

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Estudo e proposta da melhoria da eficiência
energética numa indústria**

Carlos Rocha

VERSÃO FINAL

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado Em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Professor Doutor José Rui da Rocha Pinto Ferreira
Orientador na empresa: Engenheira Cecília Camões

15 de Fevereiro de 2014

A Dissertação intitulada

“Estudo e Proposta da Melhoria da Eficiência Energética numa Indústria”

foi aprovada em provas realizadas em 13-02-2014

o júri



Presidente Professor Doutor José Eduardo Roque Neves dos Santos
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professora Doutora Fernanda de Oliveira Resende
Professora Auxiliar da Universidade Lusófona



Professor Doutor José Rui da Rocha Pinto Ferreira
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.



Autor - Carlos Manuel Mendes da Rocha

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Resumo

Este trabalho foi elaborado no âmbito da Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Ramo de Energia, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Tem como objetivo estudar o padrão de consumo de energia e propor um plano de reformulação funcional com vista a otimizar a eficiência energética de uma unidade industrial.

Foi elaborado em ambiente empresarial na empresa *Ecoinside*, tendo por base, uma indústria cliente da empresa, que tem sido acompanhada desde 2010, ano de referência da auditoria SGCIE.

De facto, perante a situação dos custos de energia que hoje se verifica em Portugal, as empresas obrigam-se a estruturar um conjunto de ações que visa a necessária poupança de energia.

Desta forma aborda-se no seguinte relatório:

1. Análise dos gastos de energia.
2. Proposta de ações e medidas de alteração.
3. Proposta de equipamentos complementares ou alternativos aos existentes, visando uma diminuição de consumo.
4. Análise do investimento.

Efetivamente, ao longo de todo o projeto foram tidas em conta restrições impostas pela direção administrativa referentes a baixo investimento e rápido retorno, assim como alternativas às propostas de soluções anteriores, procurando novas oportunidades de redução de consumo.

Abstract

This work was undertaken as part of the Integrated Master in Electrical and Computers Engineering, Branch of Energy, of the Faculty of Engineering from the University of Porto.

It aims to study the pattern of energy consumption and propose a plan for functional recast in order to optimize the energy efficiency of an industrial unit.

It was prepared in business environment in the company *Ecoinside*, based on a client's company industry, which has been followed since 2010, the reference year of the audit SGCIÉ.

In fact, at the situation of energy costs nowadays seen in Portugal, companies are forced to structure a set of actions directed towards the necessary energy saving.

Thus, the following report addresses:

1. Analysis of the expenditure of energy.
2. Proposal of actions and measures of change.
3. Proposal of complementary or alternative to the existing equipment, targeting a reduction in consumption.
4. Analysis of the investment.

Effectively, throughout the whole project, constraints imposed by the administrative direction were taken into account regarding low investment and quick return, as well as alternatives to the proposed solutions above, looking for new opportunities to reduce consumption.

Agradecimentos

Ao Orientador na FEUP Professor Doutor José Rui da Rocha Pinto Ferreira, à Orientadora na *Ecoinside* Engenheira Cecília Camões, ao Diretor Executivo da *Ecoinside* Doutor Joaquim Guedes, pela constante ajuda, motivação e todo o apoio manifestado ao longo da realização deste trabalho.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xv
Abreviaturas	xvii
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 Enquadramento do Projeto.....	1
1.2 Objetivos do Projeto.....	2
1.3 Estrutura do Relatório	2
1.4 Trabalho Desenvolvido	3
1.5 Estudo de Soluções.....	3
1.6 Proposta e Implementação de Soluções.....	3
Capítulo 2	5
Auditorias Energéticas	5
2.1 Indicadores Energéticos	6
2.2 Metodologia Geral para a Realização de Auditorias de Energia	7
2.3 Tipos de Auditorias Energéticas	9
2.4 Instrumentação e Medidas	10
2.5 Enquadramento Legal.....	10
2.5.1 Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de Abril	11
2.5.2 Despacho nº 17313/2008 de 26 de Junho	11
2.5.3 Decreto-Lei nº 319/2009 de 3 de Novembro	11
2.5.4 Despacho nº 17449/2008 de 27 de Junho	11
2.5.5 Portaria 519/2008 de 25 de Junho	11
Capítulo 3	13
Caracterização da Unidade Industrial	13
3.1 Ficha de Identificação	13
3.2 Fluxograma Produtivo da Empresa	14

3.2.1	Secção de Anodização e Polimento	14
3.2.2	Secção de Lacagem	17
3.2.3	ETAR	18
3.3	Utilidades da Empresa	19
3.3.1	Ar Comprimido	19
3.3.2	Iluminação	19
3.4	Horários de funcionamento	21
3.5	Frota de Veículos	21
3.6	Produção	21
3.7	Energia Consumida e Análise das Faturas Energéticas	22
3.7.1	Gasóleo	22
3.7.2	Gás Natural	23
3.7.3	Energia Elétrica	24
3.7.3.1	Entrada da Alimentação	24
3.7.3.2	Rede De Baixa Tensão	24
3.7.3.3	Consumo Mensal de Energia Elétrica	24
3.7.3.4	Custos	26
3.7.4	Consumos Energéticos Globais	27
3.7.4.1	Consumos Energéticos Mensais	28
3.7.4.2	Custos Totais	29
3.7.5	Consumos De Energia Por Utilização Final	29
3.7.5.1	Desagregação dos Consumos de Energia Elétrica	29
3.7.5.2	Desagregação dos Consumos de Energia Térmica	31
3.7.5.3	Desagregação dos Consumos Globais de Energia por Setor	34
3.7.5.4	Desagregação dos Consumos de Energia por Setor Produtivo	34
3.8	Indicadores Energéticos	35
3.8.1	Anodização	36
3.8.3.2	Lacagem	36
3.8.3.3	Global	37
3.9	Conclusões	38
Capítulo 4	39
Iluminação	39
4.1	Levantamento do Sistema de Iluminação	39
4.1.1	Tipo de Iluminação	39
4.1.2	Iluminância por setor	40
4.1.3	Levantamento das Luminárias	41
4.1.4	Consumos Energéticos	41
4.1.5	Custos da Iluminação	41
4.2	Estudo de Soluções	44
4.2.1	Iluminação Natural	44
4.2.2	Iluminação Artificial	44
4.2.2.1	Balastros Eletrónicos	44

4.2.2.2 Lâmpadas	45
4.2.2.3 Comando da Iluminação	46
4.3 Medidas Propostas	46
4.3.1 Balastros Eletrônicos	46
4.3.2 Lâmpadas T5	49
4.3.3 Tecnologia Led	51
4.3.4 Comando da Iluminação	53
4.4 Conclusões	53
Capítulo 5	57
Compensação do Fator Potência	57
5.1 Equipamento existente	58
5.2 Modo de Compensação	59
5.3 Regras de Faturação da Energia Reativa	61
5.4 Proposta	62
Capítulo 6	65
Sistema de Ar Comprimido	65
6.1 Perfil de consumo	66
6.2 Consumo em períodos de laboração	66
6.3 Consumo em vazio	66
6.4 Estudo de Soluções e Medidas Propostas	67
6.5 Conclusão	69
Capítulo 7	71
Análise Termográfica	71
7.1 Camara termográfica utilizada	72
7.2 Manutenção Preventiva	73
7.3 Aplicações analisadas	73
7.4 Conclusões	76
Capítulo 8	77
Conclusões	77
8.1 Trabalhos Futuros	78
Referências	79
Anexo A	81
Medições e registos efetuados para a Caracterização da Empresa	81
A.1 Perfil de Consumo	81
Anexo B	85
Simulações e Registos da Iluminação Artificial	85
B.1 Iluminação Existente	85
B.1.1 Simulação da Iluminação Existente por Setor	85
B.1.2 Comparação Entre Iluminância Existente e Iluminância Recomendada	95
B.1.3 Levantamento da Iluminação	96
B.2 Soluções Propostas	97
B.2.1 Preços das Soluções Propostas	97

B.2.2 Comparação entre Iluminância da Proposta de Substituição por T5 e Iluminância Recomendada	98
B.2.3 Simulação da Iluminação T5 por Setor	99
B.2.4 Comparação entre Iluminância da Proposta de Substituição por Led e Iluminância Recomendada	104
B.2.5 Simulação da Iluminação Led por Setor	105
Anexo C	111
Medições e registos efetuados à Central de Ar Comprimido	111
C.1 Perfil de consumo	111

Lista de Figuras

Figura 3.1: Fluxograma da atividade industrial	14
Figura 3.2: Esquema de uma célula de Anodização	15
Figura 3.3: Tanques dos banhos de Anodização	16
Figura 3.4: Banhos químicos	17
Figura 3.5: Forno dos Perfis.....	17
Figura 3.6: Cabide de Pintura	18
Figura 3.7: ETAR	18
Figura 3.8: Registo do Consumo de Gasóleo em 2013, em litros	22
Figura 3.9: Registo dos Custos de Gasóleo em 2013, em euros.....	23
Figura 3.10: Registo do Consumo de Gás Natural em 2013, em metros cúbicos.....	23
Figura 3.11: Registo dos Custos de Gás Natural em 2013, em euros	23
Figura 3.12: Esquema da entrada da alimentação	24
Figura 3.13: Registo do Consumo de Energia Elétrica em 2013, em kwh	25
Figura 3.14: Registo dos Totalizadores de Consumo de Energia Elétrica em 2013	25
Figura 3.15: Registo dos Custos da Energia Elétrica em 2013.....	26
Figura 3.16: Registo do Custo total de Energia Elétrica em 2013	27
Figura 3.17: Registo da Distribuição do Consumo das várias fontes de Energia em 2013 (tep)	28
Figura 3.18: Registo das Emissões de Gases com Efeito de Estufa.....	28
Figura 5.1: Princípio de funcionamento [11].....	57
Figura 5.2: Registo do Consumo de Energia Reativa em 2013, em kvarh	58
Figura 5.3: Registo dos Custos da Energia Reativa em 2013, em euros	58
Figura 5.4: Equipamento existente	59
Figura 5.5: Compensação global. Bateria de Condensadores ligada ao Quadro Geral da Instalação [11]	60
Figura 5.6: Princípio de funcionamento da compensação automática de uma instalação.....	60
Figura 6.1: Compressor Mattei 55ac.....	65
Figura 6.2: Esquema de funcionamento do Ar Comprimido	66
Figura 7.1: Espectro eletromagnético [11]	71
Figura 7.2: Câmara termográfica Fluke Ti27 [14].....	72
Figura 7.3: Comportamento da elevação de perdas em motores devido a Desequilíbrio da Tensão.....	73
Figura 7.4: Imagem e gráfico da parte inferior do Forno da Lacagem	74
Figura 7.5: Imagem e gráfico da parede lateral do Forno da Lacagem	74
Figura 7.6: Imagem e gráfico da parte superior do forno da Lacagem.....	74
Figura 7.7: Imagem e gráfico dos cabos das fases do QGBT1	75
Figura 7.8: Imagem e gráfico dos cabos das fases do QGBT2	75
Figura A.1: Diagrama de carga do QGBT1	82
Figura A.2: Diagrama de carga do QGBT2	83
Figura B.1: Simulação da Iluminação existente na Anodização.....	85
Figura B.2: Simulação da Iluminação existente no Armazém	86
Figura B.3: Simulação da Iluminação existente no Armazém de Pintura	86
Figura B.4: Simulação da Iluminação existente no Arquivo1.....	87
Figura B.5: Simulação da Iluminação existente no Arquivo2.....	87
Figura B.6: Simulação da Iluminação existente no Escritório1	88

Figura B.7: Simulação da Iluminação existente no Escritório2	88
Figura B.8: Simulação da Iluminação existente na Garagem e Arrumos	89
Figura B.9: Simulação da Iluminação existente no Laboratório	89
Figura B.10: Simulação da Iluminação existente na Lacagem	90
Figura B.11: Simulação da Iluminação existente na Oficina	90
Figura B.12: Simulação da Iluminação existente no Polimento	91
Figura B.13: Simulação da Iluminação existente no Refeitório.....	91
Figura B.14: Simulação da Iluminação existente na Sala de Controlo do Armazém	92
Figura B.15: Simulação da Iluminação existente no Vestiário Feminino	92
Figura B.16: Simulação de Iluminação existente no Vestiário Masculino	93
Figura B.17: Simulação da Iluminação existente no WC Feminino.....	93
Figura B.18: Simulação de Iluminação existente no WC Masculino	94
Figura B.19: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Armazém de Pintura.....	99
Figura B.20: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Escritório1	99
Figura B.21: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Escritório2.....	100
Figura B.22: Simulação da proposta de Iluminação T5 na Garagem e Arrumos.....	100
Figura B.23: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Laboratório.....	101
Figura B.24: Simulação da proposta de Iluminação T5 na Oficina	101
Figura B.25: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Polimento	102
Figura B.26: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Refeitório.....	102
Figura B.27: Simulação da proposta de Iluminação T5 na Sala de Controlo do Armazém	103
Figura B.28: Simulação da proposta de Iluminação T5 no WC Masculino	103
Figura B.29: Simulação da proposta de Iluminação Led no Armazém de Pintura	105
Figura B.30: Simulação da proposta de Iluminação Led no Escritório1	105
Figura B.31: Simulação da proposta de Iluminação Led no Escritório2	106
Figura B.32: Simulação da proposta de Iluminação Led na Garagem e Arrumos	106
Figura B.33: Simulação da proposta de Iluminação Led no Laboratório	107
Figura B.34: Simulação da proposta de Iluminação Led no Polimento	107
Figura B.35: Simulação da proposta de Iluminação Led no Refeitório	108
Figura B.36: Simulação da proposta de Iluminação Led na Sala de Controlo do Armazém	108
Figura B.37: Simulação da proposta de Iluminação Led no Vestiário Masculino.....	109
Figura B.38: Simulação da proposta de Iluminação Led no WC Masculino.....	109
Figura C.1: Perfil de funcionamento da Central de Ar Comprimido	112

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 - Ficha de Identificação da Empresa	13
Tabela 3.2 - Características dos Compressores.....	19
Tabela 3.3 - Levantamento da Iluminação	20
Tabela 3.4 - Horário de Funcionamento	21
Tabela 3.5 - Frota de Veículos	21
Tabela 3.6 - Produção Trimestral em quantidades no ano de 2013	21
Tabela 3.7 - Vab referente ao ano de 2013	22
Tabela 3.8 - Preços em vigor em Setembro de 2013	26
Tabela 3.9 - Fatores de Conversão	27
Tabela 3.10 - Registo dos Consumos por forma de Energia	27
Tabela 3.11 - Determinação das Emissões De Gases com Efeito de Estufa	28
Tabela 3.12 - Consumos mensais de Energia em 2013 (tep)	29
Tabela 3.13 - Custos Globais Associados ao Consumo Energético	29
Tabela 3.14 - Consumo Anual de Energia Elétrica por Equipamento	30
Tabela 3.15 - Potência e Fator de Utilização dos Equipamentos da Linha de Produção e Utilidades	30
Tabela 3.16 - Consumo de Gás Natural por Equipamento no Ano de Referência.....	32
Tabela 3.17 - Desagregação do Consumo de Gás Natural por Equipamento, no Ano de Referência	32
Tabela 3.18 - Consumo de Gás Natural dos Equipamentos da Anodização	33
Tabela 3.19 - Consumo de Gás Natural dos Equipamentos da Lacagem	33
Tabela 3.20 - Distribuição dos Consumos de Energia Total por Setor	34
Tabela 3.21 - Consumos Energéticos nos dois Setores Produtivos	34
Tabela 3.22 - Desagregação de todas as Formas de Energia Consumidas na Empresa	35
Tabela 3.23 - Consumo Energético Total por Setor Produtivo	35
Tabela 3.24 - Comparação do Consumo Total De Energia	36
Tabela 3.25 - Comparação dos Valores de Produção	36
Tabela 3.26 - Comparação das Emissões de Co ₂	36
Tabela 3.27 - Comparação do Indicador Consumo Específico de Energia.....	36
Tabela 3.28 - Comparação do Indicador Intensidade Carbónica.....	36
Tabela 3.29 - Comparação do Consumo Total de Energia	37
Tabela 3.30 - Comparação dos valores de Produção	37
Tabela 3.31 - Comparação das Emissões de Co ₂	37
Tabela 3.32 - Comparação do Indicador Consumo Específico de Energia.....	37
Tabela 3.33 - Comparação do Indicador Intensidade Carbónica.....	37
Tabela 3.34 - Comparação do Consumo Total de Energia	37
Tabela 3.35 - Comparação do Valor Acrescentado Bruto	38
Tabela 3.36 - Comparação do Indicador Intensidade Energética.....	38
Tabela 4.1 - Potência Consumida para cada Conjunto Lâmpada + Balastro.....	41
Tabela 4.2 - Preço e Vida Útil das Lâmpadas Existentes	42
Tabela 4.3 - Registo dos custos da Iluminação Existente	48
Tabela 4.4 - Resultado dos Balastros Eletrónicos na Iluminação Existente.....	48
Tabela 4.5 - Resultados da Iluminação T5.....	50
Tabela 4.6 - Resultados da Iluminação Led	52
Tabela 4.7 - Comando da Iluminação Existente e Proposta	53

Tabela 4.8 - Resultado da Instalação de Balastros Eletrônicos na Iluminação Existente	53
Tabela 4.9 - Resultado da Instalação de Balastros Eletrônicos na Iluminação Existente por Setor.....	54
Tabela 4.10 - Resultado da Troca da Iluminação Fluorescente T8 por T5.....	54
Tabela 4.11 - Resultado da Troca da Iluminação Fluorescente T8 para T5 por Setor	54
Tabela 5.1 - Regras de Faturação da Energia Reativa Indutiva [11]	61
Tabela 5.2 - Fatores Multiplicativos por Escalão de Faturação de Energia Reativa Indutiva...	62
Tabela 5.3 - Preços dos diferentes Escalões com o Respetivo Fator Multiplicativo (em Setembro De 2013).....	62
Tabela 6.1 - Resultado da Eliminação de Fugas do Ar Comprimido.....	68
Tabela 6.2 - Resultado da Eliminação de Fugas do Ar Comprimido por Setor	68
Tabela 6.3 - Resultado do Deslocamento da Necessidade de Ar Comprimido no Sábado (sem perdas).....	68
Tabela 6.4 - Resultado do Deslocamento da Necessidade de Ar Comprimido no Sábado (sem perdas) Por Setor.....	68
Tabela 6.5 - Resultado do Deslocamento da Necessidade de Ar Comprimido no Sábado (com perdas).....	68
Tabela 6.6 - Resultado do Deslocamento da Necessidade do Ar Comprimido (com perdas) por Setor.....	69
Tabela 6.7 - Resultado da Eliminação de Fugas de Ar Comprimido + Deslocamento das Necessidades de Sábado	69
Tabela 6.8 - Resultado sa Eliminação se Fugas so Ar Comprimido + Deslocamento das Necessidades de Sábado (por Setor)	69
Tabela 7.1 - Especificações de Temperatura Referentes à Câmara <i>Fluke Ti27</i> [14]	72
Tabela B.1 - Comparação de Iluminância da Iluminação Existente	95
Tabela B.2 - Registo da Iluminação Existente	96
Tabela B.3 - Preço dos Balastros Eletrônicos	97
Tabela B.4 - Preço das Lâmpadas Fluorescente T5 e de Kits de Luminárias com Lâmpadas Fluorescentes T5	97
Tabela B.5 - Preços e Vida Útil das Luminárias Led	97
Tabela B.6 - Registo da Comparação entre Iluminância Proposta de Substituição por T5 e Iluminância Recomendada.....	98
Tabela B.7 - Registo da Comparação entre Iluminância Proposta de Substituição por Led e Iluminância Recomendada.....	104

Abreviaturas

ADENE	Agência para a Energia
ANET	Associação Nacional dos Engenheiros Técnicos
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
ARCE	Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia
CAE	Classificação Portuguesa das Atividades Económicas
CIE	Consumidoras Intensivas de Energia
CMVMC	Custo das mercadorias vendidas e das matérias consumidas
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EDP	Energias de Portugal
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FSE	Fornecimentos e serviços externo
HC	Horas de Período de Cheias
HP	Horas de Período de Pontas
HSV	Horas de Super Vazio
HVN	Horas de Vazio Normal
IE	Índice de Eficiência
IK	Índice de Proteção contra danos mecânicos
IP	Índice de Proteção Contra Corpos Sólidos
ISP	Imposto Sobre os Produtos Petrolíferos e Energéticos
NETA	<i>International Electrical Testing Association</i>
OE	Ordem dos Engenheiros
ORC	Oportunidades de Redução de Consumos
PCI	Poder Calorífico Inferior
PIR	Infravermelhos Passivos
PNALE	Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão
PREn	Planos de Racionalização do Consumo de Energia
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
REP	Relatórios de execução e progresso
RGCE	Regulamento de Gestão do Consumo de Energia
Rpm	Rotações Por Minuto
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior dos Edifícios
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos

TEP	Toneladas Equivalente de Petróleo
THD	Taxa de Distorção Harmónica
URE	Utilização Racional de Energia
VAB	Valor Acrescentado Bruto

ρ	Grau de reflexão da superfície
E_m	Iluminância média
E_{min}	Iluminância mínima
$E_{máx}$	Iluminância máxima

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo introdutório apresenta-se os objetivos que estiveram presentes no desenvolvimento deste trabalho e a estrutura da dissertação.

