

**Melhoria da Eficiência Energética e Eliminação do Desperdício na
Fábrica dos Plásticos
Colep Portugal S.A.**

Luis Lima Delgado Sena de Vasconcelos

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Hermenegildo Pereira

Orientador na Colep: Eng. Rui Castro



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2012-06-29

Para a minha Família

“Unir-se é um bom começo, manter a união é um progresso e trabalhar em conjunto é a vitória”

HENRY FORD

Resumo

A gestão do consumo de energia na indústria é um fator imperativo para a competitividade, permitindo garantir a sustentabilidade do negócio.

A energia é utilizada em todos os processos da indústria, em grande quantidade nos processos produtivos mas também nos processos de suporte. Enquadrado com necessidade de controlo de custos produtivos, aparece a necessidade de gerir o consumo de energia melhorando a eficiência dos equipamentos, eliminando o desperdício energético e promovendo a responsabilidade ambiental das empresas.

Para a realização deste projeto, muitos conceitos de *lean manufacturing* foram utilizados. Com base nestes conceitos, foi desenvolvida uma estratégia de resolução do problema onde se pretendeu implementar uma política de melhoria contínua na gestão energética da fábrica.

Recorreu-se à norma ISO50001 como orientação no desenvolvimento da gestão energética.

A sensibilização de cada colaborador foi assumida, desde o início, como um dos fatores de maior importância para o sucesso do projeto e, por isso, durante a implementação foi dada formação.

Para reduzir o consumo de energia, os processos produtivos foram analisados de forma intensiva identificando oportunidades de melhoria.

Foram realizados estudos sobre a possibilidade de substituição dos equipamentos existentes por equipamentos mais eficientes.

A rentabilização e boa utilização dos equipamentos existentes levaram à necessidade de melhorar alguns dos aspetos relacionados com a manutenção preventiva.

A continuidade de algumas das ações estudadas foi garantida elaborando os procedimentos de utilização.

A larga abrangência deste tema permitiu uma análise de várias áreas operacionais da empresa encontrando, em cada uma dessas áreas, oportunidades de melhoria.

Improve Energy Efficiency and waste elimination in the plastic plant

Abstract

The energy management in the industry has been assumed as a competitiveness key factor that ensures the business sustainability.

The energy is used in all industrial processes, in large amounts in the production processes but also for support processes. Integrated with the need to control production costs, there is a need to manage energy consumption by improving the equipments efficiency, elimination of energy wastage and promoting the environmental responsibility.

In order to perform this project, a lot of concepts about lean manufacturing were used. Based on these concepts, a strategy was developed to solve the problem trying the implementation of a continuous improvement policy to energy management.

The ISO50001 was the guidance for the development of the energy management system.

The awareness of each employee was assumed, since the beginning, as one of the most important factors for the project success and therefore, training was given during the implementation.

In order to reduce the energy consumption, the production processes were intensively analyzed to find improvement opportunities.

There were made studies were of the possibility to replace existing equipments for modern and efficient ones.

The profitability and good use of the existing equipments led to the necessity to improve some features related to preventive maintenance.

The continuity of the studied actions was assured by developing procedures for their use.

The large scope of this issue allowed an analysis of various operational areas of the company to find, in each of these areas, opportunities for improvement.

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Colep pela oportunidade de realizar este projeto.

Gostaria de agradecer ao Eng. Rui Castro por todo o apoio dado, pelo aconselhamento, pelo exemplo de profissionalismo e motivação transmitido e pela disponibilidade demonstrada ao longo de todo o projeto.

Ao Eng. António Mota, ao Eng. Gil Pais e ao Dr. Nuno Assunção por toda a disponibilidade e ajuda na realização do projeto.

Ao Eng. Luis Vaz e ao Marco Freire pela disponibilidade demonstrada no esclarecimento de dúvidas.

Um agradecimento a todos os colaboradores da Colep, em especial aos da fábrica dos plásticos, que me ajudaram neste projeto.

Ao Eng. Hermenegildo Pereira pela orientação dada durante a realização da dissertação.

A todos os meus colegas da Colep que me ajudaram, motivaram e acompanharam durante todo o projeto, em especial ao Pedro, Agostinho, Rui, Carlos, Eduardo e Ana.

A todos OBRIGADO!

Índice de Conteúdos

1	Introdução	6
1.1	Colep.....	6
1.2	Objetivos do Projeto	7
1.3	Abordagem do projeto.....	7
1.4	Descentralização da gestão de energia	8
1.5	Organização da dissertação.....	8
2	Enquadramento teórico	9
2.1	A energia.....	9
2.2	Fontes de energia industrial em Portugal	9
2.3	Utilização industrial da energia	10
2.4	Eficiência Energética.....	10
2.5	Conceitos de JIT, TQC, TPM e Lean	11
2.6	Eficiência energética e <i>Lean Manufacturing (Lean Energy)</i>	12
2.7	Eliminação do Desperdício.....	12
2.8	Impacto da ineficiência dos equipamentos.....	13
2.9	Controlo estatístico dos processos	15
2.10	Norma de gestão energética ISO50001:2011	16
2.11	Impacto ambiental da redução do consumo de energia.....	18
3	Utilização da energia na fábrica dos plásticos.....	19
3.1	Análise dos consumos de energia por setor	19
3.2	Processos Produtivos utilizados.....	20
3.3	Motores Elétricos	22
3.4	Utilização da energia na insuflação.....	25
3.5	Utilização de energia na injeção	25
3.6	Monitorização e controlo existentes relativos aos consumos energéticos	25
3.7	Resultados dos indicadores no passado.....	26
4	Metodologias e ferramentas utilizadas na análise do projeto	27
4.1	Sistema de Gestão de Energia (SGE)	27
4.2	Mapeamento, análise e identificação do desperdício energético nos processos produtivos	27
4.3	Análise Causa Efeito	28
4.4	Análise ABC dos custos de não qualidade relacionados com a energia.....	28
4.5	Análise da capacidade do processo.....	29
4.6	Levantamento dos dados dos motores elétricos existentes.....	30
4.7	Análise termográfica dos equipamentos	31
4.8	Análise aos consumos de energia de equipamentos elétricos.....	31
4.9	Análise ao desperdício de ar comprimido	32
5	Soluções propostas.....	33
5.1	Implementação do sistema de gestão de energia.....	33
5.2	Monitorização dos indicadores de energia	36
5.3	Ação de sensibilização para os colaboradores	37
5.4	Procedimentos de paragem dos equipamentos	38
5.5	Análise de soluções para a redução do consumo de ar comprimido	39
5.6	Quantificação dos custos energéticos da não qualidade	40

5.7	Melhoria da eficiência de utilização dos moinhos da insuflação	41
5.8	Eliminação de tapetes transportadores horizontais na injeção	43
5.9	Análise da viabilidade da substituição dos motores de corrente contínua	43
5.10	Elaboração do registo das condições de temperatura de funcionamento dos motores elétricos.....	44
5.11	Estudo da implementação de mantas térmicas nas extrusoras	45
5.12	Redução do consumo de matéria-prima	46
5.13	Análise da viabilidade da implementação de um equipamento de refrigeração de ar comprimido.....	46
5.14	Ação “5S” nas tubagens de ar comprimido, água dos <i>chillers</i> e água da torre	47
6	Síntese dos resultados	48
7	Conclusões.....	50
	Referências	51
ANEXO A:	Manual Energético da fábrica dos Plásticos.....	52
ANEXO B:	Procedimento de monitorização do consumo de energia	62
ANEXO C:	Procedimento de paragem dos equipamentos.....	66
ANEXO D:	Pontos de fuga de ar comprimido identificados na auditoria.....	72
ANEXO E:	Tabela de custos das fugas de ar comprimido.....	74
ANEXO F:	Produtos da classe “A” responsáveis pelo desperdício energético de não qualidade	76
ANEXO G:	Sugestões de alterações dos moinhos.....	78
ANEXO H:	Cálculo da Rentabilidade de Substituição de Motores	79
ANEXO I:	Fluxograma do Processo de Insuflação	81
ANEXO J:	Fluxograma do Processo de Injeção	82

Siglas

CC ou DC – Corrente Contínua (Direct Current)

CA ou AC – Corrente Alternada (Alternating Current)

DMAIC – Define, Measure, Analyze, Improve, Control

HVAC – Heating, ventilating and air conditioning

JIT – Just-in-time

kWh – Quilowatt-hora

kWh/Kg – Quilowatt-hora por quilograma de matéria prima transformada

MWh – Megawatt-hora

OEE – Overall Equipment Effectiveness

ROI – Return on Investment

SGE – Sistema de Gestão de Energia

SPC – Statistical Process Control

TPM – Total Productive Maintenance

TPS – Toyota Production System

TQC – Total Quality Control

VEV – Variador Eletrónico de Velocidade

VSM – Value Stream Map

Índice de Figuras

Figura 1 - Instalações de Vale de Cambra.....	6
Figura 2 - Análise da produção de energia por fonte em Portugal e na Europa.....	9
Figura 3 - Consumo energético por setor de atividade em Portugal e na Europa (Comissão Europeia, DG Energy, A1, 2011)	10
Figura 4 - Conceito de Performance energética	11
Figura 5 - Os 8 pilares do TPM (Almada-Lobo, 2008).....	13
Figura 6 - Ciclo DMAIC	16
Figura 7 - Distribuição dos custos diretos de produção em 2011.....	19
Figura 8 - Consumo energético em 2011 por atividade	19
Figura 9 - Análise dos consumos por setor diferenciando o consumo de ar comprimido.....	20
Figura 10 - Etapas principais do processo de insuflação.....	20
Figura 11 - Esquema de extrusão (Tecnologia Mecânica, IST)	21
Figura 12 - Parâmetros de <i>Parison</i> inseridos na máquina	21
Figura 13 - Processo de insuflação (www.pitfallsinmolding.com/blomolding.html)	21
Figura 14 - Etapas do processo de Injeção	22
Figura 15 - Motor de corrente contínua.....	23
Figura 16 - Motor de corrente alternada.....	23
Figura 17 - Esquema de blocos simplificado de um VEV (2010, COGEN Portugal)	24
Figura 18- Modelo do Sistema de Gestão de Energia (http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy.pdf)	27
Figura 19- Diagrama de Ishikawa para o desperdício energético	28
Figura 20 - Análise ABC dos custos energéticos de não qualidade da produção em 2011.....	29
Figura 21 - Análise Termográfica do Motor de um moinho de injeção	31
Figura 22 - Equipamento para medição de consumos elétricos	32
Figura 23 - Consumo de Ar comprimido em função do consumo de matéria-prima.....	32
Figura 24 - Acompanhamento semanal dos indicadores	36
Figura 25 - Acompanhamento mensal dos indicadores.....	37
Figura 26 - Ação de sensibilização de energia	37
Figura 27 - Melhoria contínua verificada na variação do consumo específico de ar comprimido desde a ação de sensibilização	38
Figura 28 - Consumo de energia na produção de ar comprimido	39
Figura 29 - Pistola de ar comprimido com soprador plano $\frac{1}{4}$	39

Figura 30 - Esquema eletromecânico da utilização de temporizadores no circuito de reciclagem de matéria-prima	42
Figura 31 - Alterações efetuadas nas máquinas de injeção	43
Figura 32 - Análise termográfica de um motor limpo	45
Figura 33 - Análise termográfica de um motor sujo.....	45
Figura 34 - Manta térmica testada na máquina IS25	45
Figura 35 - Esquema de funcionamento do refrigerador de ar comprimido (2012, Eisbaer)...	46

Índice de Tabelas (opcional)

Tabela 1- Marcos Históricos da Colep	6
Tabela 2 - Rendimentos de motores elétricos segundo a norma IEC60034-30 (weg.net)	24
Tabela 3 - Histórico dos consumos específicos (kWh/kg)	26
Tabela 4 - Índice de documentos do SGE	34
Tabela 5 - Resultados esperados com as alterações nos moinhos	42
Tabela 6 – Estudo da viabilidade de substituição do motor DC da máquina 12	43
Tabela 7 - Estudo da viabilidade de substituição do motor DC da máquina 27.....	44
Tabela 8- Síntese de resultados	48

1 Introdução

1.1 Colep

A Colep, atualmente a maior empresa do grupo RAR, foi fundada em Vale de Cambra no ano de 1965 pelo Eng. Ilídio Pinho que iniciou assim a atividade no setor das embalagens metálicas para a indústria alimentar. A Colep é uma empresa multinacional de referência europeia e mundial no mercado das embalagens, aerossóis e *Contract Manufacturing*: formulação, fabrico, enchimento e embalagem de produtos cosméticos, de beleza, de higiene pessoal, de higiene do lar, de grande consumo.



Figura 1 - Instalações de Vale de Cambra

Atualmente a Colep está presente em Portugal, no Brasil, na Alemanha, na Polónia, em Espanha e no Reino Unido. A empresa apresentou, em 2011, um volume de negócio de cerca de 511 milhões de euros empregando, em todos os países, cerca de 3600 pessoas.

Em Portugal, os escritórios da empresa estão sediados no Porto e a fábrica em Vale de Cambra. Na “casa-mãe”, em Vale de Cambra, as atividades da empresa são a produção de embalagens metálicas e plásticas, enchimento e co-packing.

Tabela 1- Marcos Históricos da Colep

1965	Início da atividade - Embalagens metálicas para bolachas
1967	Embalagens metálicas para produtos industriais
1972	Aerossóis
1973	Produção de componentes plásticos por injeção
1975	Início da atividade de <i>Contract Manufacturing</i>
1982	Produção de embalagens plásticas por insuflação
1984	Produção de embalagens alimentares
1993	Internacionalização, aquisição da unidade fabril S. C. Johnsons em Espanha - Criação da COLEP ESPAÑA
1997	Entrada na Bolsa de investimentos de Lisboa
1999	Aquisição da Shirley Jones Associates, Reino Unido, e da CENSA - Comercial de Envases de Navara, Espanha
2000	Grupo RAR adquire 44,6% da Colep à Colep Holding
2001	Adquire a totalidade da Colep através de OPA
2002	Início da Colep na Polónia
2004	Fusão com CCL passando a denominar-se COLEPCCL
2007	Expansão do <i>Co-Packing</i> para a Polónia. Aquisição dos 40% até então detidos pela CCL Industries.
2008	Produção de Aerossóis na Polónia destinados ao mercado do centro e leste europeu
2009	Aquisição da Czewo Full Filling Service GmbH
2010	Investimento conjunto com a Provider no Brasil
2011	Alteração do nome para Colep

1.2 Objetivos do Projeto

O projeto foi enquadrado e desenvolvido no departamento de embalagens plásticas tendo como finalidade fundamentar a dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica.

A energia representa uma grande parte dos custos diretos de produção. Como tal, a performance energética apresenta-se como um elemento estratégico na indústria dos plásticos. Para propor melhorias significativas nesta área, inicialmente foi necessário definir uma estratégia de gestão energética, que permita avaliar, estudar e melhorar a eficiência energética da fábrica. Para a implementação de uma política de gestão de energia foram seguidas as diretivas da norma ISO50001: Sistemas de Gestão de Energia.

A compreensão do processo produtivo permitiu a implementação de algumas medidas de eliminação do desperdício energético, melhoria da eficiência dos processos produtivos e o relacionamento entre os consumos energéticos e os dados produtivos. A criação de valor para os clientes passa pelo fornecimento do produto e serviço contratualizado com a qualidade expectável ao menor custo.

No setor dos plásticos os custos estão bastante dependentes do preço dos combustíveis fósseis. O grande consumo de energia e os preços da matéria-prima, derivada do petróleo, reforçam a importância de um controlo dos recursos produtivos. A sustentabilidade do negócio passa pela inovação nos processos produtivos e necessariamente por melhorias ambientais.

Para o levantamento dos dados foram implementadas medidas de avaliação e controlo dos consumos energéticos com base na escolha de indicadores e posterior análise dos resultados.

A melhoria da eficiência energética passa, em grande parte, pela análise e melhoria dos processos produtivos, pela eliminação do desperdício energético, pela implementação de uma política de gestão energética, pelo estudo da viabilidade de alteração e/ou substituição de equipamentos por outros energeticamente mais eficientes e pela formação aos utilizadores dos equipamentos.

1.3 Abordagem do projeto

Para a avaliação dos consumos energéticos na situação inicial e futura foi necessária a implementação de um sistema que permitisse o controlo e análise dos consumos energéticos.

Para a análise dos consumos nos processos produtivos definiu-se a seguinte abordagem:

- Análise “ABC” dos produtos mais vendidos,
- Análise da robustez e falhas dos processos,
- Análise do desperdício no *Gemba*.

Na implementação das soluções propostas considerou-se relevante:

- Formação dos operadores no autocontrolo,
- Planos de Controlo,
- Procedimentos,
- Gestão Visual.

Como soluções para melhoria dos consumos estudou-se a possibilidade de alteração nos processos e equipamentos fundamentada com a análise de viabilidade económica para a substituição de equipamentos existentes por outros mais eficientes.

1.4 Descentralização da gestão de energia

O controlo energético é efetuado pelo departamento de energia da Colep. Este departamento implementa, controla e gere a energia de todas as fábricas da unidade de Vale de Cambra. É este departamento que define a estratégia e política energética global da empresa.

A “gestão à distância” pode não permitir uma análise eficiente dos desperdícios energéticos inerentes dos processos produtivos. É nesta análise dos processos, dos recursos e dos desperdícios relacionados com o consumo de energia no *gemba* que se enquadra este projeto.

1.5 Organização da dissertação

Neste primeiro capítulo é apresentada a empresa, o projeto, os objetivos e a metodologia de abordagem ao problema.

No segundo capítulo é feito o enquadramento teórico do projeto.

No terceiro capítulo é feito o enquadramento do projeto na empresa e são apresentados os problemas encontrados durante a realização do mesmo, o consumo de energia em cada processo e os dados históricos relativos ao consumo de energia na fábrica dos plásticos.

De seguida são apresentadas as metodologias de abordagem aos problemas e as ferramentas utilizadas nas suas análises.

O quinto capítulo refere-se à implementação de um sistema de gestão de energia, análise e soluções de melhoria para os processos existentes e soluções técnicas para a redução do consumo de energia.

Por fim, no sexto capítulo, são contabilizados e analisados os resultados globais do projeto.

2 Enquadramento teórico

2.1 A energia

“O preço do insucesso é demasiado elevado.

A energia é o sangue vital da nossa sociedade. O bem-estar das nossas populações e a prosperidade das nossas empresas e economia dependem de uma energia segura, sustentável e a preço comportável. Simultaneamente, as emissões relacionadas com a energia representam quase 80% das emissões totais de gases com efeito de estufa da UE. O desafio da energia é assim uma das maiores provas que a Europa tem de enfrentar. Serão necessárias dezenas de anos para orientar os nossos sistemas energéticos para uma via mais segura e sustentável. Contudo, são urgentemente necessárias decisões que nos coloquem na boa via, uma vez que as consequências do insucesso na realização de um mercado europeu da energia a funcionar corretamente serão o aumento dos custos para os consumidores e o pôr em risco a competitividade da Europa.”

(Energia2020 CE, 2010)

2.2 Fontes de energia industrial em Portugal

A energia aparece muitas vezes associada ao fator ambiental. Somente 15% da energia gerada em Portugal é renovável. O controlo de emissões de gases de efeito estufa realçou a importância do controlo do consumo de energia nos tempos que correm.

Conforme podemos verificar na figura 2, quer em Portugal, quer na Europa a maior parte da energia é gerada através dos produtos petrolíferos. A subida constante do valor do petróleo levou a um aumento significativo dos preços da energia reforçando, uma vez mais, a importância do controlo dos consumos e custos energéticos:

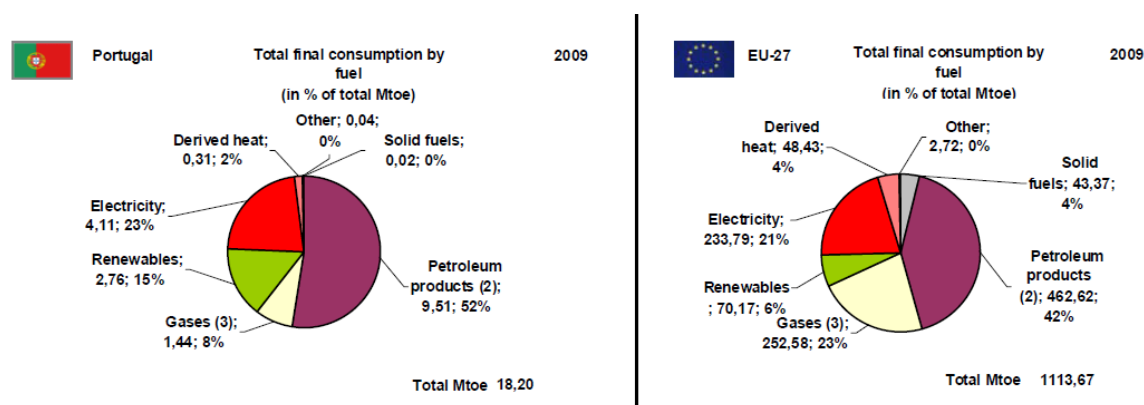


Figura 2 - Análise da produção de energia por fonte em Portugal e na Europa

O setor da indústria representa 28% do consumo energético total em Portugal. Na Europa a indústria consome 24% do total de energia.

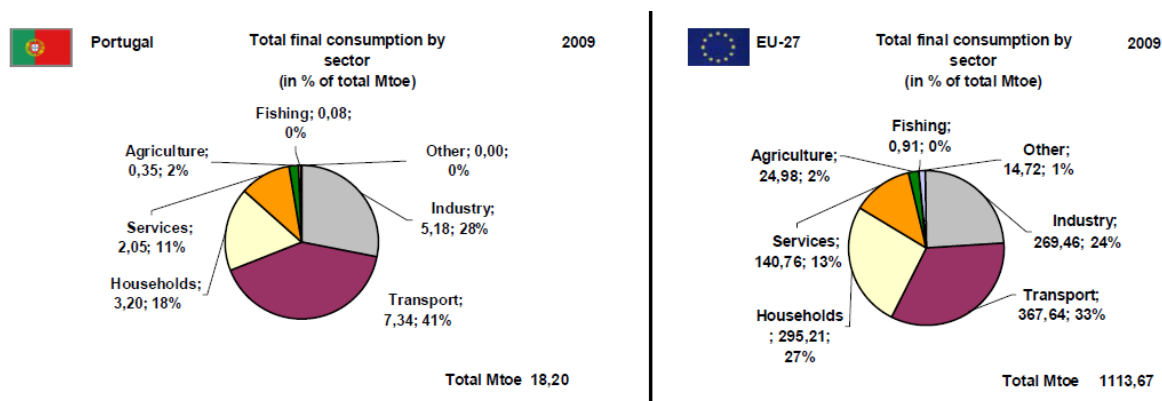


Figura 3 - Consumo energético por setor de atividade em Portugal e na Europa (Comissão Europeia, DG Energy, A1, 2011)

As fontes de energia utilizadas hoje em dia, além de poluentes, começam a ser escassas. A energia tornou-se num bem de primeira necessidade pelo que o seu valor é elevado. A comissão europeia apresenta um plano de eficiência energética com o objetivo de reduzir em 20% o consumo de energia na Europa. A sustentabilidade do mercado europeu depende do alcance das metas e objetivos. As políticas por si só pouco podem fazer, é necessário agir. Cada empresa, departamento e pessoa deve promover a redução do consumo de energia.

2.3 Utilização industrial da energia

Para entender o conceito de energia a nível industrial é essencial identificar e analisar a sua utilização.

