	0,44	174,27	18,11	0,00	2,68
Dez	88,81	0,00	0,00	0,63	135,68	12,21	0,00	4,80
Total/Área	1.792,8	0,00	0,00	4,10	2.078,3	204,79	0,00	25,17

Consumo Tep					
Sector	Litografia				Total
Energia	Elect.	Gas Nat	Vapor	Agua Q.	
Jan	128,33	148,16	0,00	4,30	811,35
Fev	122,54	145,56	0,00	3,56	752,31
Mar	130,96	155,01	0,00	2,65	740,98
Abr	133,94	156,85	0,00	1,75	767,13
Mai	135,59	151,83	0,00	0,00	747,31
Jun	128,63	152,34	0,00	0,00	667,29
Jul	163,08	167,36	0,00	0,00	804,64
Ago	142,86	159,92	0,00	0,00	708,64
Set	159,35	165,81	0,00	0,00	768,04
Out	160,41	167,48	0,00	0,85	793,28
Nov	151,74	162,95	0,00	2,07	743,88
Dez	113,40	109,88	0,00	3,68	570,38
Total/Área	1.670,8	1.843,2	0,00	18,88	8.875,24

Os consumos de energia eléctrica são obtidos através de 40 contadores parcelares de kWh espalhados pela fábrica, de modo a distribuir a factura a diversos centros de custos, conforme secção ou área produtiva, que estão listados abaixo, juntamente com o respectivo consumo para o ano de 2008, na Tabela 11. O Gráfico 5 apresenta os dados da Tabela 11, para melhor visualização da distribuição de consumos.

Tabela 11 – Contadores parciais de Energia Eléctrica

LOCAL/SECÇÃO/ÁREA PRODUTIVA	KWH	LOCAL/SECÇÃO/ÁREA PRODUTIVA	KWH
CALDEIRAS	91.924	MONTAGEM 1	956.710
COPACKING	196.631	BLOCO ADMINISTRATIVO 1	131.477
INFORMÁTICA	129.131	BLOCO ADMINISTRATIVO 2	94.984
COMUNS INJ/INS	879.571	TRANSPORTES	389.088
INJEÇÃO	691.185	TORRES	180.331
INSUFLAÇÃO	2.698.250	COMPRESSORES 1	2.485.728
SERIGRAFIA	121.525	COMPRESSORES 2	856.125
ARMAZÉM A2	114.668	COMPRESSOR GA 90 VSD	476.332
ILUMINAÇÃO EXTERIOR 1	409	COMPRESSOR GA 345 1	36.348
ILUMINAÇÃO EXTERIOR 2	37.371	COMPRESSOR GA 345 2	121.135
DEPÓSITO ÁGUA	31.542	COMPRESSOR SSR200MH	1.466.212
ENCHIMENTO 1	1.515.079	OBRAS	0
LITTELL	288.979	SERRALHARIA	119.720
LITOGRAFIA 1	2.827.952	ESTAÇÃO SERVIÇO	73.967
LITOGRAFIA 2	1.212.375	EDIFÍCIO AUDITÓRIO	23.248
FOTOLITO	251.672	AR CONDICIONADO AUDITÓRIO	32.232
CORTE	113.928	BALNEÁRIOS	20.361
ESTAMPAGEM	1.202.180	ARMAZÉM A5	351.518
MONTAGEM 3	1.081.140	A5 NAVE B	66.123
MONTAGEM 2	304.720	A5 NAVE C	103.773
TOTAL		21.775.644	

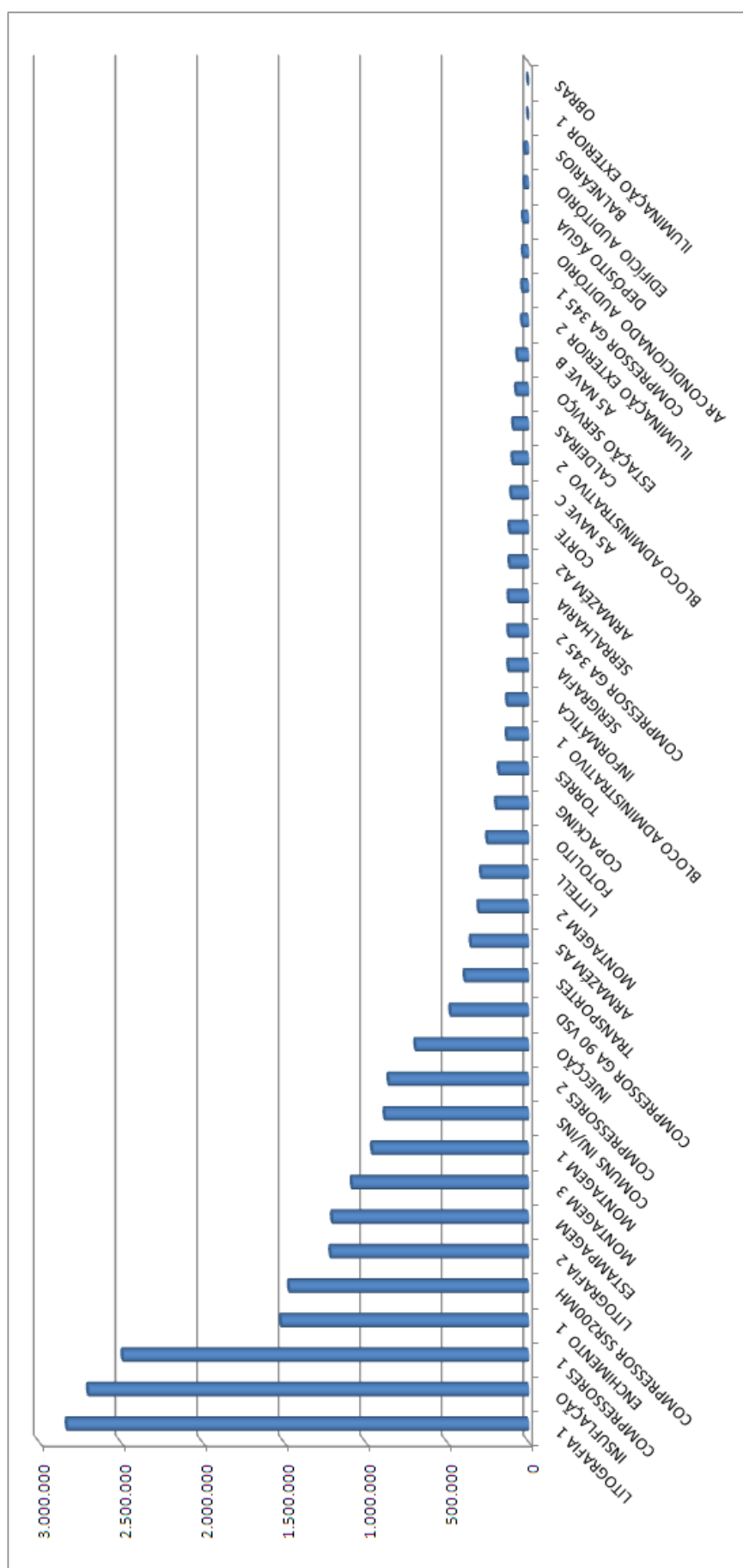


Gráfico 5 – Distribuição de consumo de electricidade

Os contadores do consumo de ar comprimido são 5, fazem a medição em Nm^3 , e estão distribuídos nas áreas produtivas que o consomem, conforme mostrado no Gráfico 6.

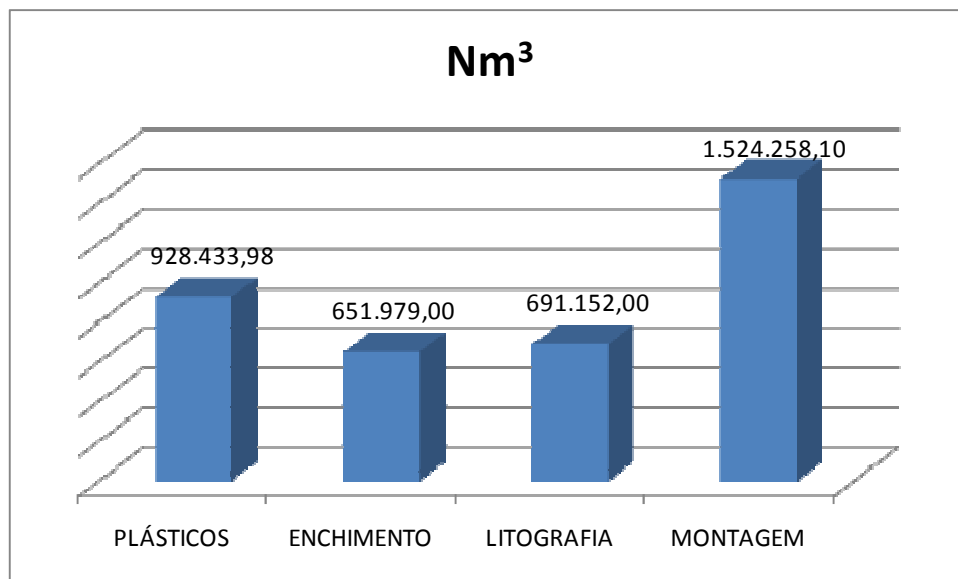


Gráfico 6 – Distribuição de Consumo de ar comprimido

O consumo de Gás Natural é medido em m^3 , em 2 contadores que contabilizam os consumos da litografia e metálicas. O consumo de 2008 está apresentado no Gráfico 7.

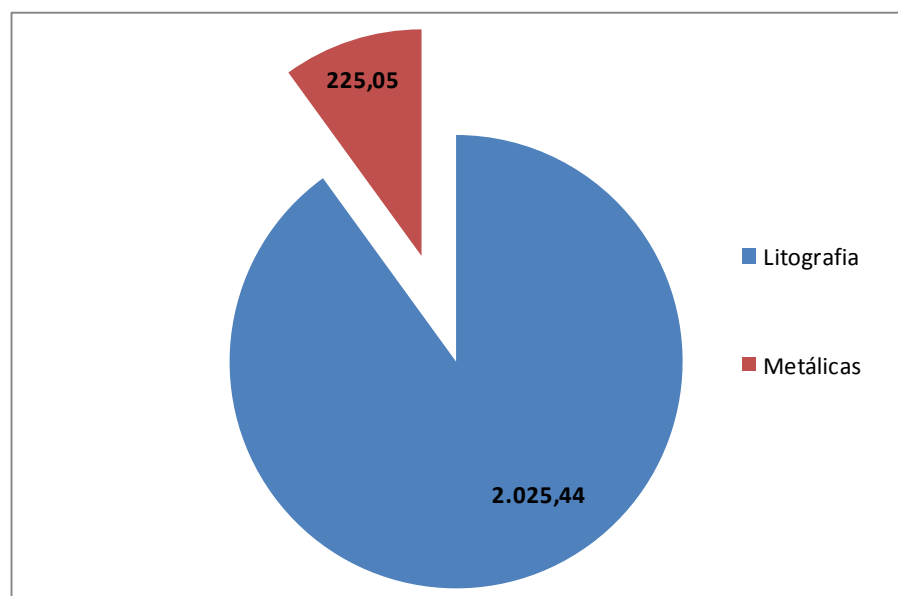


Gráfico 7 – Distribuição do consumo de Gás Natural em m^3

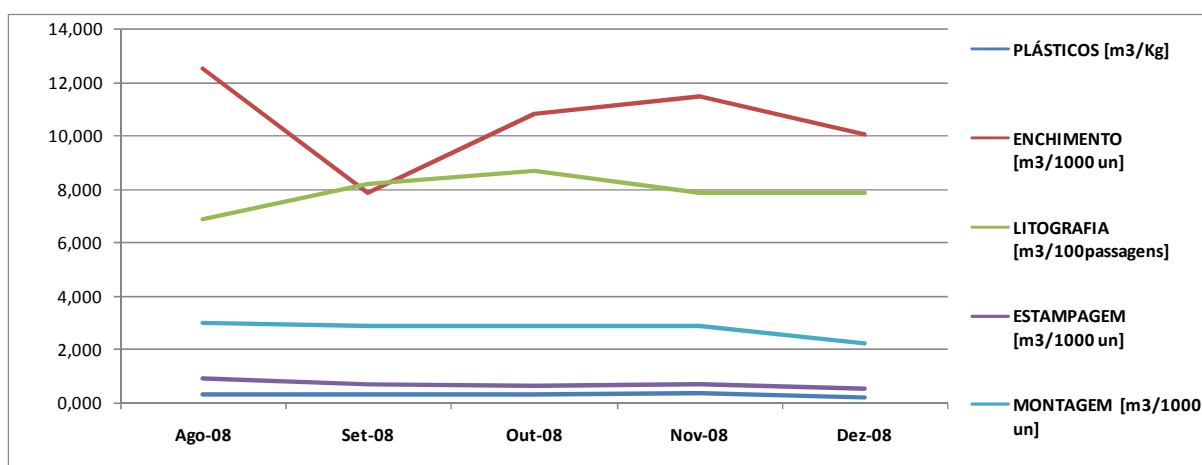
A Tabela 12 apresenta o consumo específico total para o ano de 2008 referente a electricidade, a Tabela 13 é referente ao ar comprimido. O Gráfico 8 apresenta o consumo específico de ar comprimido das secções da fábrica para o período de realização do projecto.

Tabela 12 – Consumo específico de Electricidade

Secção [unidade]	Total
Estampagem [kWh/1000uni]	22,49
Montagem [kWh/1000uni]	352,10
Littell [kWh/1000uni]	89,68
Corte [kWh/ton]	39,73
Litografia [kWh/1000passagens]	545,13
Enchimento [kWh/1000uni]	282,91
Plásticos [kWh/Kg]	17,55
Copacking [kwh/1000uni]	346,57

Tabela 13 – Consumo específico de Ar comprimido

Secção [unidade]	Total
PLÁSTICOS [m3/Kg]	3,70
ENCHIMENTO [m3/1000 un]	119,54
LITOGRAFIA [m3/100passagens]	93,20
ESTAMPAGEM [m3/1000 un]	12,04
MONTAGEM [m3/1000 un]	38,70

**Gráfico 8 – Consumo Específico de Ar Comprimido**

O Gráfico 9 apresenta os consumos totais das cinco secções produtivas das embalagens metálicas ao longo do ano. O objectivo de apresentar o consumo desta maneira e de dois anos sucessivos é de mostrar a correlação entre as curvas, identificando sazonalidade dos consumos. Os motivos desta sazonalidade são muitos, e difíceis de explicar uma vez que envolvem quantidades produzidas, temperatura ambiente, entre outros.