É feita uma breve apresentação da empresa proponente e da unidade industrial alvo do estudo, mostrada a sua realidade no contexto da indústria nacional, indicadas as restrições requeridas pelos seus decisores, bem como justificada a necessidade de uma melhor eficiência energética sem que alguma medida possa implicar uma alteração da qualidade do produto desenvolvido pela empresa.

1.1 Enquadramento do Projeto

Este trabalho é desenvolvido em ambiente empresarial na empresa *Ecoinside - soluções em ecoeficiência e sustentabilidade, Lda.*, que nasceu em Janeiro de 2006 em resultado do 1º curso de empreendedorismo da Universidade do Porto, e está localizada no Edifício Reflexos, na Rua Júlio Dinis, no Porto. Presta serviços na área da ecoeficiência, sustentabilidade ambiental e valorização económica da biodiversidade a instituições e empresas de todos os ramos de atividade, desde comércio, serviços até à indústria extrativa, produtora ou transformadora.

O caso de estudo teve por base um cliente da *Ecoinside*. Uma indústria de tratamento de alumínio, nomeadamente estruturas de alumínio anodizado e lacado. A sua constituição remonta ao ano de 1980, em 2009 foi transformada em Sociedade Anónima. Visando a respetiva certificação no âmbito “Tratamento e Comercialização de Alumínio” iniciou o desenvolvimento e implementação do Sistema de Gestão de Qualidade de acordo com a norma NP EN ISSO 9001:2008.

É um consumidor intensivo de energia que ultrapassa largamente os 500tep/ano mas inferior a 1000tep/ano. A empresa teve um consumo energético de 949 tep no ano de referência, em 2010, que de acordo com a legislação em vigor necessita efetuar uma redução de 4%, traduzindo-se numa redução de 38 tep em 8 anos, assumindo as mesmas condições de funcionamento do ano de referência.

Sendo portanto um caso de estudo real e já acompanhado pela *Ecoinside*, foi facultada a documentação da Auditoria Energética no ano de referência de 2010, o Relatório de Execução e Progresso Bienal 2011-2012, e os Relatórios de Acompanhamento do ARCE trimestrais desde 2011 até ao 2º trimestre de 2013.

1.2 Objetivos do Projeto

O trabalho desenvolvido na empresa constitui um desenvolvimento de propostas de medidas e atitudes por forma a melhorar a eficiência energética existente na unidade industrial.

Apresentaram-se inicialmente nesse sentido os seguintes objetivos:

1. Analisar e determinar os gastos de energia;
2. Propor ações/medidas de alteração;
3. Propor equipamentos complementares ou alternativos aos existentes, visando uma diminuição de consumo;
4. Analisar o desenvolvimento.

Na avaliação dos possíveis setores a intervir surgiu a necessidade de procurar propostas potencialmente mais baratas em termos de investimento inicial. Deste modo procedeu-se à análise termográfica que inicialmente não estava prevista, a diversos setores e em diferentes aplicações.

Neste trabalho tentou-se proceder a uma atualização mais eficiente das instalações da empresa, que se apresenta apesar de competitiva, com algumas falhas e de certo modo envelhecida.

1.3 Estrutura do Relatório

A estrutura deste trabalho contém além deste capítulo introdutório de apresentação de todo o trabalho, mais 7 capítulos que são:

- Capítulo 2, aborda-se o tema auditoria energética, toda a sua base teórica, e os motivos para a importância da eficiência energética nesta empresa.
- Capítulo 3, referente à caracterização da empresa, onde se apresenta todo o processo produtivo e os seus gastos energéticos, globalmente e por processo envolvido na empresa.
- Capítulo 4, faz-se o levantamento de toda a iluminação em uso na atualidade e se estuda e propõe soluções como medidas ou equipamentos alternativos, e todo o estudo de viabilidade das mesmas.
- Capítulo 5, referente ao estudo de compensação do fator potência, de modo a atualizar o equipamento já existente através de um estudo de viabilidade com a finalidade de baixar ainda mais o valor de energia reativa cobrado à empresa.
- Capítulo 6, faz-se uma análise a todo o sistema de ar comprimido, com objetivo de rever as necessidades reais deste equipamento na empresa e detetar possíveis perdas energéticas não só na máquina mas em toda a rede de ar comprimido, provocadas por falta de manutenção adequada.

- Capítulo 7, análise termográfica. Nesta fase do trabalho reconheceu-se as limitações resultantes da necessidade de encontrar oportunidades de redução de consumo com baixo investimento, e efetuou-se uma análise termográfica no sentido de se poder encontrar novas soluções que pudessem tirar mais partido da equipa de manutenção da empresa baixando o investimento inicial.
- Capítulo 8, conclusões, aqui descrevem-se as conclusões deste trabalho e resumem-se as possíveis poupanças energéticas resultantes.

1.4 Trabalho Desenvolvido

O trabalho desenvolvido ao longo de todo o período de estágio consistiu na recolha de dados energéticos e seu tratamento, estudo de soluções alternativas e de medidas de alteração de comportamentos com vista a atingir os objetivos iniciais, de uma melhor eficiência energética sem prejuízo para o produto desenvolvido pela empresa.

1.5 Estudo de Soluções

Após levantamento de gastos energéticos e compreensão da atividade da empresa, efetuou-se pesquisas e estudos pormenorizados de possíveis soluções. Estas pesquisas centraram-se em estudos efetuados anteriormente, catálogos de fabricantes, manuais técnicos e bibliografia recente tendo como preocupação atender às necessidades reais da empresa e estudando a sua viabilidade caso a caso. Por isso foram pensadas propostas em setores de forma independente dos restantes, e outras numa visão global em que mais do que um setor beneficia de uma mesma proposta.

Algumas medidas surgem como implementação imediata, enquanto outras podem ser aplicadas mais tarde quando surgir uma avaria nos equipamentos já existentes. O estudo teve ainda em consideração e foi pensado de modo a obter a aceitação dos decisores da empresa.

1.6 Proposta e Implementação de Soluções

Durante o período de execução do trabalho foram efetuadas várias correções do tipo de medidas a implementar no sentido de melhor atender às necessidades do cliente. No sentido de partilha e ajuda foram discutidas ideias de implementação de soluções com os funcionários encarregues pela manutenção, com a equipa responsável pela auditoria e estudos de propostas anteriores, e junto de fornecedores de produtos e serviços.

Procurou-se, objetivamente, referir as diferentes soluções de acordo com o investimento e período de retorno necessário à sua implantação de acordo com a orientação dos estudos de soluções, definindo pontos de viabilidade por parte da empresa.

Capítulo 2

Auditorias Energéticas

De uma forma simples pode dizer-se que uma auditoria é um levantamento energético ou uma análise de energia para avaliar onde um edifício utiliza energia, seguido de procura de oportunidades de redução de consumo, onde são recolhidos elementos necessários à elaboração do Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn).

No artigo terceiro do capítulo 1 do Decreto-Lei n.º 319/2009 de 3 de Novembro, define-se auditoria energética como “um procedimento sistemático através do qual se obtêm conhecimentos adequados sobre o perfil de consumo de energia de um edifício ou de um conjunto de edifícios, de uma atividade e ou instalação industrial ou de serviços públicos ou privados, se identificam e quantificam as oportunidades de economias de energia com boa relação custo-eficácia e se dá a conhecer os resultados”.

As auditorias são acessíveis aos consumidores dos setores doméstico, comercial e industrial. Para o setor doméstico e comercial, no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios (SCE), criado pelo Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril, e para o sector industrial, no âmbito do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), criado pelo Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de Abril.

As auditorias são obrigatórias nas instalações com consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, e instalações com consumo igual ou superior a 500 tep/ano, tratadas diferenciadamente.

Para instalações com consumo igual ou superior a 1000 tep/ano, as auditorias devem ser realizadas de seis em seis anos, tendo a primeira auditoria de ser realizada num período de 4 meses após o registo, e todas as medidas identificadas com período de retorno de investimento inferior ou igual a cinco anos devem ser implementadas nos primeiros três anos.

Nas instalações com 500 tep/ano ou mais, a periodicidade de auditorias é de oito anos, tendo a primeira de ser efetuada no ano seguinte após o registo, e devem ser implementadas nos primeiros três anos as medidas com período de retorno de investimento inferior ou igual a três anos.

Com base nas medidas identificadas e previstas para casa instalação, no PReN são também estabelecidas metas relativas aos indicadores energéticos:

- Intensidade Energética;
- Consumo Específico de Energia;
- Intensidade Carbónica.

No caso de instalações com consumo igual ou superior a 1000 tep/ano, a meta define no mínimo uma melhoria de 6% nos indicadores Intensidade Energética e Consumo Específico de Energia em seis anos, ou uma melhoria de 4% nas instalações com 500 ou mais tep anuais. Para ambas as instalações referidas é também imposto no mínimo a manutenção dos valores de Intensidade Carbónica.

Em síntese podem enumerar-se várias vantagens em fazer uma auditoria energética resultantes do conhecimento mais profundo das instalações e do custo energético, como:

- Aumento da eficácia do sistema energético;
- Melhor eficiência dos equipamentos;
- Redução da fatura energética;
- Redução dos custos associados à manutenção;
- Maior controlo dos consumos de energia;
- Aumento da competitividade nos mercados internos e externos;
- Menores impactos ambientais.

“A área da energia é dos sectores mais críticos e mais importantes para a mudança de paradigma nas sociedades modernas (...) Sendo que metade do endividamento externo do país diz respeito a fatura energética e ao petróleo” Ex-Primeiro ministro de Portugal - José Sócrates -24/11/2009

2.1 Indicadores Energéticos

De acordo com o Decreto-Lei 71/2008 e o Despacho nº 17449/2008 os indicadores energéticos a determinar na auditoria energética são o Consumo Específico de Energia (2.1), a Intensidade Energética (2.2) e a Intensidade Carbónica (2.3).

$$\text{Consumo Especifico de Energia} = \frac{\text{consumo total de energia (kgep)}}{\text{Produção Total (uni)}} \quad (2.1)$$

De acordo com o Decreto-Lei nº 71/2008, Intensidade Energética é definida pelo rácio entre o consumo total de energia (considerando apenas 50 % da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o valor acrescentado bruto das atividades empresariais diretamente ligadas a essas instalações industriais e, sempre que aplicável, pelo quociente entre o consumo total de energia (considerando apenas 50 % da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o volume de produção, (2.2):

$$\text{Intensidade Energética} = \frac{\text{consumo total de energia (kgep)}}{\text{VAB (€)}} \quad (2.2)$$

A Intensidade Carbónica é definida como sendo a medida entre o quociente do valor das emissões de gases de efeito de estufa resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo e o respetivo consumo total de energia. Assim, tem-se, (2.3):

$$\text{Intensidade Carbónica} = \frac{\text{Emissão de gases com efeito de estufa (kgCO}_2\text{e)}}{\text{Consumo total de energia (kgep)}} \quad (2.3)$$

2.2 Metodologia Geral para a Realização de Auditorias de Energia

A realização de uma auditoria pode ser dividida em diferentes fases:

1. Recolha de Dados;
2. Intervenção no Local;
3. Tratamento dos Dados;
4. Elaboração do Relatório da Auditoria.

A recolha de dados deve ser feita no início da auditoria de modo a ser organizada toda a informação e dar uma perspetiva geral das especificações das instalações. Deve ser recolhida toda a informação existente sobre os consumos, custos, processos envolvidos na indústria, equipamentos utilizados, entre outros, recorrendo a:

- Faturas energéticas;
- Inventário de equipamentos.
- Dados relativos a auditorias anteriores;
- Testes e medições realizadas em equipamentos;
- Períodos de funcionamento de equipamentos;
- Plantas das instalações, diagramas de processo;
- Entrevistas;
- Manuais dos equipamentos.

A Intervenção no local deve proceder a medições e monitorizações com o auxílio de equipamentos de registo, análises do processo produtivo, estabelecimento dos fluxos de energia e recolha de informação energética da unidade industrial.

No caso de uma unidade industrial como a deste trabalho, indicam-se alguns exemplos a analisar:

- Processo de fabrico de produtos;
- Iluminação;
- Bombas;
- Compressores;
- Ventiladores;
- ...

De seguida passa-se ao tratamento dos dados recolhidos com a finalidade de avaliação do potencial de energia que poderá ser economizada, determinação de balanços energéticos e consumos. Pode por exemplo estudar-se a viabilidade de:

- Novos dispositivos, sistemas ou equipamentos;
- Recurso a variadores eletrónicos de velocidade nos motores elétricos;
- Motores elétricos de maior eficiência;
- Utilização de ventilação natural;
- Iluminação mais eficiente;
- Iluminação natural;
- Análise de perdas no ar comprimido;
- Sistemas de controlo de corte de picos;
- ...

Depois dos processos de recolha e tratamento de dados, toda a informação e documentação é organizada num relatório, cujo conteúdo depende do grau de complexidade da auditoria e do tipo da instalação auditada, se é doméstica ou industrial. O Relatório deve ser acessível de modo a que a sua interpretação não exija um elevado conhecimento técnico.

De um modo geral devem conter os seguintes elementos:

- Informação básica sobre a empresa;
- Contabilidade energética;
- Análise da utilização de energia por produto ou processo;
- Medidas de racionalização de energia;
- Análise económica.

Um possível exemplo de estrutura para o relatório da auditoria de energia pode ser a que se segue [1]:

Sumário

- 1 - Caracterização Da Empresa
 - 1.1 - Ficha De Identificação
 - 1.2 - Resenha Histórica
 - 1.3 - Processo Produtivo
 - 1.3.1 - Fluxograma Do Processo Produtivo
 - 1.3.2 - Descrição Do Processo Produtivo
 - 1.4 - Matérias Primas E Materiais Reciclados
 - 1.5 - Frota De Transportes
- 2 - Caracterização Energética Da Empresa (Últimos Três Anos)
 - 2.1 - Consumos E Custos De Energia
 - 2.2 - Produtos Finais
 - 2.4 - Consumos Específicos De Energia
 - 2.5 - Análise Da Fatura Energética Nos Custos De Exploração
 - 2.6 - Análise Da Intensidade Energética
- 3 - Consumos E Custos De Energia (Últimos Doze Meses)
 - 3.1 - Consumos E Custos Por Forma De Energia
- 4 - Consumos Específicos De Energia Mensais (Últimos Doze Meses)
 - 4.1 - Relação Entre O Consumo De Energia E A Produção
 - 4.2 - Relação Entre O Consumo Especifico De Energia E A Produção
- 5 - Distribuição Dos Consumos Energéticos Por Sector Produtivo E Serviços Auxiliares
- 6 - Análise De Alguns Equipamentos Produtivos
- 7 - Serviços Auxiliares

- 7.1 - Sector Eléctrico
 - 7.1.1 - Alimentação E Distribuição Eléctrica
 - 7.1.2 - Iluminação
 - 7.1.3 - Ar Comprimido
- 7.2 - Sector Térmico
 - 7.2.1. - Produção E Distribuição De Vapor
- 8 - Gestão De Energia
- 9 - Resumo Das Potenciais Economias
- 10 - Conclusões

2.3 Tipos de Auditorias Energéticas

Pode fazer-se distinção do tipo de auditorias quanto à sua complexidade, as Auditorias Simples e as Auditorias Completas, cada uma destinada a ir de encontro com as intenções de quem as requisita ou de quem as realiza, sobretudo devido à qualidade dos resultados.

As Auditorias Simples podem ser suficientes para que seja cumprida a legislação, mas normalmente não é capaz de determinar a melhor solução técnica e económica, têm a vantagem de ter curta duração possibilitando a obtenção de resultados num intervalo de tempo e custos mais reduzidos.

As Auditorias Simples utilizam a informação dos consumos através de faturação dos diferentes tipos de energia. Na indústria é complementada com a informação relativa ao processo ou setor, incluindo fatores de utilização e características dos equipamentos, nos edifícios permite estabelecer o consumo específico ou o Índice de Eficiência Energética (IEE), e ser comparado com valores pré-estabelecidos de consumos padrão.

As Auditorias Simples podem ainda ser Sintéticas, com a elaboração do relatório com a síntese de consumos, ou podem ainda ser auditorias simples Genéricas ou Deambulatórias, em que também são realizadas visitas ao local para análise de condições de funcionamento e elaboração de um relatório com “check-list” resumida dos sistemas.

As Auditorias Completas permitem a monitorização de sistemas baseado no conhecimento prévio do tipo de instalações a auditar. As medições variam em número e podem envolver condições interiores e exteriores, medição desagregada do consumo dos equipamentos ou dos setores.