Na indústria, o recurso à energia é fundamental para:

- Operação dos equipamentos produtivos,
- Sistemas de aquecimento e arrefecimento
- Iluminação,
- Transportes.

O peso de cada uma destas utilizações varia em cada organização. É necessário identificar quais as atividades mais relevantes para a análise do consumo energético.

2.4 Eficiência Energética

O conceito de eficiência energética é um conceito muito amplo. Uma das abordagens mais comuns é a melhoria dos consumos de energia e redução dos custos associados.

A eficiência energética encontra-se inserida no conceito de performance energética conforme se apresenta na seguinte figura:



Figura 4 - Conceito de Performance energética

Para atingir melhorias ao nível da energia deverá analisar-se a performance energética como um todo começando pela análise do consumo de energia, definição de objetivos relativos à melhoria da eficiência energética que serão avaliados com base na intensidade energética e no consumo específico.

A análise de consumos/custos, como em todas as áreas da gestão, é essencial para definir um patamar de referência quando examinadas as variáveis. Na energia, a unidade de análise do consumo é o kWh. Este deverá ser relacionado com a produtividade da fábrica (kg de matéria prima transformada) analisando o consumo específico de energia (kWh/kg).

Quando referida a eficiência energética, a análise de melhorias pode ser feita de duas formas:

- Análise percentual: os ganhos conseguidos (%) relativos ao consumo específico de energia,
- Ganhos económicos: os ganhos conseguidos (€) quando implementadas melhorias de consumo.

A energia depende, em grande parte, do volume de produção. Quanto maior o volume de produção maior é o consumo de energia. Contudo, é importante perceber que as melhorias de produtividade levam a um aumento do “fator de escala”, os custos energéticos das atividades de suporte (escritórios, ar condicionado, iluminação, armazéns) vão-se diluindo à medida que aumenta o volume de produção.

2.5 Conceitos de JIT, TQC, TPM e Lean

Nos anos 50, no Japão, iniciou-se a uma revolução nas metodologias e técnicas de produção, qualidade e manutenção até então utilizadas. A falta de recursos e a incapacidade de lutar contra as economias de escala levou ao aparecimento do TPS (*Toyota Production System*), desenvolvido por Taiichi Ohno, que implementa o conceito de produção *pull* e a metodologia JIT (*Just-in-Time*) para responder com flexibilidade e a tempo à procura real utilizando racionalmente os recursos com custo mínimo. Esta metodologia, em conjunto com o TQC (*Total Quality Control*), promove o fazer bem sempre, com zero defeitos e sem desperdício.

Sendo os equipamentos preponderantes nos processos produtivos, as empresas japonesas entenderam que seria relevante implementar também uma estratégia de zero avarias com o conceito TPM (*Total Productive Maintenance*) integrando atividades de manutenção e produtivas para otimizar a disponibilidade, funcionalidade e eficiência dos equipamentos.

Os conceitos e metodologias referidos foram adotados no ocidente, desde os anos 80, num enquadramento produtivo designado por *Lean Manufacturing* e, posteriormente, numa abordagem total à gestão com a designação *Lean Management*.

2.6 Eficiência energética e *Lean Manufacturing* (*Lean Energy*)

A eficiência energética e o conceito de produção *Lean* são dois conceitos que devem ser analisados em conjunto. Grande parte da eliminação do desperdício energético passa pela eliminação das atividades sem valor acrescentado.

Além da eliminação do desperdício energético, a metodologia *Lean* permite melhorias de desempenho e redução de custos.

A junção destes dois conceitos levou ao aparecimento do conceito de *Lean Energy* que, através de ferramentas *lean*, tem por objetivo a eliminação do desperdício energético.

2.7 Eliminação do Desperdício

“All we are doing is looking at the time line from customer order to cash collection... and we are reducing that time line by removing the non-value-added wastes.” (Taiichi Ohno, 1988 “citado por Coimbra, 2010”)

Sendo um dos objetivos principais do projeto, é importante analisar este conceito independentemente dos outros conceitos relacionados com o TPS.

A implementação do JIT levou a que se trabalhasse com base no conceito de “*muda*”, que, em japonês, significa desperdício. Atualmente são normalmente considerados sete tipos de desperdício:

1. Defeitos (falhas internas ou externas de qualidade);
2. Pessoas à espera;
3. Movimentos dos colaboradores;
4. Excesso de processamento;
5. Material em espera;
6. Movimentos de materiais;
7. Excesso de produção.

Quando o desperdício é analisado no âmbito da eficiência energética podemos ainda encontrar um oitavo tipo de “*muda*”:

8. Desperdício Energético.

Este conceito de desperdício energético está intimamente ligado a todos os outros tipos de desperdício, essencialmente, àqueles que consomem energia diretamente. Ainda que não apresentem consumo direto de energia, os outros tipos de desperdício acabam por condicionar a produtividade, ou seja, indiretamente afetam a eficiência de utilização dos equipamentos energeticamente dependentes.

Para analisar o desperdício, é essencial introduzir o conceito de valor acrescentado. Segundo o mentor do *Toyota Production System*, Taiichi Ohno, valor acrescentado está associado às atividades da realização do produto ou serviço que o cliente está disposto a pagar.

Todas as atividades de suporte devem ser rentabilizadas de forma a apresentarem o mínimo custo. O aumento do custo/valor destas atividades não pode ser refletido no preço final do produto/serviço pelo que essas atividades devem ser analisadas, sempre que possível eliminadas e, quando necessárias, devem ser reduzidos os seus custos.

“Um euro poupado é tão importante como um euro vendido” (adaptado e traduzido de Russell, 2010)

Todas as atividades têm um custo e este deve ser analisado de diversas perspetivas. A eliminação do desperdício permite não só ganhos relativos aos custos diretos de produção, como também promove a melhoria dos processos, consequente redução de tempos e aumento da qualidade dos produtos. Estes fatores fazem da eliminação do desperdício um elemento importante na estratégia operacional das organizações.

2.8 Impacto da ineficiência dos equipamentos

A ineficiência dos equipamentos é um dos pontos críticos quando se analisa os consumos específicos de energia. Muitas vezes os equipamentos estão a consumir energia sem trazer qualquer valor acrescentado para a empresa, por exemplo, a produzir produtos não conformes. O conceito de TPM (*Total Productive Maintenance*), referido em 2.5, determina uma abordagem à manutenção dos equipamentos que assegure máxima disponibilidade e eficiência, concretizando um plano de manutenção preventiva que envolva os diversos departamentos e níveis da organização.

“O objetivo principal do TPM é a maximização do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) eliminando falhas, defeitos e outras formas de desperdício. Para maximizar o OEE, o TPM aproveita o facto de serem os operadores quem conhece os equipamentos, envolvendo-os ativamente na sua manutenção. Este sistema enquadra toda a vida útil dos equipamentos sendo utilizado como um fator motivacional promovendo o trabalho em equipa através da condução de atividades voluntárias.” (Almada-Lobo, 2008)

O TPM fundamenta-se essencialmente em oito pilares:

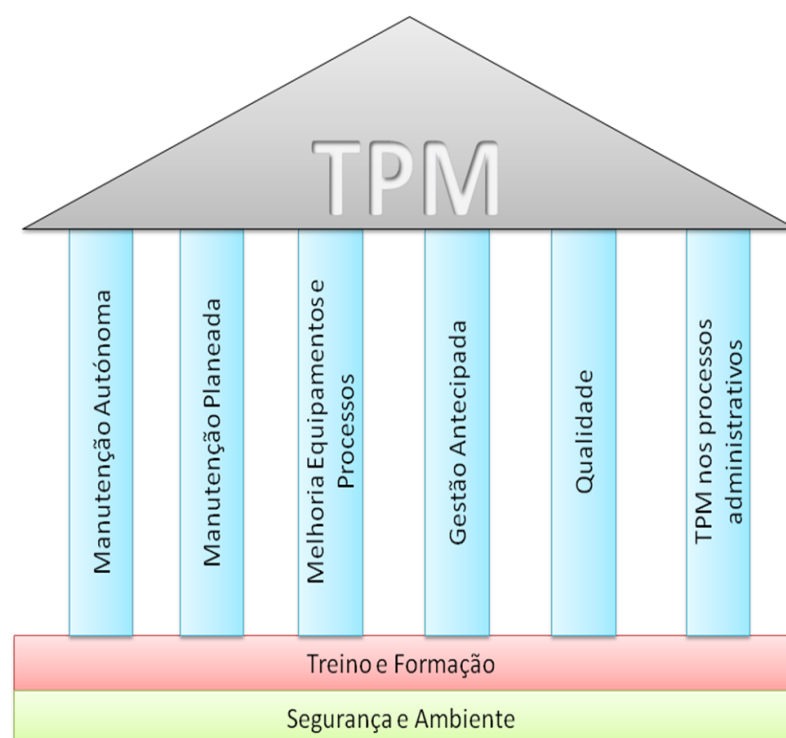


Figura 5 - Os 8 pilares do TPM (Almada-Lobo, 2008)

É através destes oito pilares que se pretende alcançar as zero avarias, os zero defeitos e, assim, promover a maximização dos OEE's dos equipamentos.

O cálculo do OEE é dado através de:

- $OEE = disponibilidade \times performance \times qualidade$

A disponibilidade é dada pelo tempo de paragens (Avaria, *setup*, afinação, mudanças de ferramentas) a dividir pelo tempo programado. Ou seja, é na disponibilidade que se refletem os resultados de manutenção.

A performance é normalmente avaliada pela velocidade real do processo em função da velocidade teórica. Aqui refletem-se normalmente ações de melhoria que permitam reduzir os tempos de processamento.

A qualidade é dada pela quantidade de produtos aproveitados em função do número total de produtos fabricados. A parametrização de todas as variáveis existentes no processo, e o seu controlo permite desenvolver este fator.

A melhoria contínua conjunta destes três parâmetros de cálculo do OEE permite atingir o objetivo ao qual se destina o TPM: a maximização da produtividade. Só trabalhando todos os parâmetros continuamente e em conjunto, o OEE se aproximará do ideal.

As falhas podem acontecer de duas maneiras:

- Perda total das funções do equipamento ou recurso;
- Redução das suas capacidades.

Para as evitar, é necessário definir uma estratégia que elimine definitivamente as suas causas.

Uma das maneiras de eliminar estas causas é o recurso à manutenção autónoma. Esta refere-se ao desenvolvimento de atividades de manutenção por parte dos utilizadores dos equipamentos, independentes do departamento de manutenção. Tipicamente, estas atividades passam por:

- inspeções frequentes;
- lubrificação de alguns componentes;
- substituição de peças;
- reparações simples;
- identificação de problemas;
- verificações precisas.

A manutenção autónoma é normalmente implementada em sete etapas:

- 1) Limpeza e inspeção: eliminação da sujidade dos equipamentos, lubrificação, aperto de parafusos, encontrar e corrigir problemas;
- 2) Eliminar as causas dos problemas e áreas inacessíveis: corrigir as fontes de sujidade, prevenir salpicos e melhorar as acessibilidades para limpeza e lubrificação. Diminuir os tempos de realização dessas tarefas;
- 3) Realizar procedimentos operativos para limpeza e lubrificação: redigir os procedimentos que assegurem que a limpeza, lubrificação e apertos são realizados de forma eficiente;

- 4) Realizar inspeções gerais: dar formação aos colaboradores através de manuais de inspeção para encontrar e corrigir pequenas falhas dos equipamentos;
- 5) Realizar inspeções autónomas: preparar procedimentos e *checklists* para garantir a realização eficaz das inspeções.
- 6) Promover a inspeção visual: padronizar e inspecionar visualmente todas as rotinas de manutenção e elaborar um sistema de gestão de manutenção claro, simples e eficaz.
- 7) Promover consistentemente a realização de manutenção autónoma: desenvolver políticas e objetivos, melhorar as práticas diárias, manter registos de falhas atualizados (MTBF), analisá-los para melhorar a utilização dos equipamentos.

A manutenção autónoma é também uma ferramenta de promoção da segurança. Esta permite eliminar fatores de risco como a exposição a peças móveis, projeção de peças/material, salpicos de substâncias perigosas, manutenção de equipamentos de segurança. Também permite reduzir os comportamentos de risco através da correção da posição e metodologia de trabalho, assegurar a organização e limpeza dos postos de trabalho (5S) e motivar a preservação das condições de cada posto.

2.9 Controlo estatístico dos processos

Quando analisados os processos produtivos, verificamos que os produtos realizados se apresentam muitas vezes com características sobredimensionadas o que representa desperdício financeiro, temporal e energético.

Para entender este conceito de desperdício é necessário, primeiramente, entender o conceito de qualidade. A qualidade pode ser definida de duas formas complementares:

- qualidade é a conformidade com as especificações;
- qualidade é aptidão ao uso (Juran).

Ou seja, considera-se qualidade se um dado produto ou serviço corresponder às necessidades e expectativas do cliente a que se destina.

Uma das formas de controlar a qualidade é o controlo estatístico dos processos (*SPC – Statistical Process Control*). O controlo estatístico do processo baseia-se na metodologia “Six Sigma”.

“Sigma é a medida utilizada para avaliar o desempenho do processo e os resultados dos esforços de melhoria – uma forma de medir qualidade. As empresas recorrem a esta metodologia para medir a qualidade porque é um *standard* que reflete o nível de controlo de qualquer processo para cumprir os requisitos de performance definidos.” (SixSigma Black Belt Handbook, 2004)

Sigma pode ser considerado uma escala universal. Mede os defeitos por parte de milhão (ppm). O “*six sigma*” equivale a 3,4 defeitos por milhão.

Diversas metodologias são utilizadas para garantir a qualidade dos produtos. A mais utilizada é a DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*):

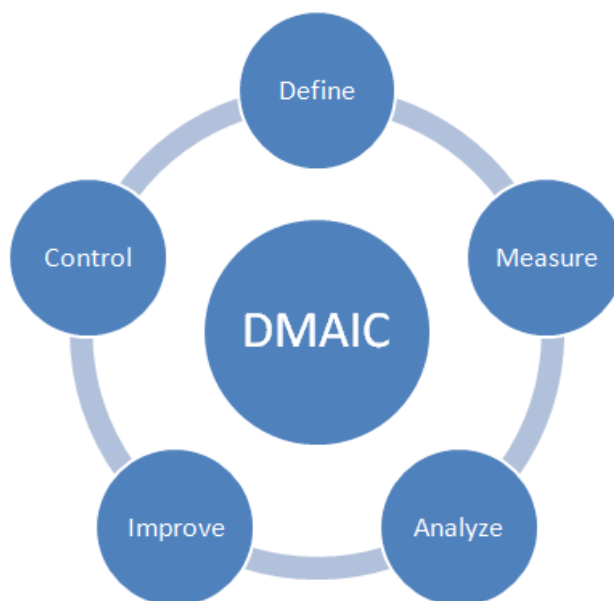


Figura 6 - Ciclo DMAIC

Este é utilizado para analisar os processos, eliminar fontes de variação inaceitáveis e desenvolver alternativas para reduzir a variabilidade. Contudo, a metodologia *SixSigma* não está limitada à metodologia DMAIC. Outras técnicas como *8D's*, *5Why's*, análise causa-efeito, resolução estruturada de problemas, são utilizadas para garantir a qualidade dos produtos.

A percepção do controlo dos processos permite analisar a possibilidade de os melhorar e, consequentemente, reduzir o desperdício.

2.10 Norma de gestão energética ISO50001:2011

“Percebendo a importância da gestão energética, a norma ISO 50001:2011 foi desenvolvida pela Organização Internacional de Normalização (ISO) como a futura Norma Internacional para gestão de energia. Disponível desde Junho de 2011, prevê-se que a ISO 50001:2011 tenha um impacto até 60% no consumo mundial de energia.

A Norma de Gestão Energética ISO 50001:2011 especifica os requisitos para uma organização estabelecer, implementar, manter e melhorar um Sistema de Gestão Energética (SGE), permitindo uma abordagem sistemática, no sentido de alcançar a melhoria contínua do desempenho energético.

Esta nova norma estabelece uma estrutura internacional, que ajuda a gerir desde o fornecimento até ao consumo de energia, tanto para a indústria, como para o comércio ou outro tipo de organizações.

Permite referenciar, medir, documentar e relatar o nível de melhorias energéticas e o consequente impacto na redução das emissões dos gases com efeito de estufa (GEE) nos sistemas e processos que utilizem energia. A norma de gestão energética ISO 50001:2011

aplica-se a todos os aspetos que afetam o uso de energia, que podem ser controlados e influenciados por uma organização.” (2012, www.pt.sgs.com)

Objetivos:

- I. Ajudar as organizações a melhorarem o aproveitamento dos seus ativos consumidores de energia;
- II. Criar um fluxo de informação mais simples e transparente sobre a gestão dos recursos energéticos;
- III. Promover as melhores práticas de gestão de energia e reforçar as boas práticas de gestão de energia;
- IV. Ajudar na avaliação e escolha de novas tecnologias de eficiência energética;
- V. Criar uma estrutura para promover a eficiência energética em toda a cadeia de abastecimento;
- VI. Facilitar a melhoria da gestão de energia associada a projetos de redução do impacto ambiental;
- VII. Permitir a integração com outros sistemas de gestão organizacional como ambiente, segurança ou qualidade.

A norma está organizada da seguinte forma:

- 1) Âmbito da norma: Objetivos, limites, etc.;
- 2) Referências normativas;
- 3) Termos e definições;
- 4) Requisitos do sistema de gestão de energia:
 - i. Requisitos gerais;
 - ii. Responsabilidades;
 - iii. Política energética;
 - iv. Planeamento energético (geral; requisitos legais; revisão energética; linha de base energética; indicadores; objetivos, metas e planos de ação);
- 5) Implementação e Operação;
- 6) Verificação de performance;
- 7) Revisões administrativas.

2.11 Impacto ambiental da redução do consumo de energia

A responsabilidade social e ambiental é parte comum das organizações nos tempos que correm.

A visão da Colep reflete essa responsabilidade:

*“To be the leader in Value Creation, providing our customers with product, manufacturing and packaging solutions, through innovation, technology and **sustainable practices**.”*(Colep, 2011)

A redução dos consumos de energia promove a sustentabilidade das empresas. A diminuição dos gastos energéticos leva a redução do consumo de fontes de energia não renováveis, as quais são responsáveis por grande parte das emissões de gases nocivos para a atmosfera. Por isso, os projetos de eficiência energética acabam por ter um reflexo direto nos impactos ambientais da indústria e na redução de custos, daí a grande importância.

3 Utilização da energia na fábrica dos plásticos

O consumo de energia elétrica em 2011 representou cerca de 46% dos custos operacionais diretos da fábrica:

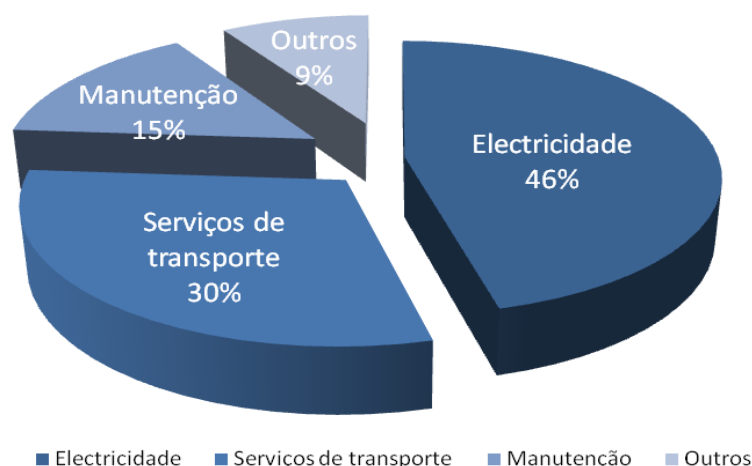


Figura 7 - Distribuição dos custos diretos de produção em 2011

A energia é utilizada não só nos setores produtivos mas também nos de suporte.

Encontramos consumo de energia nos processos de insuflação, de injeção, de serigrafia e também na manutenção, logística interna, gabinetes, etc.

É essencial analisar os gastos de energia nos diversos setores para encontrar oportunidades de melhoria e de redução dos seus consumos.

3.1 Análise dos consumos de energia por setor

O consumo energético da fábrica dos plásticos em 2011 foi de cerca de 5113 MWh.

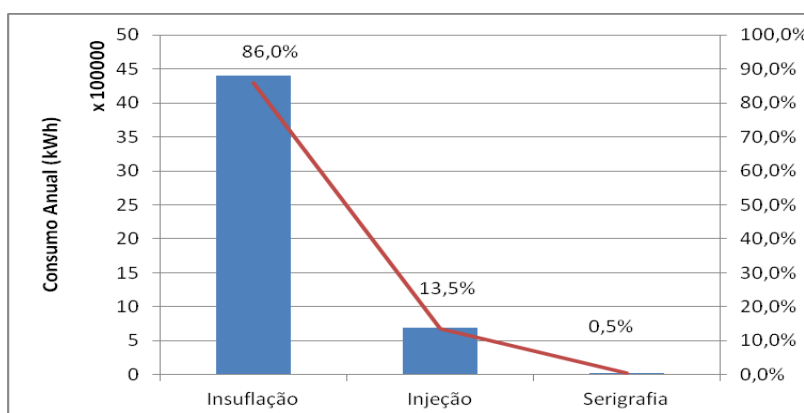


Figura 8 - Consumo energético em 2011 por atividade

Quando analisado o consumo energético de 2011 por setor de atividade verifica-se que a insuflação representa mais de 85% do consumo total anual da fábrica.

No processo de insuflação o consumo de ar comprimido representa cerca de 25% do consumo energético, correspondendo a 22% do consumo total da fábrica, como podemos observar na figura 9.

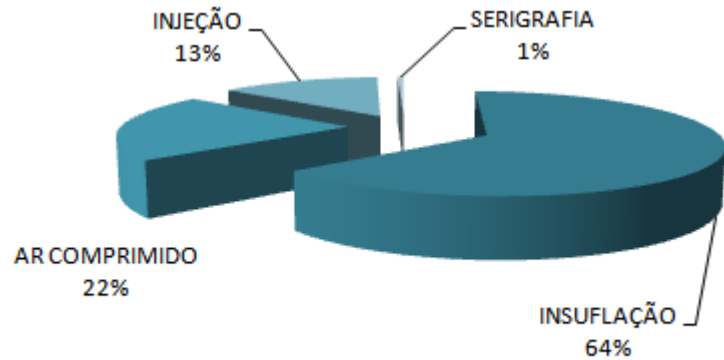


Figura 9 - Análise dos consumos por setor diferenciando o consumo de ar comprimido

A observação dos dados relativos ao consumo de ar comprimido é essencial para analisar a eficiência energética da fábrica. Na distribuição e consumo de ar comprimido encontram-se boas oportunidades de melhoria.

O consumo de energia por parte da insuflação é evidentemente superior ao consumo de energia da injeção assim como o volume de produção. A produção por insuflação representa cerca de 88% da quantidade total de matéria-prima transformada.

3.2 Processos Produtivos utilizados

O primeiro passo para a eliminação do desperdício energético é a compreensão profunda dos processos produtivos. Só assim é possível definir metas e objetivos que permitam a melhoria do consumo de energia.

Nesta análise dos processos produtivos da fábrica dos plásticos concentramo-nos em dois fundamentais para a realização do produto: insuflação e injeção.