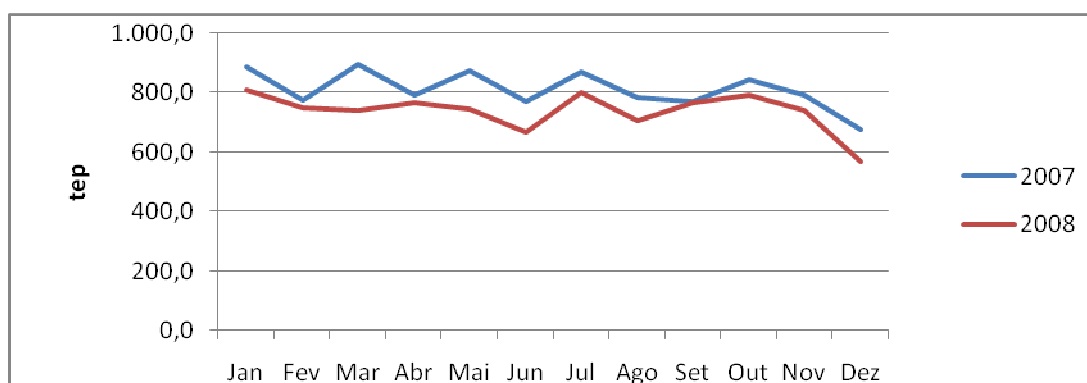


Gráfico 9 – Distribuição do consumo em tep ao longo do ano

5. Implementação de Programa de Racionalização de Energia e Discussão dos Resultados

O principal objectivo do projecto foi de integrar o grupo criado para promover e tratar das questões de economias energéticas, chamado *Energy Savings Project (ESP)*. A responsável pelo projecto é a directora da planta das embalagens metálicas, apesar de o projecto envolver todas as secções da fábrica. O líder da equipa é o gestor da energia da empresa, a pessoa mais bem informada sobre todas as questões energéticas e capaz de orientar as tarefas de poupança de energia nas diversas secções. Os outros membros que fazem parte deste projecto são responsáveis pelas áreas produtivas de toda a fábrica, tal como *general line*, aerossóis, plásticos, enchimento; chefes da secção de manutenção das metálicas e litografia, responsáveis pela gestão do ambiente.

Uma vez que é necessário uma pessoa disponível para acompanhar o desenvolvimento de todas as tarefas, realizar a maior parte delas, verificar constantemente a existência de novas possibilidades de economias e fazer estudos para verificar viabilidade de propostas, é que foi feita a inserção do autor neste grupo. A metodologia criada está apresentada na Figura 18.



Figura 18 – Método de trabalho do *Energy Savings Project*

5.1. Processo de implementação

No período inicial do projecto foram estudados diversos temas/documentos, tais como Plano de auditorias energéticas, procedimentos TPM, histórico de fugas de ar comprimido, principais transacções do SAP, tarefas executadas/em curso do grupo de energia, etc. Após estudo inicial e conversas com o responsável pela manutenção (orientador), o gestor da energia e a líder do grupo de energia foram estabelecidas algumas das principais tarefas a realizar durante o período de realização do projecto. O diagrama de causa-efeito criado está apresentado na Figura 1 do Capítulo 1.

É de salientar que as tarefas a realizar deveriam ter preferencialmente em conta a previsão da

implementação concluída dentro do período de realização do projecto e com baixos ou nenhuns investimentos. As tarefas foram realizadas no âmbito da diminuição do consumo de electricidade, uma vez que a iluminação e o ar comprimido advém desta forma de energia. As principais tarefas realizadas e que foram definidas pelo autor estão descritas a seguir.

Identificação da planta da iluminação

A tarefa surgiu da evidente ausência de uma planta de identificação da iluminação das naves fabris da empresa objecto de estudo. O objectivo foi de tornar acessível a todos os colaboradores a informação, nos quadros eléctricos destinados a iluminação, da área abrangida, da quantidade de lâmpadas e do posicionamento destas, ao ligar cada um dos disjuntores do quadro. A situação que antecedia é que devido a falta de informação, e de alguns avisos que eram informalmente colados ou escritos nos quadros eléctricos para não se desligar um ou mais disjuntores, como mostrado na Figura 19, muito poucas pessoas eram capazes de desligar as lâmpadas. Se estas não estavam presentes ou atentas a partir de o momento em que a iluminação natural já era suficiente, as lâmpadas ficavam sempre acesas.



Figura 19 – Situação anterior dos quadros eléctricos da iluminação

Solução para isso pode ser também a instalação de um interruptor crepuscular, que a partir de uma luminosidade regulável desejada (por exemplo 500 lux) dispara um relé desliga as

lâmpadas e só as deixa ligar quando a luminosidade é inferior a um outro valor regulável desejado (por exemplo 300 lux). Esta solução não é completa uma vez que no turno da noite algumas linhas de produção trabalham e outras não, tendo a necessidade das lâmpadas parcialmente acesas, e apenas nas áreas desejadas, como é claro.

Sendo assim, a partir de um levantamento feito anteriormente, e registado em CAD, foi feita a sobreposição da planta da iluminação sob a planta da fábrica, feito correcções e criação da mesma para locais que não existia. Um exemplo de planta está mostrado na Figura 20. O intuito foi o de criar uma planta de consulta intuitiva, acessível, de forma a cativar as pessoas ao objectivo maior, poupança energética na iluminação, eliminação de consumos desnecessários. Para o apoio de tal tarefa salienta-se os desenhistas e electricista de infra-estruturas. Sob cada disjuntor no quadro eléctrico está afixada a identificação conforme a planta, por exemplo D-001, o que significa que tal disjuntor liga/desliga as lâmpadas da área sombreada identificada da mesma maneira.

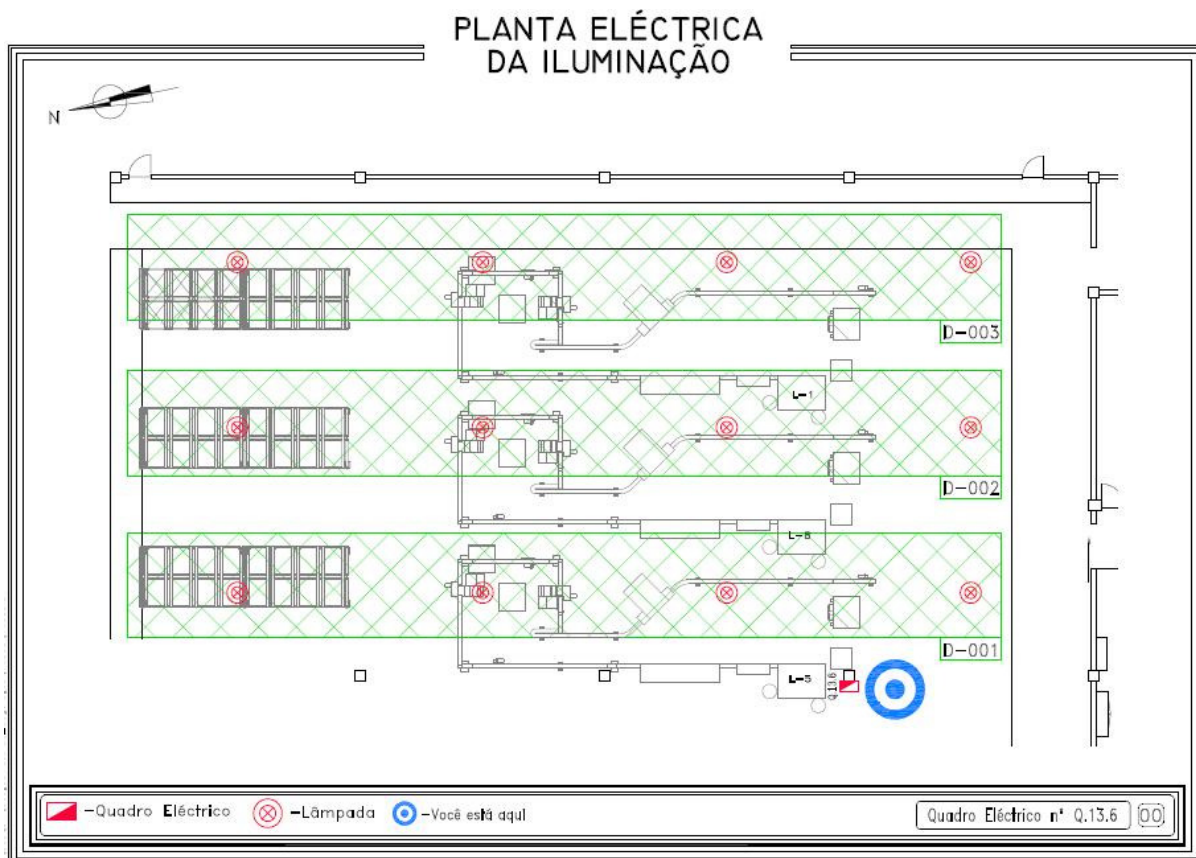


Figura 20 – Planta da iluminação

Na iluminação, a acção combinada da aplicação de interruptores crepusculares com a consciencialização dos colaboradores permite obter o mais próximo do aproveitamento máximo das aproximadas 2000 horas solares anuais. Nem todas as secções recebem iluminação natural, tal como a litografia, que simplesmente não recebe, por ter o tecto falso, ou a secção dos plásticos, que por não ter as placas acrílicas da cobertura em condições de passar toda a luminosidade necessária. Uma vez que a economia de energia gerada devido a consciencialização nos gabinetes não é facilmente estimada, esta serve de resguardo a

aproximação na economia feito para todas as outras secções. As outras áreas, porém, tiveram recentemente o tecto modificado e foi promovida a consciencialização e tem a economia devido às acções estimadas, apresentadas no Anexo D, de 719.956 kWh por ano, o que representa 32% de redução do consumo de iluminação e finalmente representando 3,23% de diminuição do consumo total do ano de 2008.

Combate às fugas de ar comprimido e criação de histórico

Durante o ano de 2007 foi feita uma auditoria às fugas de ar comprimido na empresa objecto de estudo. Esta auditoria utilizou equipamentos próprios para a localização das fugas, e puderam localizar mesmo as micro-fugas, sendo capazes de estimar o caudal das mesmas. Nesta altura foram contabilizadas no total 130 fugas, totalizando aproximadamente o uso de 1.210.429,32 KWh ao ano. Após esta auditoria foram feitas outras internamente, algumas por membros da equipa da manutenção, outras pelo gestor da energia e membros do *Energy Savings Team*. Estas aconteciam devido à pressões do *ESP*, e não sistematicamente, como em um plano de manutenção preventiva.

Ao longo do período de decorrência do projecto surgiu a questão de o porque não haver uma inspecção regular aos principais equipamentos passíveis de fugas. A resposta para tal é o facto de não haver registo regular das fugas. Os mecânicos da equipa da manutenção conforme localizavam as fugas as reparavam, a maioria das vezes sem realizar qualquer registo. O que também era feito depois das auditorias, após a lista de fugas a reparar não havia um controlo de quanto depois elas eram eliminadas, nem a certeza de que eram. Com a criação do grupo *ESP* e priorização do combate às fugas de ar comprimido, aumentou a pressão sobre a inspecção às fugas, assim como surgiu a necessidade de as registar correctamente.

O gestor da manutenção passou a fazê-lo num plano de acção para as fugas detectadas, o ficheiro é partilhado com os chefes dos mecânicos de cada secção. Deste plano é possível verificar o histórico das fugas por secção da fábrica, mostrado na Figura 21, e a partir dele também determinar linhas ou equipamentos críticos, mostrado na Figura 22. Esta é uma análise importante a ser feita que auxilia na tomada de decisão sobre quais áreas actuar.