As Auditorias Completas podem ser divididas em Analíticas e Tecnológicas. Nas Analíticas além do previsto nas Auditorias Simples faz-se uma análise dos consumos por equipamento e que constituirá uma “check-list” exhaustiva, nas Tecnológicas além do previsto nas Auditorias Completas Analíticas prevê-se ainda uma alteração dos processos.

2.4 Instrumentação e Medidas

Para a realização de auditorias são necessários equipamentos que permitam a aquisição e monitorização de dados referentes a consumos desagregados ou globais, com as instalações em funcionamento ou desativadas. Nos casos em que é necessária uma recolha de dados durante longos períodos de tempo, devem ser considerados equipamentos de recolha automáticos.

Todos os dados devem ser organizados de forma rigorosa, utilizando por exemplo gráficos e tabelas, que depois de trabalhados permitem cálculos de perdas energéticas e estudo de viabilidade de novas soluções mais eficientes.

Dos instrumentos que são normalmente utilizados destacam-se:

- Analisadores de grandezas elétricas - Permitem a leitura e registo de gráficos ou dados de grandezas elétricas como potências ativa e reativa, fator de potência, frequência, diferença de potencial, corrente e resistência, harmónicos. Permitem, por exemplo, fazer o traçado do diagrama de cargas de uma instalação/carga.
- Anemómetros - Usados para medição do fluxo de ar.
- Termómetros e termopares - Para medir temperaturas de locais ou equipamentos em funcionamento.
- Tacómetros e estroboscópios - Usados para medir velocidades lineares e angulares.
- Medidores de caudal - Medem o fluxo de fluidos.
- Fita métrica - Usada para medir as dimensões como paredes, tetos, janelas ou distâncias entre equipamentos.
- Multímetros - Estes equipamentos incorporam diversos instrumentos de medidas elétricas num único aparelho como voltímetro, amperímetro, ohmímetro, frequencímetro, termómetro entre outros.
- Luxímetro - Para medição dos níveis de iluminância de um local.

Os níveis de iluminância obtidos com o luxímetro devem ser posteriormente comparados com os níveis de iluminância recomendados para o tipo do local, e podem ser usados *softwares* para tratamento e simulação da iluminação existente ou proposta.

2.5 Enquadramento Legal

As Auditorias Energéticas têm de satisfazer a legislação em vigor e nomeadamente o disposto no Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), no Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de Abril, Portaria 519/2008 de 25 de Junho, Despacho nº 17313/2008 de 26 de Junho, Despacho nº 17449/2008 de 27 de Junho e Decreto-Lei nº 319/2009, de 3 de Novembro pelo Ministério da Economia e Inovação.

2.5.1 Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de Abril

Este decreto-lei regula o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia (SGCIE), com o objetivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia. É constituído pelos seguintes artigos: Âmbito de aplicação; Organização e funcionamento do SGCIE; Operador de instalações CIE; Registo; Auditorias energéticas; Plano de Racionalização do Consumo de Energia; Aprovação do PREN; Controlo de execução e progresso do ARCE; Reconhecimento de técnicos ou entidades; Isenção de ISP; Incentivos; Fiscalização; Penalidades; Contraordenações e coimas; Sanções acessórias; Competência sancionatória e destino das receitas das coimas; Taxas; Regulamentação técnica; Norma revogatória e Disposições finais e transitórias.

2.5.2 Despacho nº 17313/2008 de 26 de Junho

Este despacho procede à publicação dos fatores de conversão para tonelada equivalente petróleo (tep) de teores em energia de combustíveis selecionados para utilização final, bem como dos respetivos fatores para cálculo da Intensidade Carbónica pela emissão de gases com efeito de estufa, referidos a quilograma de CO₂ equivalente (kgCO₂e).

2.5.3 Decreto-Lei nº 319/2009 de 3 de Novembro

Estabelece objetivos e instrumentos que devem ser utilizados para incrementar a relação custo-eficácia da melhoria da eficiência na utilização final de energia. É suportado nos seguintes artigos: Âmbito de aplicação; Definições; Controlo e implementação; Eficiência na utilização final de energia no sector público; Distribuidores de energia, operadores das redes de distribuição e comercializadores de energia a retalho; Disponibilidade da informação; Instrumentos financeiros para as medidas de economia de energia; Fundo de eficiência energética e mecanismos de financiamento; Auditorias energéticas; Contagem e faturação discriminada do consumo de energia; Relatórios e Entrada em vigor.

2.5.4 Despacho nº 17449/2008 de 27 de Junho

Elementos a considerar na realização de auditorias energéticas, na elaboração dos planos de racionalização do consumo de energia (PREn) e nos relatórios de execução e progresso (REP).

2.5.5 Portaria 519/2008 de 25 de Junho

Regula o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia (SGCIE), instituído com o objetivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia, prevê que os operadores, para cumprirem as

obrigações decorrentes deste diploma, devem recorrer a técnicos ou entidades credenciadas pela Direção -Geral de Energia e Geologia (DGEG).

Capítulo 3

Caracterização da Unidade Industrial

A unidade industrial alvo de estudo é neste capítulo caracterizada desde os seus processos produtivos à utilização de energia.

Para esta caracterização foram usadas informações anteriormente estudadas aquando da auditoria inicial cedidas pela *Ecoinside*, assim como novas monitorizações e análises à faturação recente de gastos energéticos, cedida pela empresa em questão.

Para uma análise, em termos de eficiência, é necessária uma ambientação à empresa que permita um conhecimento suficientemente profundo dos fluxos produtivos.

3.1 Ficha de Identificação

Na ficha de identificação, tabela 3.1, são registadas todas as informações relativas à empresa. Destaca-se aqui as atividades económicas a que se dedica e o número atual de trabalhadores.

Tabela 3.1: Ficha de identificação da empresa

Nome:			
Contacto:			
Endereço:			
Código postal:			
Conselho:		Distrito:	
Telefone:		Fax:	
Site:			
CAE ¹ Principal:	25610 - Tratamento e revestimento de metais		
CAE Secundário:	25120 - Fabricação de portas, janelas e elementos similares em metal		
Nº de trabalhadores:	72	NIF:	

¹ O Decreto-Lei n.º 381/2007 de 14 de Novembro estabelece a Classificação Portuguesa de Atividades Económicas (CAE), que constitui o quadro comum de classificação de atividades económicas a adotar a nível nacional.

3.2 Fluxograma Produtivo da Empresa

O processo produtivo desenvolvido na empresa consiste essencialmente num tratamento eletrolítico de superfícies de alumínio. Este processo tem como objetivo conferir maior resistência à corrosão, proteção, durabilidade e aspeto estético decorativo, para tal são aplicados aos perfis revestimentos inorgânicos. Desta forma, o processo produtivo pode ser dividido em duas secções, a Secção de Anodização e Polimento e a Secção de Lacagem. O fluxograma da atividade industrial encontra-se na figura 3.2.

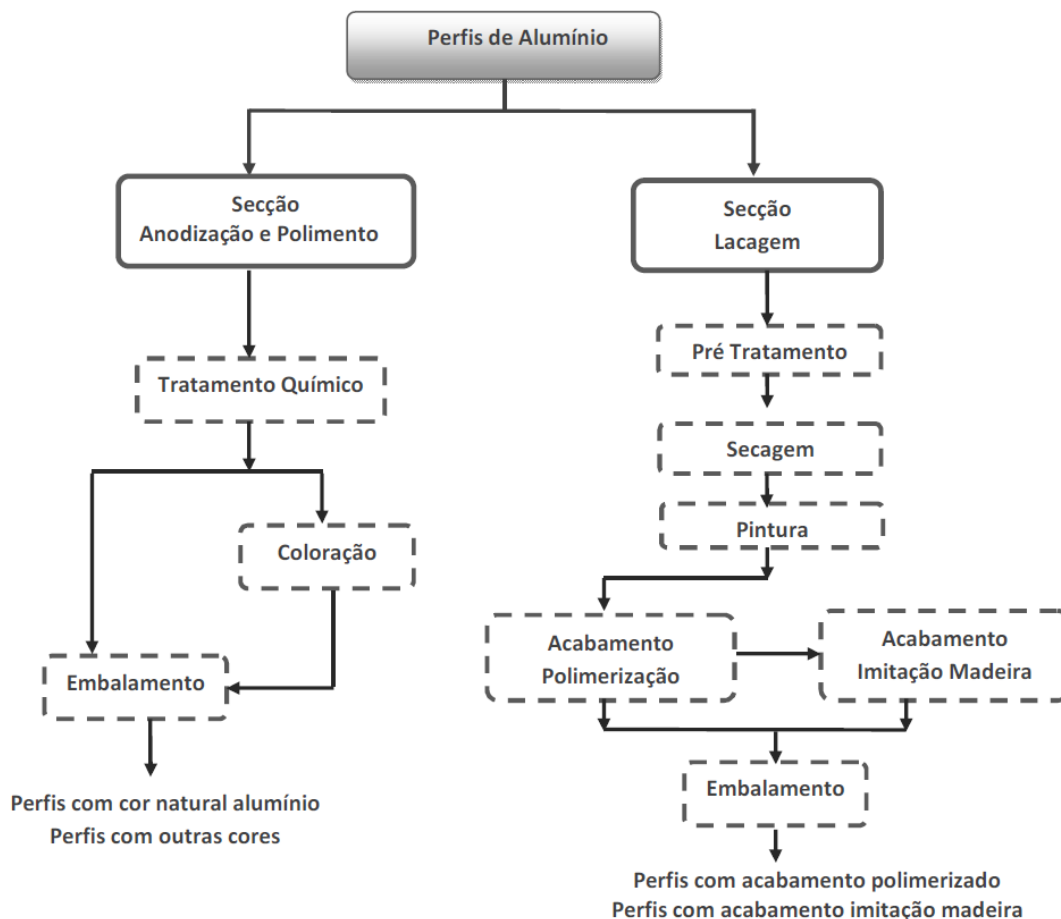


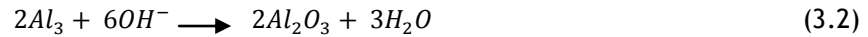
Figura 3.1: Fluxograma da atividade industrial

3.2.1 Secção de Anodização e Polimento

A anodização é um processo eletroquímico, no qual em meio ácido é promovida a corrosão controlada do alumínio por forma a provocar o crescimento artificial e acelerado da película de óxido que cobre naturalmente o alumínio para espessuras bastantes superiores. As reações envolvidas são as seguintes:

Reação eletroquímica de formação do óxido de alumínio (alumina):





Reação química de dissolução do óxido em meio ácido:

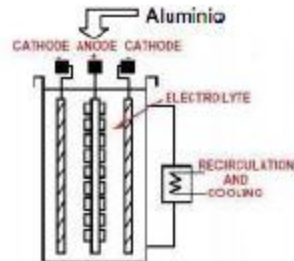
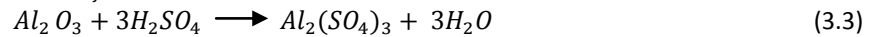


Figura 3.2: Esquema de uma célula de Anodização

Neste processo o alumínio é o ânodo e é suspenso numa solução eletrolítica ácida (com concentração e temperatura controlada) por onde passa uma corrente adequada, como ilustrado na figura 3.2. Existem vários processos de anodização que se distinguem entre si pelo banho de ácido usado e por variarem algumas das condições operatórias. Os mais comuns são: o ácido sulfúrico, o ácido oxálico, o ácido fosfórico e o ácido crômico.

O processo mais usado industrialmente para a produção do alumínio anodizado, e utilizado neste caso em concreto, é o ácido sulfúrico.

Resumindo, esta secção tem como principal objetivo conferir aos perfis de alumínio características contra a corrosão.

Numa primeira fase os perfis de alumínio são introduzidos numa máquina de polir, para que fiquem com um aspeto liso, brilhante e melhorem as suas propriedades para os processos seguintes.

A segunda fase deste processo consiste num tratamento químico que pode ser descrito pelas seguintes fases:

- Desengordurante Alcalino;
- Lavagem;
- Acetinagem (Banho alcalino) - Imersão dos bastidores com os perfis ou chapas em tanques com banho alcalino para garantir uniformização superficial dos perfis de alumínio;
- Decapagem alcalina - Imersão dos bastidores com os perfis ou chapas em tanques com banho alcalino para remoção de partículas superficiais para garantia de total uniformização da superfície dos perfis de alumínio;
- Lavagens em cascata (duas lavagens consecutivas);
- Neutralização Ácida - Imersão dos bastidores com os perfis ou chapas em tanques para retirar a alcalinidade decorrente da imersão dos banhos anteriores;
- Lavagem;
- Anodização (ácido sulfúrico em duas tinas) - Imersão dos bastidores com os perfis ou chapas em tanques para formação de uma camada anódica por efeito eletrolítico;
- Lavagem em cascata (duas lavagens consecutivas);

- Cor eletrolítica;
- Lavagens;
- Selagem a frio;
- Lavagem com água desmineralizada;
- Secagem a quente (banho com água quente a 98°C).



Figura 3.3: Tanques dos banhos de Anodização

O tratamento químico ocorre em dezanove tanques, cinco dos quais estão equipados com um queimador individual. Este queimador tem como objetivo aquecer e manter os banhos às temperaturas desejadas. O tanque do banho de Anodização representado na figura 3.3 está equipado com um sistema de arrefecimento que tem como objetivo manter o banho a 19°C, garantindo que a reação ocorra na melhor das condições. Este sistema é bastante importante nesta fase do processo, porque com o decorrer dos dias/operações as reações que ocorrem no interior do tanque libertam calor (exotérmicas) e é necessário que estas ocorram a uma temperatura controlada.

O sistema de arrefecimento está equipado com três permutadores ácido/água. A água de arrefecimento circula em circuito fechado e é arrefecida num Chiller.

Conforme o produto final pretendido podem ocorrer dois processos diferentes, ou seja, se o objetivo é obter alumínio de cor natural este segue para a selagem e é embalado. Caso se pretenda alumínio com cor este passa por um tanque de coloração eletrolítica, depois por um tanque de lavagem e segue para a selagem.

O processo de coloração dos perfis é realizado em banhos de sais de estanho, níquel, cobre ou óxidos metálicos, que se depositam no fundo dos poros, conferindo assim a coloração.

3.2.2 Secção de Lacagem

De uma forma sucinta pode-se descrever esta secção como uma instalação automática de lacagem a pó termo endurecível, para perfis de alumínio.

Primeiramente, os perfis de alumínio sofrem um pré tratamento.

O pré tratamento consiste em passar os perfis por um conjunto de banhos químicos (figura 3.4) e respetiva secagem.

Os banhos químicos de pré tratamento são:

- Pré desengordurante com ácido;
- Lavagem;
- Pré desengordurante com ácido;
- Lavagem (existem dois tanques de lavagem sequencial);
- Cromagem (crómio);
- Lavagem;
- Lavagem com água desmineralizada;



Figura 3.4: Banhos químicos

Terminado o ciclo nos banhos, os perfis seguem para o forno, figura 3.5, onde são secados. O forno utiliza gás natural para promover a secagem.



Figura 3.5: Forno dos Perfis



Figura 3.6: Cabine de Pintura

Na cabine de pintura, figura 3.6, os perfis sofrem uma projeção de pó através de pistolas de pintura. Nesta fase os perfis podem sofrer dois acabamentos diferentes, podem seguir para o forno de polimerização ou seguir para o setor de acabamento imitação de madeira.

O acabamento de polimerização consiste no endurecimento do pó projetado na cabine de pintura. Este acabamento é realizado num forno onde a sua temperatura é na ordem dos 200°C, conferindo desta forma uma proteção anticorrosiva e decorativa aos perfis.

Relativamente ao acabamento imitação se madeira, os perfis à saída do forno de secagem de pintura são encaminhados para um outro forno, específico para este acabamento, que através do calor permite a aderência de uma película aos perfis.

Ambos os fornos de acabamentos utilizam gás natural para promover o seu aquecimento.

3.2.3 ETAR

De forma a garantir que todos os efluentes enviados para a rede pública cumprem com todos os requisitos impostos, a unidade industrial possui uma ETAR, figura 3.7, onde trata todos os seus efluentes.



Figura 3.7: ETAR

3.3 Utilidades da Empresa

Para que a empresa possa laborar são necessários um conjunto de utilidades para responder às necessidades dos processos durante a fase de produção.

3.3.1 Ar Comprimido

O ar comprimido utilizado pela empresa é produzido de 6,7 a 6,8bar numa central que está equipada com dois compressores de 55kW cada um, representados na tabela 3.2.

Tabela 3.2: Características dos Compressores

Marca	<i>Mattei</i>	<i>Ingersoll Rand</i>
Modelo	AC 55 H	M 55
P motor	55k	55k
Regulação	Carga/Vazio	Carga/Vazio
Arrefecimento	Ar	Ar

O funcionamento dos compressores está programado para que trabalhe o compressor da marca *Mattei* estando o outro, de marca *Ingersoll Rand* de igual potência, de apoio caso seja necessário ou caso haja alguma avaria no compressor principal.

O ar comprimido é utilizado nos 3 fornos de lacagem, pintura, desmineralizador de água para lacagem e anodização, máquina de embalar, máquinas de polir e anodização. E ainda usado manualmente pelos trabalhadores para limpar o alumínio.

3.3.2 Iluminação

Durante os levantamentos efetuados foram recolhidos os dados relativos ao número, potência e horas de funcionamento das luminárias em cada secção.

Como não existem contadores de energia consumida na Iluminação em cada uma das secções recorreu-se a uma estimativa do consumo baseado na quantidade de luminárias existente, fator de utilização e número de horas de funcionamento.

Na tabela 3.3 encontra-se o registo do levantamento da Iluminação.

Tabela 3.3: Levantamento da Iluminação

Setor	Nº de Lâmpadas	Tipo de Lâmpadas	Tipo de Armadura	Nº de Luminárias
Hall das escadas e corredor	1	Fluorescente T8	1x36W	12
Sala de reuniões	4	Fluorescente T8	4x18W	4
Laboratório	4	Fluorescente T8	4x18W	6
Escritório 1	4	Fluorescente T8	4x18W	4
Arquivo 1	4	Fluorescente T8	4x18W	2
Arquivo 2	4	Fluorescente T8	4x18W	3
Escritório 2	4	Fluorescente T8	4x18W	4
Anodização	1	lodetos metálicos	1x400W	33
Armazém pintura	1	Fluorescente T8	1x36W	7
Armazém	1	lodetos metálicos	1x400W	20
Lacagem	1	lodetos metálicos	1x400W	12
Polimento	1	lodetos metálicos	1x400W	3
	2	Fluorescente T8	2x36W	16
Refeitório	1	Fluorescente T8	1x36W	2
Vestiário Masculino	2	Fluorescente T8	2x36W	2
Vestiário Feminino	2	Fluorescente T8	2x36W	1
WC masculino	2	Fluorescente T8	2x36W	2
WC Feminino	1	Fluorescente T8	1x36W	1
Oficina	2	Fluorescente T8	2x36W	2
Sala de controlo do armazém	1	Fluorescente T8	1x36W	2
Garagem e arrumos	2	Fluorescente T8	2x36W	16
ETAR	1	lodetos metálicos	1x400W	2

3.4 Horários de funcionamento

A empresa trabalha 24h nos 5 dias úteis da semana e uma pequena equipa trabalha no sábado desde a manhã até meio da tarde, com descanso aos domingos. Os horários de funcionamento são diferentes entre setores.