O processo de insuflação, também conhecido por extrusão-sopro, é aquele que apresenta maior quantidade de matéria-prima transformada. Na seguinte figura pode-se entender sucintamente as diversas etapas do processo:

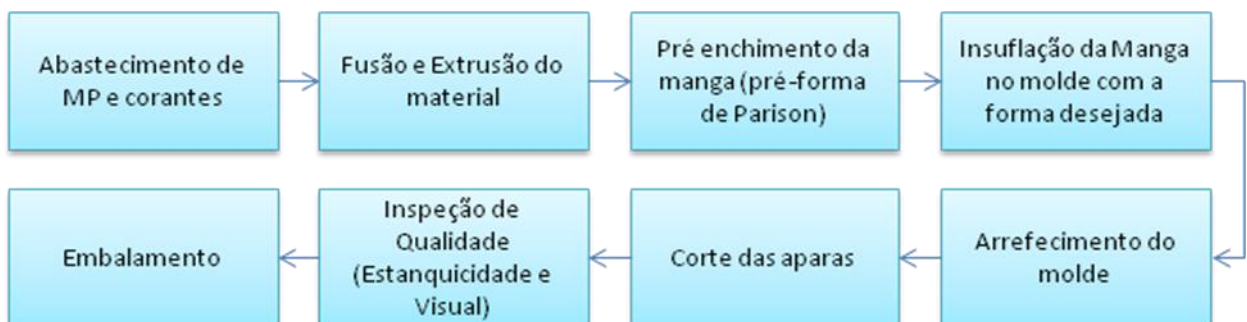


Figura 10 - Etapas principais do processo de insuflação

O abastecimento da matéria-prima pode ser feito de forma automática, com o recurso a bombas de vácuo que a transportam desde os silos situados no exterior da fábrica ou manualmente, sendo a matéria-prima colocada num pequeno *buffer*. O abastecimento do corante é feito manualmente.

O processo prossegue com as etapas de fusão e extrusão. Na fusão a extrusora (com as resistências elétricas existentes ao longo desta) funde o material e pela velocidade de rotação

do fuso é definida a quantidade de matéria-prima em cada parte da manga, isto é a pré-forma ou *Parison* (figura 11).

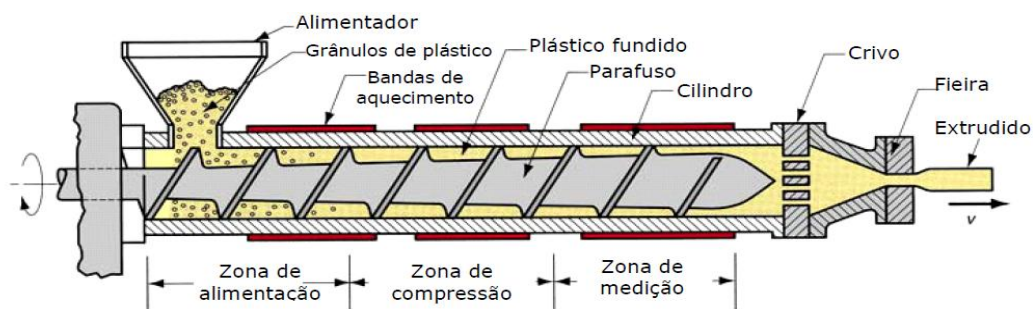


Figura 11 - Esquema de extrusão (Tecnologia Mecânica, IST)

A quantidade de matéria-prima é controlada, automaticamente, através da inserção dos parâmetros do diagrama de *Parison* na máquina (figura 12).



Figura 12 - Parâmetros de *Parison* inseridos na máquina

De seguida é feito o pré-enchimento (com ar comprimido) da manga. A pré-forma é inserida no molde e insuflada (recorrendo também a ar comprimido) adquirindo a forma desejada (figura 13).

O arrefecimento é feito com recurso à transferência de frio do molde para o produto, os moldes contêm uns canais de água fria que mantêm a sua temperatura baixa permitindo depois garantir o arrefecimento e plastificação do produto. Durante o arrefecimento, o produto deve estar sob pressão para evitar defeitos (bolhas de ar), aumentando a superfície de contacto com o molde e permitindo um arrefecimento mais rápido através da recirculação do ar comprimido. Em seguida são cortadas as aparas. Antes de chegar ao fim da linha é feito um teste à estanquicidade do frasco e quando

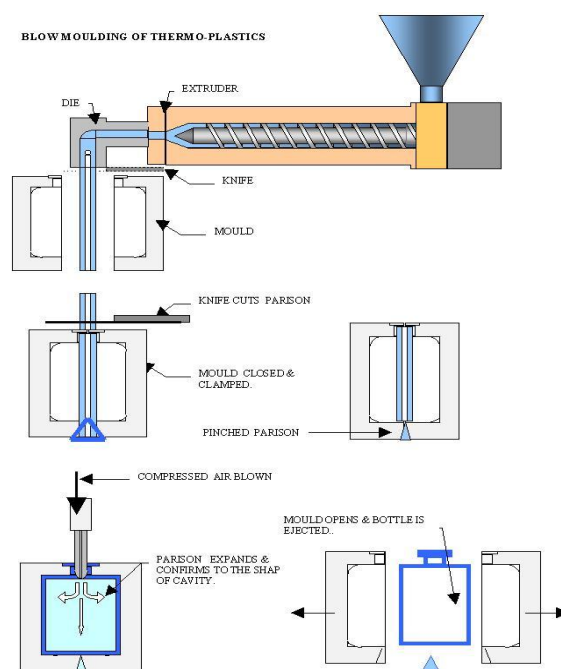


Figura 13 - Processo de insuflação
(www.pitfallsinmolding.com/blomolding.html)

embalado os colaboradores realizam uma última inspeção visual, realizando periodicamente controlos de qualidade recorrendo a calibres e outros testes. Tanto as aparas como os produtos rejeitados são reaproveitados depois de serem moídos.

O processo de injeção também utiliza uma extrusora. É um processo mais lento mas mais preciso e com menos desperdício. Aqui são poucos os produtos que saem com excesso de material. A figura 14 permite entender as diversas etapas do processo de injeção.

O controlo de qualidade é visual e é feito durante o embalamento. Periodicamente e à semelhança da insuflação, são feitos outros testes de controlo de qualidade para garantir a conformidade dos produtos com as especificações. Se os produtos forem rejeitados, são posteriormente moídos e reaproveitados.

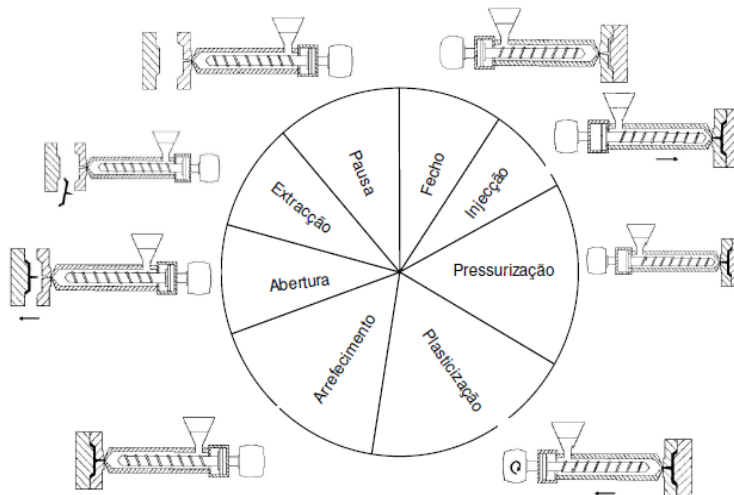


Figura 14 - Etapas do processo de Injeção

3.3 Motores Elétricos

Os motores elétricos representam grande parte do consumo de energia elétrica na indústria assim como na fábrica dos plásticos da Colep. Daí a necessidade de compreender o seu funcionamento.

Os motores elétricos são muito utilizados devido a sua versatilidade, baixa manutenção, limpeza entre outras vantagens.

Os motores elétricos são utilizados com diversas funções:

- Bombagem,
- Compressão,
- Ventilação,
- Processamento e movimento de materiais,
- Outros

Os motores elétricos podem-se classificar como de motores de corrente contínua (DC) ou motores de corrente alternada (AC), estes ainda podem ser classificados como síncronos ou assíncronos (ou de indução).

3.3.1 Motores de Corrente Contínua

Os motores de corrente contínua são normalmente utilizados em aplicações que necessitam de grande precisão. São recorrentemente mais caros e necessitam de corrente contínua ou de um dispositivo que converta corrente alternada em corrente contínua. Apresentam, normalmente, elevados custos de manutenção uma vez que necessitam da substituição frequente das escovas devido ao elevado desgaste.

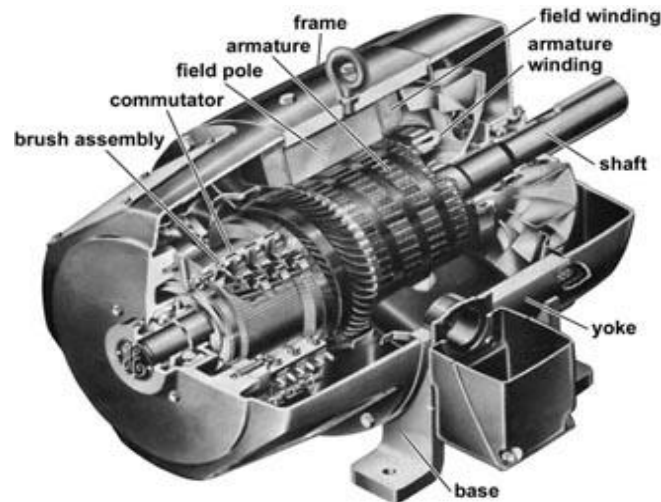


Figura 15 - Motor de corrente contínua

3.3.2 Motores de Corrente Alternada

Os motores AC são os mais utilizados. Uma das vantagens é a distribuição da energia da rede ser feita através de corrente alternada, apresentam um consumo de potência inferior e também custos de manutenção mais baixos. Os motores síncronos são utilizados quando se deseja velocidades constantes com variações de carga ou também podem ser utilizados para grandes potências com um binário constante.

Os motores mais utilizados na indústria são os motores de corrente alternada de indução que apresentam consumos inferiores, baixos custos de manutenção e grande versatilidade.

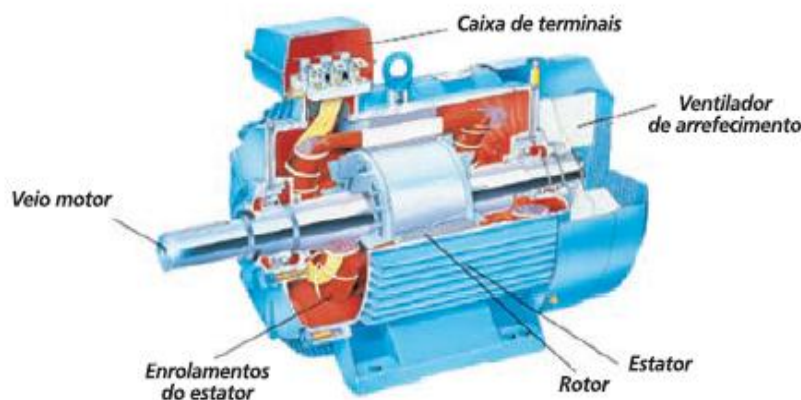


Figura 16 - Motor de corrente alternada

Estes motores têm dois componentes essenciais: o estator e rotor. Alimentando as bobinas do estator com energia elétrica, a reação com o rotor dá origem ao movimento de rotação.

3.3.3 Classificação Europeia dos motores elétricos

Na união europeia, os motores elétricos seguem a diretiva 640/2009 baseada na norma IEC60034-30 que estabelece os requisitos dos motores elétricos comercializados. Estes são classificados em três categorias:

- IE1 – Motores de eficiência *standard*;
- IE2 – Motores de alta eficiência;
- IE3 – Motores de eficiência *premium*.

De acordo com a revisão da norma existe ainda outra classe:

- IE4 – Motores de eficiência *premium* superior.

A tabela seguinte apresenta os rendimentos mínimos dos motores das diferentes classes:

Tabela 2 - Rendimentos de motores elétricos segundo a norma IEC60034-30 (weg.net)

Output	IE1 - Standard Efficiency			IE2 -High Efficiency			IE3 -Premium Efficiency		
	Poles			Poles			Poles		
kW	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0,75	72,1	72,1	70,0	77,4	79,6	75,9	80,7	82,5	78,9
1,1	75,0	75,0	72,9	79,6	81,4	79,1	82,7	84,1	81,0
1,5	77,2	77,2	75,2	81,3	82,8	79,8	84,2	85,3	82,5
2,2	79,7	79,7	77,7	83,2	84,3	81,8	85,9	86,7	84,3
3	81,5	81,5	79,7	84,6	85,5	83,3	87,1	87,7	85,6
4	83,1	83,1	81,4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8
5,5	84,7	84,7	83,1	87,0	87,7	86,0	89,2	89,6	88,0
7,5	86,0	86,0	84,7	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1
11	87,0	87,6	86,4	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3
15	88,7	88,7	87,7	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2
18,5	89,3	89,3	88,6	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7
22	89,9	89,9	89,2	91,3	91,6	90,9	92,7	93,0	92,2
30	90,7	90,7	90,2	92,0	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9
37	91,2	91,2	90,8	92,5	92,7	92,2	93,7	93,9	93,3
45	91,7	91,7	91,4	92,9	93,1	92,7	94,0	94,2	93,7
55	92,1	92,1	91,9	93,2	93,5	93,1	94,3	94,6	94,1
75	92,7	92,7	92,6	93,8	94,0	93,7	94,7	95,0	94,6
90	93,0	93,0	92,9	94,1	94,2	94,0	95,0	95,2	94,9
110	93,3	93,3	93,3	94,3	94,5	94,3	95,2	95,4	95,1
132	93,5	93,5	93,5	94,6	94,7	94,6	95,4	95,6	95,4
160	93,8	93,8	93,8	94,8	94,9	94,8	95,6	95,8	95,6
200 up to 375	94,0	94,0	94,0	95,0	95,1	95,0	95,8	96,0	95,8

3.3.4 Variadores eletrónicos de velocidade

“Os VEV também designados conversores de frequência ou inversores de frequência, são dispositivos eletrónicos que convertem a tensão da rede alternada sinusoidal em tensão contínua de amplitude e frequência constantes sendo esta ultima convertida numa tensão de amplitude e frequência variáveis. Os VEV costumam também atuar como dispositivos de proteção para os mais variados problemas da rede elétrica como desequilíbrio entre fases, sobrecarga, queda de tensão, adaptação do fator de potência, etc.” (2010, COGEN Portugal)

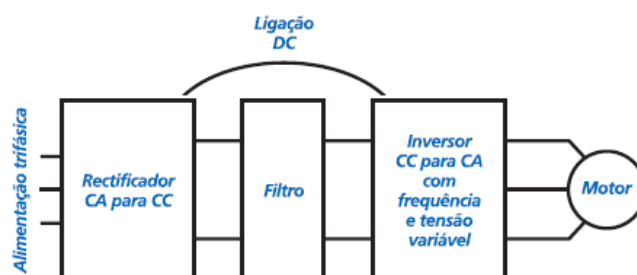


Figura 17 - Esquema de blocos simplificado de um VEV (2010, COGEN Portugal)

Estes equipamentos permitem obter poupanças de energia significativas já que controlam a quantidade de energia com que é alimentado o motor em função da sua necessidade, estabilizando a energia vinda da rede melhorando assim o seu rendimento.

3.4 Utilização da energia na insuflação

No processo destaca-se principalmente:

- I. Ar comprimido,
- II. Extrusoras (motores e resistências elétricas),
- III. *Chillers* (circuito de água para arrefecimento dos moldes),
- IV. Bombas hidráulicas dos respetivos sistemas,
- V. Moinhos,
- VI. Tapetes transportadores.

O ar comprimido é um recurso relevante na insuflação. É através do ar comprimido que se consegue dar a forma desejada ao produto. Como referido em 3.1, no ano de 2011, a insuflação representou 86% do consumo energético da fábrica (22% referentes ao consumo de ar comprimido e 64% relativos aos restantes equipamentos).

3.5 Utilização de energia na injeção

Na injeção os principais consumos de energia advêm de:

- I. Extrusoras (resistências),
- II. Arrefecimento do molde (*chillers*),
- III. Bombas hidráulicas dos sistemas de acionamento.

Estes são os equipamentos responsáveis por grande parte do consumo energético do processo de injeção.

3.6 Monitorização e controlo existentes relativos aos consumos energéticos

Atualmente, a monitorização e controlo são realizados com base nos contadores existentes. Pela primeira vez, em 2012, foram definidas metas nos objetivos energéticos com base num indicador que relaciona a quantidade de energia consumida com a quantidade de matéria-prima transformada.

O controlo do consumo de energia, até então realizado pelo departamento de energia, apenas permitia monitorizar o indicador energético mensalmente, não permitindo analisar os custos energéticos internos de improdutividade.

Neste projeto, foi dado maior ênfase aos consumos relacionados com os processos produtivos. Os consumos externos aos processos, não menos importantes, são geridos pelo departamento energético da Colep, sendo que apenas será feita a sensibilização dos utilizadores.

Em especial, a produção de ar comprimido é feita através de uma rede que abastece todas as fábricas da Colep. Outros equipamentos, não menos importantes, como *chillers* são comuns a todas as fábricas sendo que não serão analisados extensamente no presente projeto.

3.7 Resultados dos indicadores no passado

Em 2009, foi definido o indicador que relaciona o consumo de energia com a produtividade da fábrica. O histórico desde esse ano refere o consumo específico como tendo sido 2,08 kWh/kg em 2009, 2,04 kWh/kg em 2010, e em 2011 diminui ligeiramente para 2,03 kWh/kg. A meta em 2012 é 1,93 kWh/kg.

Foi necessário analisar os consumos por quantidade de matéria-prima transformada diretamente ligados aos processos produtivos dos anos anteriores para obter uma base de referência para o projeto.

Foram encontrados os seguintes valores:

Tabela 3 - Histórico dos consumos específicos (kWh/kg)

	2011		2010		2009	
Mês	Injeção	Insuflação	Injeção	Insuflação	Injeção	Insuflação
Janeiro	1,89	1,92	2,83	2,01	3,34	2,33
Fevereiro	2,22	2,02	3,27	1,77	2,63	2,20
Março	2,36	1,99	3,30	1,74	2,57	2,07
Abril	2,46	2,18	5,03	1,97	2,65	1,92
Mai	2,29	1,94	2,90	1,78	2,75	2,12
Junho	1,78	2,20	1,51	2,24	2,24	2,19
Julho	3,02	2,22	2,15	2,12	2,25	2,04
Agosto	2,38	2,17	2,76	2,54	2,27	2,18
Setembro	2,14	2,00	1,95	2,23	2,34	2,24
Outubro	2,73	2,14	2,05	2,29	2,43	2,01
Novembro	3,68	1,99	1,63	2,07	3,16	2,09
Dezembro	2,92	1,98	2,59	2,58	3,14	2,02
Total	2,37	2,06	2,44	2,07	2,57	2,11
Média (C/corantes)	2,03		2,04		2,08	

Os levantamentos dos dados de consumo de energia eram, atualmente, realizados pelo departamento de energia e reportados anualmente. A análise dos consumos por parte do departamento de produção é essencial para permitir uma atuação mais rápida e eficaz que conduza a uma redução dos custos associados à energia.

4 Metodologias e ferramentas utilizadas na análise do projeto

4.1 Sistema de Gestão de Energia (SGE)

O pouco controlo dos consumos de energia foi um dos primeiros problemas encontrados na empresa. Sendo a energia elétrica um “input” indispensável para a produção, seria recomendável a implementação de uma política de melhoria contínua relacionada com o conceito de eficiência energética, permitindo melhor controlo e análise dos consumos.

A norma ISO50001:2011 serviu de referência à definição de um conjunto de sistemas, processos e procedimentos que permitem melhorar o desempenho global do consumo de energia a curto, médio e longo prazo.

O modelo da figura 18 apresenta a organização do SGE.

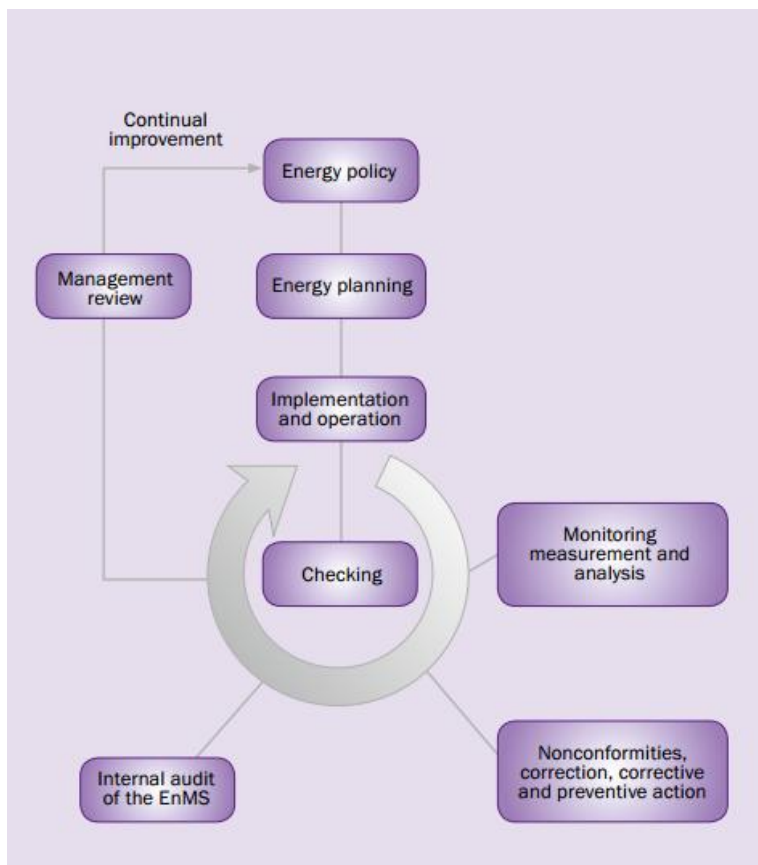


Figura 18- Modelo do Sistema de Gestão de Energia
(http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy.pdf)

A ausência de “baselines”, metas e objetivos determinou a necessidade de definir uma política energética interna para a fábrica dos plásticos com a definição de metas, objetivos, responsabilidades pelas ações de melhoria e compromisso da Gestão de Topo com a importância da gestão energética a nível económico e ambiental.

4.2 Mapeamento, análise e identificação do desperdício energético nos processos produtivos

O recurso e adaptação da ferramenta de análise “lean” VSM, permitiu identificar quais as fases do processo produtivo onde há consumo de energia, onde é acrescentado valor ao produto e identificar oportunidades de melhoria da eficiência energética e eliminação de desperdício. Em ambos os processos, o consumo de energia por parte das máquinas de insuflação/injeção é fundamental na transformação da matéria-prima em produto acabado, contudo existem algumas melhorias que poderão ser feitas para o reduzir.

Identificou-se a existência de equipamentos que consomem uma quantidade significativa de energia relacionados com atividades de suporte de transporte, de reutilização de matéria-prima e administrativas. É nestas atividades que se poderá fomentar alterações ao nível dos fluxos dos processos para melhorar a eficiência na utilização dos equipamentos.

A análise dos consumos por processo permitiu definir, prioritariamente, as ações onde se poderiam alcançar resultados mais significativos. Para isso foi necessário identificar os consumos energéticos em cada fase do processo.