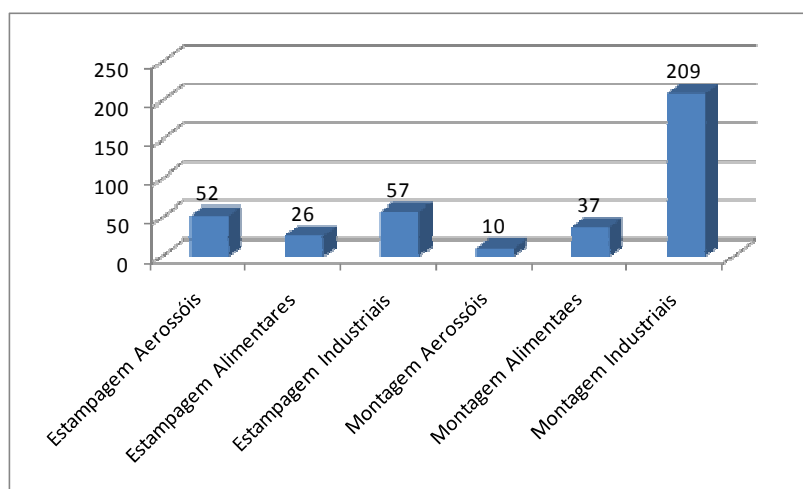


Figura 21 – Fugas de Ar comprimido registadas de Junho de 2008 a Janeiro de 2009

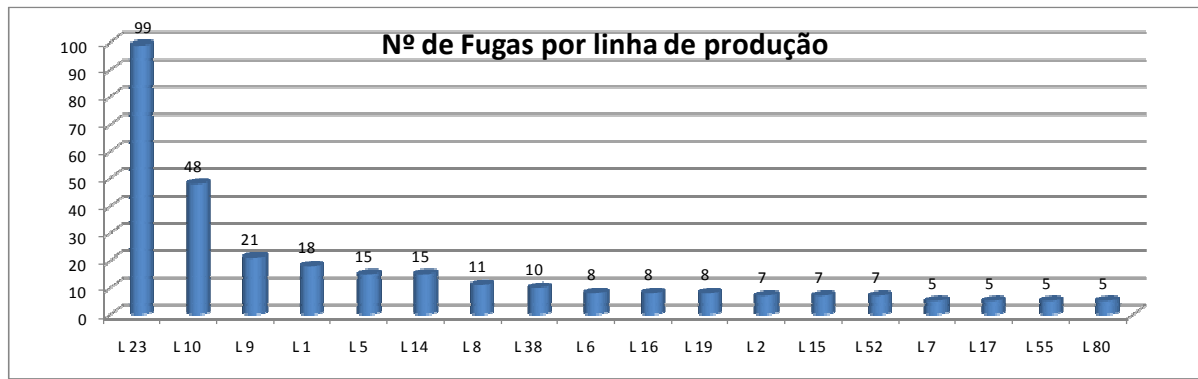


Figura 22 – Histograma de Frequência

A empresa utiliza o SAP como sistema de informação, que faz, entre outros, a gestão da manutenção da planta (SAP-PM). Na transacção utilizada para registar avarias, o que é considerada a fuga, não havia uma opção no campo de ‘causas’ a contemplar o ‘reparo a fuga de ar’. Sendo assim, cabia ao mecânico escolher uma causa geral e depois, escrever ou não no campo das observações o ocorrido. Esta era mais uma das situações que impedia a montagem de um histórico de fugas completo. Esta situação foi resolvida ao explicar a situação a um dos responsáveis pela programação do sistema de informação, e solicitar incorporação de uma das opções no campo ‘causa’ ser ‘fuga de ar comprimido’.

Após o pedido ter sido atendido foi comunicado a toda a equipa da manutenção, juntamente com a instrução de que no campo das observações deveria-se contemplar a descrição por completo, ou seja, causa da fuga. As causas de fugas de ar comprimido podem ser, geralmente descritas por: mau aperto de conexões, tubos e mangueiras com furo, avaria de componentes pneumáticos, entre outros.

As equipas de auditoria às fugas devem intercalar as inspecções em dias de semana e fins-de-semana. Isto porque algumas delas só são localizadas com a linha ou máquina a funcionar, e outra delas, nomeadamente micro-fugas e fugas em locais de difícil acesso, não sendo percebidas ao longo dos dias de produção por causa do excesso de barulho, devem ser inspeccionadas quando toda, ou grande parte da produção está parada, logo, ao fim-de-semana, ou feriado.

Para que se possa minimizar as inspecções aos fins-de-semana, de forma a reduzir o número de horas-extras a pagar e permitir o descanso de todos, foi incentivada a busca de fugas de ar comprimido pela componente visual. Ao mostrar exemplos como os da Figura 23, pede-se aos mecânicos e demais colaboradores que não se esqueçam de prestar atenção a estas situações, onde visualmente pode-se localizar uma anomalia, uma fuga. A primeira ilustração mostra um copo do conjunto do manómetro de pressão com uma sujidade de óleo direccionada, e a segunda mostra ranhuras radiais na sujidade do pó que serve de verniz interior das latas para acondicionamento de alimentos. Medidas como esta podem parecer muito óbvias, mas devidas as pressões da produção muitas vezes são coisas que ficam passadas despercebidas e são importantes de serem constantemente lembradas.

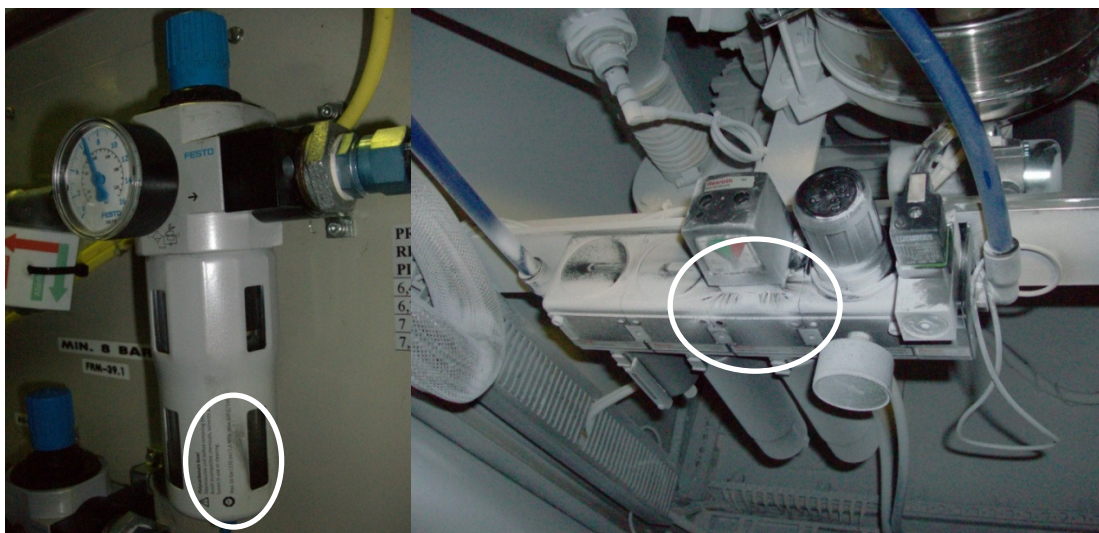


Figura 23 – Localização visual de fugas de ar comprimido

Outra tarefa realizada no âmbito das fugas de ar comprimido foi dar continuidade a instalação de eléctro-válvulas de corte geral de ar comprimido mediante corte geral da linha. Estas proporcionam estancar fugas durante o período de não produção, uma vez que corta o fornecimento de ar comprimido da linha. Esta necessidade já havia sido verificada e a instalação de aproximadamente 50% da totalidade já havia sido realizada, porém esta instalação tinha sido interrompida por motivos burocráticos e não havia ninguém responsável por retomá-la.

Encontrar e propor soluções alternativas ao uso do sopro de ar comprimido

Para efectivamente reduzir o consumo de ar comprimido e conseguir-se alcançar o objectivo de desligar outro dos compressores de baixa pressão, é preciso encontrar soluções alternativas ao uso do ar comprimido. Esta aparentemente não é uma tarefa fácil, uma vez que parece pressupor intervenção no funcionamento das máquinas e troca ou substituição de recurso energético de alimentação. A verdade, porém, é que muito do consumo de ar comprimido decorre do uso questionável de sopros de ar comprimido.

Ao longo dos anos, ocorreu uma indiscriminada aplicação de sopros de ar comprimido como medida correctiva a má concepção de máquinas e resolução rápida de problemas diversos. A aplicação de sopros foi amplamente utilizada para auxílio da movimentação de componentes como fundos ou tampos. Na passagem de uma esteira de transporte para um empilhamento, por exemplo, se não muito bem concebido este processo há um constante encravamento, resultando geração de sucata e paragem da linha. O sopro é instalado no sentido de aumentar a velocidade de deslocamento do componente a partir de um ponto para que não haja sobreposição de dois ou mais deles. Situação descrita é ilustrada na Figura 24.



Figura 24 – Sopro de ar comprimido para movimentação de componentes

A instalação de sopros não é uma solução aceitável uma vez que a linha de produção foi concebida sem ele, ou seja, foi utilizado por motivos de falta de afinação e desgaste, entre outros. Esta é uma situação que se agrava na medida em que este sopro não é temporizado, ou seja, além de desnecessário está a funcionar 100% do tempo, enquanto só é preciso, por exemplo, a 50% do tempo, ou apenas quando passam as peças.

Nestes casos, foi preciso contactar uma equipa de serralheiros para em conjunto estudar, discutir e testar soluções mecânicas. A solução encontrada para eliminar um sopro pode ser válida para eliminar outros, porém deve-se sempre fazer um breve estudo e teste. Para a questão da temporização de sopros em linhas mais compactas, como são as da secção da estampagem, foi contactada uma empresa externa para instalar autómatos programáveis, servindo estes para receber sinais de foto-células ou células de carga e accionar temporizadamente um sopro, assim como integrar a paragem de tapetes e outras soluções que se apliquem.

Antes da instalação do equipamento para fazer a temporização de sopro foram feitas medições ao consumo de ar comprimido com um caudalímetro em algumas linhas para que pudesse ser feita a estimativa de economia proporcionada. As medições estão apresentadas no Anexo E.

A economia com esta medida é de cerca de 47.909,97 kWh anuais, o que representa cerca de 0,21% do consumo anual de electricidade da fábrica ou 17% do consumo de ar comprimido.

Nas linhas da montagem é preciso fazer um controlo mais completo de linha, através da reprogramação do *software* utilizado para o controlo de linha. A complexidade das linhas exige um estudo diferente para cada uma delas. Os requisitos foram estabelecidos pelo autor em conjunto com o gestor da energia da empresa, a descrição do algoritmo foi feita por um electricista da secção da engenharia e a reprogramação pela empresa responsável pelo *software*.

Outra situação em que o sopro de ar comprimido é desnecessário é para a separação das folhas do ‘balote’ no processo de alimentação de folha, presente no início das linhas de corte secundário, estampagem e litografia. A principal causa do colamento de uma folha a outra é não ter havido uma cura correcta das tintas ou vernizes no forno, excesso de humidade e folha

muito pesada, geralmente quando ainda está inteira, no corte secundário e litografia. A consequência é que a alimentação feita, por um grupo de ventosas de transporte, leva duas folhas sobrepostas. Se a linha tiver detector de dupla espessura este é accionado e a linha pára ou a folha é imediatamente desviada para outro compartimento de descarte. Caso não haja detectores esta dupla espessura traz consequências mais graves, como o encravamento da linha ou até o total desajuste desta.

Uma das soluções propostas para evitar e diminuir o sopro na alimentação de folha é a instalação de magnéticos próprios para esta situação, a separação de folha. O descolamento das folhas ocorre alguns segundos antes da sua alimentação, efeito apresentado na Figura 25. Algumas linhas de produção já haviam magnéticos instalados, mas por não serem os mais adequados, nem estarem instalados nas posições correctas continuam a existir os sopros.

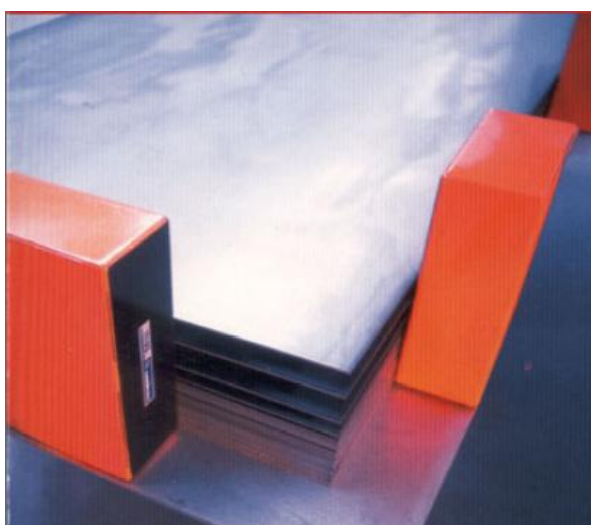


Figura 25 – Magnéticos a separar folhas

Na medida em que não foi possível extinguir os sopros com este fim a solução proposta é a combinação do uso de magnéticos, redutores de caudais (também conhecidos pelo nome em inglês, *nozzles*) e a temporização do sopro conforme alimentação de folha. A temporização também prevê mecanismos de desligamento do sopro em paragem da linha no fim de produção. Se a linha está operacional mas não são verificadas folhas a passar, o sistema também deve ser capaz de identificar e cortar o fornecimento de ar. Este tipo de solução tem que ser tomada pois foi verificado que não foi alcançada a consciencialização esperada dos colaboradores. O estudo de redução do consumo a partir das três medidas anteriormente descritas para as linhas do corte secundário e litografia está apresentado no Anexo F.

Outros dois estudos foram propostos, aprovados e implementados, também referentes ao ar comprimido, neste caso, à substituição ao uso deste como fonte de alimentação energética. A primeira situação refere-se ao sistema de aplicação do verniz exterior. Como apresenta a Figura 26, a situação inicial utilizava um recipiente que continha o verniz, e que realizava a alimentação através do submetimento do recipiente a uma pressão de aproximadamente 2 bar. A solução implementada, também apresentada na Figura 26, é de instalação do recipiente em posição superior a aplicação do verniz, sendo feita a alimentação simplesmente por gravidade.

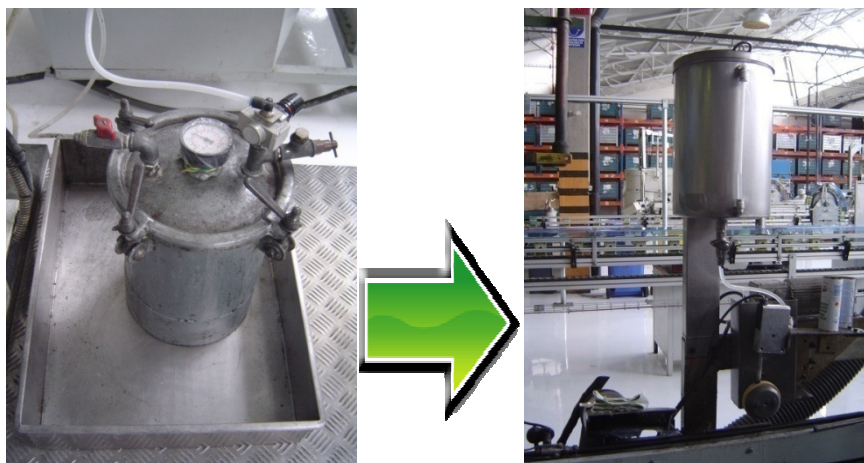


Figura 26 – Alimentação do verniz exterior utilizada anteriormente

A situação inicial, a partida, não apresentava grandes consumos. Porém esta situação estava susceptível a boa vedação do recipiente, caso contrário o consumo aumentava consideravelmente.