Os horários praticados encontram-se na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Horários de funcionamento

Horário	Setor
09:00 - 13:00 / 14:00 - 18:00	Administração / Comercial
08:00 - 12:00 / 13:00 - 17:00	
Turno 1: 06:00 - 14:00	Produção
Turno 2: 14:00 - 22:00	
Turno 3: 22:00 - 06:00	
08:00 - 12:00 / 13:00 - 17:00	Manutenção

3.5 Frota de Veículos

Os consumos da frota de veículos estão incluídos no levantamento geral do respetivo combustível, sendo que no caso todos usam gasóleo.

A frota de transportes da empresa é constituída pelos veículos da tabela 3.5.

Tabela 3.5: Frota de veículos

Ano	Marca	Modelo
2001	Mitsubishi	Canter
2001	Opel	Corsa C - Van

3.6 Produção

De acordo com a contabilidade da empresa, registaram-se os valores da tabela 3.6 relativos à produção, e do VAB na tabela 3.7 do ano de 2013

Tabela 3.6: Produção trimestral em quantidades no ano de 2013

Produção	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre	Total 2013
Lacagem	228 980	169 059	162 899	Não disponível	560 938
Anodização	127 032	144 816	124 564	Não disponível	396 412

Tabela 3.7: VAB referente ao ano de 2013

Rúbricas	2013	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre
Vendas	950	-	501	449	-
Prestação de Serviços	2 336 315	946 221	705 431	684 663	-
Rendimentos Suplementares	0	0	0	0	-
Trabalhos para a própria empresa	0	0	0	0	-
CMVMC ²	-788 621	-315 835	-241 908	-230 878	-
FSE	-555 307	-206 483	-220 943	-128 481	-
Outros Gastos e Perdas	-2 750	-586	-1 728	-436	-
VAB ³	990 588	423 318	241 954	325 317	-

3.7 Energia Consumida e Análise das Faturas Energéticas

3.7.1 Gasóleo

O consumo de gasóleo apresentou um máximo de 1 294litros com o custo de 1 841€ no mês de Março, e um mínimo de 253litros com o preço de 350€ no mês de Julho, figuras 3.8 e 3.9.

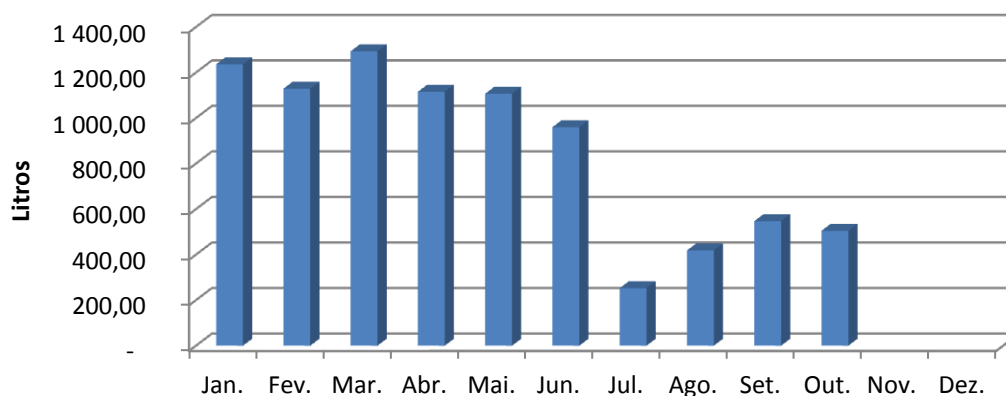


Figura 3.8: Registo do consumo de Gasóleo em 2013, em litros

² CMVMC ou Custo das mercadorias vendidas e das matérias consumidas diz respeito unicamente a existências adquiridas (mercadorias, matérias-primas, subsidiárias e de consumo) e não a existências produzidas internamente.

³ VAB = Vendas + Prestações de serviços + Proveitos suplementares + Trabalhos para a própria empresa - Custo das mercadorias vendidas e das matérias consumidas - Fornecimentos e serviços externos - Outros custos e perdas operacionais.

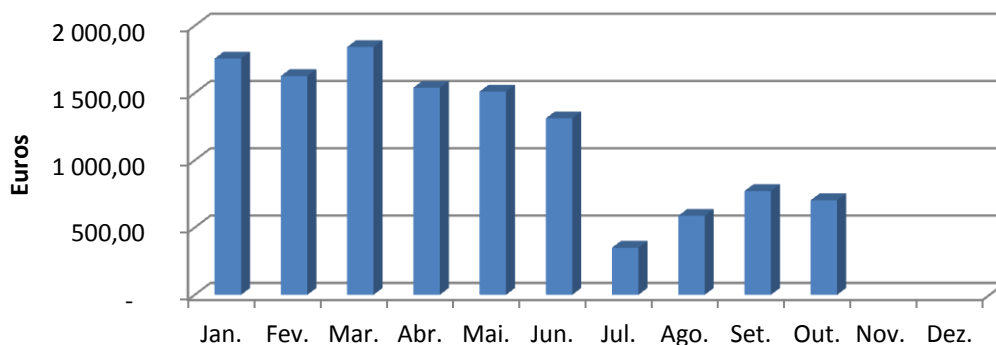


Figura 3.9: Registo dos custos de Gasóleo em 2013, em euros

3.7.2 Gás Natural

O máximo é novamente atingido em Março com cerca de 36 500m³ com 24 000€, e o mínimo desta vez em agosto, com 13 900m³ por 8 700€, figuras 3.10 e 3.11.

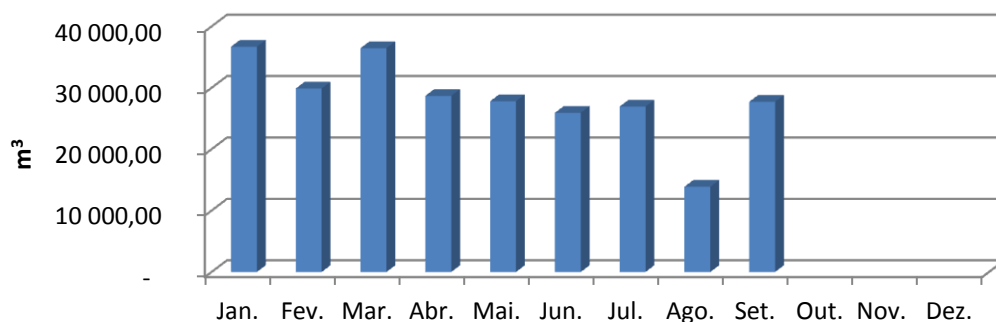


Figura 3.10: Registo do consumo de Gás Natural em 2013, em metros cúbicos

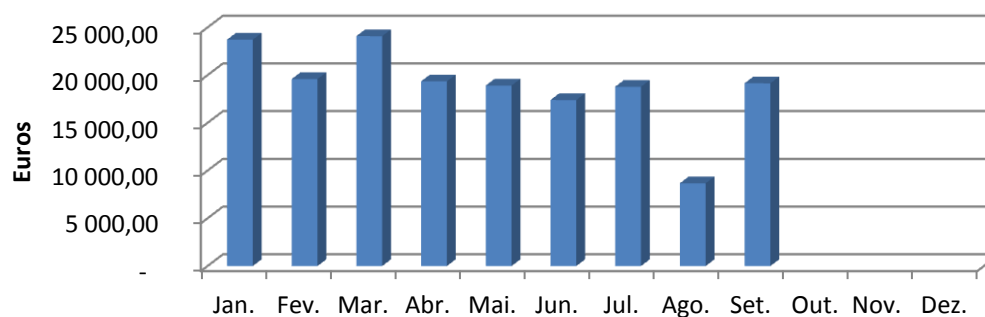


Figura 3.11: Registo dos custos de Gás Natural em 2013, em euros

3.7.3 Energia Elétrica

3.7.3.1 Entrada da Alimentação

O fornecimento de energia elétrica às instalações é efetuado pela *EDP corporate*, e é feito através de uma linha aérea e recebida por um posto de transformação 15000/400-231V equipado com dois transformadores de 630 kVA.

A partir do posto de transformação da instalação a energia elétrica é encaminhada para as várias seções e pontos de consumo.

3.7.3.2 Rede De Baixa Tensão

A rede de baixa tensão é composta por dois Quadros Elétricos Gerais de Baixa Tensão situado no posto de transformação. Estes quadros fazem a distribuição da energia elétrica para os quadros parciais situados nas várias secções da instalação. A manutenção e acesso às instalações em tensão são restritos a pessoas qualificadas e com chaves de acesso, normalmente o responsável da manutenção elétrica (figura 3.12).

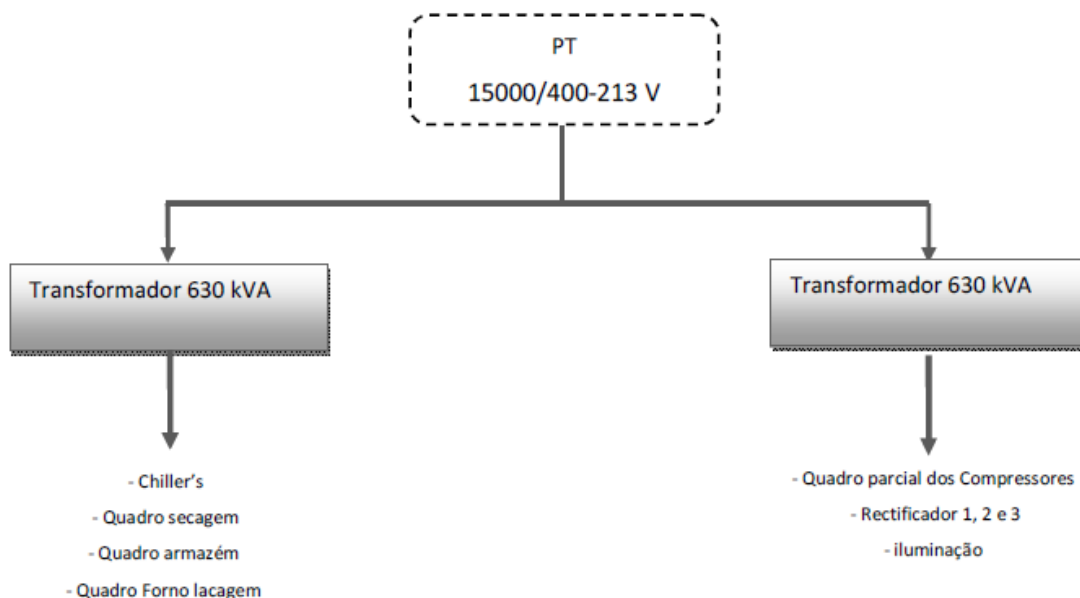


Figura 3.12: Esquema da entrada da alimentação

O Quadro Geral de Baixa Tensão 1 (QGBT1) referente à distribuição aos Chiller's, Quadro Secagem, Quadro Armazém e Quadro Lacagem, apresenta uma média semanal na ordem de 350kW, com picos diários em dias uteis superiores a 850kW. Conforme Figura A.1.

O Quadro Geral de Baixa Tensão 2 (QGBT2) referente à distribuição do Quadro Parcial dos Compressores, Iluminação e Retificadores 1, 2 e 3 apresenta uma média semanal de 3kW, com picos próximos de 16kW. Conforme Figura A.2.

3.7.3.3 Consumo Mensal de Energia Elétrica

Analisando a figura 3.13 verifica-se que o mês de Outubro (236 MWh) apresentou o consumo mais elevado enquanto no mês de Setembro (169 MWh) registou-se o consumo mais baixo durante o ano em análise.

Os valores dos consumos de energia eléctrica foram determinados de acordo com as faturas de energia eléctrica cedidas pela empresa.

O registo dos totalizadores de consumo de energia eléctrica no ano de 2013, é representado em figura 3.14.

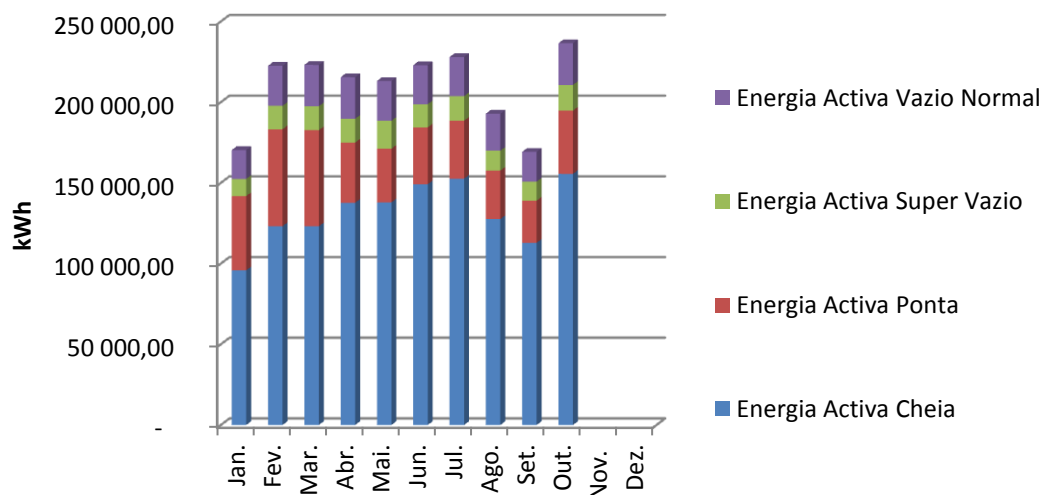


Figura 3.13: Registo do consumo de Energia Eléctrica em 2013, em kWh

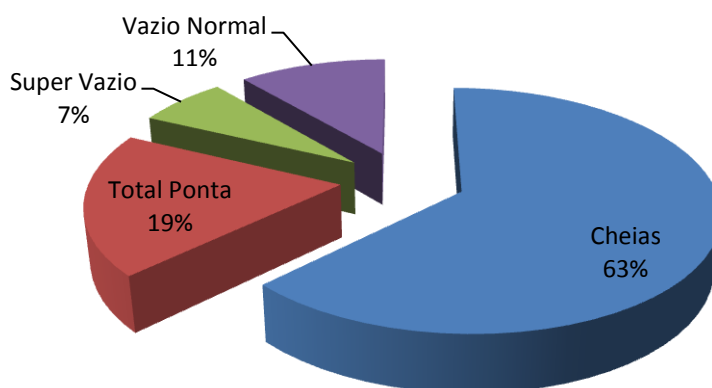


Figura 3.14: Registo dos totalizadores de consumo de Energia Eléctrica em 2013

3.7.3.4 Custos

O custo médio do *MWh*, de acordo com o ano de 2013 para esta unidade, fixou-se nos €65,3.

O ciclo horário é o Ciclo Semanal com Feriados.

Os preços unitários taxados pela empresa fornecedora de energia elétrica e respetivos horários estão registados na tabela 3.8.

Tabela 3.8: Preços da Energia Elétrica em Setembro de 2013

	Hora semana	Hora Sábado	Hora Domingo	Preço
Vazio normal	0:30 - 2:00	0:00 - 3:30	0:00 - 4:00	0,0574 €
	6:00 - 7:30	7:30 - 10:00	8:00 - 24:00	
		13:30 - 19:30		
		23:00 - 24:00		
Super Vazio	2:00 - 6:00	3:30 - 7:30	4:00 - 8:00	0,0568 €
Ponta	14:00 - 17:00	-	-	0,0715 €
Cheias	00:00 - 00:30	10:00 - 13:30	-	0,0687 €
	07:30 - 14:00	19:30 - 23:00		
	17:00 - 24:00			

Mensalmente a distribuição dos custos com a energia elétrica são evidenciados na figura 3.15, com um máximo no mês de Outubro de quase 16 000€ e um mínimo de 11 300€ em Setembro.

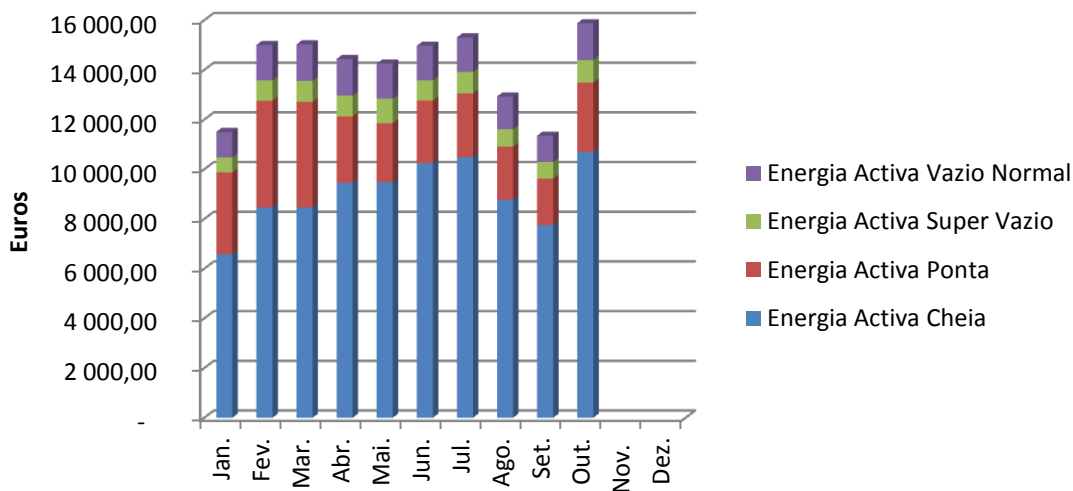


Figura 3.15: Registo dos custos da Energia Elétrica em 2013

Em termos de custos totais cobrados à empresa de acordo com as faturas atingem 34 000€ para Outubro e 25 000€ em Setembro, ilustrados na figura 3.16.

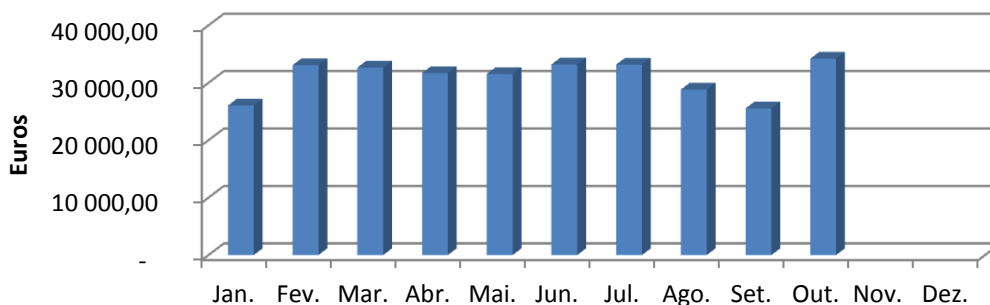


Figura 3.16: Registo do custo total de Energia Elétrica em 2013

3.7.4 Consumos Energéticos Globais

Nestas instalações as principais formas de energia consumidas são a eletricidade e o gás natural.