No processo de insuflação os consumos mais significativos encontram-se nos motores elétricos, no ar comprimido e nas resistências elétricas das extrusoras. Os motores com maiores consumos são também os motores existentes nas extrusoras. Estes motores têm potências nominais que variam entre os 18kW e 32kW para motores trifásicos e entre os 55kW e 90,5 kW para motores monofásicos.

A auditoria à rede de distribuição de ar comprimido é essencial para identificar potenciais fugas, corrigir e, assim, eliminar desperdício de ar comprimido. Analisado o consumo de ar comprimido, verificou-se que muitos dos colaboradores não estão sensibilizados para o custo energético da sua produção. Frequentemente, este recurso é utilizado em limpezas que poderiam ser feitas de forma mais económica.

4.3 Análise Causa Efeito

“Mura significa variabilidade e é um conceito que questiona a robustez dos processos de realização. Muita variabilidade significa muitas variações inesperadas a cada momento.” (Coimbra, 2009).

Quando analisados os processos produtivos constatou-se a existência de uma grande variabilidade nos parâmetros do processo, influenciando o nível de qualidade, introduzindo aqui o conceito de *mura*. Foram identificados os parâmetros que podem afetar a qualidade dos produtos de forma a estudar e analisar alguns destes para implementar soluções que permitam reduzir o desperdício energético.

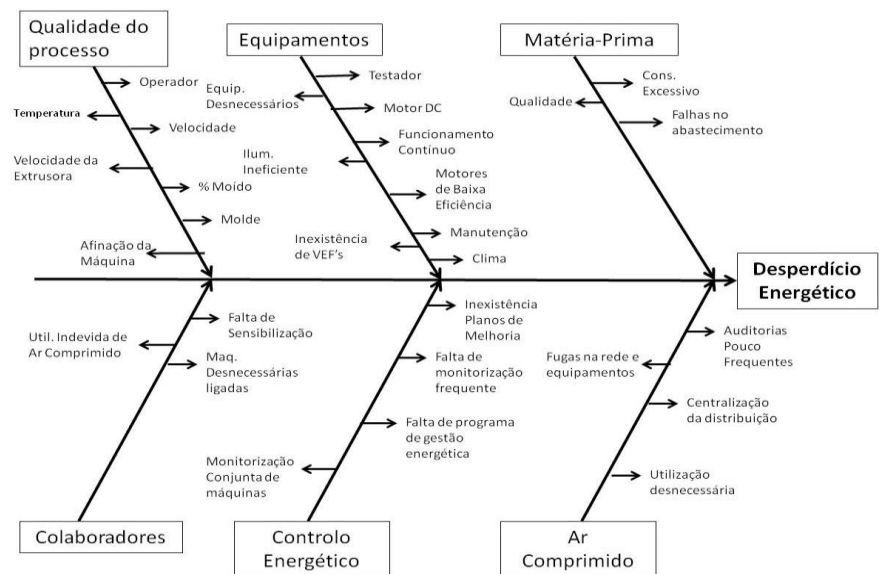


Figura 19- Diagrama de Ishikawa para o desperdício energético

O *diagrama de Ishikawa*, (ou *espinha de peixe*), que se apresenta, identifica fatores dos processos que levam ao desperdício energético.

4.4 Análise ABC dos custos de não qualidade relacionados com a energia

Uma ajuda importante na definição das ações prioritárias é o princípio de *Pareto*. Este princípio estabelece que uma pequena parte dos fatores contribui para grande parte dos efeitos, por exemplo, dois ou três fatores geram a maioria dos defeitos produtivos.

Quando analisados os dados de produção do ano anterior e os dados de produção relativos a 2012, verificou-se que existe um índice de não-conformidade elevado.

Apesar da percentagem de produtos rejeitados pelos testadores não ser muito elevada, posteriormente, são rejeitados muitos produtos dados os defeitos de aspeto ou estruturais detetados pelo operador do embalamento.

A possibilidade de reutilização da matéria-prima é um dos principais fatores que faz com que os operadores não olhem para os produtos não conformes como um desperdício, mas como um resultado normal na produção das embalagens.

O grande número de fatores que condicionam o resultado do processo de insuflação obriga a um controlo visual rigoroso pelos operadores em que a segregação de produto não conforme faz aumentar os custos energéticos relacionados com a reutilização dos materiais.

Para definir a prioridade na análise do processamento de cada produto, quando estudados do ponto de vista de consumo energético, foi realizada uma análise ABC com base nos custos desperdiçados em energia. A estimativa dos custos de energia associados a não qualidade foi calculada recorrendo a:

- consumo específico médio de 2011 (2,03 kWh/kg)
- custo da energia (0,088 €/kWh)
- taxa de não conformidade de cada produto (%)
- volume de produção anual (unidades)
- peso nominal de cada produto (g)

Só analisando estes cinco parâmetros é possível estimar o custo de energia desperdiçado no fabrico de produtos não conformes.

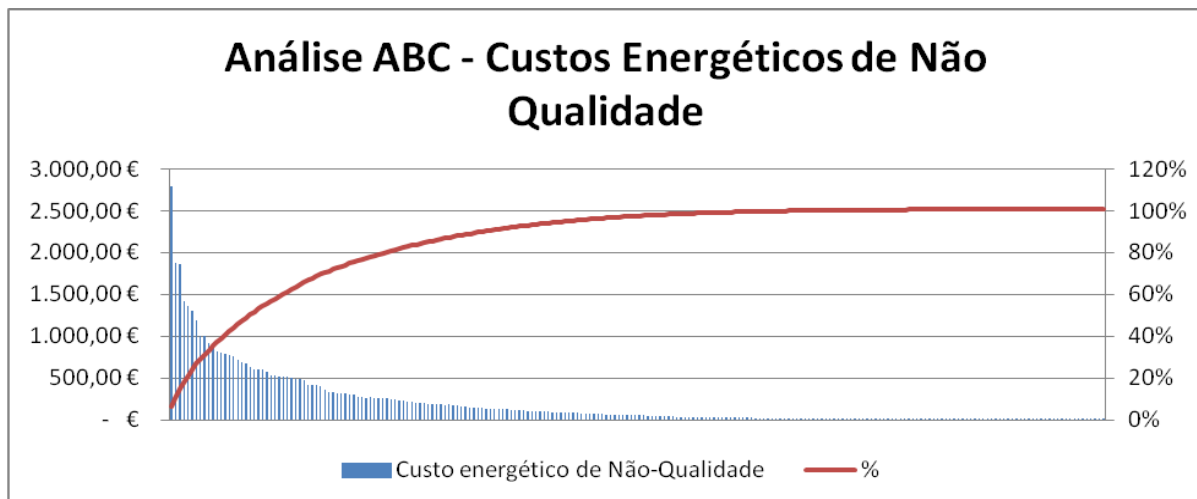


Figura 20 - Análise ABC dos custos energéticos de não qualidade da produção em 2011

Os resultados obtidos permitiram aos departamentos de engenharia do processo e de qualidade definir quais os produtos que deveriam ser analisados, quais as alterações possíveis para melhorar a eficiência produtiva e reduzir o desperdício energético.

4.5 Análise da capacidade do processo

Uma das formas de eliminar o consumo excessivo de energia passa por reduzir o consumo de matéria-prima. Para implementar esta diminuição de peso é necessário analisar a variabilidade

dos processos de forma a garantir que as embalagens fabricadas estão de acordo com as especificações dos clientes.

Muitas características de qualidade podem ser expressas numericamente. A uma característica mensurável individualmente como a dimensão, volume ou peso chama-se variável.

Quando analisada uma variável é recomendável medir a média e a variabilidade. A monitorização e análise das médias são feitas através da carta de controlo das médias e a variabilidade através das cartas de controlo das amplitudes. É essencial controlar o processo segundo ambas as características: média e amplitude.

A necessidade frequente de expressar quantitativamente as capacidades do processo leva ao cálculo desta. O valor da capacidade do processo permite perceber se o processo se apresenta estável.

Numa primeira fase, dever-se-á:

- I. Analisar-se o processo: seleccionar a variável, avaliar o processo de medição;
- II. Caracterizar a variação: identificar as causas assinaláveis de variação de acordo com o impacto dos seus efeitos;
- III. Realizar melhorias: Pesquisar e eliminar as causas raiz dos fatores de variação relevantes (melhoria dos processos);
- IV. Fixar os limites dos processos: Confirmação da melhoria e cálculo dos limites definitivos.

Numa segunda fase deverá proceder-se à monitorização do processo e reajuste periódico dos limites de controlo. Nesta segunda fase, só se deverá utilizar as cartas de controlo para processos onde a capacidade do processo seja superior a 1,3.

A simulação da alteração da média dos pesos das embalagens permite fazer uma análise custo-benefício entre o ganho em matéria-prima, energia e produtividade e o custo de não qualidade.

Esta análise será apenas utilizada em produtos cuja falha de qualidade não traga qualquer tipo de problema ao nível estrutural das embalagens, garantindo sempre a qualidade e segurança dos produtos fabricados.

4.6 Levantamento dos dados dos motores elétricos existentes

Durante o projeto, foram levantados os dados dos motores elétricos principais de cada máquina (motores das extrusoras e dos motores dos circuitos hidráulicos). Foi constituída uma base de dados onde, em função do nº de horas de funcionamento se pode estimar o consumo anual de energia. Contudo, para uma melhor medição, seria necessária a utilização de equipamentos de medição, com grau de precisão superior, que permitam medir o consumo de forma exata, o que não foi viável dada a carga de trabalho da fábrica e disponibilidade do equipamento. A estimativa dos consumos por motor foi feita com recurso à leitura da amperagem e considerando a tensão elétrica aproximadamente constante.

Assim foi possível definir quais os equipamentos nos quais se deveriam testar soluções tecnológicas, ou seja, onde encontramos anualmente um maior consumo de energia.

4.7 Análise termográfica dos equipamentos

A termografia é bastante utilizada, nos dias que correm, em manutenção de equipamentos. A temperatura de funcionamento dos respetivos equipamentos permite detetar previamente futuros problemas e atuar preventivamente.

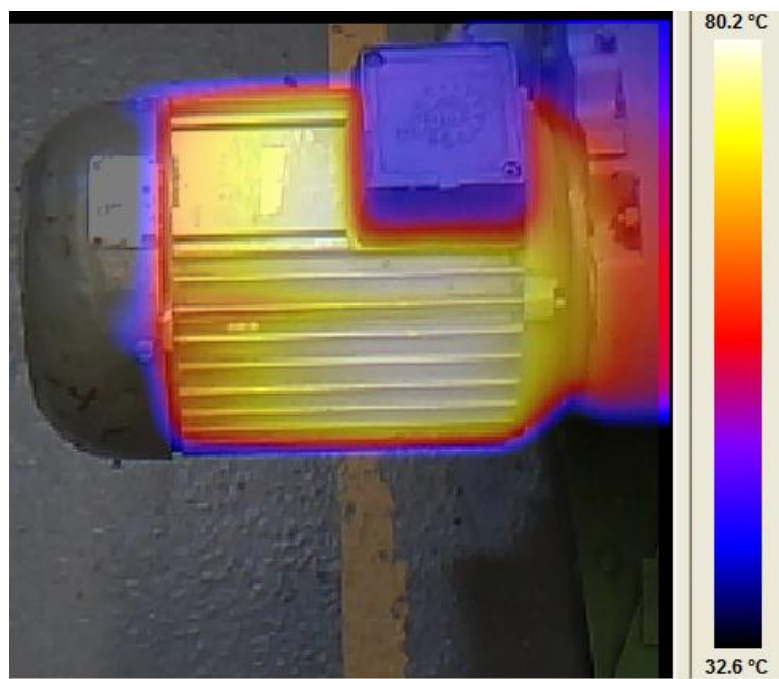


Figura 21 - Análise Termográfica do Motor de um moinho de injeção

O bom funcionamento quer dos motores, quer dos equipamentos mecânicos promove a eficiência energética. No caso dos motores e equipamentos elétricos, o bom estado de funcionamento evita desperdício de energia e melhora a eficiência dos equipamentos.

A manutenção preventiva nos equipamentos mecânicos permite prever problemas de lubrificação, alinhamento, etc. que podem originar a paragem da produção e promove também a eficiência das operações reduzindo o consumo de energia.

É numa perspetiva de manutenção e melhoria da eficiência dos equipamentos existentes que se procede à sua análise termográfica.

No caso específico dos motores elétricos, a análise da temperatura da carcaça permite verificar o estado de funcionamento do motor como a carga suportada em trabalho. A eficiência energética dos motores elétricos também varia com a temperatura. Um motor que trabalhe nas mesmas condições mas com uma temperatura inferior é energeticamente mais eficiente dada a menor perda térmica.

4.8 Análise aos consumos de energia de equipamentos elétricos

Para possibilitar uma análise fidedigna dos consumos reais dos motores recorreu-se à utilização de equipamentos específicos para o efeito.

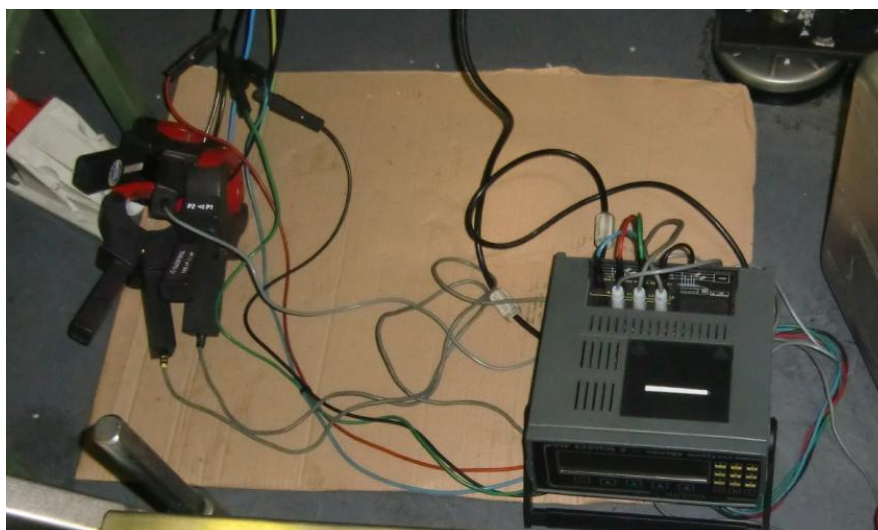


Figura 22 - Equipamento para medição de consumos eléctricos

Este equipamento mede a tensão e a corrente em cada fase, assim como fator de potência, permitindo a medição do consumo real dos equipamentos.

A utilização deste equipamento é importante porque ao analisar os consumos reais do motor permite estimar, de forma rigorosa, o retorno do investimento resultante das ações de melhoria.

4.9 Análise ao desperdício de ar comprimido

O ar comprimido é muitas vezes observado como apenas ar. A sua utilização consome bastante energia e representa um grande custo para a fábrica dos plásticos.

Nas observações realizadas no *gemba* constatou-se que existem dois problemas principais:

- fugas de ar comprimido;
- utilização desnecessária do ar comprimido.

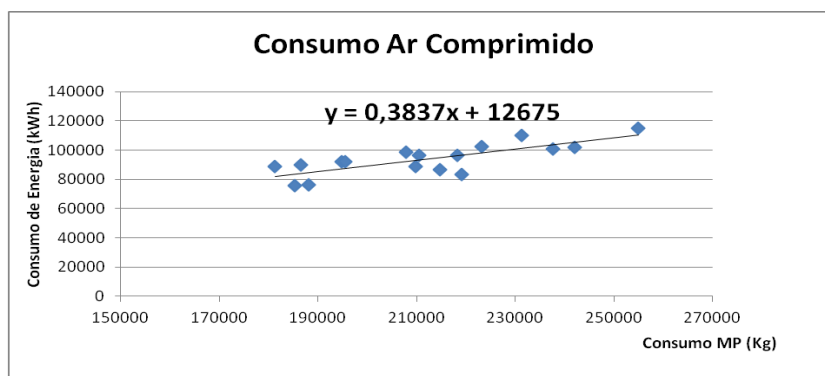


Figura 23 - Consumo de Ar comprimido em função do consumo de matéria-prima

Com base na relação entre o consumo de energia e a quantidade produzida foram

estimados os consumos fixos de ar comprimido relativos a atividades sem valor acrescentado.

Como se pode verificar, pela estimativa dos valores observados e recorrendo à regressão linear, mensalmente são utilizados cerca de 12.675 kWh (valendo hoje cerca de 1.300€/mês) em atividades sem valor acrescentado (correlação = 87,67%).

É importante quantificar este valor para entender o quanto é desperdiçado e, assim, acompanhar os resultados das ações de melhoria.

5 Soluções propostas

Ao longo de todo o projeto vários temas e soluções foram abordados, estudados e analisada a viabilidade das suas execuções. A implementação de soluções técnicas de investimento elevado está pendente de aprovação no próximo orçamento.

5.1 Implementação do sistema de gestão de energia

É possível melhorar o atual controlo de energia e, consequentemente, a qualidade da sua gestão. Para controlar este consumo e avaliar os objetivos foi implementado um sistema de gestão de energia baseado nas diretivas da norma ISO50001:2011 e adaptado, especificamente, à fábrica dos plásticos.

O SGE é um conjunto de documentos, folhas de cálculo, planos de ação, planos de controlo, registos de alterações, levantamento e análise de consumos que tem por objetivo permitir o controlo da energia pelo departamento de produção, analisando a energia como um custo variável e não mais como um custo fixo.

O SGE está organizado da seguinte forma:

- 1) Requisitos gerais.
- 2) Responsabilidades administrativas.
- 3) Política energética.
- 4) Planeamento
 - i. Perfil energético
 - ii. Linhas de referência
 - iii. Indicadores
 - iv. Requisitos legais;
 - v. Objetivos, metas e planos de ação.
- 5) Implementação e operação
- 6) Verificação de performance
- 7) Revisões administrativas.

O SGE apresenta os seguintes documentos:

Tabela 4 - Índice de documentos do SGE

Documento	Tipo de Ficheiro
Manual Energético Plásticos	WORD
Requisitos gerais	WORD
Cronograma SGE	PPT
Responsabilidades administrativas	VÁRIOS
Procedimentos para Controlo Semanal do Consumo de Energia	WORD
Controlo Semanal Consumos 2012	EXCEL
Publicação dos consumos específicos	WORD
TEMPLATES	VÁRIOS
Consumos 2009	EXCEL
Consumos 2010	EXCEL
Consumos 2011	EXCEL
Base dados de Motor	EXCEL
Análise Anual Setorial	EXCEL
Indicadores Energéticos	PPT
Cálculo da intensidade carbónica	EXCEL
LEGISLAÇÃO	PDF
Metas e Objetivos	PPT
Cálculo da Rentabilidade de Substituição de Motores	EXCEL
Ações de Sensibilização e Formação	PPT
Modelo de Resolução Estruturada de Problemas	WORD
Planeamento das ações de eficiência energética	EXCEL
Análises de parâmetros relacionados com o consumo	VÁRIOS

- I. **Manual de energia:** (ANEXO A) documento estruturado de forma a ser perceptível a todos os colaboradores o controlo do consumo de energia. Após a definição das responsabilidades respetivas no controlo de energia, o manual permite às pessoas, responsáveis pelas diversas funções, saberem quais os seus objetivos e como os poderão alcançar. Este manual é também um pequeno resumo de todo o funcionamento do SGE.

- II. **Requisitos Gerais:** Nos requisitos gerais está definido o cronograma das funções, o âmbito e as limitações do SGE assim como a definição da estratégia de melhoria contínua.
- III. **Cronograma do SGE:** estrutura das responsabilidades e funções dos colaboradores no sistema de gestão energética.
- IV. **Procedimentos para controlo semanal do consumo de energia:** documento elaborado com o objetivo de garantir a continuidade da estratégia de controlo e monitorização do consumo energético, explicando como e onde devem ser efetuadas as leituras dos contadores e como devem ser calculados os consumos de energia de cada um dos setores.
- V. **Controlo semanal e mensal do consumo de energia:** esta folha de cálculo permite que sejam calculados automaticamente todos os indicadores definidos no SGE através da inserção dos dados de leitura, permitindo a sua análise e a implementação de ações corretivas/preventivas para garantir uma política de melhoria contínua.
- VI. **Publicação dos consumos específicos:** é essencial que os resultados dos indicadores assim como a variação destes sejam publicados e estejam acessíveis a todos os colaboradores, assim e individualmente cada um dos colaboradores poderá interiorizar e perceber o que pode ser feito para reduzir o consumo.
- VII. **Templates:** folhas de cálculo normalizadas para a continuidade da monitorização do consumo de energia.
- VIII. **Consumos 2009/2010/2011** – histórico de registos, relativos aos consumos desde 2009, utilizados na análise dos anos anteriores para entender a variação dos consumos de energia.
- IX. **Base de dados dos motores elétricos:** documento que reporta o levantamento dos motores existentes em cada máquina assim como dos seus dados teóricos de forma a ser possível estimar o seu consumo de energia permitindo assim perceber quais as máquinas que, anualmente, consomem mais energia e onde as ações de melhoria são prioritárias.
- X. **Análise Anual Setorial:** relatório que define qual a quantidade de energia consumida em cada setor, servindo para estimar o consumo específico por setor, um valor bastante importante como indicador de energia mas também para a área comercial na negociação de preços.
- XI. **Indicadores Energéticos:** definição de indicadores, como o consumo específico e intensidade carbónica, que permitem analisar o consumo de energia relacionando-o com a produtividade e com os fatores ambientais.
- XII. **Cálculo da intensidade carbónica:** folha de cálculo permite analisar o impacto ambiental do consumo de energia da fábrica dos plásticos.
- XIII. **Legislação:** documentos relativos a legislação energética e ambiental no setor das embalagens.
- XIV. **Metas e objetivos:** apresentação sumária onde estão definidas as metas e os objetivos para o ano corrente quanto ao consumo específico de energia.
- XV. **Cálculo da Rentabilidade de substituição de motores elétricos:** folha de cálculo que em função do tipo e características do motor existente e dos orçamentos de

reparação ou substituição calcula o retorno e os ganhos anuais no caso da substituição por equipamentos de alto rendimento.

- XVI. **Ações de sensibilização e formação:** registos das ações de formação efetuada assim como o registo de presenças, permitindo conhecer e analisar a taxa de colaboradores sensibilizados para o consumo de energia e avaliar a necessidade de novas ações em função dos resultados.
- XVII. **Plano das ações de eficiência energética:** plano para análise técnica e melhoria dos equipamentos, envolvendo os responsáveis em cada uma das ações nas avaliações necessárias para analisar a eficiência da fábrica.
- XVIII. **Análise dos parâmetros relacionados com o consumo de energia:** registos das análises da variação dos consumos de energia em função de vários fatores para identificar os que têm maior impacto.

5.2 Monitorização dos indicadores de energia

Um dos objetivos principais, na implementação do sistema de gestão de energia, é a monitorização dos indicadores.

A inexistência de contadores máquina a máquina dificulta a análise das ações de melhoria estudadas, contudo foi definida uma estratégia de monitorização dos consumos com base nos contadores existentes, o que permite um controlo mais eficaz do que era feito até então.

Da análise mensal efetuada pelo departamento de energia, passou-se a uma análise semanal efetuada pela produção/manutenção. Esta análise permite detetar desvios ao consumo e, sempre que necessário, reagir rapidamente com ações corretivas. Para garantir a monitorização da energia foi elaborado o procedimento de controlo de energia (ANEXO B).