O segundo estudo envolve o sistema de alimentação do pó do verniz interior. Desde a alimentação inicial até a aplicação, o verniz ainda em pó necessita estar constantemente a ser agitado, para que se mantenham as condições ideais de granulometria e dispersão, e para tal utiliza-se elementos vibradores. Grande parte dos vibradores tem a alimentação a ar comprimido. A tarefa consistiu em fazer o estudo de quanto em média se gastava com esta tecnologia e quanto se gastaria com motores eléctricos que fazem o mesmo papel, tal como apresentado na Figura 25. Os cálculos estão apresentados no Anexo G. Tais motores podem ser reaproveitados dos que já existem na fábrica, para reposição ou mesmo sem utilização ou podem ser comprados.

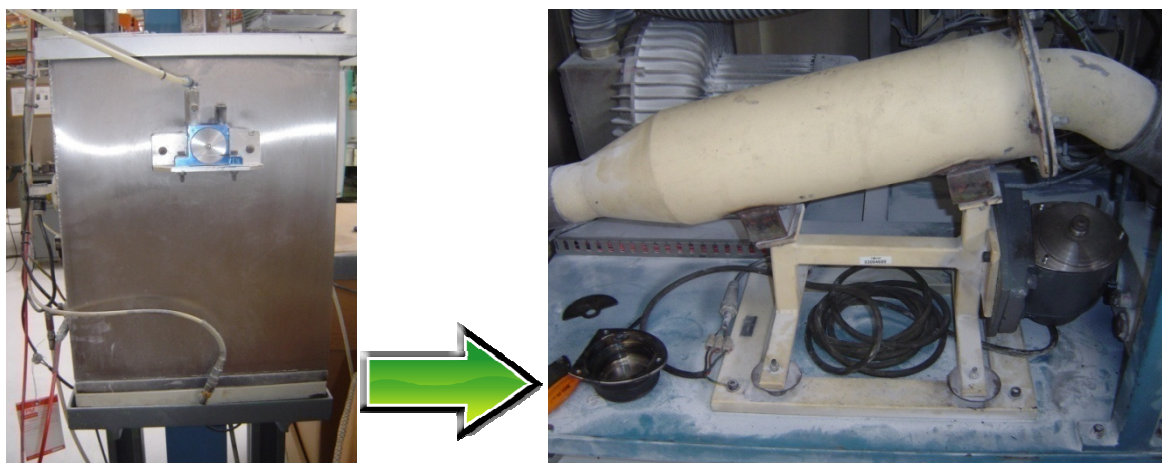


Figura 27 – Troca sistema de alimentação de vibradores de pó

Estas duas últimas medidas permitiram não a economia do ar comprimido, mas sim a eliminação do consumo. A redução deste consumo, somado a eliminação das fugas e redução de sopros permite na prática reduzir a utilização dos compressores e consequente diminuição do consumo de energia eléctrica.

Informação e motivação para o uso correcto da energia

Paralelamente a todas as tarefas realizadas foi a motivação para o uso da energia de forma eficiente. Neste âmbito foram criados cartazes para a economia dos diversos recursos. É uma maneira de rapidamente alcançar todos os colaboradores. Não deve porém estar isolada do resto das medidas, e sim no suporte a elas. O resultado esperado é lembrar a todos que é tempo de se pensar nos recursos, que temos uma política que visa aumentar a eficiência energética e com isso diminuir os consumos, e que isso só é possível com a colaboração de todos.

A campanha para a atenção aos desperdícios de água, que é um recurso, não necessariamente energético mas igualmente importante, está afixada em casas de banho e lavatórios espalhados pela fábrica, e apresentado na Figura 28.

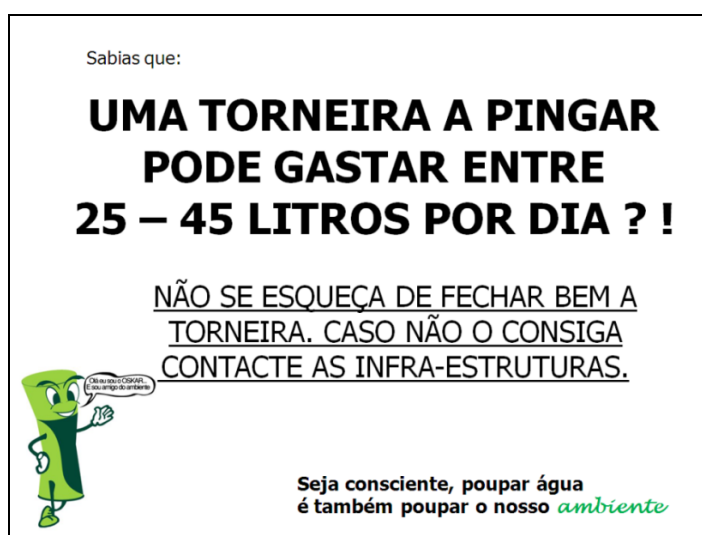


Figura 28 – Campanha de economia de Água

A campanha relativamente ao consumo de ar comprimido está distribuída principalmente nas secções da litografia e embalagens metálicas, e apresentado na Figura 29. O tipo de medidas propostas parece ser bastante simples de ser cumprido, porém se encontra grande resistência perante ao cumprimento. Os operadores das linhas de produção, que deveriam ser responsáveis pelo cumprimento das medidas, costumam passar a responsabilidade para os mecânicos e afinadores.



UMA RUPTURA COM 2mm NUMA TUBAGEM DE AR COMPRIMIDO CORRESPONDE A UMA PERDA DE ATÉ € 63 POR DIA ? !

PARA ALÉM DE REPARAR AS FUGAS TEMOS QUE REDUZIR O CONSUMO DE AR COMPRIMIDO.

ISTO É MUITO FÁCIL COM A SUA AJUDA:

- ✦ **DESLIGUE OS SOPROS QUE NÃO SÃO NECESSÁRIOS PARA O FABRICO EM CURSO;**
- ✦ **REGULE O CAUDAL DO SOPRO PARA UM VALOR MÍNIMO NECESSÁRIO PARA A CORRECTA EXECUÇÃO DA TAREFA;**
- ✦ **DESLIGUE O GERAL DA MÁQUINA PARA CORTAR O FORNECIMENTO DE AR COMPRIMIDO SEMPRE QUE POSSÍVEL;**
- ✦ **USE A PISTOLA DE AR APENAS QUANDO REALMENTE NECESSÁRIO.**

SE DETECTARES AVARIAS, FUGAS OU TIVERES SUJESTÕES PARA REDUZIR O NOSSO CONSUMO DE AR COMPRIMIDO, CONTACTA A MANUTENÇÃO.

Seja consciente, poupar energia é também poupar o nosso *ambiente*.






Figura 29 – Campanha de economia de ar comprimido

A consciencialização perante a iluminação também foi abordada no âmbito dos gabinetes, como ilustrado na Figura 30. Nesta situação foi necessário esclarecer o mito sobre o consumo da lâmpada fluorescente. Esta medida é importante para que os colaboradores da de ambiente fabril percebam que não estão sozinhos na busca pela diminuição dos consumos e eliminação do desperdício, mas sim que todos os colaboradores estão a participar.



Por isso,



Mito: Deixar as lâmpadas fluorescentes acesas é mais barato que desligar e ligar.

Facto: As lâmpadas fluorescentes actuais não consomem mais energia nem diminuem a sua vida útil com este ciclo de desligar/ligar. Ou seja, **desligar as luzes reduz as facturas energéticas além de reduzir os custos de substituição das mesmas.**

deve desligar as lâmpadas fluorescentes se o espaço de tempo para reacendê-las for superior a 3 minutos. 

Seja consciente, poupar energia é também poupar o nosso *ambiente*.

Figura 30 – Campanha de economia da iluminação

A Figura 31 apresenta o cartaz que faz o alerta sobre a identificação dos quadros da iluminação. A Figura 32 apresenta o cartaz que promove o incentivo de todos os colaboradores a darem sugestões para a poupança dos consumos de energia. A ideia é dar seguimento a este cartaz com outro que apresente um colaborador, a sua sugestão e o reforço da ideia de que a empresa está aberta a sugestões, de que todos devem participar.





Nós já temos os quadros eléctricos identificados com a **planta da iluminação**

Não se esqueça de

desligar as luzes !

sempre que a **luminosidade** for suficiente ou não se estiver a trabalhar no local.

Figura 31 – Campanha motivação para sugestões



Não se esqueça
que a ColepCCL precisa
das suas sugestões para
reduzir os
Consumos Energéticos

Escreve para
energia.vc@colepccl.com



ou contacta
3408



Figura 32 – Campanha de incentive às sugestões

5.2. Continuidade dos trabalhos

A gestão de energia, por ser um processo de melhoria contínua, terá sempre a sua importância assegurada. A empresa objecto de estudo encontra-se em uma fase inicial do processo de gestão de energia já que tem um grupo criado para promover a redução dos consumos a menos de um ano. Neste período o foco esteve na eliminação do desperdício, já que a empresa ainda tem muitos passos a dar a caminho da gestão apenas por monitorização da eficiência energética. Contudo, é importante desde já monitorar adequadamente o progresso da redução dos consumos, de maneira a garantir que as economias não se percam. Esta problemática está ilustrada na Figura 33.

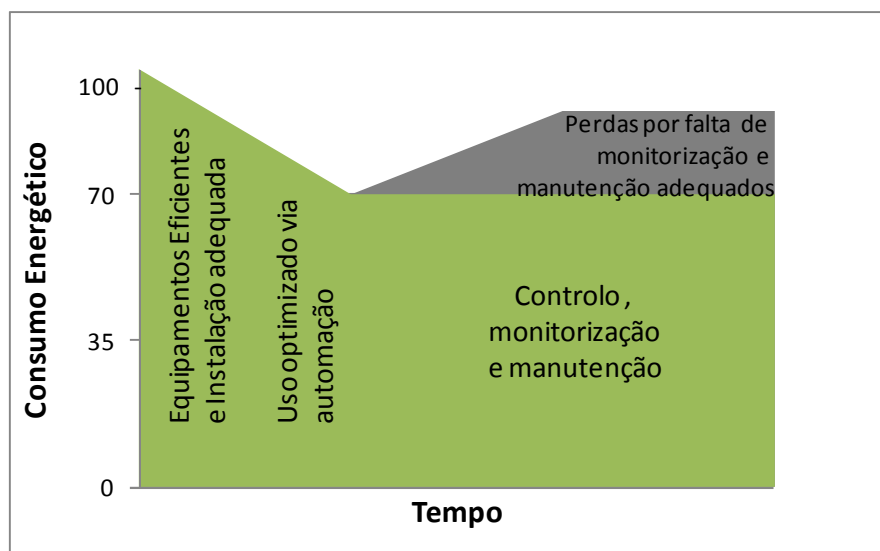


Figura 33 – Comportamento do consumo energético perante a monitorização e controlo ou a ausência deles

Diante dos consumos de energia advindos da iluminação acredita-se que ainda há muito para se fazer. A tarefa de identificação da planta da iluminação permitiu verificar que há necessidade de uma grande reestruturação no posicionamento das lâmpadas. A Figura 34 ilustra a problemática dos armazéns. A não programada instalação das lâmpadas criou a dificuldade de manter apenas a parte de interesse da área com as luzes acesas. Observa-se que um disjuntor liga lâmpadas aleatórias dentro do armazém.

A continuidade dos trabalhos na iluminação deve ser o de planear a ligação das lâmpadas conforme necessidade do local. É importante contar com a necessidade de uma iluminação vigia, ou de passagem. As naves onde se situam as linhas de produção devem ter uma análise mais cuidada, levando em conta o posicionamento correcto da iluminação sobre as máquinas que requerem intervenção e grande movimentação assim como regulagem da altura dos balastros quando possível e necessário.

Sem dúvida que deve-se motivar e orientar os colaboradores para a correcta utilização da iluminação, mas é necessário, quando se quer eliminar o desperdício, instalar sistemas que garantam que em determinadas situações as lâmpadas estejam desligadas. Os interruptores crepusculares e de presença são capazes de o fazer. Durante a realização do projecto foram estudadas soluções para diferentes ambientes, porém tendo em vista que o *payback* destes equipamentos é mais elevado do que se pretende para as medidas do *ESP* na dada altura ainda não foram implementados.