Para a realização destes cálculos foi necessário recorrer a vários fatores de conversão para determinar os equivalentes em tep (toneladas equivalentes petróleo) e as emissões gasosas das várias formas de energia.

Estes fatores de conversão registados na tabela 3.9 estão de acordo com o previsto no Despacho n.º 17313/2008 do Ministério da Economia e da Inovação.

Tabela 3.9: Fatores de conversão

Forma de Energia	Emissões Gasosas		PCI		Tep	
Gasóleo	3098,2	kgCO ₂ e/tep	42,8	GJ/ton	1,022	tep/ton
Gás propano	2637,7	kgCO ₂ e/tep	46,65	GJ/ton	1,1145	tep/ton
Gás natural	2683,7	kgCO ₂ e/tep	45,1	GJ/ton	1,077	tep/ton
Eletricidade	0,47	kgCO ₂ e/kWh	0,0036	GJ/kWh	0,00021	tep/kWh

Na tabela 3.10 apresentam-se os consumos da empresa por forma de energia.

Considerando as várias formas de energia a empresa já atingiu um consumo total de 687,4 tep nos 3 primeiros trimestres de 2013. No ano de referência este consumo fixou-se num total de 949tep.

Tabela 3.10: Registo dos consumos por forma de energia

Tipo de energia	Consumo		Consumo energético (tep)	Consumo energético (GJ)	Custos (€)
Gasóleo	8 565	L	7,3	306	11 998,35
Gás natural	254 031	m ³	229,9	9 628	169 641,40
Eletricidade	2 094 081	kWh	450,2	7 539	140 656,27
Total			687,4	17 474	322 296,02

A forma de energia mais utilizada é a energia elétrica, com cerca de 66% (tep) do consumo energético total, conforme figura 3.17. Em termos de GJ o Gás Natural corresponde a 55% contra 43% da Eletricidade e 2% do Gasóleo.

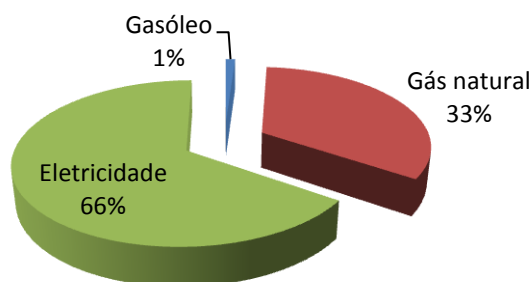


Figura 3.17: Registo da distribuição do consumo das várias fontes de energia em 2013, em tep

Com base nos consumos totais energéticos, é possível determinar a quantidade das emissões de gases com efeito de estufa produzidos.

Tabela 3.11: Determinação das emissões de Gases com Efeito de Estufa

Tipo de energia	Consumo		Consumo energético (tep)	Total (tonCO ₂)	Total (tonCO ₂ /tep)
Gasóleo	8564,72	L	7,33	23,4	1,82
Gás natural	254031	m ³	229,89	617,2	2,90
Eletricidade	2094081	kWh	450,19	55,3	0,09
Total			687,42	695,9	4,81

Com esta análise observa-se que a forma de energia responsável pela maior quantidade de emissões é o Gás natural, conforme figura 3.18.

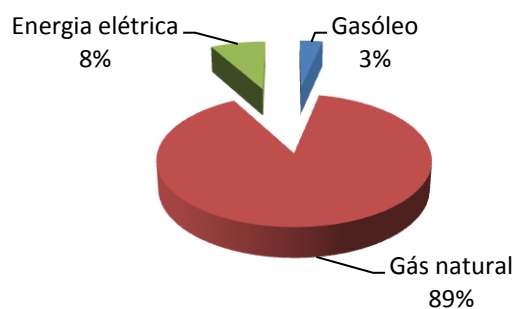


Figura 3.18: Registo das Emissões de Gases com Efeito de Estufa

3.7.4.1 Consumos Energéticos Mensais

Fazendo uma análise mensal dos consumos energéticos verifica-se que existe alguma homogeneidade nos consumos, à exceção do período de paragem para férias. Assim, o consumo energético no ano de 2013 evolui da forma registada na tabela 3.12.

Tabela 3.12: Consumos mensais de energia em 2013 (tep)

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
Gasóleo	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9	0,8	0,2	0,4	0,5	0,4	-	-	7,3
Gás natural	37,4	30,7	37,3	30,2	28,4	26,2	27,3	14,0	28,4	-	-	-	259,8
Energia elétrica (ativa)	36,6	47,8	48,0	46,3	45,8	47,9	49,0	41,5	36,4	50,8	-	-	450,2
Total (tep)/mês	75	79	86	77	75	75	77	56	65	51	-	-	717

3.7.4.2 Custos Totais

Através das faturas energéticas os custos associados aos consumos energéticos até ao fim do 3º trimestre resumem-se na tabela 3.13. O custo de energia elétrica é o mais representativo com 63% dos custos totais, cerca de 310 000€.

Tabela 3.13: Custos globais associados ao consumo energético

Tipo de energia	Custos (€)	%
Gasóleo	11 998,35	2%
Gás natural	169 641,40	35%
Eletricidade	309 940,37	63%
Total	491 580,12	100%

3.7.5 Consumos De Energia Por Utilização Final

São apresentados neste ponto os consumos energéticos associados a cada equipamento e a cada setor, com base nos dados obtidos na auditoria no ano de referência, e cedidos pela *Ecoinside*.

3.7.5.1 Desagregação dos Consumos de Energia Elétrica

O consumo de energia elétrica foi estimado a partir das medições elétricas efetuadas a todos os equipamentos que constituem a linha de produção de cada setor. O consumo elétrico anual de cada equipamento apresenta-se na tabela 3.14, e na tabela 3.15 regista-se a Potência Elétrica e o Fator de Utilização dos equipamentos.

Tabela 3.14: Consumo anual de energia elétrica por equipamento

Equipamento	Consumo Anual (kWh)
Retificador 1	516 154
Retificador 2	487 132
Retificador 3	763 515
Chiller	50 208
Chiller Grande	108 000
Ponte	960
Forno Lacagem Madeira	25 680
Forno Lacagem Madeira	130 560
Forno Secagem	83 712
Forno Elétrico	90 576
Máquina Polir Pequena	14 916
Máquina Polir Grande	29 160
Compressores	192 000
Ponte Armazém	148 952
ETAR	384
Laboratório	114 480
Quadro Escritórios	1 344
Outros	176 360
Total	2 934 093

Tabela 3.15: Potência e Fator de Utilização dos equipamentos da linha de produção e utilidades

Equipamento	Potência (kW)	Fator Utilização (h/ano)
Retificador 1	115,6	4 465
Retificador 2	109,1	4 465
Retificador 3	171	4 465
Chiller	52,3	960
Chiller Grande	75	1 440
Ponte	0,5	1 920
Forno Lacagem Madeira	10,7	2 400
Forno Lacagem Madeira	34	3 840
Forno Secagem	21,8	3 840
Forno Elétrico	63	1 440
Máquina Polir Pequena	7,8	1 920
Máquina Polir Grande	8,1	3 600
Compressores	55	3 840
Ponte Armazém	0,2	1 920
ETAR	26,5	4 320
Laboratório	0,7	1 920
Quadro Escritórios	1,7	1 920

Verifica-se que os Retificadores 1, 2 e 3 são os equipamentos que mais contribuem para o consumo elétrico na unidade fabril, com 18%, 17% e 27% respectivamente, representando 62%

do consumo elétrico. O seu consumo significativo é justificado pela potência elevada que cada retificador consome e pelo seu fator de utilização. É de realçar que estes equipamentos são dos que tem fator de utilização mais alto, funcionam as 24 horas diárias, com pausas de 5min em cada hora, por questões de prevenção a nível de manutenção.

Relativamente aos consumos de energia elétrica referentes à secção de Anodização verifica-se que estes se distribuem da seguinte forma pelos equipamentos que a compõem:

- Retificador 1: 27%
- Retificador 2: 25%
- Retificador 3: 40%
- Chiller Grande: 4%
- Chiller : 2%
- Ponte de Carga do Armazém: 0%

Na secção da Lacagem os consumos de energia elétrica distribuem-se da seguinte forma:

- Forno Lacagem: 35%
- Forno de Secagem: 19%
- Forno Elétrico: 24%
- Máquina de Polir Pequena: 4%
- Máquina de Polir Grande: 8%
- Forno Lacagem Madeira: 7%

Verifica-se que nesta secção o equipamento de maior consumo é o forno da Lacagem com 35% e o forno de Secagem com 19%.

Globalmente verifica-se que o setor que mais contribui para este consumo é o setor da Anodização:

- Anodização: 65%
- Lacagem: 13%
- Utilidades: 12%
- Serviços Comuns: 4%
- Outros: 6%

3.7.5.2 Desagregação dos Consumos de Energia Térmica

A empresa possui apenas um contador de Gás Natural instalado no Posto de Receção e Medida (PRM).

A partir do PRM o Gás Natural é distribuído pelos seguintes equipamentos:

- Queimador tanque desengordurante;
- Queimador do tanque de Acetinagem;
- Queimador do tanque de Decapagem;
- Queimador do tanque de Selagem a quente;
- Forno de secagem;
- Forno de Lavagem;
- Forno de imitação madeira.

O valor do consumo de Gás Natural em cada equipamento foi determinado através da aplicação de balanços de energia ao equipamento.

Tabela 3.16: Consumo de Gás Natural por equipamento no ano de referência

	Queimador Desengordurante	Queimador Acetinagem	Queimador Decapagem	Queimador Selagem a quente	Forno Secagem	Forno Lacagem	Forno imitação de madeira
Caudal Volumétrico Gás Natural (m ³ /ano)	50 356	37 701	31 470	51 617	31 604	99 791	17 136
Total (m ³ /ano)	319 685						

No ano de referência da auditoria a fatura anual do Gás Natural registou um consumo de 337 020 m³ e analisando os valores obtidos através dos balanços de energia verifica-se que apenas se obtém um total de 319 685 m³/ano.

A diferença entre estes valores prende-se com dois factos:

- Nos balanços de energia os valores utilizados são valores médios;
- O gás natural consumido nos balneários dos funcionários não foi contabilizado.

Assim, o valor em falta será considerado como outros.

Na tabela 3.17 apresenta-se a desagregação dos consumos de energia térmica (Gás Natural) por equipamento no ano de referência.

Tabela 3.17: Desagregação do consumo de Gás Natural por equipamento, no ano de referência

Equipamento	Consumo (m ³ /ano)
Queimador Desengordurante	50 365
Queimador Acetinagem	37 701
Queimador Decapagem	31 470
Queimador Selagem a quente	51 617
Forno Secagem	31 604
Forno Lacagem	99 791
Forno imitação de madeira	17 136
Outros	17 335
Total	337 020

Em termos de percentagem a desagregação do consumo de Gás Natural por equipamento é:

- Queimador Desengordurante: 15%
- Queimador Acetinagem: 11%
- Queimador Decapagem: 9%
- Queimador Selagem a quente: 15%
- Forno Secagem: 9%
- Forno Lacagem: 30%
- Forno imitação de madeira: 5%

- Outros: 5%

Verifica-se que o maior consumidor de Gás Natural é o Forno de Lacagem com cerca de 30% do consumo total.

Por setor a desagregação do consumo de Gás Natural encontra-se nas tabelas 3.18 e 3.19.

Tabela 3.18: Consumo de Gás Natural dos equipamentos da Anodização

Equipamento - Setor da Anodização	tep/ano
Queimador Desengordurante	46
Queimador Acetinagem	34
Queimador Decapagem	28
Queimador Selagem a quente	47
Total	155

Que em termos de percentagem no setor na Anodização correspondem a:

- Queimador Desengordurante: 30%
- Queimador Acetinagem: 22%
- Queimador Decapagem: 18%
- Queimador Selagem a quente: 30%

Tabela 3.19: Consumo de Gás Natural dos equipamentos da Lacagem

Equipamento - Setor da Lacagem	tep/ano
Forno Secagem	29
Forno Lacagem	90
Forno imitação de madeira	16
Total	134

Correspondendo às seguintes percentagens no setor da Lacagem:

- Forno Secagem: 21%
- Forno Lacagem: 67%
- Forno imitação de madeira: 12%

Globalmente verifica-se que cada setor tem a seguinte contribuição no consumo de Gás Natural:

- Anodização: 51%
- Lacagem: 44%
- Outros: 5%

Destacando-se a Anodização como o setor que mais contribui para os consumos térmicos com 51%.

3.7.5.3 Desagregação dos Consumos Globais de Energia por Setor

Tendo sido analisada a desagregação da energia elétrica e térmica por equipamentos e pelos setores da empresa, agora é feita uma análise ao consumo total de energia por setor. Os valores obtidos nesta análise são apresentados na tabela 3.20.

Tabela 3.20: Distribuição dos consumos de energia total por setor

Setor	Consumo E. Elétrica (tep/ano)	Consumo Gás Natural (tep/ano)	Consumo Gasóleo (tep/ano)	Consumo total (tep/ano)
Anodização	414	155	-	569
Lacagem	81	134	-	215
Utilidades	73	-	-	73
Serviços Comuns	26	.	12	38
Outros	38	16	-	54
Total	632	305	12	949

Em termos de percentagem, o consumo total representa para cada um dos setores:

- Anodização: 60%
- Lacagem: 23%
- Utilidades: 8%
- Serviços Comuns: 4%
- Outros: 5%

Analisando os resultados obtidos conclui-se que o setor Anodização é o que mais contribui para o centro de custos da empresa com 60%, a nível energético. Os setores Serviços Comuns e Outros, tal como esperado, apresentam valores pouco significativos face aos setores principais da empresa.

3.7.5.4 Desagregação dos Consumos de Energia por Setor Produtivo

A desagregação apresentada anteriormente contempla os consumos energéticos de eletricidade e gás natural nos dois setores produtivos e o consumo de Energia Elétrica associado ao setor Iluminação, utilidade e outros.

Assim sendo, atendendo aos valores apresentados anteriormente, os dois setores produtivos representam em termos de consumos energéticos os valores apresentados na tabela 3.21.

Tabela 3.21: Consumos energéticos nos dois setores produtivos

Centro de Consumo	Consumo de Energia Elétrica (kWh/ano)	Consumo de Energia Elétrica (tep/ano)	Consumo de Gás Natural (m ³ /ano)	Consumo de Gás Natural (tep/ano)	Consumo Total (tep/ano)	%
Anodização	1 925 969	414	170 624	154	569	72,6
Lacagem	374 664	81	148 532	134	215	27,4

É também importante não esquecer que os setores utilidades (Ar Comprimido e ETAR), Iluminação e outros são comuns aos dois setores produtivos e cada um destes setores têm consumos associados (neste caso energia elétrica).

Logo, é necessário perceber qual o contributo que cada forma de energia, têm nos dois setores produtivos para que estes laborem em plenas condições.

Na tabela 3.22 apresenta-se a desagregação de todas as formas de energia consumidas na empresa pelos seus dois setores produtivos.

Tabela 3.22: Desagregação de todas as formas de energia consumidas na empresa

Tipo de energia	Consumo		Consumo energético (tep)	Custos (€)	Setor Anodização (tep)	Setor Anodização (kgCO ₂)	Setor Lacagem (tep)	Setor Lacagem (kgCO ₂)
Gasóleo	14 603	L	12	16 763	9	28 015	3,4	10 594
Gás Natural	337 020	m ³	305	121 411	166	1 947	139	372 698
Energia Elétrica	2 937 416	kWh	632	253 330	513	1 122 370	118,1	258 215
Total			949	391 504	688,6	1 152 333	260,4	641 507
%					73%		27%	

Resumindo, a contribuição energética por cada setor produtivo regista-se na tabela 3.23.

Tabela 3.23: Consumo energético total por setor produtivo

Setor de Consumo	Consumo de Energético (tep/ano)	Emissão de Gases de Efeito de Estufa (kgCO ₂ /ano)
Anodização	689	1 596 325
Lacagem	260	641 507
Total	949	2 237 832

3.8 Indicadores Energéticos

Para se fazer um ponto de situação relativamente aos indicadores energéticos atuais, fez-se uma comparação do 3º trimestre de 2013 e do ano de referência. Estes valores permitem ter uma ideia geral do comportamento destes indicadores, mas uma vez que por limitações externas não foi possível ter acesso a toda a faturação de 2013, esta comparação não permite conclusões com elevado rigor, atendendo a que se compara um ano com um trimestre, e o trimestre aqui comparado abrange o período de paragem para férias resultando em comportamentos a nível de consumo e produção atípicos.

A energia consumida no 3º semestre é a média de energia consumida até ao final do 3º trimestre, e o valor anual de referência também é uma média.

3.8.1 Anodização

De acordo com as tabelas 3.24, 3.25, 3.26, 3.27 e 3.28, verifica-se uma diminuição no Consumo Total de Energia, na Produção e nas Emissões de CO₂, de 18%, 40% e 17% respectivamente. Há um aumento de 38% no Indicador Consumo Específico de Energia, e o Indicador Intensidade Carbónica mantém-se, com 0% de variação.

Tabela 3.24: Comparação do Consumo Total de Energia

Variação do Consumo Total de Energia	
Ano de referência (tep/ano)	3ºtrimestre de 2013 (tep/ano)
688	568

Tabela 3.25: Comparação dos valores de Produção

Variação de Produção	
Ano de referência (m ²)	3ºtrimestre de 2013 (m ²)
834 349,00	498 256,00

Tabela 3.26: Comparação das Emissões de CO₂

Variação das Emissões de CO ₂	
Ano de referência (tCO ₂ /ano)	3ºtrimestre de 2013 (tCO ₂ /ano)
1 596,00	1 319,00

Tabela 3.27: Comparação do Indicador Consumo Específico de Energia

Variação do Indicador Consumo Específico de Energia	
Ano de referência (kgep/m ²)	3ºtrimestre de 2013 (kgep/m ²)
0,83	1,14

Tabela 3.28: Comparação do Indicador Intensidade Carbónica

Variação do Indicador Intensidade Carbónica	
Ano de referência (tCO ₂ /tep)	3ºtrimestre de 2013 (tCO ₂ /tep)
2,32	2,32

3.8.3.2 Lacagem

Comparando o 3ºtrimestre de 2013 com o ano de referência, de acordo com as tabelas 3.29, 3.30, 3.31, 3.32 e 3.33, verifica-se uma diminuição no Consumo Total de Energia, na Produção e nas Emissões de CO₂, de 14%, 31% e 14% respectivamente. O Indicador Consumo Específico de Energia teve um aumento de 25%, e o Indicador Intensidade Carbónica teve um ligeiro aumento.