Os consumos específicos são publicados semanalmente no quadro de comunicação para que todos os colaboradores possam estar informados da utilização de energia e possam acompanhar os indicadores:

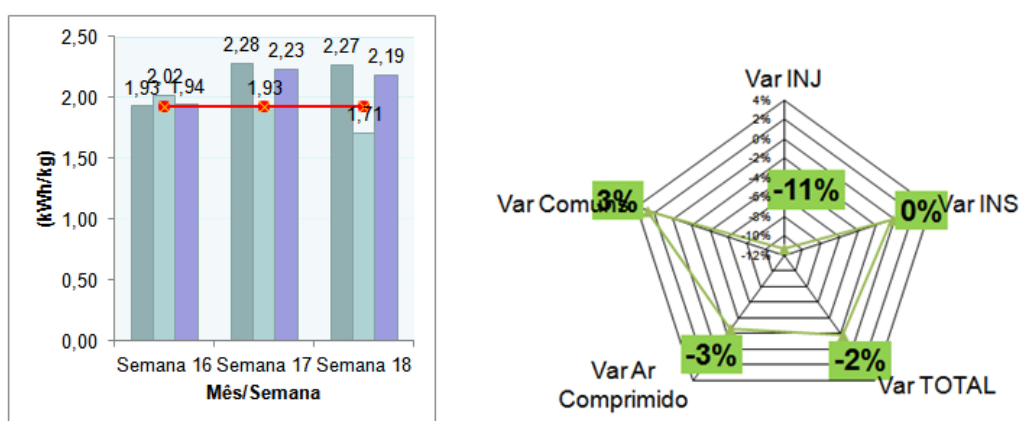


Figura 24 - Acompanhamento semanal dos indicadores

O acompanhamento semanal dos indicadores é feito através da análise dos consumos específicos da última semana e da variação relativamente à semana anterior. É importante analisar a variação do consumo específico para que os colaboradores vejam os resultados dos seus esforços/atenção para reduzir o consumo de energia eliminando o desperdício energético.

Os dados de faturação e leitura mensal elaborados pelo departamento de energia também são publicados mensalmente.

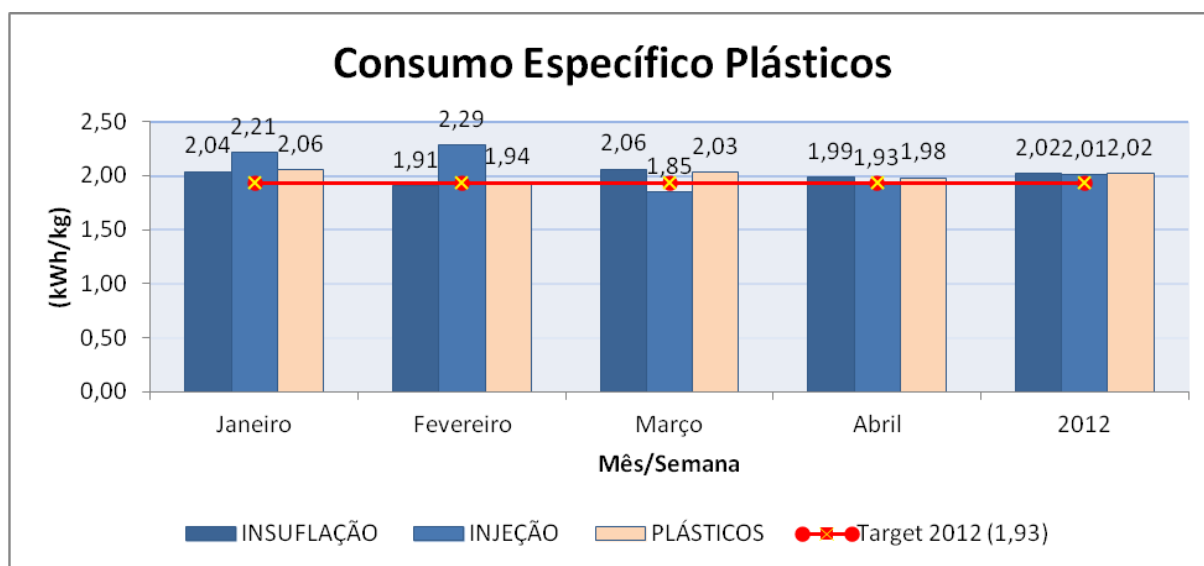


Figura 25 - Acompanhamento mensal dos indicadores

Assim será possível avaliar os resultados das ações de eficiência energética.

5.3 Ação de sensibilização para os colaboradores

A falta de conhecimento dos colaboradores, relativamente ao custo e impacto da energia na sustentabilidade do negócio, leva a que os utilizadores dos equipamentos estivessem pouco preocupados e sensibilizados com o consumo de energia, sendo normal o aparecimento de desperdício energético como:

- utilização desnecessária do ar comprimido;
- equipamentos ligados sem estarem a ser utilizados;
- utilização ineficiente dos equipamentos consumidores de energia;
- consumos relativos à não qualidade produtiva;
- falta de identificação e comunicação das fugas de ar comprimido para uma intervenção rápida.



Figura 26 - Ação de sensibilização de energia

Inserida no programa da formação em ambiente e qualidade, recorrendo ao conceito de manutenção autónoma do TPM, o autocontrolo é uma das chaves para atingir as metas e objetivos propostos. Esta ação de sensibilização foi dada em quatro sessões, de forma a possibilitar a sensibilização dos quatro turnos de trabalho.

Nesta ação incidiu-se fundamentalmente na racionalização do consumo de ar comprimido uma vez que a gestão dos compressores está a cargo do departamento de energia, fornecedor interno da fábrica dos plásticos e onde ações de melhoria estão dependentes de outros. Assim sendo, a sensibilização dos utilizadores foi uma das formas encontradas para promover a redução deste consumo.

Ainda que influenciado por outros fatores como a temperatura ambiente ou o *mix* de produtos a serem fabricados, o consumo específico de ar comprimido diminuiu cerca de 25% desde da semana 20 até a semana 25, pelo que se pode concluir que, quanto à utilização desnecessária do ar comprimido, a ação de sensibilização teve um impacto positivo nos colaboradores.

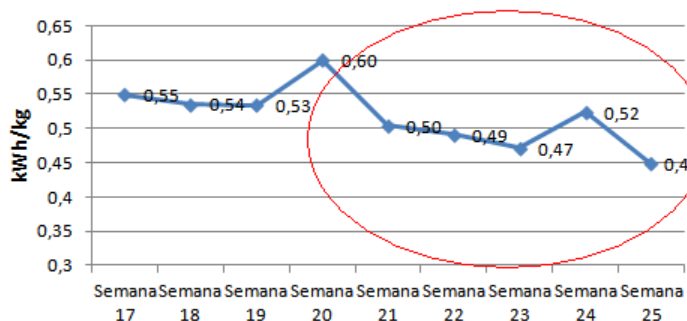


Figura 27 - Melhoria contínua verificada na variação do consumo específico de ar comprimido desde a ação de sensibilização

5.4 Procedimentos de paragem dos equipamentos

Conforme referido anteriormente, um dos problemas identificados foi a existência de equipamentos ligados desnecessariamente. Frequentemente, os equipamentos eram desligados incorretamente devido à carência de conhecimento/informação. Portanto, elaboraram-se procedimentos de paragem das máquinas para:

- Assegurar que os equipamentos são desligados corretamente.
- Favorecer a identificação/previsão de eventuais falhas dos equipamentos;
- Verificar pontos críticos das fugas de ar comprimido;
- Eliminar o desperdício energético.

Para garantir que o procedimento seria realizado pelos colaboradores, responsáveis pela paragem das máquinas, foi estruturada uma sequência de procedimentos de verificação, registo dos resultados e identificação do colaborador. Com a identificação do colaborador espera-se conseguir que os equipamentos que não estão a ser utilizados permaneçam, conforme o planeamento, completamente desligados ou em *stand-by*. (ANEXO C).

Um procedimento semelhante foi elaborado para a serigrafia para eliminar o possível desperdício de gás natural.

Os procedimentos de autocontrolo, no que respeita ao desligar dos equipamentos, e monitorização, referente à manutenção autónoma e identificação de falhas, foram standardizados.

5.5 Análise de soluções para a redução do consumo de ar comprimido

O consumo de ar comprimido noutras operações da fábrica é residual quando comparado com o consumo no processo de insuflação. Por isso, todo esse consumo é atribuído ao processo de insuflação, sabendo-se à partida que o ar comprimido é utilizado em limpezas, manutenção e outras atividades e que dificilmente podem ser contabilizadas diretamente.

Analisando o processo de insuflação, verifica-se que a pressão da rede é superior ao necessário, existindo até válvulas reguladoras de pressão nalgumas máquinas. O excesso de pressão na rede deve-se às necessidades de outros setores da empresa (externos à fábrica dos plásticos), afetando contudo os custos de energia desta unidade.

O consumo médio do kWh por m³ em 2011 para o primeiro trimestre foi de 1,25. Para o mesmo período de 2012 este valor ronda os 1,31 kWh/m³ representando um aumento de quase 5%, o que acrescido ao aumento do custo da energia representa anualmente um valor bastante significativo.

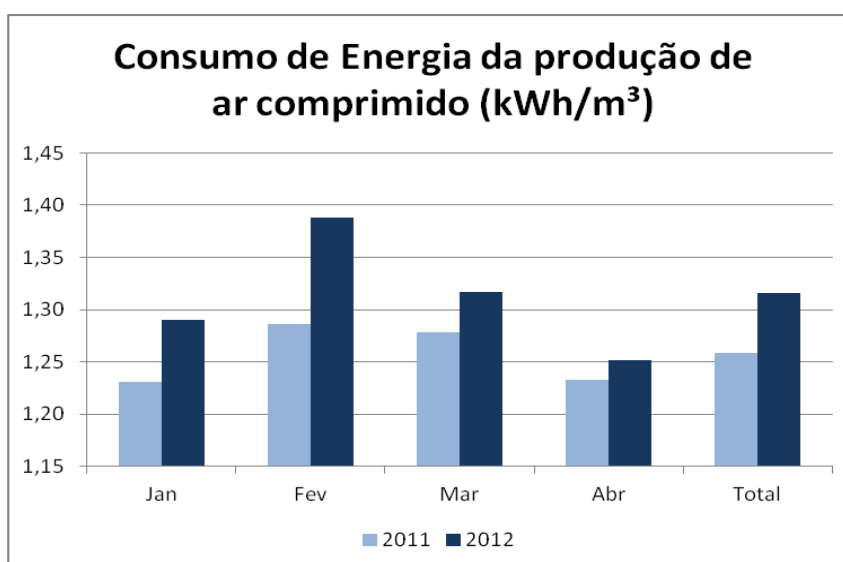


Figura 28 - Consumo de energia na produção de ar

Estima-se que este aumento de 5% represente anualmente um custo entre €5000 a €6000 em função do volume de produção.

Além do aumento do consumo de energia, a subida de pressão também promove um aumento nas fugas de ar comprimido devido à maior pressão a que os equipamentos estarão sujeitos. A solução proposta seria desde já o aumento localizado da pressão onde necessário.

Outra das alternativas encontradas para reduzir o consumo de ar comprimido na limpeza das máquinas e outras atividades sem valor acrescentado, mas que são indispensáveis, foi a implementação de pistolas de ar comprimido em todas as mangueiras. Estas permitem a redução do consumo de ar comprimido e promovem a segurança dos colaboradores,



Figura 29 - Pistola de ar comprimido com soprador plano ¼.

evitando acidentes que poderiam acontecer no caso de descontrolo da mangueira de ar comprimido. Um dos problemas nesta utilização era a falta de dispersão do ar nas pistolas, o que permite acelerar o processo de limpeza. Para isso foram implementadas ponteiros sopradoras que permitem uma redução do consumo em cerca de 55%¹ durante a utilização e não condicionam a eficiência da operação. Para garantir a utilização das pistolas por parte dos colaboradores foi utilizado um procedimento de segurança existente a interditar a utilização das mangueiras livres.

No dia 10 de Junho de 2012 foi realizada uma auditoria interna à rede de ar comprimido para identificar pontos de fuga. Esta auditoria foi realizada durante uma paragem da fábrica permitindo a identificação sonora das perdas de ar comprimido. Futuramente, no âmbito do plano de racionalização energética espera-se que uma auditoria externa, com equipamentos de ultrassons seja realizada em toda a Colep, podendo assim detetar as fugas não perceptíveis ao ouvido humano.

Durante a auditoria foram identificados 74 pontos de fuga de ar comprimido em toda a fábrica assim como uma fuga de gás na máquina da serigrafia (ANEXO D).

O custo estimado das fugas foi calculado com base na tabela existente em anexo (ANEXO E):

Para este cálculo foram feitas as seguintes suposições:

- pressão da rede de ar comprimido: 8 BAR
- tamanho médio das fugas: 1mm
- nº de horas anuais de perda: horas de funcionamento programadas de cada máquina em 2011.

O resultado desta auditoria indicou que anualmente se consome excessivamente cerca de 20.000€ em ar comprimido, valores previsíveis na análise da regressão linear apresentada em 4.9. As fugas de fácil correção foram corrigidas de imediato e as mais complexas foram identificadas para que sejam corrigidas assim que possível.

A análise aos pontos de fuga encontrados permitiu elaborar um procedimento de rotina para a verificação frequente dos equipamentos identificados como propícios a fugas, por exemplo, os cilindros de corte das aparas ou as abraçadeiras de mangueiras.

Foram também definidas auditorias periódicas a cada quatro meses para um período inicial e futuramente o período de revisão deverá ser reavaliado.

Assim conseguir-se-á reduzir as perdas por fugas de ar comprimido mais frequentes nos equipamentos da fábrica.

5.6 Quantificação dos custos energéticos da não qualidade

A observação frequente dos processos levou a que se percebesse que existe um grande desperdício de energia na utilização ineficiente dos equipamentos.

Apesar da percentagem de produtos rejeitados no verificador ser relativamente baixa, quando se analisa o número de ciclos realizados pelas máquinas versus o número de produtos embalados encontra-se cerca de 10% de diferença justificada por *setups* e afinações das máquinas. Estes valores variam bastante de produto para produto e, como tal, foi necessário

¹ www.silvent.com

identificar os produtos críticos nos quais o *setup*, afinação e produção apresentam maior desperdício. Para esta identificação, foi feita uma análise ABC dos produtos que apresentam maiores custos energéticos de não qualidade. Esse valor foi calculado, com base no consumo específico (kWh/kg), de modo a quantificar o desperdício energético. Esta análise permitiu identificar os produtos críticos para que fossem tomadas medidas preventivas para eliminar este desperdício e melhorar a produtividade.

Estimou-se que em 2011 foram desperdiçados cerca de 45.000€ em energia no fabrico de produtos não conformes.

Os produtos identificados como prioritários, da classe A (Análise ABC: 80% dos custos da não qualidade) encontram-se na tabela em anexo (ANEXO F).

5.7 Melhoria da eficiência de utilização dos moinhos da insuflação

A reciclagem do material é um processo que não acrescenta valor ao produto final, contudo é indispensável a utilização de moído no processo. Este é responsável por características importantes na qualidade do produto. Por isso, este processo foi analisado extensamente para identificar oportunidades de melhoria.

O funcionamento do processo de reciclagem é feito através de:

- transporte das aparas até ao moinho (motor + tapete transportador);
- moagem das aparas;
- aspirador de moído.

Foram identificadas algumas restrições no processo como:

- inexistência de material dentro do moinho durante a sua paragem;
- acesso fácil ao moinho para desencravamento;
- possibilidade de funcionamento contínuo.

De forma a possibilitar a melhoria da eficiência de paragem dos moinhos foram analisadas três situações:

- temporização do tapete (Redução em cerca 60% do consumo dos motores dos tapetes);
- temporização do tapete e do moinho recorrendo a um conjunto de temporizadores em série o que se torna mais económico que a introdução de uma unidade de controlo lógico. É necessário garantir que no arranque do tapete o moinho já está em funcionamento, ou seja, que não pode haver desfasamento ao longo do tempo dos dois temporizadores pelo que foi desenvolvido um sistema automatizado semelhante ao apresentado no esquema da figura 30 (T1=8min, T2=10min, T3=30s, T4=60s).
- Outra solução foi a utilização de variadores de frequência nos motores dos moinhos.

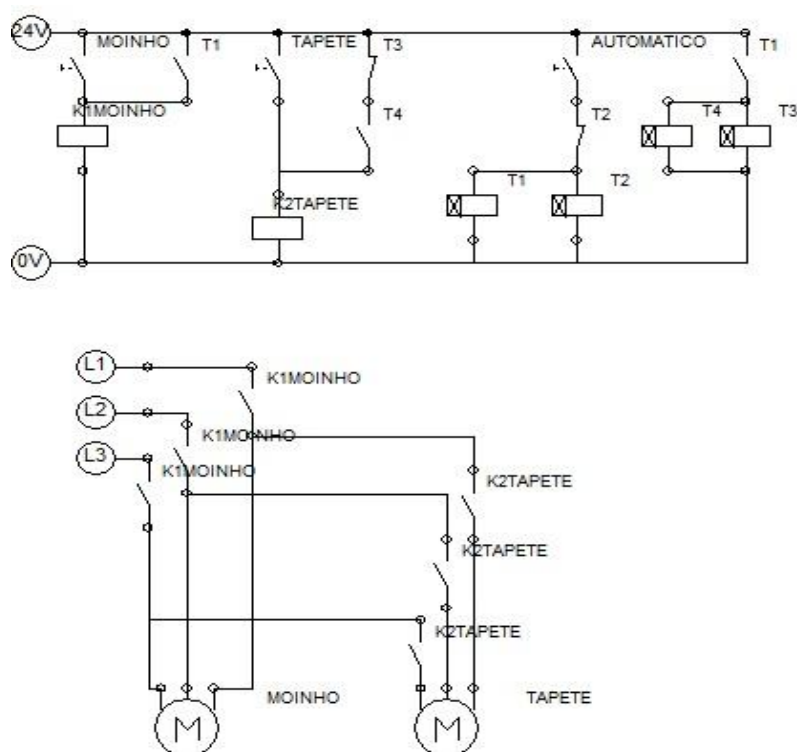


Figura 30 - Esquema eletromecânico da utilização de temporizadores no circuito de reciclagem de matéria-prima

Com estas alterações, é expectável uma redução de 30 a 80% no consumo dos motores dos moinhos, dependendo a solução proposta da quantidade e tamanho das aparas resultantes do processo produtivo (ANEXO G).

Tabela 5 - Resultados esperados com as alterações nos moinhos

Máq.	Medidas		Savings (%)	Savings (€/Ano)	Investimento	Payback
	Tapete	Moinho				
IS12	Temp	VEV	33%	954,00 €	840,00 €	0,88
IS13	Temp	Temp ou VEV		- €	840,00 €	
IS14	Temp	Temp	75%	663,76 €	100,00 €	0,15
IS15	Temp	Temp	83%	584,81 €	100,00 €	0,17
IS16	Temp			- €		
IS17	Temp			- €		
IS18	Temp	Temp	83%	1.291,08 €	100,00 €	0,08
IS19	Temp	Temp	67%	1.603,78 €	100,00 €	0,06
IS20	Temp	Temp ou VEV		- €	485,00 €	
IS21	Temp	Temp	75%	2.302,15 €	100,00 €	0,04
IS22	Temp	Temp	83%	2.214,64 €	100,00 €	0,05
IS23	Temp	Temp	83%	520,93 €	100,00 €	0,19
IS24	Temp	Temp	83%	1.538,56 €	100,00 €	0,06
IS25	Temp	Temp	75%	2.333,70 €		
IS26	Temp	Temp ou VEV	67%	1.715,55 €	100,00 €	0,06
IS27	Temp	VEV	33%	1.016,40 €	485,00 €	0,48
TOTAL				15.722,97 €	3.550,00 €	0,23

5.8 Eliminação de tapetes transportadores horizontais na injeção

O processo de transporte apresentou-se como uma das atividades nas quais se poderiam fazer algumas melhorias relativas à eficiência energética e produtiva dos equipamentos. Como tal, foram efetuadas, em quatro máquinas de injeção, dois tipos de alterações:

- temporização dos tapetes oblíquos (Redução de cerca de 80% do consumo dos motores);
- eliminação dos tapetes horizontais conforme se pode ver na seguinte figura.

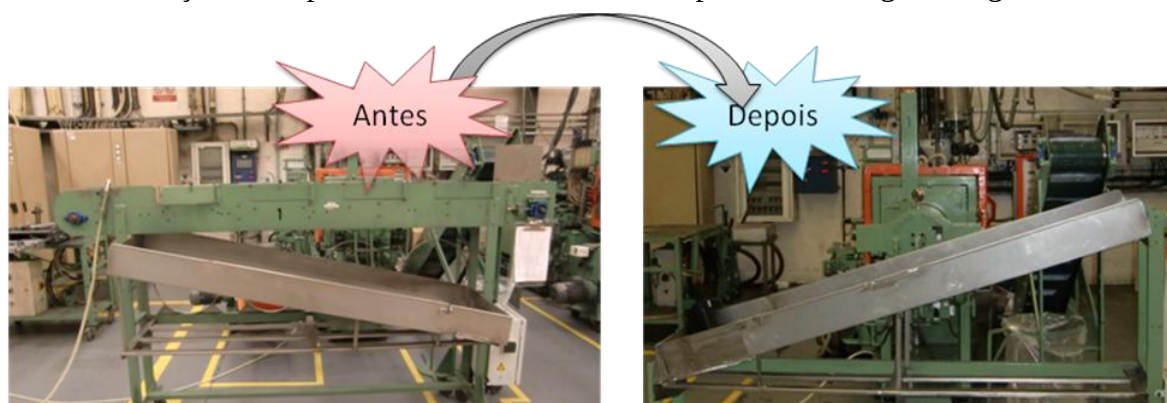


Figura 31 - Alterações efetuadas nas máquinas de injeção

5.9 Análise da viabilidade da substituição dos motores de corrente contínua

Sendo o consumo dos motores de corrente contínua superior aos motores de corrente alternada com VEV, foi analisada a viabilidade de substituição dos motores DC existentes por motores AC.

Com base num estudo prévio, foram atualizados os dados de produção assim como o custo de energia para estudar a viabilidade da substituição dos motores existentes por motores mais eficientes. Neste caso, também foram contabilizados os custos de manutenção dos motores DC, os quais são bastante elevados.

Para a máquina IS12 obtiveram-se os seguintes valores:

Tabela 6 – Estudo da viabilidade de substituição do motor DC da máquina 12

Nº Cavidades	C.E (kWh ou kg)	Dados 2011	Dados 2012
3	0,27	2896,3	1267,8
6	0,33	1872,8	5461,8
C.E Ponderado (kWh ou kg)		0,293	0,319
Custo kWh		0,10 €	0,10 €
Produção Total (incluindo N ou conformes)		251460,591	457666,911
Custo Anual Motor DC Atual		7.381,92 €	14.585,68 €
Custo Anual de Manutenção		1.334,00 €	1.200,00 €
C.E Motor AC(kWh ou kg)		0,19	0,19
Custo Anual Motor AC		4.777,75 €	8.695,67 €
Poupança ou Ano		3.938,17 €	7.090,01 €
Investimento		12.440,00 €	12.440,00 €
Payback (Anos)		3,2	1,8

O mesmo estudo foi realizado para a máquina 27 onde se obtiveram os seguintes resultados:

Tabela 7 - Estudo da viabilidade de substituição do motor DC da máquina 27

Nº Cavidades	C.E (kWh ou kg)	Dados 2011	Dados 2012
2	0,36	5082,7	2535,2
Custo kWh		0,10 €	0,10 €
Produção Total (incluindo N ou conformes)		204677,78	289671,552
Custo Anual Mot Atual		7.368,40 €	10.428,18 €
Custo Manutenção		3.600,00 €	3.600,00 €
C.E Motor AC (kWh)		0,19	0,19
Custo Anual AC		3.888,88 €	5.503,76 €
Poupança ou Ano		7.079,52 €	8.524,42 €
Investimento		5.000,00 €	5.000,00 €
Payback (Anos)		0,7	0,6

A análise foi feita com base nos dados de produção de 2011 e nos dados de produção do primeiro semestre de 2012, sendo que o aumento verificado no volume de produção permite prever a redução dos *paybacks* considerados no estudo prévio.