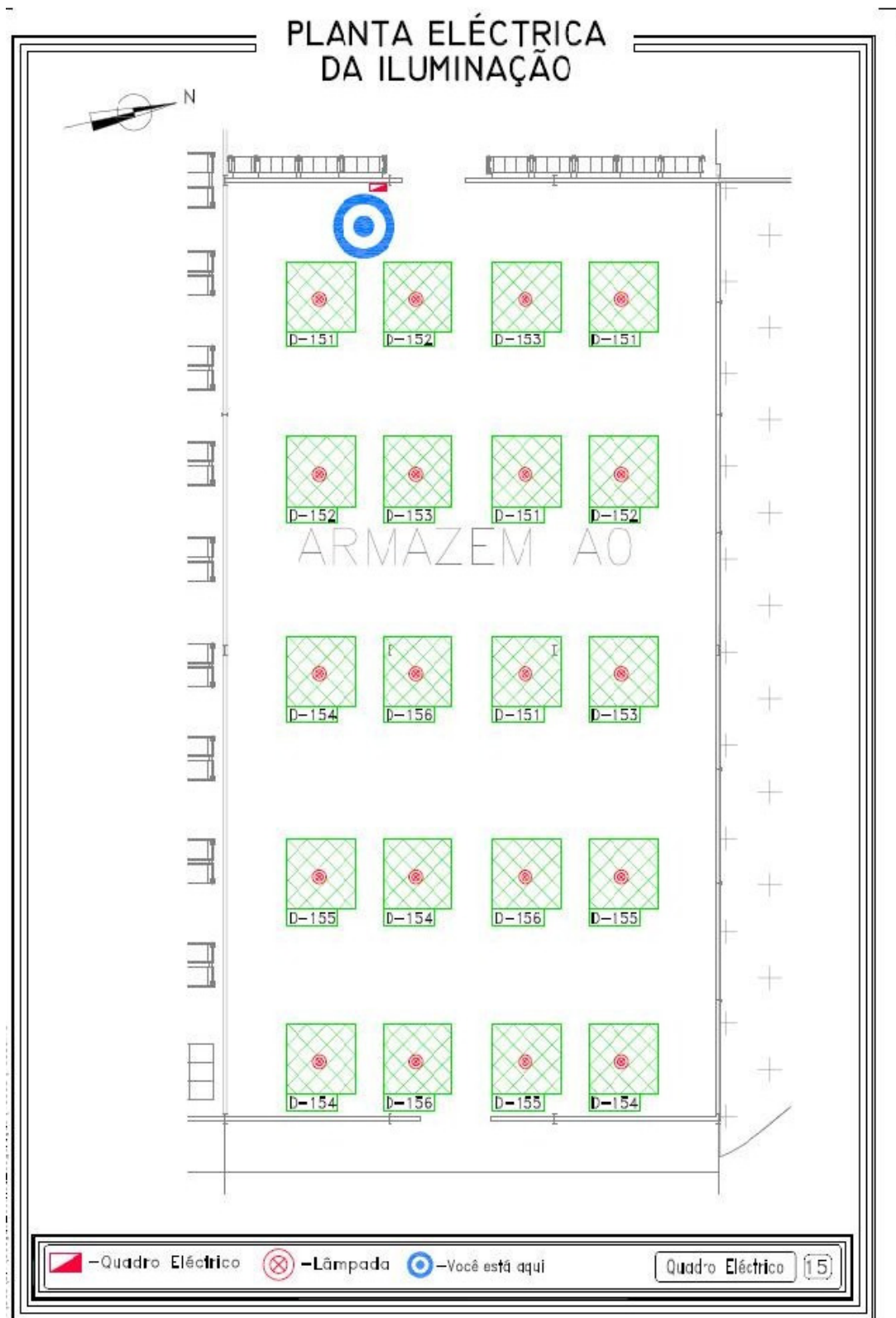


Figura 34 – Planta da iluminação que chama a atenção para necessidade de reestruturação

O projecto que realizou a temporização dos sopros foi implementado apenas nas linhas de estampagem. O estudo para o fazer na secção da montagem já foi iniciado, porém por ainda não terem sido implementados não pode ser contabilizado como poupança energética obtida. Esta medida nas linhas da montagem prevêem uma economia de 20 kWh devido apenas a paragem de tapetes transportadores. A estimativa é que elas estejam a movimentar desnecessariamente por 1000 horas anuais. Se a solução for implementada em 10 linhas, teremos em um ano a economia de 200.000 kW, o que representa 0,9% do consumo total em 2008 de electricidade.

Para além das perspectivas de desenvolvimento futuro citadas, é de nosso entendimento que uma importante tarefa a realizar é a instalação de contadores parciais de electricidade em todas células/linhas. Esta medida tem implicações maiores, uma vez que nem todas as células/linhas de produção possuem quadros eléctricos independentes, sendo então necessário contar com esta reestruturação. É uma tarefa vital para que se possa fazer uma gestão dos consumos mais exaustiva, para que se torne viável identificar equipamentos/linhas de produção com eficiência energética baixos, para que se possa acrescentar indicadores de performance energéticos aos existentes em cada célula e assim, tornar a energia uma preocupação de todos. No momento os dados estão mascarados por estarem a contabilizar consumos de produção e de infra-estrutura.

5.3. Análise dos resultados obtidos

Para que se possa reunir os dados de economia proporcionado pelas medidas propostas é preciso antes estimar o desperdício de energia na empresa objecto de estudo. O estudo e os pressupostos para estimar o desperdício de energia foram orientados pelo gestor e líder da energia e está especificado na fórmula 4. Está contemplado apenas o ar comprimido pois a iluminação não tem valores facilmente estimáveis.

$$\text{Desperdício de energia} = \text{fugas de ar comprimido} + \text{Sopros} \quad (4)$$

Os sopros por sua vez podem ser desnecessários, não temporizados, a sobrepressão. O sopro é estimado como 50% do consumo total das três secções que mais tem sopros (estampagem, corte secundário e litografia) menos as fugas, conforme fórmula (5).

$$\text{Sopro} = 50\% (\text{consumo total} - \text{fugas}) \quad (5)$$

O consumo das três secções que apresentam maior utilização de sopros totaliza 35% do consumo de ar comprimido anual, ou seja, 1.323.067,20 m³, ou ainda 1.904.658,13 kWh.

Conforme auditoria especializada em fugas de ar comprimido realizada em 2007 o desperdício é estimado em 26% do consumo de ar comprimido produzido, o que equivale aproximadamente a 1.414.888,90 kWh.

Totalizando então para o sopro o consumo de 224.884,62 kWh, o que representa 1.12% do

consumo total de electricidade da fábrica. Este valor estimado para o sopro advém dos conhecimentos adquiridos ao longo do tempo pelo gestor de energia e podem ser considerados válidos uma vez que não foi estipulado antes do início do projecto o valor do desperdício energético. Totalizando assim a estimativa do desperdício de energia anual em 1.659.773,52 kWh ou 7,62% do consumo total de energia eléctrica.

Neste ponto faz-se a reunião das poupanças proporcionadas pelas medidas tomadas. Para a medida de temporização das linhas de corte, foram contabilizadas 5 linhas, que foi o número de linhas críticas da secção que foram aprovadas para receber tal investimento. A transformação dos vibradores de pó foi considerada aplicável em 10 situações.

Os valores de economia alcançados estão apresentados na Tabela 14 e totalizam 2.263.654,97 ou 10,4% do consumo total de energia eléctrica. O Gráfico 10 apresenta a contribuição percentual de cada medida. Concluindo-se então com uma diminuição no consumo maior do que o estimado como desperdício, ou seja, sendo muito superior a diminuição de 15% indicada como meta.

Tabela 14 – Economia a partir das medidas

Medida	Economia anual [kWh]
Temporização dos sopros das linhas da estampagem	47.909,97
Iluminação	719.956,00
Temporização dos sopros na linha de corte	1.456.260,00
Transformação dos vibradores de pó	39.520,00
TOTAL [KWH]	2.263.645,97

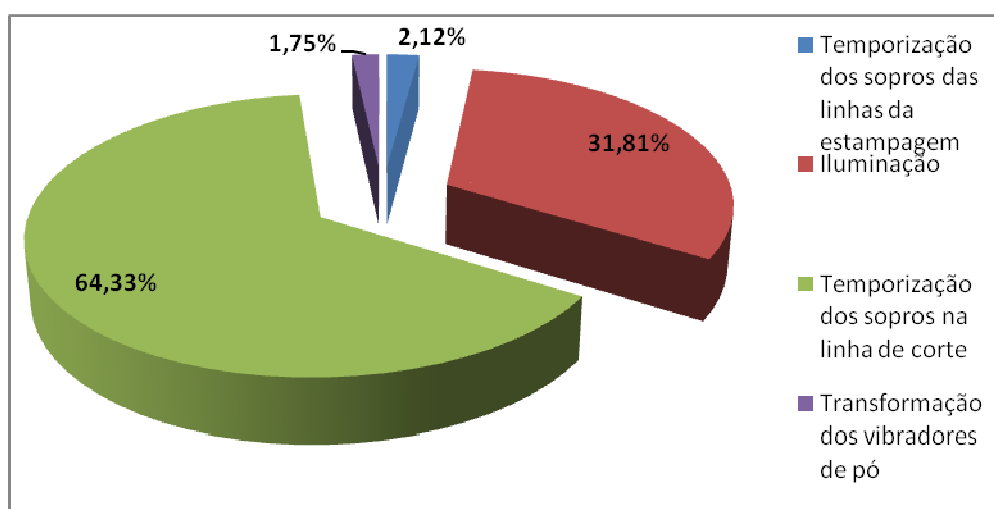


Gráfico 10 – Distribuição percentual das economias geradas por cada medida

O que as medidas acima citadas conseguiram na efectivamente foi a contribuição para a redução de aproximadamente 10% do consumo de energia do ano de 2007 para o ano de 2008, como mostrado no Gráfico 11. Os 10% estimados de redução mediante as medidas por nós tomadas serão plenamente observados durante o ano de 2009. O Gráfico 12 mostra a evolução do consumo de electricidade nos compressores nos meses de realização do projecto, em comparação ao período homólogo do ano anterior.

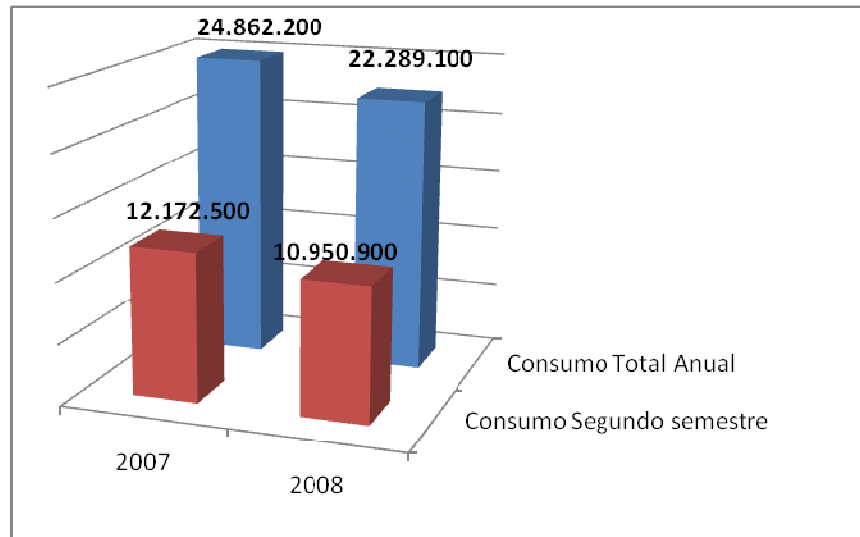


Gráfico 11 – Consumos comparativos anuais e semestrais para 2007 e 2008, em kWh

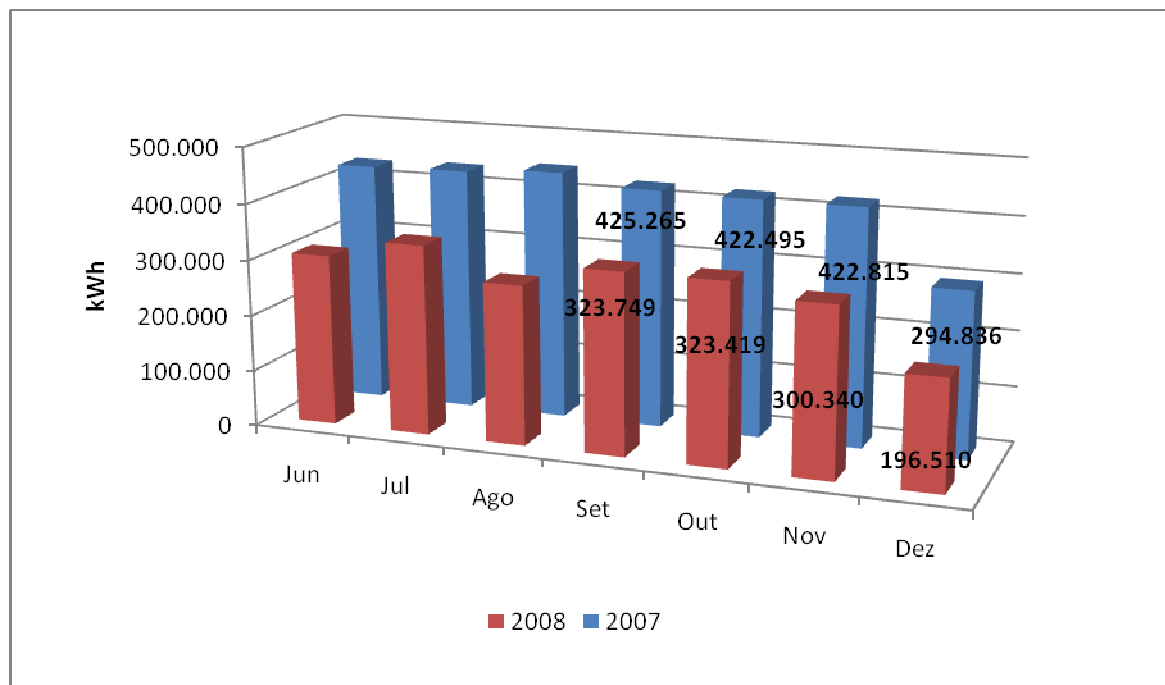


Gráfico 12 – Consumo de Electricidade dos compressores

6. Conclusão

6.1. Principais Conclusões

O aumento significativo do custo da energia durante a década de 70 levou ao estabelecimento da gestão da energia como uma parte essencial de qualquer organização. Nenhuma organização pode esperar manter a sua posição competitiva se falhar em assegurar que os seus fornecimentos futuros da energia sejam seguros e que exista um controlo apertado na forma como ela é utilizada. A gestão de energia é uma função de longo prazo, a qual deve ajustar, verificar, implantar e controlar a forma como qualquer organização utiliza ou projecta utilizar energia.

A abordagem ao sistema de gestão de consumos de energia deve estar integrada a toda a organização - uma vez que provoca mudanças inclusive nos seus aspectos sociais - em forma de um programa de melhoria continua, de forma a manter a importância da energia como esta realmente deve ser.

A criação e implementação de um programa de gestão de energia implica um grande envolvimento do nomeado líder da energia, que deve gerir a nível profissional o programa. Para o garantir o sucesso do plano de integração da eficiência energética a toda organização este deve necessariamente ser validado aos níveis de cima, ou seja, contar com o apoio dos gestores corporativos.