Tabela 3.29: Comparação do Consumo Total de Energia

Variação do Consumo Total de Energia	
Ano de referência (tep/ano)	3ºtrimestre de 2013 (tep/ano)
261,00	223,00

Tabela 3.30: Comparação dos valores de Produção

Variação de Produção	
Ano de referência (m ²)	3ºtrimestre de 2013 (m ²)
950 324,00	651 596,00

Tabela 3.31: Comparação das Emissões de CO₂

Variação das Emissões de CO ₂	
Ano de referência (tCO ₂ /ano)	3ºtrimestre de 2013 (tCO ₂ /ano)
642	553

Tabela 3.32: Comparação do Indicador Consumo Específico de Energia

Variação do Indicador Consumo Específico de Energia	
Ano de referência (kgep/m ²)	3ºtrimestre de 2013 (kgep/m ²)
0,27	0,34

Tabela 3.33: Comparação do Indicador Intensidade Carbónica

Variação do Indicador Intensidade Carbónica	
Ano de referência (tCO ₂ /tep)	3ºtrimestre de 2013 (tCO ₂ /tep)
2,46	2,47

3.8.3.3 Global

Em termos globais registou-se diminuição de 17% e 32% no Consumo Total de Energia e no Valor Acrescentado Bruto respetivamente, e um aumento de 22% no Indicador Intensidade Energética, como se pode ver nas tabelas 3.34, 3.35 e 3.36.

Tabela 3.34: Comparação do Consumo Total de Energia

Variação do Consumo Total de Energia	
Ano de referência (tep/ano)	3ºtrimestre de 2013 (tep/ano)
949	791

Tabela 3.35: Comparação do Valor Acrescentado Bruto

Variação do Valor Acrescentado Bruto	
Ano de referência (€)	3º trimestre de 2013 (€)
1 902 206,00	1 301 268,00

Tabela 3.36: Comparação do Indicador Intensidade Energética

Variação do Indicador Intensidade Energética	
Ano de referência (kgep/€)	3º trimestre de 2013 (kgep/€)
0,50	0,61

3.9 Conclusões

O conhecimento dos processos de fabrico da empresa, bem como os consumos energéticos associados a cada processo é essencial para se poder proceder à identificação de possíveis oportunidades de redução de consumo, e do controlo da sua evolução, a fim de se poder identificar comportamentos anómalos.

Uma gestão eficiente de toda a estrutura depende do profundo conhecimento dos gastos energéticos e respetiva análise de cada setor. Assim neste capítulo pretendeu-se reunir todos os dados importantes provenientes da faturação cedida pela contabilidade da empresa, da auditoria energética, dos relatórios de acompanhamento, e de monitorizações específicas para proceder ao estudo de propostas de ações e medidas de alteração, propostas de equipamentos alternativos aos existentes e respetiva análise de investimento.

Capítulo 4

Iluminação

A Iluminação desta unidade industrial nunca foi alvo de nenhum plano de redução do consumo energético, permanecendo o mesmo sistema de Iluminação desde a sua construção no fim dos anos 80. De facto perante os consumos energéticos dos demais equipamentos a Iluminação tem um peso relativamente reduzido mesmo com alguns setores a trabalhar 24h por dia.

Desde a construção da unidade fabril que a eficiência energética tem vindo a ganhar uma nova importância, com o conseqüente aparecimento de novas tecnologias e sistemas de controlo.

A fábrica apresenta uma *Iluminação natural* considerável, com janelas de largura quase contínua em todas as paredes exteriores que estão à superfície, disponíveis para os setores de produção e administração, quase na totalidade.

A distribuição das luminárias não acompanhou a alteração da linha de produção da fábrica resultando em excesso de iluminância disponível em alguns setores.

Neste contexto procura-se um estudo de soluções possíveis no sentido de melhorar a sua eficiência e desvendar oportunidades de poupança a nível energético e financeiro.

4.1 Levantamento do Sistema de Iluminação

Fez-se um levantamento a toda a Iluminação existente, quanto ao seu tipo, comando e custos associados.

4.1.1 Tipo de Iluminação

Na unidade industrial encontram-se os seguintes equipamentos de Iluminação:

- Luminárias Fluorescentes T8 de 1x36W, 2x36W e 4x18W;
- Campânulas industriais equipadas com lâmpadas de iodetos metálicos de 400W.

As luminárias existentes são:

- 3FFilippi 3Fine 4x18 HF 2MG com quatro lâmpadas fluorescentes de 18W;
- DEXTRA Dexpax DP136 HF C84 com uma lâmpada fluorescente de 36W;

- OSRAM ORCA PLUS 2L36 HF PC-Inox com duas lâmpadas fluorescentes de 36W;
- OSRAM GIGANTE II AZ 400 W NAV HQI UNP com lâmpadas de iodetos metálicos.

O comando da iluminação é manual em toda a fábrica.

Em setores com boa iluminação natural, como no setor da administração, caso mais evidente, a iluminação artificial encontra-se acesa na totalidade, sendo a sua contribuição reduzida e desnecessária.

Todos os balastros utilizados nas luminárias são convencionais.

4.1.2 Iluminância por setor

Entende-se por iluminância o fluxo luminoso recebido por unidade de área iluminada, e cuja unidade é o lux (lx) [2].

Foram efetuadas simulações em todas as divisões com recurso ao *software Dialux* e confirmadas com medições com luxímetro em cada um dos locais.

O Anexo B.1.1 apresenta o resultado dessas simulações.

Posteriormente fez-se a comparação com os níveis de iluminância recomendados para iluminação interior de acordo com a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) [3].

A tabela B.1 apresenta a comparação da iluminância média medida com a iluminância recomendada.

Nas divisões do Armazém e do Polimento há duas necessidades de níveis diferentes, isto porque na atual configuração da fábrica os mesmos espaços se dividem em duas áreas de trabalho diferentes com duas necessidades de iluminância distintas.

O Armazém e o espaço denominado Polimento são dois espaços usados como armazém e como zona de máquinas. Não se justifica um nível de iluminância superior para todo o espaço, existindo no entanto, a necessidade de ter nas zonas das máquinas um nível mais elevado.

O Armazém atualmente possui máquinas de polir, situadas no topo do Armazém, perto do Armazém de Pintura, e aqui há necessidades de iluminância superiores às do restante espaço do Armazém. O que está a ser diariamente implementado e porque estas luminárias se ligam manualmente aos pares no quadro correspondente, é ligar as primeiras 4 e depois, das restantes 16 só se costumam ligar 8, 1 por fila, reduzindo assim consideravelmente o desperdício energético. Ao todo são 20 luminárias do tipo campânulas de iodetos metálicos de 400W disponíveis neste espaço.

No caso do espaço Polimento, a iluminação é formada por 16 armaduras equipadas com duas lâmpadas fluorescentes de 36W, cumprindo assim as necessidades, enquanto uso como espaço de armazenagem. Por cima de duas máquinas há 3 campânulas com iodetos metálicos de 400W.

De facto a iluminação instalada é evidentemente excessiva para algumas divisões. Sendo o caso da Sala de Reuniões, Laboratório, Arquivo1, Arquivo2, Anodização, Armazém, Vestiários e WC's. No entanto na Sala de Controlo do Armazém a iluminação é claramente deficitária.

Os Escritórios e Refeitório apresentam valores ligeiramente inferiores aos recomendados, mas nos locais de trabalho garante-se a iluminância correta.

4.1.3 Levantamento das Luminárias

A tabela em anexo B.2 apresenta a descrição de todas as luminárias existentes assim como as horas de funcionamento, por ano, estimadas em cada divisão. Este tempo de utilização anual foi estimado para todas com a ajuda dos funcionários dos setores que melhor conhecem o histórico das instalações.

Para alguns dos setores não se estimaram valores devido ao tempo de funcionamento ser inexistente ou residual, como é o caso dos Arquivos que são utilizados pontualmente, os Vestiários Femininos que estão desativados por falta de uso, uma vez que a produção já não conta com mulheres na sua equipa, a ETAR, por apresentar também um uso muito pontual, e o Hall das Escadas e Corredor que tem a iluminação atualmente desativada devido à preocupação de poupança de energia e porque recebe luz permanente das divisões fronteiriças. A produção, que trabalha 24h, faz fronteira com o Corredor e não havendo separação física o Corredor fica sempre iluminado, e no caso do Hall, como este é ao lado do Escritório 1 e tendo este uma grande janela virada para o Hall, fica assim sem necessidade de ter a iluminação ligada, uma vez que os horários de funcionamento coincidem.

4.1.4 Consumos Energéticos

As potências consumidas estimadas dos conjuntos balastros + lâmpadas não foram medidas no local nem confirmadas por fabricantes de lâmpadas ou balastros, basearam-se em estudos existentes, podendo por isso haver um ligeiro desfasamento da realidade [4].

Prevê-se portanto um acréscimo de 25% pelo uso de balastros convencionais.

Tabela 4.1: Potência consumida para cada conjunto lâmpada + balastro

Balastro	Lâmpada		
	Tipo	Potência (W)	Potência consumida (W)
Eletromagnético	Fluorescente	1x36	45
Eletromagnético	Fluorescente	2x36	90
Eletromagnético	Fluorescente	4x18	90
Ferromagnético	Iodetos Metálicos	400	500

4.1.5 Custos da Iluminação

O custo da iluminação anual por setor, corresponde à soma do custo energético e custo de exploração.

O custo energético diz respeito ao produto da potência ativa anual pelo custo médio do MWh.

O custo de exploração é o custo de manutenção da iluminação. Como a unidade industrial possui uma equipa interna de manutenção, a sua mão-de-obra não é incluída neste cálculo, incidindo somente no preço das lâmpadas e da sua vida útil que se pode observar na tabela 4.2.

O número de lâmpadas por setor é o seu número total independentemente do número de luminárias.

Tabela 4.2: Preço e vida útil das lâmpadas existentes

Lâmpada	Preço unitário (€)	Vida útil da lâmpada
Lâmpada T8 36W	1,21	7 500
Lâmpada T8 18W	0,98	7 500
Iodetos Metálicos 400W	9,29	36 000

O número de horas de funcionamento, e a potência consumida por lâmpada foram definidos na tabela em anexo B.2 aquando do levantamento de luminárias, e os consumos energéticos na tabela 4.1.

$$\text{Consumo} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{ano}} \right) = \frac{N^{\circ} \text{ de lâmpadas} \times \text{Pot. consumida por lâmp. (W)} \times \text{Horas de func.} \left(\frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)}{1000} \quad (4.1)$$

O custo médio do *MWh*, no ano de 2013 para esta unidade, fixou-se nos €65,3.

$$\text{Custo energético (€/ano)} = \text{Consumo (kWh/ano)} \times \text{Custo médio kWh (€/kWh)} \quad (4.2)$$

$$\text{Custo exp.} = \frac{N^{\circ} \text{ de lâmp.} \times \text{Horas de func. (h)}}{\text{Vida Útil da lâmp.} \left(\frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)} \times \text{Custo da lâmp (€)} \quad (4.3)$$

$$\text{Custo da iluminação (€/ano)} = \text{Custo energético} + \text{Custo de exploração} \quad (4.4)$$

Os resultados encontram-se na tabela 4.3.

A Iluminação nestas instalações tem um custo que ronda os 11 500€ anuais, dos quais quase 11 000€ pertencem à zona da produção da fábrica, com os maiores valores na Anodização, Armazém e Lacagem. A zona da administração apresenta um custo muito pequeno quando comparado com a produção, cerca de 300€.

Relativamente ao consumo corresponde um total de 173 000kWh/ano, o que em termos de desagregação do consumo de energia elétrica corresponde a sensivelmente 5%.

Tabela 4.3: Registo dos custos da Iluminação existente

Setor	Consumo (kWh/ano)	Custo energético (euro/ano)	Vida Útil Lâmpada (h/ano)	Custo exploração (euro/ano)	Custo da Iluminação (€/ano)
Hall das escadas e corredor	-	-	-	-	-
Sala de reuniões	297,00	19,39	7 500	1,72	21,12
Laboratório	1 633,50	106,67	7 500	9,49	116,15
Escritório 1	1 089,00	71,11	7 500	6,32	77,44
Arquivo 1	-	-	-	-	-
Arquivo 2	-	-	-	-	-
Escritório 2	1089,00	71,11	7 500	6,32	77,44
Anodização	81 675,00	5333,38	36 000	42,15	5375,53
Armazém pintura	952,88	62,22	7 500	3,42	65,64
Armazém	29 700	1939,41	36 000	15,33	1954,74
Lacagem	39 600,00	2585,88	36 000	20,44	2606,32
Polimento (Iodetos Met.)	7 425,00	484,85	36 000	3,83	488,68
Polimento (Fluorescentes)	3 564,00	232,73	7 500	12,78	245,51
Refeitório	74,25	4,85	7 500	0,27	5,11
Vestiário Masculino	99,00	6,46	7 500	0,35	6,82
Vestiário Feminino	-	-	-	-	-
WC masculino	148,50	9,70	7 500	0,53	10,23
WC Feminino	12,38	0,81	7 500	0,04	0,85
Oficina	891,00	58,18	7 500	3,19	61,38
Sala de controlo do armazém	445,50	29,09	7 500	1,60	30,69
Garagem e arrumos	4 356,00	284,45	7 500	15,62	300,06
ETAR	-	-	-	-	-
Total	17 3052,00	11 300,30	241 500	143,41	11 443,71

4.2 Estudo de Soluções

Perante a Iluminação atual observou-se a existência de tecnologia mais recente que poderia cumprir a restrição da empresa de baixo investimento e rápido retorno sem prejuízo para a qualidade de Iluminação e otimização desta, se possível.

Para isso fez-se uso do *software Dialux* para simulação de possíveis soluções, e respetivo estudo de investimentos associados, período de retorno (payback) e poupanças estimadas.

As simulações foram executadas com o cuidado de serem suficientemente fiéis às características de cada espaço quanto aos elementos existentes, materiais, dimensões, características do vidro das janelas e orientação geográfica.

4.2.1 Iluminação Natural

Anteriormente foi proposta a implantação de painéis translúcidos em toda a zona de produção, de forma a aproveitar ao máximo a luz natural, e a colocação de sensores de luz para efetuar a combinação de Iluminação natural e artificial, mas a empresa optou por não efetuar esta medida devido ao facto de ser uma alteração estrutural do edifício.

4.2.2 Iluminação Artificial

Este estudo focou-se em tipo de luminárias, lâmpadas, comando da Iluminação e balastros.

4.2.2.1 Balastros Eletrónicos

Os balastros eletrónicos permitem rendimentos superiores convertendo a frequência standard da rede da instalação de 50Hz em alta frequência de 25kHz a 40kHz. As lâmpadas com funcionamento a estas frequências elevadas produzem a mesma quantidade de luz com um consumo de 12 a 25% inferior dependendo da sua classe. Os balastros eletrónicos dividem-se em 3 classes [4]:

- A1: balastros eletrónicos com regulação;
- A2: balastros eletrónicos com baixas perdas;
- A3: balastros eletrónicos *standard*.

Os balastros escolhidos para estas instalações serão da classe A1 para as zonas onde é possível um controlo mais eficiente, em locais com Iluminação natural disponível, de modo a que o conjunto balastro eletrónico com sensores de luz permitam ajustar a necessidade de fluxo luminoso da luz artificial com a luz natural disponível. Estes balastros possuem uma entrada específica para o sinal de regulação que será do tipo regulação 1-10V. Neste sistema o fluxo luminoso da lâmpada é proporcional a uma tensão de regulação DC entre 1V a 10V, e regulado através de um controlador. É aplicado 10V para o máximo brilho e 1V para brilho mínimo.

Nas zonas em que a disponibilidade da luz natural é mais escassa usa-se os balastros eletrônicos A2.

Podem identificar-se as seguintes vantagens face aos balastros convencionais:

- Baixa temperatura de funcionamento;
- Fluxo constante independente da tensão de alimentação;
- Ausência de cintilação durante o funcionamento, devido à alta frequência;
- Desliga automaticamente as lâmpadas em caso de anomalia;
- Religação automática das lâmpadas após correção da anomalia;
- Vida útil da lâmpada aumenta cerca de 50%;
- Poupança de energia entre 20% e 30%;
- Baixo campo magnético;
- Alto fator de potência (>0,95).

4.2.2.2 Lâmpadas

Relativamente às campânulas de iodetos metálicos existentes nas diversas áreas da produção da fábrica, os custos de soluções possíveis são bastante onerosas. Há a acrescentar a impossibilidade de poder baixar em altura as luminárias devido à existência de pontes de carga que deixam espaço reduzido entre as luminárias e a ponte. Assim a melhor solução será manter a tecnologia existente, mas com a possibilidade de uso de balastros eletrônicos.

Este tipo de lâmpadas apresenta as seguintes características [5][6]:

- Uma vida média entre 1500 a 15000 horas;
- Rendimento luminoso na faixa de 70-80 (lm/W);
- Temperatura de cor de branco quente a branco frio;
- Uma muito boa restituição de cores (IRC);
- Tempo de arranque de 4min e de 10min de rearranque;
- Custos de aquisição bastante elevados.

De acordo com alguns catálogos e autores este tipo de luminárias apresentam uma grande diversidade de aplicações, desde iluminação de interiores e instalações industriais a iluminação exterior de grandes superfícies.

As lâmpadas escolhidas para estudo de viabilidade foram as lâmpadas T5 e tecnologia Led para substituição das atuais fluorescentes T8.

Relativamente às T5, os argumentos que apresentam face às existentes são [7]:

- Garantia de uma iluminação de bom rendimento;
- Boa restituição de cores;
- Reduzida depreciação ao longo da sua vida útil;
- Vida útil estimada de 16 000 horas;
- Dimensões reduzidas;
- Associados aos benefícios dos balastros eletrônicos que permitem um controlo de feixe luminoso com resultados expressivos em termos de eficiência energética.

A Tecnologia Led caracteriza-se pela sua elevada eficiência que ultrapassa as fontes de luz tradicionais e que face ao seu desenvolvimento continua a crescer de forma significativa, e

prevê-se que continue por alguns anos, contrapondo às fontes tradicionais que atingiram já o seu limite. A luz emitida pelo Led pauta-se pela ausência das componentes ultravioleta e infravermelho não provocando por isso danos nas matérias orgânicas, contribuindo para o conforto de ocupantes e em especial a pessoas sensíveis a estas componentes. Pelo facto de ser uma fonte de luz no estado sólido, logo robusta, reduz a percentagem de falhas prematuras nas instalações, e uma elevada vida útil na ordem das 100.000 horas com o fluxo luminoso acima de 70%.

Apresenta outras características importantes como acendimento instantâneo a 100% do seu fluxo, possibilidade de ter disponíveis num número elevado de cores como luz branca com índices de restituição cromática superiores a 80, dimensão reduzida e flexível, com várias possibilidades e formatos diferentes, e interminável lista de áreas de aplicação como residências, escritórios, indústria, hospitais, centro de saúde, vias de tráfego rodoviário, restauração, hotéis ou outros edifícios de serviços.

No final da sua vida útil os Leds permitem o tratamento e recuperação de quase a totalidade dos elementos que os integram.

4.2.2.3 Comando da Iluminação

Atualmente, toda a iluminação da unidade industrial utiliza comandos manuais. Na verdade numa boa parte dos setores é justificado devido ao horário de trabalho, combinado com a ausência de iluminação natural.