Quanto à substituição dos motores trifásicos existentes por motores de alta eficiência constatou-se que só é favorável em caso de avaria. Para ajudar na decisão de substituição ou reparação dos motores foi elaborada uma folha de cálculo que permite analisar as várias opções (ANEXO H).

5.10 Elaboração do registo das condições de temperatura de funcionamento dos motores elétricos

Após a análise termográfica foi elaborado um registo das condições atuais de funcionamento dos motores existentes o que permite:

- verificar as condições de funcionamento de cada motor analisando a sua temperatura de trabalho;
- prever o desgaste excessivo dos motores substituindo-os previamente ou realizando uma intervenção preventiva;
- analisar a possibilidade de redução da temperatura de funcionamento dos motores promovendo um aumento da sua vida útil.
- melhorar o funcionamento dos motores, permitindo uma redução dos seus consumos energéticos, através da redução das perdas térmicas.

As figuras seguintes mostram dois motores semelhantes, um com a carcaça limpa e outro com a carcaça suja que apresentam diferentes temperaturas de trabalho:

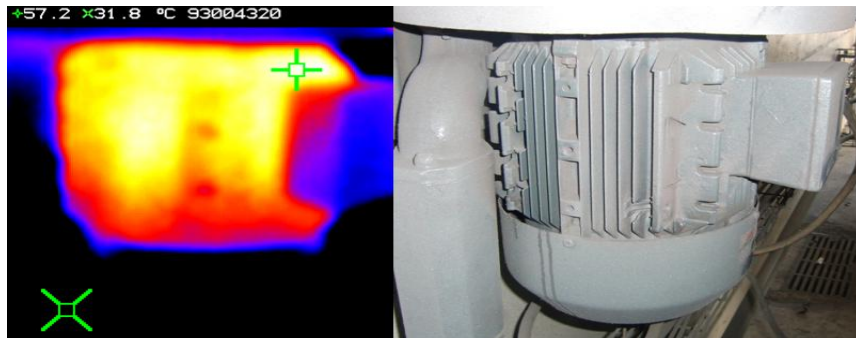


Figura 32 - Análise termográfica de um motor limpo

Como se pode verificar pelas imagens, o segundo motor apresenta uma temperatura da carcaça cerca de 20°C acima da de um motor limpo.

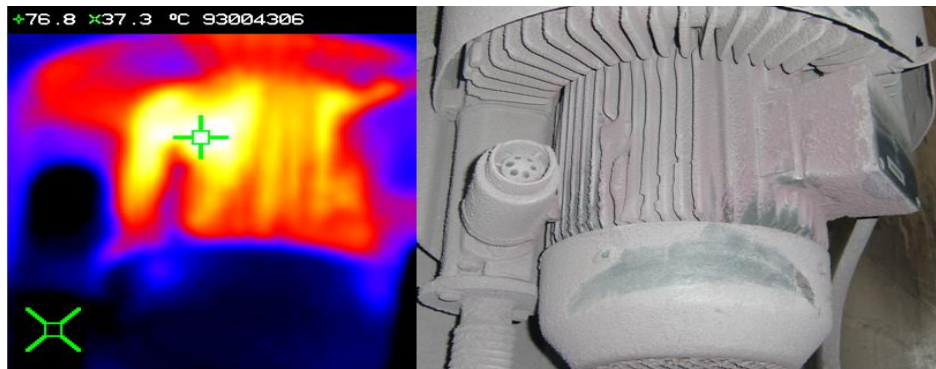


Figura 33 - Análise termográfica de um motor sujo

Concluí-se que é bastante importante manter e programar a limpeza dos motores e filtros.

5.11 Estudo da implementação de mantas térmicas nas extrusoras

As resistências elétricas existentes nas extrusoras, para fusão do material, são responsáveis por um consumo significativo de energia. Como foi possível observar através da análise termográfica realizada a estes equipamentos, existe perda de calor.



Figura 34 - Manta térmica testada na máquina IS25

Recorrendo às mantas térmicas, espera-se que as resistências possam estar mais tempo desligadas, reduzindo as perdas de calor e consequentemente o consumo de energia.

5.12 Redução do consumo de matéria-prima

Com base na metodologia *SixSigma*, foi estudada a possibilidade de redução do peso médio de dois dos frascos mais produzidos garantindo que estes não saíam fora dos limites das especificações, ou seja, foi analisada a variabilidade dos seus pesos. A redução do peso médio das embalagens permite uma redução do consumo de energia bem como a redução do consumo de matéria-prima.

Os frascos estudados foram escolhidos, com base no seu volume de produção e nas suas características estruturais, para que nunca fosse posta em causa a qualidade dos produtos fabricados e a satisfação dos clientes.

A análise permitiu concluir que a redução em 1 e 2% nos produtos analisados permite poupar respetivamente:

- 280€/ano em energia e 1895€/ano em matéria-prima.
- 980€/ano em energia e 6650 €/ano em matéria-prima.

Contudo, a grande variabilidade encontrada nas diferentes ordens de produção ainda não permite garantir os 99,999% de qualidade, sendo que, só após uma melhoria na robustez dos processos, será possível reduzir o consumo de matéria-prima e consequentemente o consumo de energia.

5.13 Análise da viabilidade da implementação de um equipamento de refrigeração de ar comprimido

Para reduzir os tempos de ciclo das máquinas, melhorar a produtividade e, consequentemente, a eficiência energética é necessário reduzir o tempo de solidificação dos produtos. Uma das soluções encontradas para melhorar o processo é a utilização de ar comprimido refrigerado. Foram encontrados equipamentos capazes de o fazer. A perda de pressão causada por estes equipamentos é pouco significativa, não sendo um *handicap* à sua utilização.

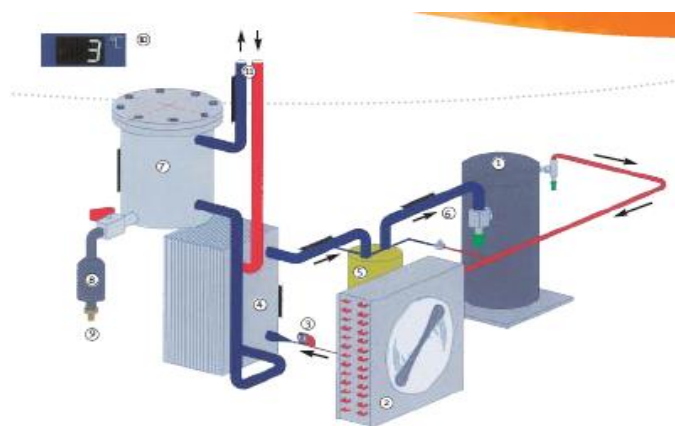


Figura 35 - Esquema de funcionamento do refrigerador de ar comprimido (2012, Eisbaer)

Este equipamento permite reduzir a temperatura do ar comprimido do processo de insuflação até aos 3°C, reduzindo assim o tempo de arrefecimento e consequentemente o tempo de ciclo. Analisando energeticamente este sistema, o consumo esperado é baixo (motores utilizados de 0,5 a 2,1 kW dependendo nas necessidades de caudal) e espera-se um aumento de produtividade de 7 a 12%, permitindo aproximar as máquinas da carga de trabalho ótima e rentabilizar os seus consumos de energia. Além disso, a estabilização da temperatura do ar comprimido melhora o controlo do processo, reduzindo potenciais problemas de qualidade.

Na implementação deste equipamento deverá ser tido em atenção:

- carga de trabalho das equipas de embaladores;
- problemas de manutenção que podem surgir devido à redução do tempo de ciclo das máquinas (sobreaquecimento dos sistemas hidráulicos e mecânicos, etc...)

Será necessário realizar uma análise custo-benefício e realizar testes no terreno para avaliar:

- ROI em energia e redução dos *lead-times*;
- custos de manutenção;
- capacidade atual das máquinas e dos recursos humanos.

5.14 Ação “5S” nas tubagens de ar comprimido, água dos *chillers* e água da torre

Na sequência dos procedimentos de paragem elaborados e para melhorar o controlo visual do desperdício energético por parte de todos os colaboradores, verificou-se a necessidade de identificar as tubagens e válvulas das máquinas correspondentes a cada circuito.

Para facilitar a identificação de válvulas abertas e promover o autocontrolo de todos os colaboradores, foi sugerida a normalização de cada tipo de tubagem. A identificação através de etiquetas não é aconselhável, devido a condensação de água que se dá nas tubagens danificando-as rapidamente.

Foi sugerida a normalização de cada tipo de tubagem, através de um código de cores, como identificação visual dos diferentes tipos de tubagens.

Este código de cores permite que todos os colaboradores possam agir, por iniciativa própria, se verificarem que numa máquina parada os circuitos sinalizados estão a ser alimentados. Espera-se assim reduzir o desperdício térmico no circuito de água fria, evitando a condensação de água nos moldes (risco de deterioração), eliminar o desperdício de ar comprimido em fugas internas das máquinas e o desperdício de água.

6 Síntese dos resultados

Algumas das ações de melhoria da eficiência energética envolvem um investimento significativo. Estas deverão de ser incluídas no próximo orçamento anual, caso sejam aprovadas. Outras ações estão dependentes do planeamento e disponibilidade para que sejam implementadas sem comprometerem a operação da fábrica.

Com o desenvolvimento do projeto, os resultados esperados são a redução progressiva do consumo de energia na fábrica dos plásticos, recorrendo à política de melhoria contínua implementada através do sistema de gestão de energia. Espera-se conseguir cativar todas as equipas (produção, processo, qualidade, manutenção, logística) no desenvolvimento de atividades que promovam a eficiência energética.

Quanto às ações implementadas ou estudadas, apresenta-se na tabela seguinte um pequeno resumo dos resultados obtidos e/ou esperados de cada uma das soluções propostas:

Tabela 8- Síntese de resultados

SOLUÇÃO	OBJETIVO	RESULTADOS ESPERADOS
Implementação de um sistema de gestão de energia	Consciencialização, definição de metas/objetivos energéticos, monitorização e acompanhamento dos consumos de energia.	Redução contínua do consumo de energia e identificação rápida de eventuais desvios ao consumo.
Monitorização e acompanhamento de indicadores	Acompanhar os consumos de energia e identificar os desvios.	Detetar rapidamente os desvios ao consumo e identificar as ações necessárias para reduzir desperdício energético.
Sensibilização dos colaboradores	Consciencializar os colaboradores para o custo da energia e promover o autocontrolo e eliminação do desperdício energético	Reduzir em 5% o desperdício de ar comprimido e equipamentos ligados desnecessariamente.
Procedimentos de paragem dos equipamentos	Eliminar o desperdício de energia resultante da falta de controlo no fim de utilização dos equipamentos.	Promover o autocontrolo por parte da produção assim como uma primeira análise às condições de funcionamento dos equipamentos.
Soluções para redução do consumo de ar comprimido.	Eliminar o consumo desnecessário de ar comprimido.	Redução das operações sem valor acrescentado com consumo de ar comprimido, eliminação de fugas (20%), definição de procedimentos para monitorização das fugas.
Quantificação dos custos energéticos de não qualidade.	Melhorar a qualidade dos processos e a produtividade	Identificação dos produtos com maior desperdício energético e implementação de ações de melhoria.

Melhoria da eficiência dos moinhos da insuflação	Implementação de Temporizados e/ou variadores que melhorem a eficiência do processo de reciclagem e do consumo energético.	Redução na ordem dos 30 a 50% do consumo total dos moinhos de insuflação.
Eliminação dos tapetes horizontais na injeção	Melhorar o controlo visual e eliminar transporte desnecessário	Redução de 80% do consumo dos motores dos tapetes oblíquos temporizados e eliminação dos custos de manutenção e energia dos horizontais.
Substituição dos motores de corrente contínua das extrusoras	Reduzir o consumo de energia provocado pela menor eficiência dos motores DC, reduzir os custos de manutenção.	Redução na ordem dos 40% do consumo dos motores das extrusoras.
Registo das temperaturas de funcionamento dos motores	Identificar previamente possíveis falhas ou maus funcionamentos.	Reduzir (1 a 2%) o consumo de energia melhorando a eficiência de utilização dos motores.
Utilização de mantas térmicas nas extrusoras	Redução das perdas térmicas existentes.	Redução do consumo de energia nas operações de arranque das máquinas.
Redução do consumo de matéria-prima	Reduzir o uso de matéria-prima por produto e consequentemente o consumo de energia.	Reduções da ordem de 1 a 2% dos pesos médios dos produtos fabricados.
Refrigeração de ar comprimido	Redução dos tempos de ciclo e melhoria da eficiência na utilização dos equipamentos	Redução de 7 a 12% nos tempos de ciclo.
5'S nas tubagens	Promover a gestão visual	Eliminar desperdício de ar comprimido e água refrigerada.

Implementando as ações sugeridas, será possível uma redução de cerca de 10% do consumo energético e, consequentemente, uma diminuição do impacto ambiental.

7 Conclusões

A consciencialização, de todos os colaboradores e a todos os níveis relativamente ao consumo de energia, é essencial para garantir a sustentabilidade do negócio. O alto custo da energia na Europa condiciona a competitividade das empresas quando comparado com outros mercados. A eficiência energética deve ser uma prioridade para conseguir preços competitivos mantendo o seu nível superior de qualidade.

A viabilidade de implementação das ações dependerá da disponibilidade, financeira e temporal, para as pôr em funcionamento bem como da aprovação da Gestão de Topo. As ações de custo reduzido foram sendo implementadas consoante a disponibilidade das equipas técnicas e do planeamento de produção dos equipamentos.

A monitorização dos consumos energéticos é essencial numa perspetiva de melhoria contínua.

A relação entre a eficiência energética e a redução do impacto ambiental da indústria permite atingir resultados importantes relativos à sustentabilidade e, ainda, melhorar os resultados financeiros das organizações, reforçando a importância das ações de melhoria de eficiência energética.

A normalização da gestão dos consumos de energia tem vindo a ganhar importância nos últimos tempos. Depois das certificações de qualidade e ambiental, o próximo passo passará pela certificação energética das empresas. A implementação do sistema de gestão de energia será o ponto de partida para o processo de certificação energética.

Constatou-se que a energia é uma área que permite ganhos transversais nas organizações, nomeadamente na produção, na manutenção, na qualidade, no ambiente e até na área comercial. Sendo tão abrangente, uma gestão eficaz da energia em cada uma das áreas irá melhorar os resultados globais da empresa.

Referências

- Coimbra, E. A., K. Institute, et al. (2009). Total Management Flow: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains, Kaizen Institute.
- Russell, C. (2010). Managing Energy from the Top Down: Connecting Industrial Energy Efficiency to Business Performance, Fairmont Press
- Almada-Lobo, B. (2008) “Slides Total Productive Maintenance, Aulas de Gestão da Manutenção, FEUP.
- Defeo, J., J. M. Juran, et al. (2010). Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence, McGraw-Hill.
- McCarty, T. (2005). The Six Sigma black belt handbook, McGraw-Hill.
- Jacobs, F. R., R. B. Chase, et al. (2010). Operations and Supply Chain Management, McGraw-Hill Irwin.
- Maintenance, J. I. o. P. and N. P. M. Kyōkai (1996). Tpm for Every Operator, Productivity Press.
- Montgomery, D. C. (2008). Introduction to Statistical Quality Control 6th Edition with JMP(r) Version 6 Software Set, John Wiley & Sons Canada, Limited.
- <http://www.colep.com/>
- http://rar.pt/pt/relatorios_e_contas/
- http://ec.europa.eu/energy/index_en.htm
- <http://www.pitfallsinmolding.com/blomolding.html>
- <http://in3.dem.ist.utl.pt/mscdesign/01tecmecc/notas6.pdf>
- http://www.weg.net/green/_files/Diretivas-Globais-de-Eficiencia-Energetica_-_Apresentacao.pdf
- <http://www.pt.sgs.com>
- <http://www.cogenportugal.com>
- <http://www.eisbaer.at/en/1/plastics-industry/blow-air-cooling/dummy-reiter/uebersicht/>
- <http://www.motorsmatter.org/>

ANEXO A: Manual Energético da fábrica dos Plásticos

“O presente documento serve também como um manual para o Sistema de Gestão de Energia da fábrica dos plásticos.

Tem também como objetivo, a promoção da eficiência energética a todos os colaboradores de forma a atingir as metas e objetivos definidos.”

Índice

1.	Requisitos gerais	53
1.1	Cronograma do SGE	53
1.2	Âmbito do sistema de gestão de energia	53
1.3	Limitações do SGE	53
2	Responsabilidades administrativas	54
2.1	Estabelecimento, documentação e implementação da política energética	54
2.2	Funções	56
2.3	Responsabilidades	56
2.4	Autoridade	56
3	Política Energética	56
3.1	Natureza, escala e impacto do consumo energético na fábrica	56
3.2	Compromisso com a melhoria contínua da performance energética	57
3.3	Compromisso em assegurar a disponibilidade de informação e dos recursos necessários para atingir as metas e objetivos	57
3.4	Compromisso do cumprimento dos requisitos legais subscritos	58
3.5	Promover o enquadramento da definição e revisão dos objetivos	58
3.6	Suportar a compra de produtos e equipamentos energeticamente eficientes	59
3.7	Documentação, comunicação e integração com as políticas corporativas	59
3.8	Revisões e atualizações	59
4	Planeamento da gestão energética	59
4.1	Indicações gerais para a melhoria da eficiência energética	60
5	Implementação e Operação	61
6	Verificação da performance	61

1 Requisitos gerais

1.1 Cronograma do SGE

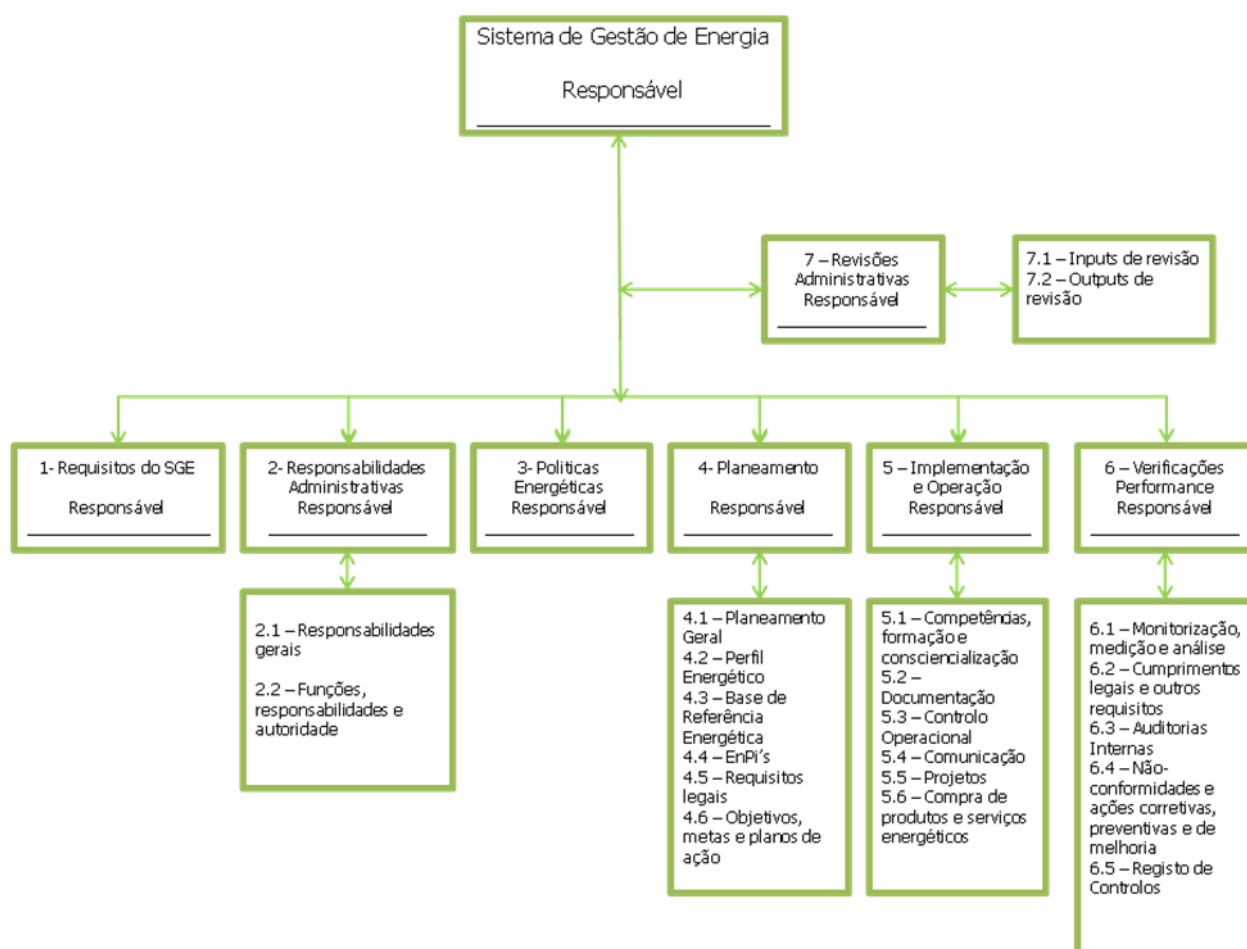


Figura 1 – Cronograma do SGE

1.2 Âmbito do sistema de gestão de energia

O sistema de gestão de energia tem como objetivo principal o controlo dos consumos de energia na fábrica dos plásticos. Através deste controlo, pretende-se implementar uma política de melhoria contínua que permita uma racionalização dos consumos de energia da fábrica. O departamento dos plásticos será um dos departamentos mais consciencializado com a responsabilidade energética.

1.3 Limitações do SGE

O controlo do consumo energético na Colep é efetuado por um departamento próprio comum a todas as áreas da fábrica. Tudo o que diz respeito aos consumos externos à produção comuns como a cogeração ou equipamentos de carácter global não são abrangidos pelo SGE da fábrica dos plásticos.

Numa 1ª fase espera-se apenas que o SGE esteja focado do consumo energético dos equipamentos pertencentes unicamente à fábrica dos plásticos. Apesar disso, o SGE deve servir de interligação entre o departamento dos plásticos e o departamento de energia da Colep, esperando-se que um trabalho em equipa promova bons resultados e que a fábrica dos plásticos seja um exemplo para os restantes departamentos.

A monitorização dos consumos comuns nos plásticos deverá ser feita pelos responsáveis por este sistema apesar de qualquer ação de que qualquer ação de melhoria destes equipamentos de utilização comum será da responsabilidade do departamento de energia.

Numa 2ª fase, depende dos resultados obtidos seria interessante avaliar a possibilidade da descentralização da gestão energética para permitir uma maior aproximação com os processos produtivos e aí encontrar resultados mais eficientes.