O agente da energia tem papel fundamental desde a realização de auditorias energéticas até a divulgação dos resultados obtidos. A contribuição do autor constituiu em dar apoio ao gestor na realização das mais variadas actividades, mostrando-se pró-activo na procura por soluções e promovendo o programa tanto aos gestores quanto ao chão de fábrica. Na realização das tarefas nem só grandes investimentos têm importância, há muitas medidas simples e quase sem custo monetário que são muito eficientes.

Constata-se pois que na realização das mais variadas tarefas do âmbito empresarial, não são os grandes investimentos que têm a maior importância. Na maior parte das vezes, o alcance da eficiência, da rentabilidade e da competitividade relaciona-se e está dependente da forma como se implementam e controlam as medidas simples e quase sem custo monetário, que apesar de básicas, sustentam toda a actividade.

6.2. Perspectivas de Desenvolvimento futuro

No período de realização do projecto foi possível implementar medidas em que a economia de energia gerada alcançou os 15% pretendidos, e até superou. O objectivo alcançado foi mérito da orientação do gestor da energia, da credibilidade do *Energy Savings Project* e da persistência do autor em realizar tarefas importantes que já não se consideravam passíveis de realização no âmbito do ar comprimido e iluminação.

O projecto, devido a sua óptica multidisciplinar, realizou-se em relativo pouco tempo permitindo a aprofundar o conhecimento nas diversas áreas. A energia é sem dúvida um tema muito complexo dentro de uma empresa, sendo natural levar um certo tempo para familiarização com todos os elementos e problemática envolvidos.

Na medida em que a análise dos indicadores da energia não está totalmente definida, devido

ao facto de existirem poucos contadores parcelares, indica-se que deve ser relevante a realização desta tarefa. Neste âmbito está a maior perspectiva de desenvolvimento futuro: instalar contadores de energia de forma a separar consumos de infra-estrutura dos consumos da produção e assim agregar indicadores de performance energéticos às células produtivas, de forma a melhor contabilizar e garantir envolvimento da produção às questões de economia de energia. Tão importante como concretizar os projectos, será fazer deles uma correcta utilização e saber controlar os resultados.

A perspectiva global de desenvolvimento deve ser a maior integração dos consumos energéticos na certificação ambiental, tornando necessário a organização racionalizar os seus consumos. A sugestão é que a empresa tenha que assumir o compromisso de desenvolver o próprio manual de melhoria da eficiência energética, de modo a contextualizar para o seu ambiente fabril as práticas recomendadas aplicáveis.

7. Referências e Bibliografias

Abreu, Leandro. Comportamento gerencial durante mudanças, 2008.

Adene. Disponível na internet em <<http://www.adene.pt>>

Amaral, Luís Mira – Indústria e Energia, As apostas do fim do século. Portugal: Bertrand, 1997. ISBN 972-25-0980-2

Atlas Copco Compressor AB - Compressed Air Manual. 6ª ed. Suécia, 1998. ISBN 91-630-7342-0

Bank, John, Gestão da qualidade total. Mem Martins:CETOP, 1992.

Benjamin, F. Hobbs e Peter, Meier, 2000, Energy Decisions and the Environment – A guide to the use of multicriteria methods, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Bobin, Jean-Louis – A Energia. Flammarion, 1996. ISBN 972-771-186-3

Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC) – Energy Efficiency Planning and Management Guide, Canada, 2002. ISBN 0-662-31457-3

Centro para a conservação de energia e Direcção-Geral de Energia, A Gestão da Energia e o Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE).

Controle & Instrumentação, Valette Editora Téc. Com. Ltda. São Paulo, Brasil, 1999.

Consumer Energy Center. Disponível na internet em <<http://www.consumerenergycenter.org>>

Declaração de Rectificação n.º 8-B/2002. DR 50 SÉRIE I-A 2º SUPLEMENTO de 28-02-2002 da Presidência do Conselho de Ministros.

Decreto-Lei n.º 538/99. DR 288/99 SÉRIE I-A de 13-12-1999 Ministério da Economia.

Decreto-Lei n.º 71/2008, DR 74 Série I de 15-04-2008, Ministério da Economia e da Inovação.

Engcomp – Gerenciamento de Energia e Utilidades. Sumaré (SP), Brasil. Disponível na internet em <<http://www.engcomp.com.br>>

Energy Management Systems. Disponível na internet em <<http://www.energymanagement.com>>

Energy Saving Trust. Disponível na internet em <<http://www.energysavingtrust.org.uk>>

Energy Star. Disponível na internet em <<http://www.energystar.gov>>

Ferreira, João de Jesus; Ferreira, Tereza de Jesus – Economia e Gestão da Energia. 1ª Ed. Lisboa: Texto Editora, 1994. ISBN 972-470537-4

General Electric. Disponível na internet em <<http://www.geenergyfinancialservices.com>>

Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas. Renewable energy: technology, economics and environment Berlin, 2007. ISBN 978-3-540-70947-3

Kaplan, Robert; Norton, David, The Balanced Scorecard; Translating Strategy Into Action. Boston: Harvard Business School Press, 1996.

Monde, Le, Diplomatie – Cronologia da OPEP. Consultado em <<http://www.uol.com.br>>

Mollo-Mollo, Repensar a Energia. Ed. Vega, 1974.

Novais, José Maria, 1995, Ar Comprimido Industrial – Produção, Tratamento e Distribuição, Fundação Calouste Gulbenkian, Portugal.

Portaria n.º 58/2002. DR 12 SÉRIE I-B de 15-01-2002, Ministério da Economia.

Portaria n.º 59/2002. DR 12 SÉRIE I-B de 15-01-2002, Ministério da Economia.

Portaria n.º 60/2002. DR 12 SÉRIE I-B de 15-01-2002, Ministério da Economia.

Ramage, Janet – Guia da Energia, Um guia prático para os aspectos mais importantes da energia. Inglaterra: Monitor, 1997. ISBN 972-9413-54-1

Regulamento da Gestão do Consumo de Energia Dec. Lei nº 58/82, 26 Fev. 1982 e Port. 359/82, 7 Abril 1982.

Self Energy. Disponível na internet em <<http://www.geenergyfinancialservices.com>>

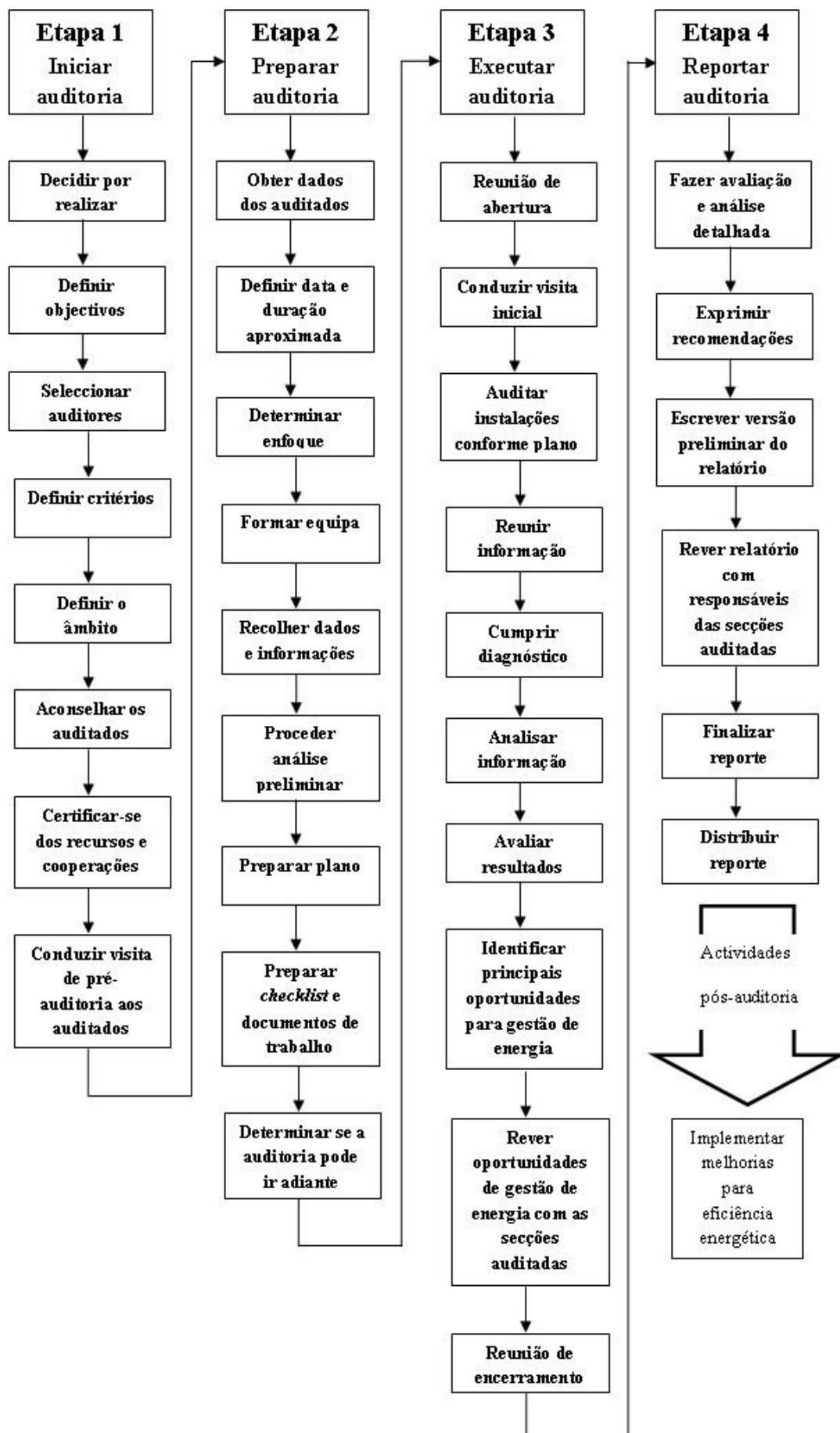
Schneider Electric. Disponível na internet em <<http://www.schneider-electric.com>>

Schneider Electric – Soluções para a Eficiência Energética na Indústria. Vila Figueiredo, 2008.

World Resources Institute. Disponível na internet em <<http://www.wri.org>>

Wikipedia. Disponível na internet em <<http://www.wikipedia.org>>

ANEXO A – Estruturação de um plano de Auditoria Energética



ANEXO B – Apresentação da organização objecto de estudo

A empresa ColepCCL, foi em 1965, com o nome COLEP que desde logo dedicou a sua actividade ao fabrico de embalagens metálicas.

Foi adquirida pelo grupo RAR em 2000, sendo posteriormente fundida com a parte europeia da empresa Canadiana CCL - *Connecticut Chemicals Limited* - em 2004.

A associação destes dois líderes criou a maior empresa europeia de *contract manufacturing* de produtos de cosmética, higiene pessoal, cuidado do lar e farmacêutica, em regime de *outsourcing* para empresas multinacionais.

É um grupo organizado em quatro divisões - embalagens metálicas, embalagens plásticas, *contract operations* e *speciality custom manufacturing* - que se encontra representado na Europa em cinco unidades industriais - Alemanha, Espanha, Polónia, Portugal e Reino Unido.

O trabalho realizado na ColepCCL Portugal, centraliza-se na fábrica de embalagens metálicas e centro de serviços, origem de todo o grupo.



Figura 1 – Países detentores de fábricas da ColepCCL

Mais informações sobre a empresa em <<http://www.colepccl.com>>.

ANEXO C – Caracterização do processo de montagem de embalagens metálicas

Montagem das Embalagens

As linha de montagem de embalagens são constituídas por várias máquinas, entre as quais, uma máquina de soldar, um sistema de envernizamento, um forno horizontal, uma cravadeira, uma máquina de testes e finalmente um paletizador. Para a transferência das embalagens entre as várias máquinas, ao longo da linha, estão instalados vários tapetes transportadores.

As folhas metálicas são separadas e retiradas da pilha do alimentador por um grupo de ventosas. Depois são empurradas, uma de cada vez, para os rolos de uma mesa de transporte por um dispositivo de manipulação. Passam de seguida pelo designado detector de dupla espessura onde, caso sejam detectadas nesta fase, mais do que uma folha, estas são retiradas do fluxo normal, sendo expulsas para uma caixa. A folha metálica inicial, após atravessar este detector de dupla espessura, passa pelo desfibrador cuja acção consiste na eliminação de tensões e na preparação para a estação de enrolamento. Neste estágio a folha é enrolada pela acção de rolos convenientemente posicionados. De seguida os dedos das correntes encarregam-se de empurrar a folha já enrolada até ao transportador de rolos onde se concretiza a soldadura. Existe uma ferramenta de calibração que recebe o corpo já na forma de enrolado e que procede ao ajustamento da designada sobreposição especificada que garante o sucesso da operação de soldadura. De seguida, guia o corpo soldado para a estação de envernizamento.

Para ter uma soldadura com qualidade, para além de um correcto ajuste dos parâmetros de soldadura, é necessário que as reservas estejam isentas de verniz de acabamento e as dimensões de corte dos corpos estejam conforme os limites mencionados na operação de corte.

O sistema de envernizamento é constituído por duas zonas: um sistema de envernizamento interior e outro exterior. O envernizamento interior é feito por intermédio de uma pistola que lança verniz em spray na altura em que é detectada uma lata. A fase exterior do envernizamento é feita por um rolo ou pincel que com verniz líquido enverniza a região chamada de ‘costura’ por contacto, conforme mostra a Figura 1.

O forno, na linha de montagem, é constituído por elementos que são fornos horizontais. A principal função do forno é garantir que o verniz que foi aplicado na estação de envernizamento fica devidamente polimerizado. É necessário efectuar todos os testes que estão determinados para que se garanta que as embalagens têm resistência química, resistência à humidade e resistência à esterilização quando necessário. Não podem existir poros ou riscos que coloquem a folha-de-flandres desprotegida.