As divisões da área administrativa, localizados no piso 0, têm uma iluminação natural insuficiente já que não é possível em nenhuma hora do dia dispensar o uso da iluminação artificial para cumprir os níveis de iluminância necessários, mas o uso de luminárias equipadas com *dimmer* que permitam a regulação do fluxo luminoso de acordo com indicação dos sensores de luz, contribuirá com certeza para uma melhor eficiência energética.

Os detetores dividem-se em 3 categorias [8]:

- Infravermelhos passivos (PIR) que reagem ao movimento de energia infravermelha ou ao calor do corpo humano, chamam-se passivos por não emitirem radiação,
- Detetores de ultrassons que reagem às variações das ondas sonoras refletidas no interior de um local, permitindo a deteção de corpos de pequena dimensão
- Detetores bi-volumétricos (ou dupla tecnologia) combinam as 2 tecnologias.

O detetor de presença liga os pontos de luz quando entra um ocupante e desliga um tempo pré-definido após a sua saída, evitando deste modo que a luz fique ligada por esquecimento.

4.3 Medidas Propostas

4.3.1 Balastros Eletrónicos

Como era espectável as vantagens da troca de balastros existentes por balastros eletrónicos são evidentes. Para setores como a iluminação com lâmpadas de iodetos metálicos o retorno é inferior a 1 ano, com 0.9 para a anodização, armazém e polimento, e de 0.7 para a lacagem, onde o facto de trabalhar 24 horas por dia torna o retorno de investimento ou

payback mais rápido, como descrito na tabela 4.4. O período de retorno é a divisão do custo do investimento por setor pela diferença entre a solução proposta e existente. O custo de investimento desta solução nestes setores situa-se em 1 800€, *payback* médio de 0,87 anos, uma poupança anual em torno de 2 100€, uma diminuição de potência consumida de 6kW, e uma potência ativa quase 32 000 (kWh) inferior.

Nos restantes setores a diminuição da energia consumida de facto resulta em economias e retornos menos interessantes.

A tabela 4.4 apresenta o resultado desta proposta para cada divisão da fábrica.

Tabela 4.4: Resultado dos balastros eletrônicos na Iluminação existente

Setor	Potência consumida por divisão (W)	Consumo (kWh/ano)	Custo energético (euro/ano)	Custo exploração (euro/ano)	Custo da Iluminação (euro/ano)	Diferença da proposta-existente (euro/ano)	Custo investimento por setor	Período de retorno (anos)
Hall das escadas e corredor	432	-	-	-	-	-	-	-
Sala de reuniões	72	237,6	15,51528	1,7248	17,24	3,87882	130	33,5
Laboratório	108	1306,8	85,33404	9,4864	94,82	21,3335	195	9,1
Escritório 1	72	871,2	56,88936	6,324267	63,21	14,2223	130	9,1
Arquivo 1	36	-	-	-	-	-	-	-
Arquivo 2	54	-	-	-	-	-	-	-
Escritório 2	72	871,2	56,88936	6,324267	63,21	14,2223	130	9,1
Anodização	13200	65340	4266,702	42,15338	4308,85	1066,68	990	0,9
Armazém pintura	252	762,3	49,77819	3,416233	53,19	12,4445	182	14,6
Armazém	4800	23760	1551,528	15,3285	1566,85	387,882	360	0,9
Lacagem	4800	31680	2068,704	20,438	2089,14	517,176	360	0,7
Polimento (Iodetos Met.)	1200	5940	387,882	3,832125	391,71	96,9705	90	0,9
Polimento (Fluorescentes)	576	2851,2	186,1834	12,7776	198,96	46,5458	480	10,3
Refeitório	72	59,4	3,87882	0,2662	4,14	0,96971	52	53,6
Vestiário Masculino	72	79,2	5,17176	0,354933	5,52	1,29294	60	46,4
Vestiário Feminino	36	-	-	-	-	-	-	-
WC masculino	72	118,8	7,75764	0,5324	8,29	1,93941	60	30,9
WC Feminino	36	9,9	0,64647	0,044367	0,69	0,16162	26	160,8
Oficina	72	712,8	46,54584	3,1944	49,74	11,6365	60	5,1
Sala de controlo do armazém	72	356,4	23,27292	1,5972	24,87	5,81823	52	8,9
Garagem e arrumos	576	3484,8	227,5574	15,61707	243,17	56,8894	480	8,4
ETAR	800	-	-	-	-	-	-	-

4.3.2 Lâmpadas T5

Para a simulação da Iluminação adequada nas divisões, com mais uso em horas por ano, recorreu-se ao *software* luminotécnico, e os resultados encontram-se no anexo B.2.3.

A simulação foi feita com as seguintes luminárias:

- DEXTRA HydraT5 IP65 HYDT5228 PC EL, 2x28W para o Armazém de Pintura, Polimento, Refeitório, WC Masculino, Sala de Controlo do Armazém e Garagem e Arrumos.
- OSRAM DEDRA T5 VABS KIT 4x14W/840, 4x14W para o Laboratório e para os Escritórios.

A tabela 4.5 apresenta o resultado desta proposta, com custos e períodos de retorno.

Os resultados não são tão atrativos como inicialmente seria de esperar apresentando períodos de retorno elevados.

De facto a potência consumida é inferior à existente mas os preços relativos a custos de investimento fazem como que a troca de todo o kit constituído por lâmpadas, balastros e armadura seja ponto fulcral na viabilidade desta proposta.

Os preços conseguidos das lâmpadas e kits de luminárias encontram-se em anexo na tabela B.4.

Esta solução apresenta níveis de iluminância ligeiramente superior à recomendada à exceção da Oficina que é um pouco inferior, mas que é suficiente pela disposição de luminárias ou bancadas de trabalho.

Tabela 4.5: Resultados da Iluminação T5

Setor	Potência consumida por divisão (W)	Consumo (kWh/ano)	Custo energético (euro/ano)	Custo exploração (euro/ano)	Custo da Iluminação (euro/ano)	Diferença da proposta-existente (euro/ano)	Custo investimento por setor	Período de retorno (anos)
Laboratório	96,9	1172,49	76,5636	6,851625	83,415222	-32,7387	370,5	11,31687
Escritório 1	64,6	781,66	51,0424	4,56775	55,610148	-21,8258	247	11,31687
Escritório 2	64,6	781,66	51,0424	4,56775	55,610148	-21,8258	247	11,31687
Armazém pintura	217	656,425	42,86455	3,004203	45,86875563	-19,7702	197,68	9,99888
Polimento	496	2455,2	160,3246	11,2365	171,56106	-73,9457	451,84	6,110426
Refeitório	62	51,15	3,340095	0,234094	3,57418875	-1,54054	56,48	36,66256
WC masculino	62	102,3	6,68019	0,468188	7,1483775	-3,08107	56,48	18,33128
Sala de controlo do armazém	62	306,9	20,04057	1,404563	21,4451325	-9,24322	56,48	6,110426
Garagem e arrumos	496	3000,8	195,9522	13,7335	209,68574	-90,3781	451,84	4,99944

4.3.3 Tecnologia Led

Como anteriormente para a simulação da iluminação adequada nas divisões, recorreu-se ao *software* luminotécnico, e os resultados encontram-se no anexo B.2.5.

As luminárias utilizadas foram:

- DEXTRA Hydra Led HYD L32 PC 5S 30W
- DEXTRA Hydra Led HYD L44 PC 4S 40W
- DEXTRA Hydra Led HYD L55 PC 5S 50W
- LG CE_LG LED Flat Light 50W 596X596 3000K UGR19 T-bar (0-10V)

Embora com tendência de diminuição dos preços, o custo de investimento desta solução ainda traz problemas de viabilidade económica, que tem como resultado períodos de retorno altíssimos.

Estes resultados estão na tabela 4.6.

Devido ao custo das luminárias, em alguns casos o custo de exploração torna-se tão elevado que o custo da iluminação proposta se torna anualmente mais caro que a existente, na tabela é assinalada essa inviabilidade.

Os custos de orçamentação conseguidos encontram-se na tabela B.5 do anexo B.2.1 e baseiam-se em preços médios desta tecnologia.

Tabela 4.6: Resultados da Iluminação Led

Sector	Potência consumida por divisão (W)	Consumo (kWh/ano)	Custo energético (euro/ano)	Custo exploração (euro/ano)	Custo da Iluminação (euro/ano)	Diferença da proposta-existente (euro/ano)	Custo investimento por sector	Período de retorno (anos)
Laboratório	300	907,5	59,25975	86,2125	145,47225	29,3183	2850	Inválido
Escritório 1	200	605	39,5065	57,354	96,8605	19,42453	1900	Inválido
Escritório 2	200	605	39,5065	57,475	96,9815	19,54553	1900	Inválido
Armazém pintura	185,5	561,1375	36,64228	13,57318	50,21545375	-15,4235	448,7	29,09194
Polimento	816	2019,6	131,8799	41,4216	173,30148	-72,2053	1673,6	23,17835
Refeitório	84,2	69,465	4,536065	1,65165	6,1877145	1,07299	200,2	Inválido
Vestiário Masculino	84,2	46,31	3,024043	1,1011	4,125143	-2,69449	200,2	74,29977
WC masculino	84,2	69,465	4,536065	1,65165	6,1877145	-4,04174	200,2	49,53318
Oficina	102	504,9	32,96997	10,3554	43,32537	-18,0513	209,2	11,58917
Sala de controlo do armazém	84,2	416,79	27,21639	9,9099	37,126287	6,437937	209,2	Inválido
Garagem e arrumos	673,6	2037,64	133,0579	48,4484	181,506292	-118,558	1601,6	13,50905

4.3.4 Comando da Iluminação

Para as casas de banho e vestiários masculinos, devem ser instalados detetores de presença ou também conhecidos por detetores volumétricos. A escolha para estas divisões serão os detetores infravermelhos passivos por serem os mais económicos.

Tabela 4.7: Comando da Iluminação existente e proposta

Setor	Existente	Proposta
Sala de reuniões	Manual	Sensor de luz
Laboratório	Manual	Sensor de luz
Escritório 1	Manual	Sensor de luz
Arquivo 1	Manual	Sensor de luz
Arquivo 2	Manual	Sensor de luz
Escritório 2	Manual	Sensor de luz
Vestiário Masculino	Manual	Detetor de movimento
WC masculino	Manual	Detetor de movimento
WC Feminino	Manual	Detetor de movimento

4.4 Conclusões

Com os preços a que se teve acesso das soluções aqui referidas, a instalação de balastros eletrónicos nas luminárias de iodetos metálicos constitui a solução mais vantajosa e de importância primordial. Pelo que deve ser pensada a sua instalação de forma imediata.

Os resultados da implementação desta proposta encontram-se nas tabelas 4.8 e 4.9.

Tabela 4.8: Resultado da instalação de Balastros Eletrónicos na Iluminação existente

Proposta de Instalação de Balastros Eletrónicos Iluminação Existente de Iodetos Metálicos		
Poupança do consumo de Energia Elétrica	31 680	kWh/ano
Redução Energética	6,8	tep/ano
Investimento	1 800	€
Payback	0,85	anos
Economia	2 100	€/ano
Redução de CO ₂	14 890	kgCO ₂ /ano

Tabela 4.9: Resultado da instalação de balastros eletrônicos na Iluminação existente por setor

Setor	Redução		
Anodização	Consumos Energéticos	4,8	tep/ano
	Emissões Gases com Efeito de Estufa	10 631	kgCO ₂ /ano
Lacagem	Consumos Energéticos	2	tep/ano
	Emissões Gases com Efeito de Estufa	4 258	kgCO ₂ /ano

A troca da Iluminação com lâmpadas fluorescentes T8 por kits de luminárias com lâmpadas T5, ou tecnologia Led revelou-se vantajosa mas com retorno elevado. Por isso poderá ser interessante abrir um concurso com a finalidade de conseguir preços mais competitivos e refazer os cálculos de retorno de investimento, a fim de recuperar a viabilidade económica destas soluções. No caso dos kits com lâmpadas T5, pode também ser pensado a conversão das existentes, instalando balastros eletrônicos, lâmpadas T5 e respetivos encaixes por forma a baixar o preço, recuperando parte da armadura existente.

Sendo ainda de considerar a troca das mesmas quando atingido o tempo de vida útil das lâmpadas existentes, considerando obviamente a necessidade de cumprimento das metas.

Segue nas tabelas 4.10 e 4.11 os resultados referentes à troca da Iluminação T8 por T5.

Tabela 4.10: Resultado da troca da Iluminação fluorescente T8 por T5

Proposta de Troca de Iluminação T8 para T5		
Poupança do consumo de Energia Elétrica	4 935	kWh/ano
Redução Energética	1	tep/ano
Investimento	2 135	€
Payback	12,9	anos
Economia	274	€/ano
Redução de CO ₂	236 525	kgCO ₂ /ano

Tabela 4.11: Resultado da troca da Iluminação fluorescente T8 por T5 por setor

Setor	Redução		
Anodização	Consumos Energéticos	0,7	tep/ano
	Emissões Gases com Efeito de Estufa	168 872	kgCO ₂ /ano
Lacagem	Consumos Energéticos	0,3	tep/ano
	Emissões Gases com Efeito de Estufa	67 644	kgCO ₂ /ano

Relativamente aos Leds, é sabido que os preços desta tecnologia tendem a descer, ao passo que a sua eficiência tende a subir, pelo que com os orçamentos obtidos o seu payback a curto prazo se mostra aqui impossível, mas a médio prazo os novos preços podem viabilizar todo este estudo. Deve por isso ser tomado em conta num próximo trabalho.

Sobre a Iluminação natural, deve ser repensada a médio prazo a restrição da empresa sobre a não alteração estrutural do edifício resultante da instalação de painéis translúcidos ou claraboias de alto rendimento como as Sola Tube [9]. Nos setores da produção, nomeadamente Lacagem, Armazém e Anodização por ter uma grande área de incidência solar, esta solução terá vantagens a nível de eficiência energética baixando o consumo de

energia elétrica, tirando partido do facto de nestes setores as luminárias se ligarem aos pares, e nas zonas que a necessidade de iluminância é menor como o Armazém a Iluminação natural poderá disponibilizar luz suficiente ou com pouca necessidade de Iluminação artificial em algumas horas do dia.

Capítulo 5

Compensação do Fator Potência

A compensação do fator de potência consiste em “produzir” nas próprias instalações da empresa a potência reativa necessária para que parte da energia reativa ao funcionamento da carga deixe de ser fornecida pelo distribuidor e passe portanto a ser fornecida pela bateria de condensadores.

A instalação desta tecnologia tem como objetivo unicamente a poupança económica na fatura mensal, não servindo portanto para a diminuição do consumo energético que a empresa tem de cumprir até 2018. A escolha do tipo, equipamento e características terá por base um estudo económico.

A figura 5.1 ilustra o princípio de funcionamento deste equipamento.

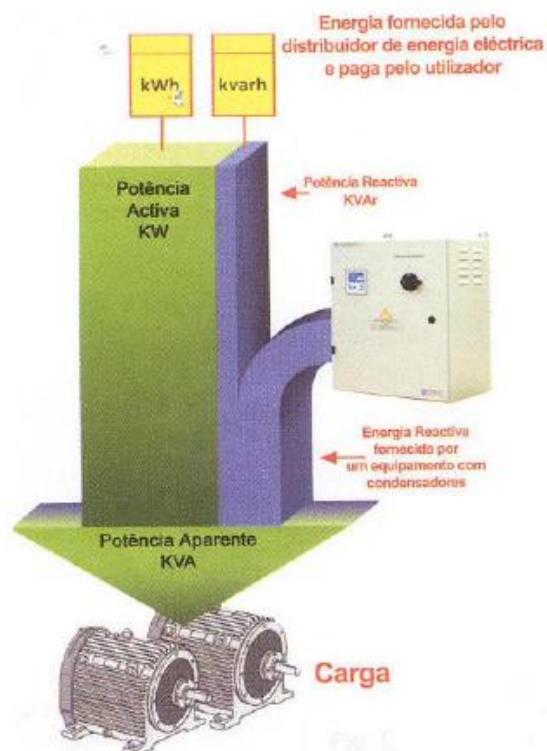


Figura 5.1: Princípio de funcionamento [11]

Foi instalada em meados de 2012 uma bateria de condensadores para correção do fator potência, no entanto esta revelou-se insuficiente, e neste trabalho foi estudado um incremento a essa solução.

Esta compensação tem como finalidade a diminuição dos custos de energia reativa.

De facto de acordo com o levantamento do ano de 2013, a energia reativa apresenta valores consideráveis com um máximo superior a 11 000kvar e um custo de quase 500€ no mês de Setembro (figuras 5.2 e 5.3).

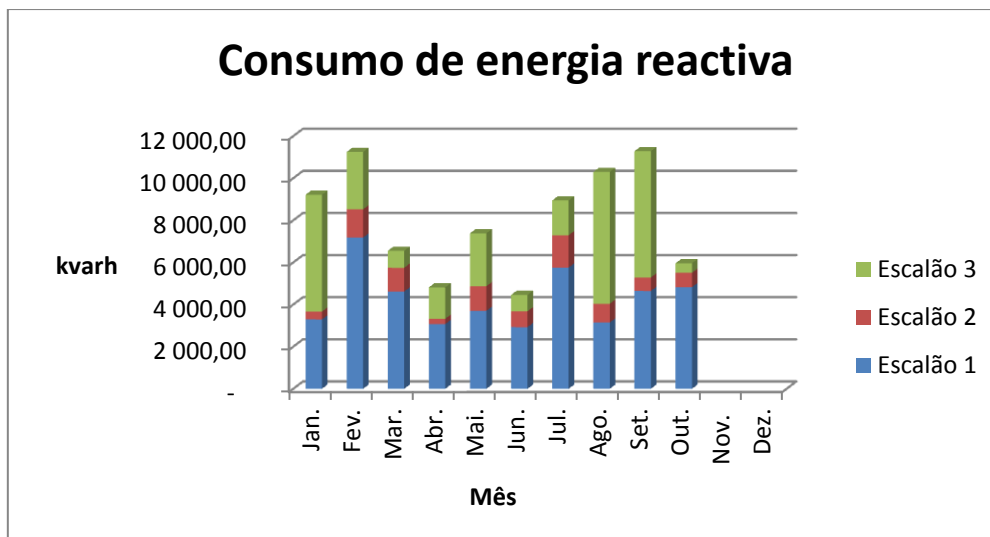


Figura 5.2: Registo do consumo de Energia Reativa em 2013, em kvarh

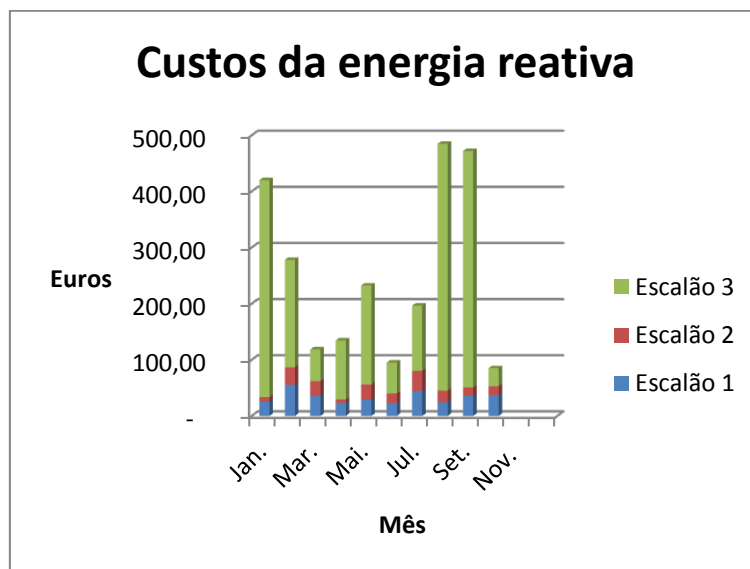


Figura 5.3: Registo dos custos da Energia Reativa em 2013, em euros

5.1 Equipamento existente

Está instalada uma bateria *Neivar* da gama *MaxAut* [10], equipada com controlador digital de oito escalões, com indicação de tensão, corrente em linha, diferencial de potência

reativa, temperatura e conteúdo harmônico. Os quadros estão equipados com corte geral, ventilação por comando termostático, proteções com fusível rápido por banco.