No que diz respeito a implementação de todas as ações de melhoria estas deverão ser aprovadas por todos os responsáveis dos processos sobre o qual estas irão incidir, por exemplo, aprovação por parte da produção, planeamento, logística, manutenção, processos, comercial, direção, qualidade.

2 Responsabilidades administrativas

2.1 Estabelecimento, documentação e implementação da política energética

A administração ou direção deve demonstrar interesse e compromisso com o SGE e com a eficiência da melhoria contínua através de:

- I. Estabelecer, implementar e manter uma política energética:
 - a) Reuniões anuais com os responsáveis do SGE para garantir a atualização da política energética,
 - b) Reuniões periódicas de acompanhamento da política de energia,
 - c) Apoio e autoridade na implementação das políticas de melhoria do desempenho energético.
- II. Providenciar os recursos necessários para estabelecer, implementar, manter e melhorar o SGE:
 - a) Orçamentar anualmente as melhorias energéticas;
 - b) Verificar os resultados dessas melhorias;

- III. Definir um representante administrativo e aprovar qualquer membro adicional necessário para a equipa do SGE:
 - a) Membro da Administração ou Direcção:
 - b) Responsável pelo SGE:
 - c) Responsável de Produção:
 - d) Responsável de Logística:
 - e) Responsável de Manutenção:
 - f) Responsável de Qualidade
 - g) Responsáveis de controlo no terreno:
- IV. Identificar o âmbito e limitações do SGE:
 - a) Aprovar o ponto 1.1 dos requisitos gerais
- V. Comunicar à organização a importância da gestão da energia:
 - a) Garantir o trabalho de equipa e entreajuda de todos os departamentos na busca de melhorias energéticas.
- VI. Assegurar que os objetivos e metas energéticas são cumpridos:
 - a) Reuniões anuais com os responsáveis do SGE para garantir a atualização dos objetivos e metas anuais,
 - b) Reuniões periódicas de acompanhamento dos consumos energéticos,
 - c) Apoio e autoridade na implementação das ações de melhoria.
- VII. Determinar critérios e métodos para assegurar que a operação e controlo do SGE sejam eficientes:
 - a) Aprovar compras de aparelhos de medição e calibração,
 - b) Avaliação dos indicadores energéticos e comparação com os indicadores económico-financeiros.
- VIII. Incluir as considerações energéticas do planeamento a longo prazo:
 - a) Garantir que os projetos de investimento em equipamentos, serviços ou infraestruturas passam pela aprovação do SGE.
- IX. Assegurar a medição dos resultados e comunicar os resultados a alta administração;
 - a) Comunicar nas reuniões de planeamento anual.

X. Conduzir as revisões administrativas.

2.2 Funções

Definir as funções de cada pessoa no SGE.

2.3 Responsabilidades

Definir as responsabilidades de cada pessoa no SGE.

2.4 Autoridade

Definir quem controla e autoriza as ações do SGE.

3 Política Energética

3.1 Natureza, escala e impacto do consumo energético na fábrica

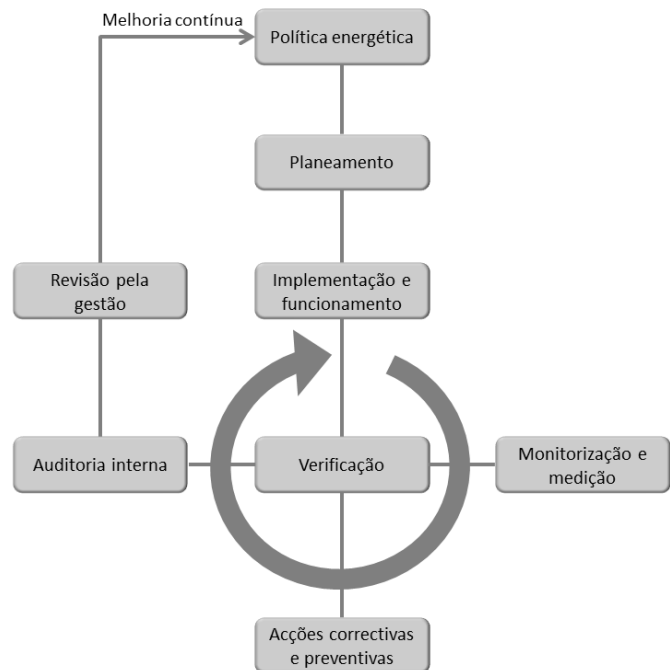
A principal fonte de energia na fábrica dos plásticos é a energia elétrica, que representa cerca de 98% dos seus custos. Os restantes 2% advêm do consumo de combustíveis por parte dos empilhadores.

Como tal a política energética tem por objetivo principal a melhoria da eficiência nos consumos de energia.

A energia elétrica é o segundo maior custo da fábrica dos plásticos depois dos custos laborais, representando 46% dos custos diretos operacionais. Na indústria da transformação de plásticos a energia é imprescindível para que seja possível passar da matéria-prima ao produto final. Apesar de a energia ser um dos “inputs” fundamentais do processo, esta será analisada não só pelo impacto operacional e económico mas também pelo impacto ambiental.

3.2 Compromisso com a melhoria contínua da performance energética

A estratégia de melhoria contínua será a estratégia a aplicar a gestão energética. Serão definidas e analisadas continuamente soluções que promovam a melhoria da performance energética e consequente redução dos consumos de energia. A energia será também um foco de análise da produtividade, visando não só promover a utilização racional dos recursos energéticos como promover a melhoria dos índices de produtividade de forma a eliminar o máximo de desperdício energético.



Para promover ações de melhoria contínua, recorrer ao “template” existente no SGE – 4.5.2 (Planeamento → Objetivos, metas e planos de ação → Planos de Ação) e seleccionar o ficheiro 4.5.2.3 (Modelo de resolução estruturada de problemas)

Figura 2 - Planeamento da melhoria contínua da performance energética

3.3 Compromisso em assegurar a disponibilidade de informação e dos recursos necessários para atingir as metas e objetivos

Numa primeira fase será promovido internamente, a todos os colaboradores, sensibilização e formação para o envolvimento nas ações “low-cost” de racionalização do consumo de energia, promovendo a tomada de decisões antecipadas. O envolvimento de todos os colaboradores é essencial para atingir as metas e objetivos.

Será também fomentada a sugestão de ideias que permitam reduzir ou racionalizar o consumo de energia. Estas ações serão analisadas estudadas dos vários pontos de vista de forma a viabilizar a sua implementação.

Só com o envolvimento das pessoas de todas as áreas se conseguirá atingir as metas e objetivos necessários. A implementação de projetos de grande custo será pouco significativa se não houver o envolvimento das pessoas que trabalham diariamente com os equipamentos.

Numa segunda fase, onde as pessoas já sintam a responsabilidade e o dever de promover a eficiência energética serão analisados projetos de inovação tecnológica que promovam a melhoria das performances energéticas. Estes projetos só serão viáveis se as pessoas se apresentarem recetivas à sustentabilidade energética da empresa.

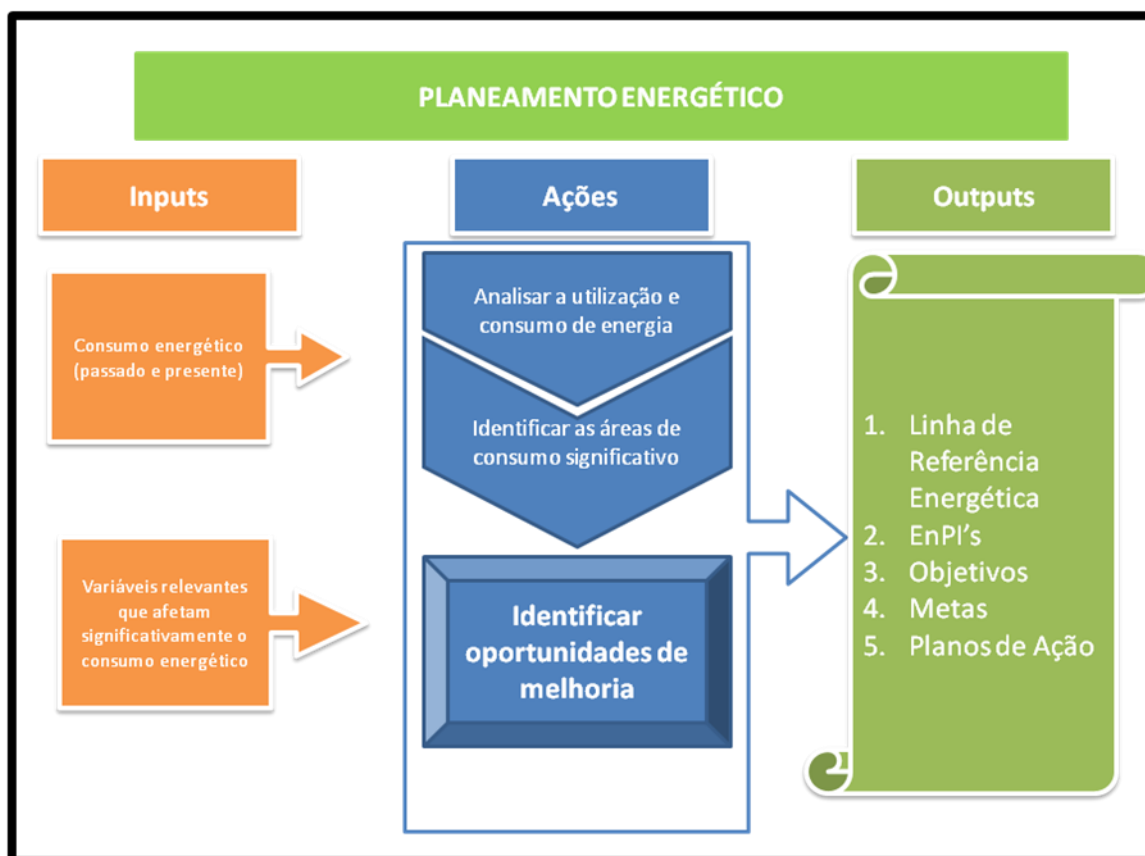


Figura 3 - Estratégia de abordagem à performance energética

3.4 Compromisso do cumprimento dos requisitos legais subscritos

Inserindo-se na Colep, a fábrica dos plásticos estará sujeita ao cumprimento dos requisitos e objetivos definidos pelo departamento de energia da Colep. Contudo serão promovidas ações de inovação e desenvolvimento de forma a superar os objetivos internos da Colep e a atingir os objetivos internos da fábrica dos plásticos.

A prioridade será sempre garantir a segurança dos colaboradores e promover a sensibilização para a sustentabilidade energética e ambiental.

3.5 Promover o enquadramento da definição e revisão dos objetivos

Como já foi referido no ponto 3.4, o objetivo principal será atingir os objetivos definidos na política global da Colep, contudo serão promovidas iniciativas de revisão e definição dos objetivos de forma a melhorar continuamente a performance energética da fábrica.

3.6 Suportar a compra de produtos e equipamentos energeticamente eficientes

Sempre que seja necessário a substituição ou aquisição de um equipamento será feita uma análise energética de forma a promover a escolha dos equipamentos energeticamente mais eficientes. A escolha dos equipamentos eficientes será sempre um fator a ter em conta quando se analisa as propostas de novos equipamentos e ou serviços. Será efetuada uma análise da relação custo-benefício de forma a optar pela melhor opção tendo em consideração o consumo de energia e os impactos a longo prazo.

Para promover a substituição por equipamentos energeticamente mais eficientes recorrer á folha de cálculo existente no SGE – 4.5.2 (Planeamento → Objetivos, metas e planos de ação → Planos de Ação) e selecionar o ficheiro 4.5.2.1 (cálculo da rentabilidade da substituição de motores elétricos)

3.7 Documentação, comunicação e integração com as políticas corporativas

O presente documento estará acessível a todos os colaboradores e fará parte da integração de novos colaboradores.

A comunicação das alterações e revisões será publicada dos quadros de comunicação assim como as ações a decorrer que visem a redução dos consumos energéticos.

Todas as ações serão integradas na políticas corporativas assim como será dada prioridade as ações corporativas que se realizem a nível global da Colep.

3.8 Revisões e atualizações

Prevê-se uma revisão trimestral das metas e objetivos e uma monitorização semanal da performance energética.

Deverá ser feita uma revisão anual ao presente documento.

4 Planeamento da gestão energética

Consultar o ponto 4 do Sistema de gestão de energia

Organização

Monitorização e definição do perfil energético;

Referências de anos anteriores;

Definição e explicação dos indicadores;

Documentação legal e normativa;

Objetivos, metas e planos de ação;

4.1 Indicações gerais para a melhoria da eficiência energética

Promover continuamente a redução e ou ou racionalização do consumo de energia;

Consciencialização do impacto ambiental e económico do desperdício energético;

Desligar todas as máquinas e equipamentos consumidores de energia quando estes não são necessários;

Tomar a iniciativa de sensibilizar a agir em prol do consumo de energia (chamar a atenção dos colegas ou responsáveis para a existência de desperdício energético);

Ter consciência que a utilização indevida e desnecessária de ar comprimido tem um grande impacto económico e ambiental;

Ter especial atenção a utilização desnecessária dos equipamentos auxiliares de produção;

Promover a eficiência produtiva de forma a minimizar os desperdícios energéticos.

Consciencialização da responsabilidade com a sustentabilidade das gerações futuras;

Promover a limpeza e organização de forma a detetar e corrigir falhas e problemas de forma mais rápida.

A sustentabilidade do negócio depende em grande parte da racionalização do consumo de energia;

Promover externamente (fora do trabalho, por exemplo em casa) as medidas e ações de eficiência energética. A energia é um problema de todos.

5 Implementação e Operação

Indicação dos códigos ou localização dos documentos de orientação às medidas e iniciativas relacionadas com as ações de melhoria da performance energética e ou ambiental.

6 Verificação da performance

Indicação dos documentos relacionados com a análise dos indicadores e das ações de melhoria dos consumos energéticos.

7 Revisões Administrativas

Edição Nº	Elaborada por:	Revista por:	Aprovada por	Data ou Código
1	Luis Vasconcelos			

ANEXO B: Procedimento de monitorização do consumo de energia

Para efetuar o levantamento semanal dos consumos de energia deverá proceder-se da seguinte forma:

1. Fazer a leitura do contador da insuflação (Junto a manutenção)
2. Fazer a leitura do contador da injeção (Junto a manutenção)
3. Fazer a leitura do contador dos comuns (Junto a manutenção)
4. Fazer a leitura do contador da serigrafia (Junto a serigrafia)
5. Fazer a leitura do contador de ar comprimido (Junto à IS25)
6. Fazer a leitura do 1º contador do armazém A2. (à frente do corredor ZE ou ZD)

Mapa da localização dos contadores em Anexo

Cálculo dos consumos energéticos por contador:

Para o cálculo automático dos seguintes valores basta inserir os valores das leituras no 4.1.2 (Controlo Semanal Consumos) do SGE.

Legenda:

L2 – Leitura atual

L1 – Leitura anterior

- I. Cálculo do consumo do quadro da Insuflação:

$$\text{Consumo Insuflação} = (L2 - L1) \times 15$$

- II. Cálculo do consumo do quadro da Injeção:

$$\text{Consumo Injeção} = (L2 - L1) \times 15$$

- III. Cálculo dos consumos comuns:

$$\text{Consumo Comuns} = L2 - L1$$

- IV. Cálculo dos consumos da serigrafia:

$$\text{Consumo Serigrafia} = (L2 - L1) \times 32$$

V. Cálculo dos consumos de ar comprimido:

$$\text{Consumo Ar comprimido } \left(\frac{m^3}{h}\right) = L2 - L1$$

$$\text{Consumo Ar comprimido (kWh)} = \left(\frac{m^3}{h}\right) * 1,3$$

VI. Cálculo dos consumos do A2:

$$\text{Consumo A2} = L2 - L1$$

Para que seja possível calcular os indicadores energéticos é necessário proceder à leitura da quantidade de matéria-prima transformada através do SAP.

Função: mc.1

Grupo de Mercadorias	
Injeção	DABAAAA
	DAAAAAA
	DAE
	DABAAAB
Insuflação	DAAABAA
	DAC
	DAG
	DABABAA
	DAAABAB
	DABABAB

Depois de obtermos a quantidade de MP transformada na insuflação e na injeção podemos proceder ao cálculo dos indicadores.

Ainda antes de procedermos ao cálculo dos indicadores deveremos calcular a % de produção correspondente a cada setor (%inj e %ins)

$$\%Inj = \frac{kgINJ}{kgINJ + kgINS}$$

$$\%Ins = \frac{kgINS}{kgINJ + kgINS}$$

Cálculo dos consumos energéticos totais:

A. Consumo total da Insuflação

$$\text{Insuflação (kWh)} = \text{Consumo Insuflação} + \text{Consumo Comuns} \times \%INS + (\text{Consumo Serigrafia} - \text{Consumo A2}) \times 95\% + \text{Ar comprimido (kWh)}$$

B. Consumo total da Injeção

$$\text{Injeção (kWh)} = \text{Consumo Injeção} + \text{Consumo Comuns} \times \%INJ$$

Cálculo dos Indicadores

1.1 Consumo específico da fábrica dos plásticos

$$\text{Consumo específico dos plásticos} = \frac{\text{Consumo total Insuflação} + \text{Consumo total Injeção}}{kgINJ + kgINS}$$

1.2 Consumo específico da insuflação

$$\text{Consumo específico Insuflação} = \frac{\text{Consumo total Insuflação}}{kgINS}$$

1.3 Consumo específico da injeção

$$\text{Consumo específico Injeção} = \frac{\text{Consumo total Injeção}}{kgINJ}$$

1.4 Comparação do Consumo Específico com o Peso médio

Através do sistema “Barco” fazer o levantamento das unidades produzidas no período referente a semana em causa. Tomar nota dos valores no respetivo local das leituras.



Mapa de localização leitura dos contadores de energia

ANEXO C: Procedimento de paragem dos equipamentos

Procedimento de paragem para máquinas de insuflação/injeção

Na paragem das máquinas é necessário saber:

Quanto tempo a máquina vai estar parada?

- I. Mais de 24h?**
- II. Menos de 24h?**

Em caso de dúvida considerar que a máquina vai parar por mais de 24h.

I. Máquina parada mais de 24 horas.

No caso de estar previstas uma paragem **superior** a 24h a máquina deve ser completamente desligada da seguinte forma:

1. Retirar todo o material da extrusora;
2. Proceder às verificações da checklist;
3. Fechar as válvulas de ar comprimido, água da rede e de água fria da máquina;
4. Desligar o geral;
5. Aplicação de lubrificante multiuso nas paredes internas do molde.

II. Máquina parada menos de 24 horas.

No caso de estar previstas uma paragem **inferior** a 24h a máquina deve ser completamente desligada da seguinte forma:

1. Retirar todo o material da extrusora;
2. Proceder às verificações da checklist;
3. Reduzir as temperaturas para 165°C;
4. Desligar o circuito hidráulico;
5. Desligar os moinhos e tapetes;
6. Fechar as válvulas de ar comprimido, água da rede e de água fria da máquina.

- *Cumprir o procedimento de verificação e registar na folha elaborada para este efeito. (Encontra-se junto aos relatórios diários)*
- *Fazer as verificações indicadas na Tabela 1, registar os resultados e assinalar as anomalias;*
- *Realizar as tarefas referidas ao procedimento de paragem (+24h ou -24h) e assinalar o que não interessa;*
- *Entregar os registos das paragens junto com os relatórios diários de produção;*

Notas:

- *Qualquer dúvida é favor contactar os responsáveis.*
- *Exemplo preenchido na próxima folha.*

Paragem da Máquina: __IS99__

Hora __11__:__30__

Checklist de paragem das máquinas				
	Tarefa	√		Notas
Sistema Hidráulico	Nível do óleo	OK√	NOK	
	Fugas de óleo	SIM	NÃO √	
Verificar fugas de ar comprimido	Nos colortronic (desapertos na mangueiras de ligação);	SIM	NÃO √	
	Nas mangueiras e abraçadeiras (comuns);	SIM	NÃO √	
	Nos cilindros de corte	SIM	NÃO √	
	Nos conjuntos de válvulas	SIM	NÃO √	
	Nos testadores (Mangueiras e válvulas);	SIM √	NÃO	Existia uma fuga na mangueira de ligação à rede
	Nas válvulas de ligação à rede	SIM	NÃO √	

Checklist de paragem das máquinas (+24h)			
Nº	Tarefa	√ / x	Notas
1	Retirar todo o material da extrusora	√	
2	Desligar o Geral da máquina	√	
3	Fechar válvula de ar comprimido	√	
4	Fechar válvula de água fria	√	
5	Fechar válvula de água da rede/torre	√	
6	Aplicação de lubrificante multiuso nas paredes internas do molde	x	Não havia lubrificante multiusos disponível

Checklist de paragem das máquinas (-24h)			
Nº	Tarefa	✓ / x	Notas
1	Retirar todo o material da extrusora	✓	
2	Reduzir a temperatura das resistências para 165°C	✓	
3	Fechar válvula de ar comprimido	✓	
4	Fechar válvula de água fria	✓	
5	Fechar válvula de água da rede/torre	✓	
6	Desligar bomba hidráulica	✓	
7	Desligar tapetes	✓	
8	Desligar moinhos	✓	

O responsável: Luis Vasconcelos Nº: 0000

Procedimento de paragem da máquina de serigrafia:

Na paragem da máquina da serigrafia é necessário ter em atenção:

- Desligar a máquina;
- Limpeza das telas;
- Fugas de gás;
- Fugas de ar comprimido;
- Registar o consumo de gás inicial e final lido no contador (ver imagem em anexo);
- *Cumprir o procedimento de verificação e registar na folha elaborada para este efeito. (Encontra-se junto aos relatórios diários)*
- *Fazer as verificações indicadas na Tabela 1, registar os resultados e assinalar as anomalias;*
- *Entregar os registos das paragens junto com os relatórios diários de produção;*

Notas:

- **Qualquer dúvida é favor contactar os responsáveis.**
- **Exemplo preenchido na próxima folha.**

Paragem da Máquina: SERIGRAFIA (AT246)

Hora____:____

Ordem de fabrico: _____ Nº de Unidades: _____

Checklist de paragem das máquinas				
Tarefa		√		Notas
Verificar Fugas de gás natural	Nas mangueiras e válvulas	SIM	NÃO√	
Verificar fugas de ar comprimido	Nos conjuntos de válvulas	SIM	NÃO√	
	Nas mangueiras e abraçadeiras (comuns);	SIM	NÃO√	
	Nos cilindros pneumáticos	SIM	NÃO√	
	Nas válvulas de ligação à rede	SIM	NÃO√	

Checklist de paragem da máquina de Serigrafia			
Nº	Tarefa	√ / x	Notas
1	Desligar todos os equipamentos elétricos	√	
2	Proceder a limpeza das telas com diluente	√	
3	Fechar válvula de ar comprimido	√	
4	Fechar válvula de gás da máquina	√	
5	Fechar a válvula de gás da fábrica	√	
6	Registar o consumo de gás	√	

O responsável: _Luis Vasconcelos Nº:_0000 _

Tabela de registo dos consumos de gás natural			
Ordem de fabrico Nº	Nº de Unidades	Leitura Inicial	Leitura Final
xxxxxxxx	15000	0000405	000410

ANEXO D: Pontos de fuga de ar comprimido identificados na auditoria.