À saída do forno, depois de os vernizes, exterior e interior, estarem completamente consolidados, o corpo da futura embalagem é transportado até à cravadeira.



Figura 1 – Embalagem pronta para processo de cravamento de fundo e cúpula

A cravação é a união mecânica do corpo (virola) com os componentes (fundo, argola, cúpula). Este processo de cravação cria e garante um fecho totalmente hermético. É de salientar ainda que nos componentes é aplicada uma junta de borracha, no sentido de garantir que a cravação fique completamente estanque. Depois desta operação o aerossol já tem o seu formato final.

Antes da cravação, o corpo sofre uma deformação nos topos formando as beiras de cravação, mostrado na Figura 2.

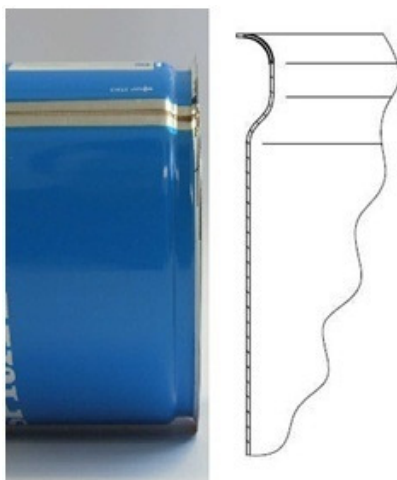


Figura 2 – Corpo da embalagem com a beira deformada

A montagem da embalagem termina quando acabam as cravações previstas, conforme estiver descrito no desenho técnico, mostrado na Figura 3. As embalagens devem ser sujeitas a todos os testes especificados, garantindo uma qualidade aceitável.

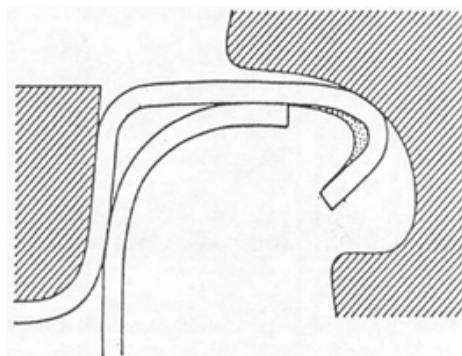


Figura 3 – Esquema de cravação, encaixe de corpo e beira deformados

Depois de formada a embalagem, se for um aerossol esta segue para a máquina de testes. A máquina de testes tem como principal objectivo detectar a presença de fugas ou micro-fugas nos aerossóis. Aqui, os aerossóis entram em um autoclave e são testados a alta pressão (cerca de 10bar). É nesta fase que um dispositivo electrónico detecta a eventual existência de diferenças de pressão entre o exterior e o interior do aerossol.

Com o objectivo de produzir bem à primeira vez, maximizando a produtividade e pelo facto de precisamente um recipiente “sob pressão” poder representar uma fonte de perigo para o consumidor, é que a ColepCCL tem um especial cuidado com a segurança do produto. Por isso são efectuadas inspecções a 100% dos aerossóis.

As embalagens e componentes devem ser paletizados e embalados conforme especificado nos esquemas de embalagem. Podem ser realizados manualmente ou através de um robô paletizador, conforme mostra Figura 4. As tarefas de paletização constituem a última fase da linha de montagem. O paletizador dispõe as embalagens em sucessivas camadas, em paletes de diferentes tipos, de acordo com requisitos dimensionais e as especificações de cada cliente.



Figura 4 – Paletização manual x Paletização por robô

No final deste processo actua um operador que coloca protecções laterais na paleta e as encaminha para uma máquina Thimon que faz a cobertura em plástico.

ANEXO D – Cálculos de poupança estimada para iluminação

Secção			Nº	Tipo	P	Funcion.	Consumo	Poupança	Poupança
					[W]	[h/ano]	[Wh/ano]	[h/ano]	[kWh/ano]
Litografia	Arm. bobinas de folha (A0)	20	V.M.	400	6.000	48.000.000	2.000	16.000	
	Littell + Arm. folha cortada (A1)	16	V.M.	400	6.000	38.400.000	2.000	12.800	
	"	72	Fluor.	58	6.000	25.056.000	2.000	8.352	
	Centro de escolha	12	V.M.	400	6.000	28.800.000	2.000	9.600	
	Armazém folha cortada (UV)	4	V.M.	250	6.000	6.000.000	2.000	2.000	
	Armazém dos inflamáveis	40	Fluor.	40	250	400.000	0	0	
	Oficina mecânica	4	V.M.	250	2.000	2.000.000	2.000	2.000	
	Linhas produção c/ UV	55	V.M.	250	6.000	82.500.000	0	0	
	Linha 4 cores c/ UV	2	Fluor.	58	6.000	696.000	0	0	
	"	4	Fluor.	36	6.000	864.000	0	0	
	Linha 2 cores c/ UV	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0	
	Linha 1 cor c/ UV	1	Fluor.	58	6.000	348.000	0	0	
	"	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0	
	"	1	Fluor.	36	6.000	216.000	0	0	
	Linhas c/ UV- Bancada verif.	8	Fluor.	36	6.000	1.728.000	0	0	
	Linhas produção c/ Fornos)	4	V.M.	250	6.000	6.000.000	0	0	
	"	6	Fluor.	36	6.000	1.296.000	0	0	
	Linha 2 cores c/ forno (nº5)	7	V.M.	250	6.000	10.500.000	0	0	
	"	2	Fluor.	58	6.000	696.000	0	0	
	"	6	Fluor.	36	6.000	1.296.000	0	0	
	"	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0	
	"	(forno)	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0
	"	(corredor)	4	Fluor.	58	6.000	1.392.000	0	0
	"	(corredor)	1	V.M.	400	6.000	2.400.000	0	0
	Linha 1 cor c/ forno (nº4)	3	V.M.	250	6.000	4.500.000	0	0	
	"	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0	
	"	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0	
	"	(bancada ver.)	4	Fluor.	36	6.000	864.000	0	0
	"	(forno)	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0
	"	(corredor)	3	Fluor.	58	6.000	1.044.000	0	0
	Linha 1 cor c/ forno (nº2)	3	V.M.	250	6.000	4.500.000	0	0	
	"	2	Fluor.	58	6.000	696.000	0	0	
	"	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0	
	"	(bancada ver.)	4	Fluor.	36	6.000	864.000	0	0
	"	(forno)	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0
	"	(corredor)	5	Fluor.	58	6.000	1.740.000	0	0
	Linha 1 cor c/ forno (nº3)	4	V.M.	250	6.000	6.000.000	0	0	
	"	2	Fluor.	58	6.000	696.000	0	0	
	"	4	Fluor.	36	6.000	864.000	0	0	
	"	1	Fluor.	36	6.000	216.000	0	0	
"	(bancada ver.)	4	Fluor.	36	6.000	864.000	0	0	
"	(forno)	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0	
"	(corredor)	5	Fluor.	58	6.000	1.740.000	0	0	
Linha 1 cor c/ forno (nº3)	4	V.M.	250	6.000	6.000.000	0	0		
"	4	Fluor.	58	6.000	1.392.000	0	0		
"	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0		
"	(bancada ver.)	4	Fluor.	36	6.000	864.000	0	0	
"	(forno)	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0	
"	(corredor)	5	Fluor.	58	6.000	1.740.000	0	0	
SUB-TOTAL	352				297924000		50752		
Emb. Metálicas	Linhas de corte de folha	14	V.M.	400	5.000	28.000.000	2.000	11.200	
	"	34	Fluor.	58	5.000	9.860.000	2.000	3.944	
	Armazém folha cortada (A3)	20	V.M.	250	5.000	25.000.000	2.000	10.000	
	"	16	Fluor.	58	5.000	4.640.000	2.000	1.856	
	"	(secretária)	2	Fluor.	36	2.200	158.400	0	0
	Estampagem emb. alimentares	22	I.M.	250	5.000	27.500.000	2.000	11.000	
	Estampagem emb. aerossóis	25	V.M.	400	6.500	65.000.000	2.000	20.000	
	Estampagem emb. industriais	48	V.M.	400	5.000	96.000.000	2.000	38.400	
	"	22	I.M.	250	5.000	27.500.000	2.000	11.000	
	Montagem Emb. industriais	65	V.M.	400	4.000	104.000.000	2.000	52.000	
	Montagem Emb. aerossóis	94	V.M.	400	6.500	244.400.000	2.000	75.200	
	Montagem Emb. alimentares	32	V.M.	400	4.000	51.200.000	2.000	25.600	
	Arm. prod. Interm/prod. acab. (A4)	276	Fluor.	58	6.000	96.048.000	2.000	32.016	
	"	46	V.M.	250	6.000	69.000.000	2.000	23.000	
	Armazém de paletes	2	V.M.	400	2.000	1.600.000	2.000	1.600	
	Cais de carga do A4	6	V.M.	400	6.000	14.400.000	2.000	4.800	
	Corredor exterior junto ao A4	12	V.S.	400	5.000	24.000.000	2.000	9.600	
	SUB-TOTAL	736				888306400		331216	
Emb. Plásticas	Produção	53	I.M.	250	6.500	86.125.000	0	0	
	Arm. prod. acabado (A5) - nave C	40	V.M.	400	6.000	96.000.000	2.000	32.000	
	SUB-TOTAL	93				182.125.000		32.000	

Secção		Nº	Tipo	P	Funcion.	Consumo	Poupança	Poupança	
				[W]	[h/ano]	[Wh/ano]	[h/ano]	[kWh/ano]	
Emb. Plásticas									
Enchimento	Arm. prod. acabado (A5) - nave 1	32	V.M.	400	3.000	38.400.000	2.000	25.600	
	Arm. prod. acabado (A5) - nave 2	32	V.M.	400	3.000	38.400.000	2.000	25.600	
	Arm. prod. acabado (A5) - nave 3	40	V.M.	400	3.000	48.000.000	2.000	32.000	
	Arm. prod. acabado (A5) - nave A	39	V.M.	400	3.000	46.800.000	2.000	31.200	
	Cais de carga do A5	12	V.M.	400	3.000	14.400.000	2.000	9.600	
	Corredor exterior junto ao A5	9	V.S.	250	5.000	11.250.000	2.000	4.500	
	Corredor entre A2 e plásticos	7	V.S.	250	5.000	8.750.000	2.000	3.500	
	SUB-TOTAL	171				206.000.000		132.000	
Enchimento	Armazém A2	63	V.M.	400	5.000	126.000.000	2.000	50.400	
	" "	264	Fluor.	58	5.000	76.560.000	2.000	30.624	
	Formulação (piso inferior)	16	Fluor.	40	6.000	3.840.000	0	0	
	" "	32	Fluor.	36	6.000	6.912.000	0	0	
	" "	2	Fluor.	18	6.000	216.000	0	0	
	Formulação (piso superior)	6	Fluor.	58	6.000	2.088.000	0	0	
	" "	18	Fluor.	40	6.000	4.320.000	0	0	
	" "	12	Fluor.	36	6.000	2.592.000	0	0	
	" "	1	Fluor.	40	6.000	240.000	0	0	
	Sala de enchimento	220	Fluor.	40	6.000	52.800.000	0	0	
	" "	9	V.M.	400	6.000	21.600.000	0	0	
	Corredor enchimento cosméticos	2	I.M.	250	4.000	2.000.000	0	0	
	Formulação cosméticos (piso inf.)	4	I.M.	250	4.000	4.000.000	0	0	
	" "	16	Fluor.	58	4.000	3.712.000	0	0	
	" "	2	Fluor.	18	4.000	144.000	0	0	
	Formulação cosméticos (piso sup.)	12	Fluor.	36	4.000	1.728.000	0	0	
	Sala de enchimento cosméticos	25	I.M.	250	4.000	25.000.000	0	0	
" "	8	Fluor.	58	4.000	1.856.000	0	0		
SUB-TOTAL	712				335.608.000		81.024		
Co-packing	Produção	27	V.M.	400	5.000	54.000.000	2.000	21.600	
	Arm. prod. acabado (A5) - nave B	40	V.M.	400	5.000	80.000.000	2.000	32.000	
	SUB-TOTAL	67				134.000.000		53.600	
Auxiliares	Carregamento bat. Empilhad.	6	V.M.	400	5.000	12.000.000	2.000	4.800	
	Serralharia	176	Fluor.	36	2.000	12.672.000	0	0	
	" " (arm. cunhos)	1	V.M.	400	2.000	800.000	2.000	800	
	Ferramentaria	60	Fluor.	36	6.000	12.960.000	2.000	4.320	
	Pavilhão de obras	5	V.M.	400	1.500	3.000.000	2.000	4.000	
	Corredor plásticos e co-packing	4	V.S.	250	5.000	5.000.000	2.000	2.000	
	Zona da sucata	5	V.M.	400	2.000	4.000.000	2.000	4.000	
	Iluminação de vigia	152	Fluor.	36	5.000	27.360.000	2.000	10.944	
	" "	50	Fluor.	58	5.000	14.500.000	2.000	5.800	
	Corredor ench/Littell e met./litog.	9	V.S.	150	5.000	6.750.000	2.000	2.700	
SUB-TOTAL	468				99.042.000		39.364		
Gabinetes	Plásticos 1º piso	Manutenção	8	Fluor.	36	2.200	633.600	0	0
		Planeamento	8	Fluor.	36	6.200	1.785.600	0	0
		Laboratório	8	Fluor.	58	8.000	3.712.000	0	0
		Laboratório(arrecad.)	4	Fluor.	18	50	3.600	0	0
		W.C. Homens	2	Fluor.	36	2.200	158.400	0	0
		Hall	2	Fluor.	36	2.000	144.000	0	0
		Produção	4	Fluor.	36	2.200	316.800	0	0
		Qualidade	6	Fluor.	36	2.200	475.200	0	0
		Corredor	6	Fluor.	18	2.600	280.800	0	0
		Chefe Turno	4	Fluor.	36	8.000	1.152.000	0	0
		Electricista	6	Fluor.	36	2.000	432.000	0	0
		Sala Café	4	Fluor.	36	500	72.000	0	0
		W.C. Homens-baln.	6	Fluor.	36	6.000	1.296.000	0	0
		W.C. Mulheres-baln.	2	Fluor.	36	6.000	432.000	0	0

Secção		Nº	Tipo	P	Funcion.	Consumo	Poupança	Poupança
				[W]	[h/ano]	[Wh/ano]	[h/ano]	[kWh/ano]
Plásticos 2º piso	Sala LV	8	Fluor.	36	2.200	633.600	0	0
	Sala JS	4	Fluor.	36	2.100	302.400	0	0
	Sala Reuniões	8	Fluor.	36	800	230.400	0	0
	Sala RN	8	Fluor.	36	1.600	460.800	0	0
	Sala JA	4	Fluor.	36	1.000	144.000	0	0
	Sala Eng. CM	16	Fluor.	36	2.400	1.382.400	0	0
	Sala Formação	20	Fluor.	36	400	288.000	0	0
Enchimento 1º piso	Sala Quadros	2	Fluor.	36	500	36.000	0	0
	Manutenção	8	Fluor.	36	6.000	1.728.000	0	0
	Sala VC	4	Fluor.	36	1.800	259.200	0	0
	Sala Reuniões	6	Fluor.	36	250	54.000	0	0
	Sala Produção	8	Fluor.	36	2.400	691.200	0	0
	Hall	4	Fluor.	36	2.200	316.800	0	0
	Lab. Microbiol.	4	Fluor.	40	2.200	352.000	0	0
	Laboratório	48	Fluor.	36	5.800	10.022.400	0	0
	Sala SL	8	Fluor.	36	2.000	576.000	0	0
	W.C. Homens	1	Fluor.	36	2.400	86.400	0	0
	W.C. Mulheres	1	Fluor.	36	2.400	86.400	0	0
	Sala CS	4	Fluor.	36	2.000	288.000	0	0
	Sala Café	8	Fluor.	36	5.700	1.641.600	0	0
	Corredor	6	Fluor.	18	2.000	216.000	0	0
Enchimento 2º piso	Planeamento	16	Fluor.	36	2.200	1.267.200	0	0
	Compras	8	Fluor.	36	2.200	633.600	0	0
	Sala LR	8	Fluor.	36	1.500	432.000	0	0
	Sala PP	6	Fluor.	36	1.800	388.800	0	0
	Sala LT	8	Fluor.	36	1.800	518.400	0	0
	Sala Reuniões	8	Fluor.	36	250	72.000	0	0
	Sala "Técnica"	28	Fluor.	36	2.200	2.217.600	0	0
	Sala "Bloom"	14	Fluor.	36	2.200	1.108.800	0	0
	Sala JF	8	Fluor.	36	2.000	576.000	0	0
	Sala CM	8	Fluor.	36	2.200	633.600	0	0
	Sala PS	8	Fluor.	36	1.800	518.400	0	0
	Sala JPP	8	Fluor.	36	1.800	518.400	0	0
	Sala Key 1	8	Fluor.	36	2.200	633.600	0	0
	Sala Key 2	8	Fluor.	36	2.200	633.600	0	0
Co-packing 1º piso	Sala Planeamento	4	Fluor.	36	4.000	576.000	0	0
	Sala Plan. 2	4	Fluor.	36	250	36.000	0	0
	Sala Plan. 3	4	Fluor.	36	250	36.000	0	0
	Laboratório	8	Fluor.	36	4.000	1.152.000	0	0
Co-packing 2º piso	Sala Director	8	Fluor.	18	1.000	144.000	0	0
	Sala Plan. 2	8	Fluor.	18	250	36.000	0	0
	Sala Plan. 3	8	Fluor.	18	250	36.000	0	0
	Sala Ant. Jorge	8	Fluor.	18	2.000	288.000	0	0
Litografia 1º piso	Sala Plan. 4	16	Fluor.	18	2.000	576.000	0	0
	Sala Rolos	10	Fluor.	36	5.700	2.052.000	0	0
	Sala Café	4	Fluor.	18	5.700	410.400	0	0
	Sala Tintas	18	Fluor.	58	5.700	5.950.800	0	0
	W.C. Homens	2	Fluor.	36	5.700	410.400	0	0
	W.C. Mulheres	2	Fluor.	36	5.700	410.400	0	0
	Laboratório	18	Fluor.	36	5.700	2.462.400	0	0
	Sala AR	4	Fluor.	36	2.200	316.800	0	0
	Sala Manut.	4	Fluor.	36	2.200	316.800	0	0
	Sala Transp.	20	Fluor.	36	2.200	1.584.000	0	0
Litografia 2º piso	Sala Compras	8	Fluor.	36	2.200	1.020.800	0	0
	Sala Obras	16	Fluor.	18	2.200	633.600	0	0
	Sala Director	16	Fluor.	18	1.800	518.400	0	0
	Sala Planeamento	16	Fluor.	18	2.200	633.600	0	0
	Sala Programação	8	Fluor.	18	2.200	316.800	0	0
	Corredor	14	Fluor.	18	2.200	554.400	0	0
	Sala Compras 2	16	Fluor.	18	2.200	633.600	0	0
	Sala Reuniões	16	Fluor.	18	250	72.000	0	0
	Sala Transp.	20	Fluor.	36	2.200	1.584.000	0	0
	W.C. Homens	2	Fluor.	36	2.200	158.400	0	0
	W.C. Mulheres	1	Fluor.	36	2.200	79.200	0	0
	Fotolito	18	Fluor.	36	2.200	1.425.600	0	0
	Prelo	48	Fluor.	18	4.400	3.801.600	0	0
	Secção eléctrica	18	Fluor.	36	5.700	3.693.600	0	0
Desenvolvimento 1º piso	Sala Aguiar	4	Fluor.	36	2.200	316.800	0	0
	Sala 2	4	Fluor.	36	2.200	316.800	0	0
	Manutenção Met.	18	Fluor.	36	2.200	1.425.600	0	0
	Sala Director	4	Fluor.	36	1.800	259.200	0	0
	W.C. Homens	1	Fluor.	36	2.200	79.200	0	0
	W.C. Mulheres	1	Fluor.	36	2.200	79.200	0	0
	Sala Desenho	48	Fluor.	36	2.200	3.801.600	0	0
	Sala 1	8	Fluor.	18	2.200	316.800	0	0
	Sala 2	8	Fluor.	18	2.200	316.800	0	0
	Hall	4	Fluor.	18	2.200	158.400	0	0
Desenvolvimento 2º piso	Sala Café	8	Fluor.	18	150	21.600	0	0
	Sala Reuniões	8	Fluor.	18	150	21.600	0	0
	Sala MS	8	Fluor.	18	2.200	316.800	0	0
	Sala CR	8	Fluor.	18	2.200	316.800	0	0
	Sala Eng 1	16	Fluor.	18	2.200	633.600	0	0
	Sala 1	26	Fluor.	36	5.700	5.335.200	0	0
	W.C. Homens	1	Fluor.	36	5.700	205.200	0	0
	W.C. Mulheres	1	Fluor.	36	5.700	205.200	0	0
Refeitório	Mulheres	23	Fluor.	36	5.700	4.719.600	0	0
	Sala Refeitório	20	Fluor.	36	1.400	1.008.000	0	0
SUB-TOTAL	Cozinha	16	Fluor.	58	2.800	2.598.400	0	0
		1.069				108962000	0	0
TOTAL		3.668				2.251.967.400		719.956

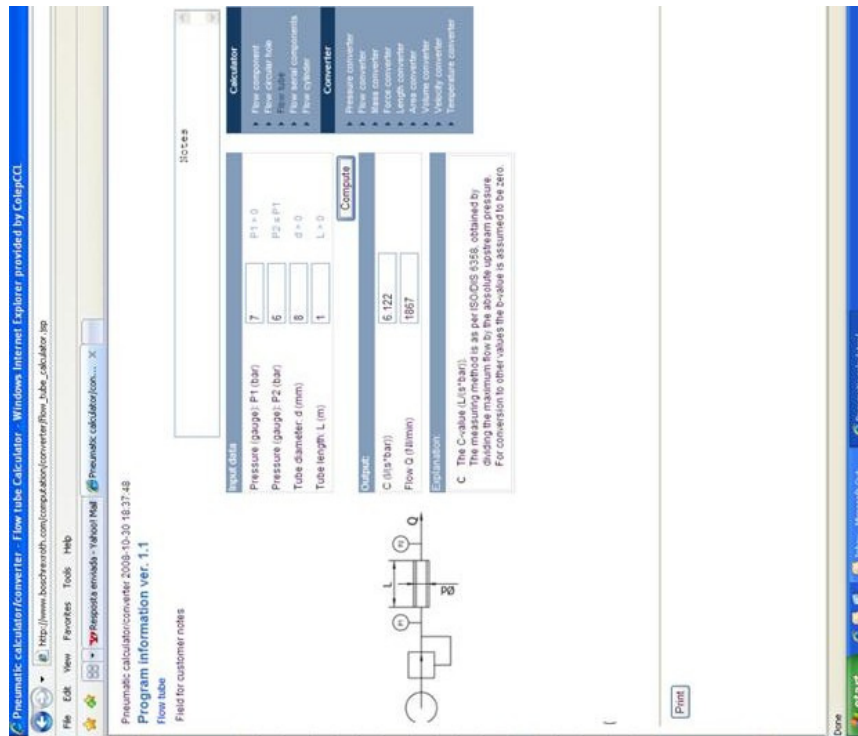
Poupança Estimada 32%

ANEXO E – Estudo poupança temporização de sopros de ar comprimido na secção da estampagem

Linha	Consumo médio de ar comprimido registado [Nm ³ /hora]		Consequencia da instalação do sistema de controlo de sopro	Estimativa de horas anuais		kWh	kW	Economia gerada [kw/ano]
25	Vazio	25,83	Eliminação do consumo	520,00	2 horas em 2 turnos	3,23	1.679,17	1.679,17
	A produzir	28,45	Diminuição do consumo em 50%	3.120,00	6 horas em 2 turnos	3,56	11.095,50	5.547,75
26	Vazio	5,00	Eliminação do consumo	520,00	2 horas em 2 turnos	0,63	325,00	325,00
	A produzir	13,75	Diminuição do consumo em 25%	3.120,00	6 horas em 2 turnos	1,72	5.362,50	1.340,63
2	A produzir	23,50	Diminuição do consumo em 50%	3.120,00	6 horas em 2 turnos	2,94	9.165,00	4.582,50
	Vazio	23,50	Eliminação do consumo	520,00	2 horas em 2 turnos	2,94	1.527,50	1.527,50
	A produzir	9,81	Diminuição do consumo em 25%	3.120,00	6 horas em 2 turnos	1,23	3.827,57	956,89
	Vazio	0,00	Eliminação do consumo	520,00	2 horas em 2 turnos	0,00	0,00	0,00
19	A produzir	52,87	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	6,61	3.436,33	859,08
	Vazio	4,30	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	0,54	1.677,00	1.677,00
	A produzir	34,42	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	4,30	2.237,30	559,33
	Vazio	7,70	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	0,96	3.003,00	3.003,00
11	A produzir	23,66	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	2,96	1.537,90	384,48
	Vazio	11,20	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	1,40	4.368,00	4.368,00
	A produzir	4,75	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	0,59	308,75	77,19
	Vazio	0,00	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	0,00	0,00	0,00
	A produzir	60,00	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	7,50	3.900,00	975,00
	Vazio	0,00	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	0,00	0,00	0,00
21	A produzir	8,95	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	1,12	581,75	145,44
	Vazio	7,00	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	0,88	2.730,00	2.730,00
	A produzir	18,00	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	2,25	1.170,00	292,50
	Vazio	18,00	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	2,25	7.020,00	7.020,00
10	A produzir	18,54	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	2,32	1.205,10	301,28
	Vazio	4,30	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	0,54	1.677,00	1.677,00
	A produzir	15,00	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	1,88	975,00	243,75
	Vazio	15,00	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	1,88	5.850,00	5.850,00
97	A produzir	2,00	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	0,25	130,00	32,50
	Vazio	2,00	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	0,25	780,00	780,00
	A produzir	60,00	Diminuição do consumo em 25%	520,00	6 horas em 2 turnos	7,50	3.900,00	975,00
	Vazio	0,00	Eliminação do consumo	3.120,00	2 horas em 2 turnos	0,00	0,00	0,00
Economia estimada ao fim de um ano [kW]								47.909,97

ANEXO F – Estudo poupança dos sopros de ar comprimido

	Situação Linha:	Quatro sopros sem nozzles				
	Pressuposto 1	1 segundo de sopro por folha				
	Pressuposto 2	Alimenta-se 30 folhas por minuto e consequentemente 1800 folhas/hora É preciso sopro durante 30 segundos de cada minuto				
	Pressuposto 3	Pressão entrada rede 7 bar				
	Queda de pressão	1 bar				
	Diâmetro do tubo	8 mm				
	Comprimento do tubo	1 m				
		1867	NI/min	=	1.867	m3/min
		(12 m3/min = 90 kWh)				
	1.867	m3/min	=	14,003	kWh	
		(1kWh = 0,085€)				
	14,003	kWh	=	1,190	€/hora/sopro	x 4 sopros
					4,761	€/hora
	1	ano	=	4160	horas trabalhadas a considerar 2 turnos de 8 horas por dia	
	Consumo	19.805,14	€/ano		233.001,60	kWh/ano



ANEXO G – Estudo poupança da troca do sistema de alimentação dos vibradores de pó do verniz

Vibrador Pneumático	
Segundo Especificação do fabricante	
Consumo	
280	l/min
0,28	m3/min
2,1	kWh

	Potência [kWh]	Horas trabalhadas por ano	Consumo anual [kWh]
Vibradores Eléctricos	0,2	2080	416
Vibrador Pneumático	2,1	2080	4368
Economia [kWh]			3952