	Máq	Descrição
1	IS24	Abraçadeira Testador
2	IS24	Válvula de escape
3	IS23	Válvula Colortronic
4	IS23	Válvula de escape do regulador de pressão
5	IS23	Válvula de ligação a rede superior
6	IS23	Acessório abaixo do regulador
7	IS14	Abraçadeira ligação a rede superior
8	IS15	Válvula do testador
9	IS15	Válvula reguladora de pressão
10	IS17	Conjunto de válvulas (Fuga no escape geral)
11	IS17	Válvula de ligação à rede superior
12	IS18	Fuga de ar no interior das cabeças (Válvulas)
13	IS18	Conjunto de ligações das válvulas
14	IS18	Fuga no manómetro
15	IS27	Falta de um taco na válvula reguladora de pressão
16	IS12	Válvula de abertura e fecho do cilindro do tapete antes da embaladora
17	IS12	Acessório do cilindro
18	IJ03	Tubagem fora de serviço (pode ser eliminada)
19	IJ04	Copo
20	IJ10	Válvula de ligação a rede superior
21	IJ06	Mudar abraçadeira
22	Serigrafia	Filtro de alimentação junto ao contador
23	Serigrafia	Copo Partido
24	Serigrafia	Cilindro da serigrafia
25	Serigrafia	Eletroválvula
26	Serigrafia	Conjunto de eletroválvulas
27	Silo 8	Fuga no topo do silo
28	Serigrafia	FUGA DE GÁS NA MÁQUINA
29	IS25	Acessório da rede (abraçadeira)
30	IS25	Aspirador de moído (verde) - eletroválvula
31	IS25	Cilindro do rebarbador
32	IS25	Manómetro (ao lado do filtro azul)

33	IS25	Válvula (união)
34	IS25	Válvula pré-sopro
35	IS25	Verificador - traseira - 2 eletroválvulas
36	IS25	Verificador - lateral - eletroválvula
37	IS25	Verificador - cabeça
38	IS25	Moinho
39	Pintarolas	Acessórios (válvula) do carimbo a quente
40	IS16	Quadro de válvulas lado direito - válvula
41	IS16	Frontal - reguladores
42	IS16	Cabeça - acessório de ligação
43	IS13	Lateral direita - regulador de pressão
44	IS13	Traseira - bateria de tratamento do ar - Regulador
45	IS20	Regulador de pressão p ou válvula de sopro
46	IS20	Cilindro rebarbador
47	IS20	Mangueira do cilindro rebarbador - abraçadeira
48	IS20	Verificador - válvula lateral
49	IS21	Mangueira aspirador - abraçadeira
50	IS21	Mangueira aspirador - abraçadeira
51	IS21	Filtro na entrada após válvula de abertura ou fecho do ar comprimido à maq.
52	IS21	Cilindro rebarbador apara do fundo
53	IS21	Mangueira de ligação à cabeça (traseira ou cima da máquina)
54	IS22	Faca - Mangueira ou abraçadeira
55	IS22	Faca - Regulador de caudal
56	IS22	Mangueira aspirador - abraçadeira
57	IS22	Acessório - parte frontal ou superior ou direita
58	IS22	Verificador - interior
59	IS22	Cilindro rebarbador (ligações)
60	IS19	Verificador - interior
61	IS19	Verificador - cilindro das pinças
62	IS19	Cilindro rebarbador
63	IS19	Válvula de sopro
64	IS19	Válvula de pré-sopro
65	IS19	Caixa c ou reguladores de caudal p ou cabeça de insuflação
66	IS19	Regulador de pressão (lateral direita) - copo partido
67	IS26	Mangueira aspirador - abraçadeira
68	IS26	Válvula sopro
69	IS26	Cilindro da faca de corte a quente
70	IS26	Mangueira aspirador - abraçadeira
71	IS26	Verificador - Interior
72	IS26	Cilindro rebarbador - acessórios
73	IS26	Verificador - válvula de escape
74	Cabine moinho	Pistola de ar comprimido
75	Silos 6 ou 7	Válvula do topo do silo

ANEXO E: Tabela de custos das fugas de ar comprimido

Fuga ar comprimido (pressão vs diâmetro vs custo)					
Diâmetro [mm]	Perda a 4 bar [m3 ou min]	Perda a 6 bar [m3 ou min]	Perda a 7 bar [m3 ou min]	Perda a 8 bar [m3 ou min]	Perda a 10 bar [m3 ou min]
1	0,01	0,06	0,07	0,09	0,10
2	0,16	0,25	0,28	0,33	0,62
3	0,40	0,57	0,64	0,73	0,90
4	0,72	1,00	1,13	1,29	1,57
5	1,12	1,57	1,77	2,00	2,44
6	1,60	2,27	2,54	2,86	3,78
8	2,80	4,04	4,52	5,03	6,73
10	4,32	6,31	7,07	7,80	10,52
Diâmetro [mm]	Perda a 4 bar [m3 ou hora]	Perda a 6 bar [m3 ou hora]	Perda a 7 bar [m3 ou hora]	Perda a 8 bar [m3 ou hora]	Perda a 10 bar [m3 ou hora]
1	0,60	3,60	4,20	5,40	6,00
2	9,60	15,00	16,80	19,80	37,20
3	24,00	34,20	38,40	43,80	54,00
4	43,20	60,00	67,80	77,40	94,20
5	67,20	94,20	106,20	120,00	146,40
6	96,00	136,20	152,40	171,60	226,80
8	168,00	242,40	271,20	301,80	403,80
10	259,20	378,60	424,20	468,00	631,20
Diâmetro [mm]	Perda a 4 bar [kWh ou m3]	Perda a 6 bar [kWh ou m3]	Perda a 7 bar [kWh ou m3]	Perda a 8 bar [kWh ou m3]	Perda a 10 bar [kWh ou m3]
1	0,07	0,43	0,50	0,65	0,72
2	1,15	1,80	2,02	2,38	4,46
3	2,88	4,10	4,61	5,26	6,48
4	5,18	7,20	8,14	9,29	11,30
5	8,06	11,30	12,74	14,40	17,57
6	11,52	16,34	18,29	20,59	27,22
8	20,16	29,09	32,54	36,22	48,46
10	31,10	45,43	50,90	56,16	75,74

Diâmetro [mm]	Perda a 4 bar [€ ou hora]	Perda a 6 bar [€ ou hora]	Perda a 7 bar [€ ou hora]	Perda a 8 bar [€ ou hora]	Perda a 10 bar [€ ou hora]
1	0,01 €	0,04 €	0,05 €	0,07 €	0,07 €
2	0,12 €	0,19 €	0,21 €	0,24 €	0,46 €
3	0,30 €	0,42 €	0,48 €	0,54 €	0,67 €
4	0,53 €	0,74 €	0,84 €	0,96 €	1,17 €
5	0,83 €	1,17 €	1,31 €	1,48 €	1,81 €
6	1,19 €	1,69 €	1,89 €	2,12 €	2,81 €
8	2,08 €	3,00 €	3,36 €	3,73 €	5,00 €
10	3,21 €	4,68 €	5,25 €	5,79 €	7,81 €
09-02-2012		0,12 kWh ou m3		0,103 € kWh	

Fonte: Colep, 2012

ANEXO F: Produtos da classe “A” responsáveis pelo desperdício energético de não qualidade

DESIGNAÇÃO	Código de Produto	Não qualidade	Custo energético da Não Qualidade	Acumulado	%
FI 2LT PVC LEL	31-07889	23%	2.786,82 €	2.786,82 €	6%
FI 1LT CZ M.C ou FAIXA	31-03652	6%	1.878,50 €	4.665,32 €	11%
FI 1LT RS VANISH M27	31-09158	7%	1.867,50 €	6.532,82 €	15%
FI 1LT RS SUNDAY 3C	31-33761	10%	1.413,89 €	7.946,72 €	18%
FI 3LT IN RUN SN	31-28822	8%	1.366,75 €	9.313,47 €	21%
FI 10LT CUBO	31-07971	6%	1.296,60 €	10.610,07 €	24%
FI 5LT IN SK 38 S ou SI	31-35014	10%	1.194,83 €	11.804,90 €	27%
FI 3LT BR RUB SN	31-28528	9%	1.004,43 €	12.809,33 €	29%
FI 5LT IN C ou T GVF	31-07273	9%	1.000,15 €	13.809,48 €	31%
FI 3LT IN GELLISSIMO	31-35716	31%	915,93 €	14.725,41 €	33%
FI 10LT IN RB 034698	31-38015	13%	882,72 €	15.608,13 €	35%
FI 2LT BR LIX.MAQ.T.	31-08426	21%	822,90 €	16.431,03 €	37%
FI 4LT VD CEPESA	31-10092	17%	800,74 €	17.231,77 €	39%
FI 5LT CZ M2DIO C ou F.	31-06636	5%	782,18 €	18.013,95 €	41%
FI 1LT RS MERCKX C34	31-36054	9%	770,19 €	18.784,14 €	42%
FI 2LT BR MERCKX NG	31-31769	11%	759,52 €	19.543,66 €	44%
FI 250ML CR FLORA 3C	31-07645	16%	720,45 €	20.264,11 €	46%
FI 250ML BR DERMO NM	31-07646	8%	685,59 €	20.949,69 €	47%
FI 3LT RS RUB	31-35627	18%	666,53 €	21.616,22 €	49%
FI 750ML IN HORIZON	31-29835	6%	631,17 €	22.247,39 €	50%
FI 2LT RS MERCKX	31-36057	6%	607,36 €	22.854,75 €	52%
FI 750ML IN SOLIS	31-28875	22%	598,36 €	23.453,11 €	53%
FI 3LT RS VANISH	31-08722	11%	597,07 €	24.050,18 €	54%
FI 10LT IN MOD C SK	31-36077	17%	574,06 €	24.624,24 €	56%
FI 2LT IN HORIZON	31-35692	19%	526,49 €	25.150,72 €	57%
FI 2LT BR MERCKX NG	31-31768	12%	523,38 €	25.674,11 €	58%
FI 10LT SIMB.ALIMENT	31-32509	7%	522,98 €	26.197,09 €	59%
FI 2.5LT GELLISSIMO	31-36107	16%	520,83 €	26.717,92 €	60%
FI 750ML AM SOLIS	31-29118	34%	510,60 €	27.228,52 €	62%
FI 5LT IN SK PARACEL	31-34529	8%	498,04 €	27.726,56 €	63%
FI 5LT BR SK CVI SS	31-35013	4%	489,93 €	28.216,49 €	64%

FI 1LT IN MIDGET	31-38578	5%	482,40 €	28.698,89 €	65%
FI 2LT VR HORIZON	31-35711	15%	479,28 €	29.178,17 €	66%
TF RS VANISH C ou VED.	31-17626	5%	416,29 €	29.594,45 €	67%
FI 11LT IN C ou T GVF	31-07275	16%	421,90 €	30.016,35 €	68%
FI 4LT BR LIXIV.	31-06400	11%	417,61 €	30.433,97 €	69%
FI 2LT BR MERCKX NG	31-31772	23%	398,22 €	30.832,19 €	70%
FI 10LT IN M11 420GR	31-31334	8%	352,60 €	31.184,79 €	70%
FI 10LT BR COLON 9+1	31-38016	13%	334,33 €	31.519,12 €	71%
FI 5LT CZ CTEQ COLEP	31-30660	9%	324,54 €	31.843,66 €	72%
FI 250ML BR SAGROTAN	31-29308	8%	322,28 €	32.165,94 €	73%
FI 1LT BR COLON	31-27176	10%	321,52 €	32.487,45 €	73%
FI 10LT AZ 420G M11	31-31066	20%	320,92 €	32.808,38 €	74%
FI 1LT BR MERCKX C34	31-36053	18%	307,18 €	33.115,56 €	75%
SPEEDY G COLLAR BRAS	31-31529	3%	306,39 €	33.421,95 €	76%
TUBO PINTAROLAS VR	51-11284	3%	272,73 €	33.694,68 €	76%
FI 5LT IN COLEP BERG	31-29812	6%	279,54 €	33.974,22 €	77%
CABO PR PLASTICO	51-05901	5%	256,34 €	34.230,56 €	77%
FI 2LT IN LIX.MAQ.T.	31-08425	13%	265,95 €	34.496,50 €	78%
DOSEADOR IN MERCKX	31-35717	12%	254,68 €	34.751,19 €	79%
FI 500ML RS OXIGEL	31-17312	18%	254,41 €	35.005,59 €	79%
FI 750ML VD C.LIMPEZ	31-30650	7%	254,27 €	35.259,86 €	80%

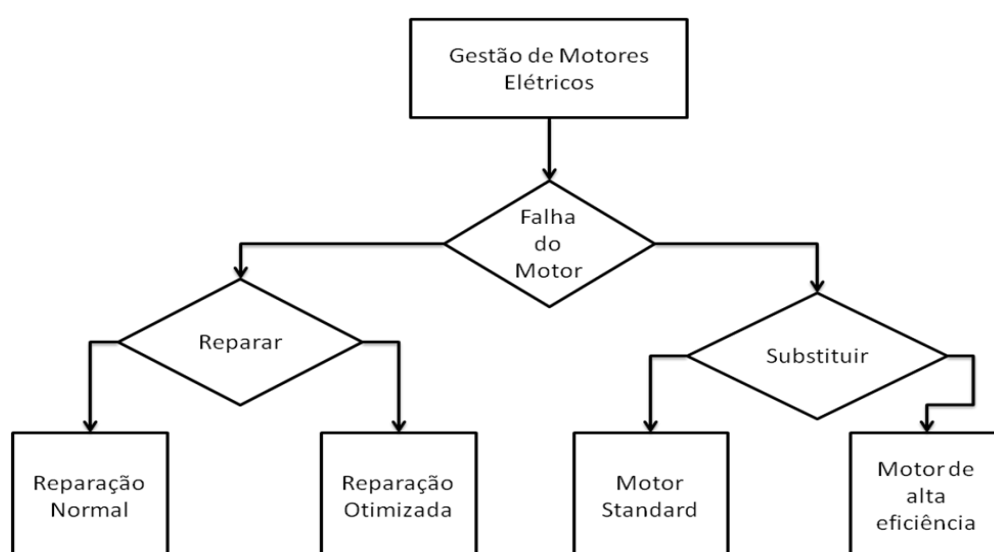
ANEXO G: Sugestões de alterações dos moinhos

Custo kWh		0,10 €											
Máquina	Moinho	Motor	Horas de Funcion 2011	Consumo Tapetes	Consumo (kWh)	Qtd Aparas	Tam Aparas	Medidas		Savings (%)	Savings (€/Ano)	Invest	Payback
								Tapete	Moinho				
IS12	P		4770	28620,0	6,000	5	3	Temporizador	VEV	33%	954,00 €	840,00 €	0,88
IS13	P		6830	40980,0	6,000	4	5	Temporizador	Temp ou VEV		- €	840,00 €	
IS14	R	7,5kW	2101	8850,1	4,212	3	2	Temporizador	Temporizador	75%	663,76 €	100,00 €	0,15
IS15	R	7,5kW	1666	7017,8	4,212	1	1	Temporizador	Temporizador	83%	584,81 €	100,00 €	0,17
IS16			1071	4511,4	4,212			Temporizador	-		- €		
IS17	S/moin		3164	13327,9	4,212			Temporizador			- €		
IS18	R	7,5kW	3678	15493,0	4,212		2	Temporizador	Temporizador	83%	1.291,08 €	100,00 €	0,08
IS19	R	7,5kW	5711	24056,7	4,212	1	4	Temporizador	Temporizador	67%	1.603,78 €	100,00 €	0,06
IS20	R	7,5kW	6420	27043,3	4,212	4	3	Temporizador	Temp ou VEV		- €	485,00 €	
IS21	R	7,5kW	7287	30695,4	4,212	2	3	Temporizador	Temporizador	75%	2.302,15 €	100,00 €	0,04
IS22	R	7,5kW	6309	26575,7	4,212			Temporizador	Temporizador	83%	2.214,64 €	100,00 €	0,05
IS23	R	7,5kW	1484	6251,1	4,212	2	1	Temporizador	Temporizador	83%	520,93 €	100,00 €	0,19
IS24	R	7,5kW	4383	18462,7	4,212	2	2	Temporizador	Temporizador	83%	1.538,56 €	100,00 €	0,06
IS25	P		5186	31116,0	6,000	1	4	Temporizador	Temporizador	75%	2.333,70 €		
IS26	R	7,5kW	6109	25733,2	4,212	1	5	Temporizador	Temp ou VEV	67%	1.715,55 €	100,00 €	0,06
IS27	R	7,5kW	5082	30492,0	6,000	3	4	Temporizador	VEV	33%	1.016,40 €	485,00 €	0,48
TOTAL											15.722,97 €	3.550,00 €	0,23

Legenda				
Quantidade de Aparas		Tamanho Aparas		
1	Muito Pouca	1	Muito Pequenas	
2	Pouca	2	Pequenas	
3	Média	3	Médias	
4	Grande	4	Grandes	
5	Muito Grande	5	Muito Grandes	

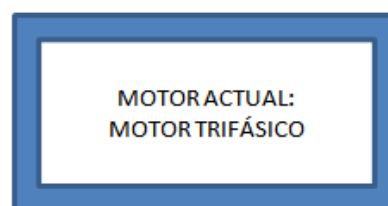
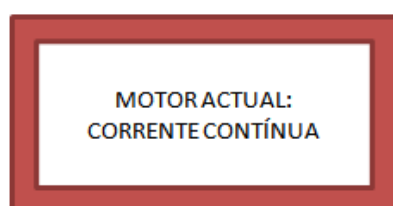
ANEXO H: Cálculo da Rentabilidade de Substituição de Motores

Aqui ficam algumas imagens sobre o funcionamento da folha de cálculo desenvolvida para avaliar a viabilidade de substituição dos equipamentos.



Adaptado de *Motor Planning Kit* (<http://www.motorsmatter.org/tools/mpkv21.pdf>)

SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES



Melhoria da eficiência energética e eliminação de desperdício na fábrica dos plásticos

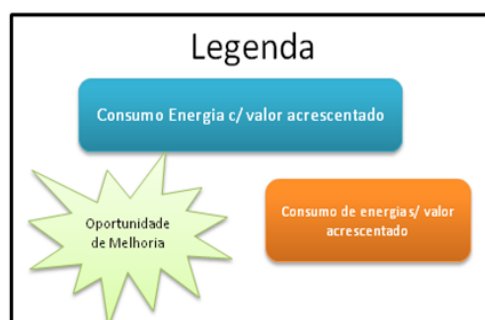
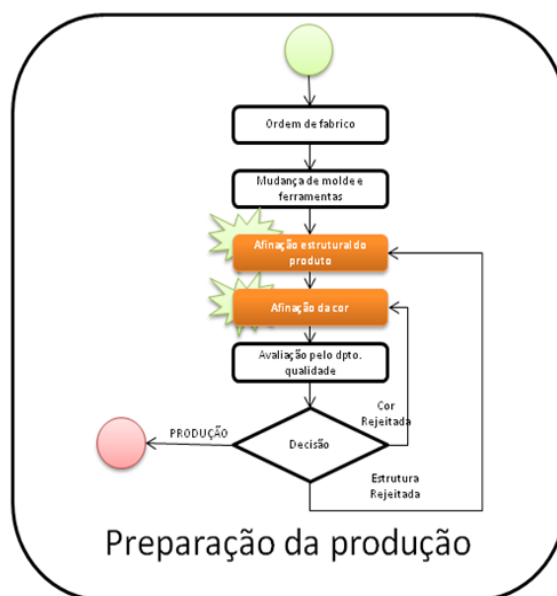
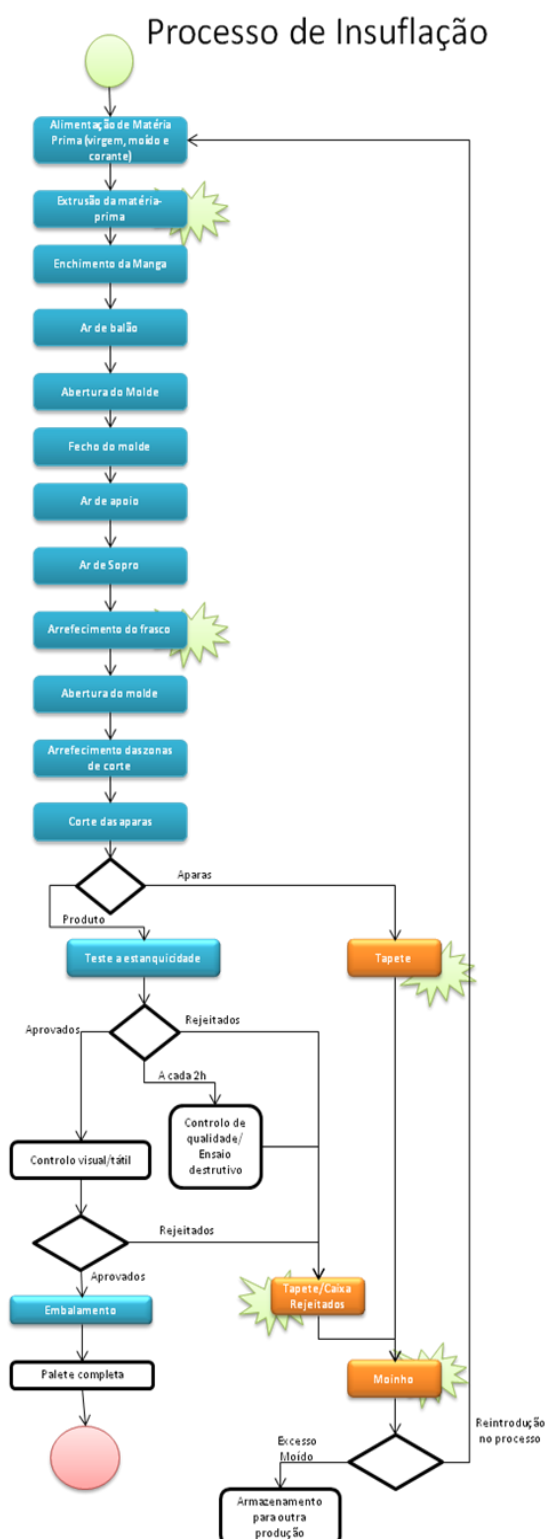
Horas trabalho Anuais	6800 h	Custo en	0,10 €
Motor Atual		Substituição por motor mais eficiente	
Motor	AC	Motor	AC
Potenc Nominal	58 kW	Potenc Nominal	55 kW
Cos(φ)	0,73	Cos(φ)	0,8
Tensão	440 V	Tensão	380 V
Corrente	145 A	Corrente	97,6 A
Consumo	80,668534 kW	Consumo	51,39064028 kWh
Custo Anual	54.854,60 €	Custo Anual	34.945,64 €
Custo de Reparação	500 €	Custo de Investimento	3.000,00 €

Poupança Anual	19.908,97 €
Ganho 1º ano	2.500,00 €
Payback do investimento	0,1 anos

Horas trabalho Anuais	6800 h	Custo energia	0,10 € /kWh
Motor Atual		Substituição por motor mais eficiente	
Motor	DC	Motor	AC
Potenc Nominal	58 kW	Potenc Nominal	55 kW
Tensão	440 V	Cos(φ)	0,82
Corrente	145 A	Tensão	380 V
Consumo	63,8 kW	Corrente	97,6 A
Custo Anual	43.384,00 €	Consumo	52,67540629 kWh
Custo de Reparação	500 €	Custo Anual	35.819,28 €
		Custo de Investimento	3.000,00 €

Poupança Anual	7.564,72 €
Ganho 1º ano	2.500,00 €
Payback do investimento	0,3 anos

ANEXO I: Fluxograma do Processo de Insuflação



ANEXO J: Fluxograma do Processo de Injeção