Este equipamento assenta numa construção modular, que permitem adicionar potência sempre que necessário sem trocar de equipamento.

Os condensadores são construídos em filme de polipropileno metalizado em folha dupla, auto cicatrizantes e estão equipados com dispositivo antideflagrante.

Os modelos Neivar AH, anti harmônicos são construídos inserindo no circuito de potência uma reactância em série ou em paralelo com os condensadores, sintonizados para a frequência do harmônico que se pretende atenuar, ou ainda dessintonizados para impor um circuito fortemente impedante para frequências acima da qual se pretende evitar amplificação por ressonância.



Figura 5.4: Equipamento existente

5.2 Modo de Compensação

A bateria de condensadores já existente faz a regulação automaticamente e tem a sua ligação ao barramento do Quadro Geral, assegurando desta forma a compensação global para o conjunto da instalação, como ilustrado na figura 5.5.

Este método de compensação apresenta as seguintes vantagens [11]:

- Garantia de retorno rápido do investimento, uma vez que a bateria está em funcionamento de forma permanente;
- Boa adaptação da potência reativa fornecida pelo conjunto.

Desvantagem:

Relativamente a compensação local ou individual este apresenta maiores perdas e quedas de tensão, uma vez que não há supressão da potência reativa em excesso nos cabos de alimentação dos vários quadros parciais.

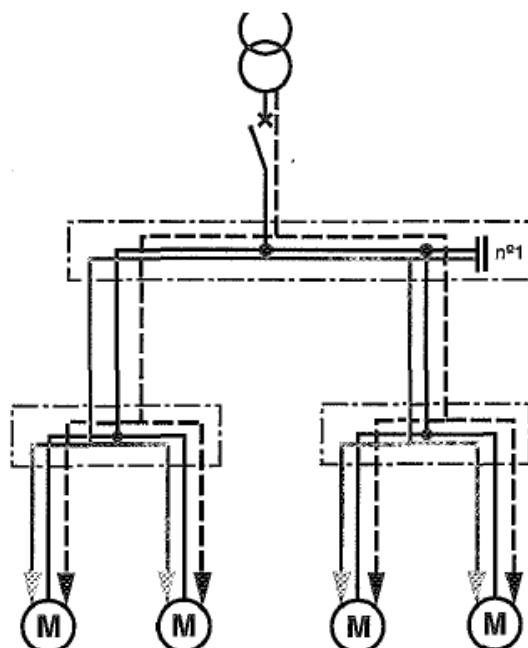


Figura 5.5: Compensação Global. Bateria de Condensadores ligada ao quadro geral da instalação [11]

As baterias estão divididas por escalões, que sendo controladas por um relé varimétrico permitem uma regulação automática de potência reativa fornecida a um fator de potência desejado, sempre acima do mínimo exigível, figura 5.6.

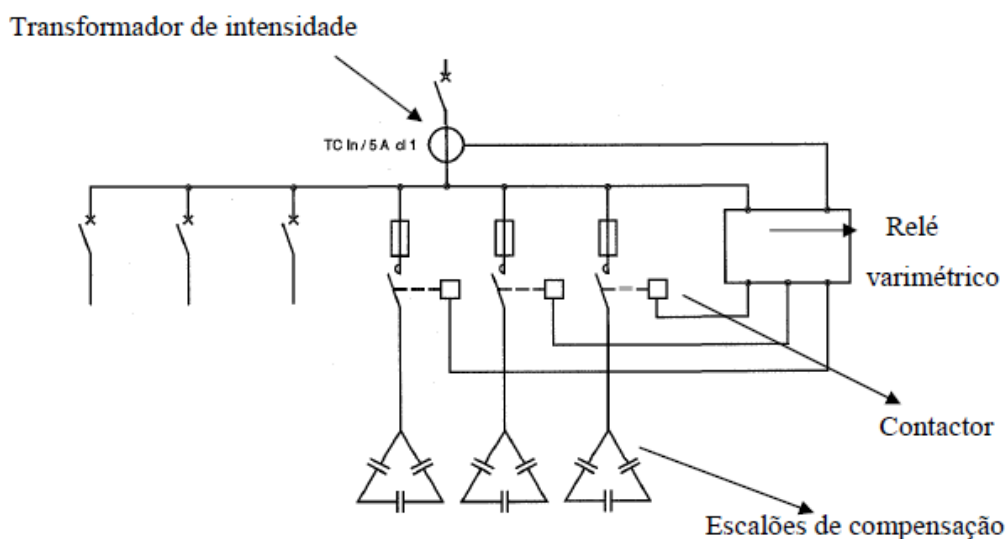


Figura 5.6: Princípio de funcionamento da compensação automática de uma instalação [11]

5.3 Regras de Faturação da Energia Reativa

No que diz respeito ao sistema tarifário, a energia reativa é faturada nos escalões de tensão, BTE, MT, AT e MAT, e no ciclo de faturação que pode ser Diário ou Semanal. No ciclo Diário a localização das Horas de Vazio (HV) é a mesma em todos os 7 dias da semana, enquanto no ciclo Semanal há diferenciação entre as HV nos dias úteis e nos fins de semana. Dependendo das horas do dia tanto a energia reativa indutiva como a capacitiva, podem ser sujeitas a faturação.

O Despacho nº 7253/2010 define para regras de faturação os períodos de integração, com a seguinte duração:

- Diário para as entregas do Operador da RNT ao Operador da RND;
- Diário para as entregas a Clientes em MAT, AT e MT (Portugal Continental) - transitoriamente, até 1 de Janeiro de 2012 o período de integração é igual ao período de faturação;
- Igual ao Período de Faturação (normalmente, Mensal) para as entregas a Clientes em BTE.

Para faturação da Energia Reativa Indutiva sendo W_{HFV} a energia ativa fora do vazio, e WR_{HFV} a energia reativa fora do vazio, em kWh e kvarh respetivamente, é válida a seguinte relação:

$$tg \varphi_{med HFV} = WR_{HFV} / W_{HFV} \quad (5.1)$$

Se $tg \varphi_{med HFV} \leq 0,3$ não há faturação da energia reativa indutiva, no entanto se $tg \varphi_{med HFV} \geq 0,3$ há faturação de energia reativa indutiva, e é faturada de acordo com a tabela 5.1.

Tabela 5.1: Regras de faturação da Energia Reativa Indutiva [11]

Escalão de Faturação	$tg \varphi_{med HFV}$	$WR_{Faturada}$	Fator Mult.	Encargo Total no Período de Integração
1	$0,3 \leq tg \varphi_{med HFV} \leq 0,4$	$A = WR_{HFV} - 0,3 W_{HFV}$	f1	$f1 \times p \times A$
2	$0,4 \leq tg \varphi_{med HFV} < 0,5$	$A = 0,1 W_{HFV}$	f1	$(f1 \times p \times A) + (f2 \times p \times B)$
		$B = WR_{HFV} - 0,4 W_{HFV}$	f2	
3	$0,5 \leq tg \varphi_{med HFV}$	$A = 0,1 W_{HFV}$	f1	$(f1 \times p \times A) + (f1 \times p \times B) + (f1 \times p \times C)$
		$B = 0,1 W_{HFV}$	f2	
		$C = WR_{HFV} - 0,5 W_{HFV}$	f3	

Em que:

W_{HFV} , em kWh, é a energia ativa consumida nas Horas Fora de Vazio, em cada Período de Integração;

WR_{HFV} , em kvarh, é a energia reativa indutiva medida nas Horas Fora do Vazio, em cada Período de Integração;

P, em €/kvarh, é o preço de referência da energia reativa indutiva;

f1, f2 e f3 são os fatores multiplicativos

Os escalões são cobrados com preços diferentes de acordo com o fator multiplicativo respetivo de cada $\text{tg } \varphi$. Os respetivos escalões e preços encontram-se nas seguintes tabelas 5.2 e 5.3.

Tabela 5.2: Fatores Multiplicativos por escalão de faturação de Energia Reativa Indutiva

	Descrição	Fator Multiplicativo
Escalão 1	Para $0,3 \leq \text{tg} \varphi < 0,4$	0,33 (a partir de 1.1.2012)
Escalão 2	Para $0,4 \leq \text{tg} \varphi < 0,5$	1,00
Escalão 3	Para $\text{tg} \varphi \geq 0,5$	3,00

Tabela 5.3: Preços dos diferentes escalões com o respetivo Fator Multiplicativo incluído (em Setembro de 2013)

	s/iva	c/iva (23%)
Escalão 1	0,0077	0,0095
Escalão 2	0,0234	0,0288
Escalão 3	0,0702	0,0863

Para a faturação da Energia Reativa Capacitiva, se a energia reativa nas horas de vazio WR_{HV} , em kvarh for capacitiva, diz-se que se trata de energia reativa “recebida” pelo distribuidor, e neste caso a energia reativa é faturada na sua totalidade segundo a expressão 5.3:

$$WR_{Faturada} = WR_{HV} \quad (5.2)$$

$$Encargo_{P.I.} = q \times WR_{Faturada} \quad (5.3)$$

Em que:

WR_{HV} , em kvarh, é a energia reativa capacitiva medida nas Horas de Vazio (HV), em cada Período de Integração.;

q, em €/kvarh, é o preço de referência da energia reativa capacitiva (é publicado anualmente pela ERSE);

$Encargo_{P.I.}$ é o valor faturado em cada Período de Integração, em €.

Nas HV por menor que seja o valor do fator de potência médio indutivo, a energia reativa não é alvo de faturação.

5.4 Proposta

De acordo com a faturação disponível até ao momento (Outubro de 2013), o custo de energia reativa já apresenta valores superiores a 2500€.

Até ao fecho deste trabalho não foi possível ter acesso à faturação mensal completa do ano de 2013, assim como o acesso a faturação diária.

Uma vez que se trata de um cliente que recebe energia em MT, propõem-se que logo que seja possível ter acesso à faturação diária, seja calculado o incremento da bateria de condensadores com o objetivo de baixar o custo da energia reativa para zero ou o mais próximo possível, e calcular a sua viabilidade e período de retorno.

Espera-se que esta solução apresente um *payback* inferior a um ano, como tipicamente esperado numa solução deste género, e também pelo facto do equipamento existente ser modular e permitir que uma ação deste género seja menos dispendiosa.

Capítulo 6

Sistema de Ar Comprimido

O *Mattei AC55* (figura 6.1) é um compressor de palhetas rotativas com 55kW de potência instalada, projetado para uso industrial a 24 horas por dia, produzindo um som reduzido. Os compressores de palhetas rotativas são os mais fiáveis, e são acionados diretamente a uma velocidade baixa na ordem das 1450rpm. O rotor é a única peça em movimento contínuo e roda dentro do estator cilíndrico. A força centrífuga prolonga as palhetas a partir das ranhuras, formando células de compressão individuais e o aumento da pressão do ar é conseguido com a rotação, que reduz o volume das células.

Além dos compressores de ar, a central também tem instalado um secador de ar por refrigeração e um depósito de ar comprimido.



Figura 6.1: Compressor *Mattei 55AC*

A distribuição do ar é feita em anel, ou seja à saída do compressor o ar é encaminhado para o depósito e antes de seguir para a rede passa por um secador, figura 6.2.

A potência absorvida em vazio sem perdas segundo a fabricante, é de 18,8kW para 7,5bar(g) e 19,3kW para 9,5bar(g) [12]. O compressor é usado de 6,7 a 6,8bar nestas instalações, e foi considerada uma potência em vazio de 18,8kW o que na prática até será abaixo deste valor.

Para o cálculo da média foi usado o período entre as 0:39h e as 10:14h de sábado onde não há variações por utilização do compressor o que dá 37kW, que fazendo a diferença com os 18,8kW previstos pelo fabricante obtêm-se 17,2kW de perdas o que corresponde a um custo anual de perdas acima de 7 400€, ou seja 2,7% do total de custo de energia elétrica no ano passado (2012).

6.4 Estudo de Soluções e Medidas Propostas

A utilização do ar comprimido revelou-se ineficiente, e a redução da energia necessária para compressão é de grande importância uma vez que envolve investimento nulo ou muito baixo, assim como o retorno rápido do investimento e essa é a principal restrição do cliente.

As perdas representam atualmente um desperdício de energia na ordem dos 7 400€ anuais.

Deve ser feita uma revisão cuidada a toda a rede de distribuição para identificar, eliminar e reduzir as fugas de ar, sendo dada máxima atenção a válvulas, tubos, mangueiras e conexões mal vedadas, corroídas, furadas e sem manutenção, que são responsáveis por fugas de proporções significativas.

Depois de revista toda a rede de modo a atingir um grau de eficiência o mais elevado possível, devem ser pensadas ações curtas, periódicas, de manutenção para que a rede não aumente os custos energéticos da empresa. Seria interessante uma manutenção mensal que incluísse a verificação do estado dos purgadores, efetuando a purga das linhas, a verificação de fugas de ar, a verificação do estado das pistolas e o preenchimento de registos de manutenção.

Pelo diagrama de carga observa-se que a central continua ligada no sábado para atender a pequenas necessidades que surgem à equipa de sábado. De facto o ar é utilizado por um período em torno de uma hora e devido a isso fica ligado 7horas. Ora, seria importante repensar essa necessidade, uma vez que na situação atual com elevadas perdas este período representa um consumo considerável. Se neste período a central fosse desligada e a necessidade do ar comprimido fosse deslocada para o período de funcionamento normal, a economia anual seria superior a 800€, e superior a 400€ num cenário sem perdas em que o compressor funciona apenas com a potência prevista pelo fabricante.

Os resultados detalhados para cada uma destas propostas encontram-se nas tabelas 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6. Fez-se também o cálculo parcial, para a Anodização e Lacagem, da redução dos consumos energéticos e da redução de emissão de gases com efeito de estufa. Estes valores seguiram os consumos de Ar Comprimido de cada um destes setores.

Os cálculos parciais para a Anodização e Lacagem tiveram por base a desagregação por setor do Ar Comprimido anteriormente efetuada pela *Ecoinside*.

Tabela 6.1: Resultado da eliminação de fugas do Ar Comprimido

Eliminação de fugas de Ar Comprimido		
Consumo atual em perdas	113 520	kWh/ano
Redução Energética	25	tep/ano
Investimento	-	€
Payback	-	anos
Economia	7 400	€/ano
Redução de CO ₂	53 354	kgCO ₂ /ano

Tabela 6.2: Resultado da eliminação de fugas do Ar Comprimido por setor

Setor	Redução		
	Anodização	Consumos Energéticos	18
Emissões Gases com Efeito de Estufa		38094	kgCO ₂ /ano
Lacagem	Consumos Energéticos	7	tep/ano
	Emissões Gases com Efeito de Estufa	15259	kgCO ₂ /ano

Tabela 6.3: Resultado do deslocamento da necessidade de Ar Comprimido no sábado (sem perdas)

Deslocando a necessidade de Ar Comprimido no sábado (sem perdas)		
Consumo atual em perdas	6 048	kWh/ano
Redução Energética	1	tep/ano
Investimento	-	€
Payback	-	anos
Economia	400	€/ano
Redução de CO ₂	2 842	kgCO ₂ /ano

Tabela 6.4: Resultado do deslocamento da necessidade de Ar Comprimido no sábado (sem perdas) por setor

Setor	Redução		
	Anodização	Consumos Energéticos	0,7
Emissões Gases com Efeito de Estufa		2 029	kgCO ₂ /ano
Lacagem	Consumos Energéticos	0,3	tep/ano
	Emissões Gases com Efeito de Estufa	812	kgCO ₂ /ano

Tabela 6.5: Resultado do deslocamento da necessidade de Ar Comprimido no sábado (com perdas)

Deslocando a necessidade de Ar Comprimido no sábado (com perdas)		
Consumo atual em perdas	12 432	kWh/ano
Redução Energética	3	tep/ano
Investimento	-	€
Payback	-	anos
Economia	800	€/ano
Redução de CO ₂	5 843	kgCO ₂ /ano

Tabela 6.6: Resultado do deslocamento da necessidade do Ar Comprimido (com perdas) por setor

Setor	Redução		
	Anodização	Consumos Energéticos	2
Emissões Gases com Efeito de Estufa		3 735	kgCO ₂ /ano
Lacagem	Consumos Energéticos	0,8	tep/ano
	Emissões Gases com Efeito de Estufa	1 671	kgCO ₂ /ano

6.5 Conclusão

É possível obter poupanças consideráveis se se conseguir que a central e toda a rede de distribuição com uma eficiência perto do ideal juntamente com a proposta de desligar o sistema logo após os trabalhos de sexta-feira, deslocando assim as necessidades de ar em limpezas para um dia útil a qualquer hora.

Os resultados globais encontram-se na tabela 6.7.

Os cálculos parciais para a Anodização e Lacagem tiveram por base a desagregação por setor, do Ar Comprimido, anteriormente efetuada pela *Ecoinside*.

Tabela 6.7: Resultado da eliminação de fugas de Ar Comprimido + deslocamento das necessidades de sábado

Resultados máximos referentes ao Ar Comprimido		
Poupança de Energia Elétrica	125 952	kWh/ano
Redução Energética	28	tep/ano
Investimento	0	€
<i>Payback</i>	0	anos
Economia	8 200	€/ano
Redução de CO ₂	59 197	kgCO ₂ /ano

Tabela 6.8: Resultado da eliminação de fugas do Ar Comprimido + deslocamento das necessidades de sábado (por setor)

Setor	Redução		
	Anodização	Consumos Energéticos	20
Emissões Gases com Efeito de Estufa		41 829	kgCO ₂ /ano
Lacagem	Consumos Energéticos	7,8	tep/ano
	Emissões Gases com Efeito de Estufa	16 930	kgCO ₂ /ano

Capítulo 7

Análise Termográfica

A termografia é uma técnica de deteção da distribuição de energia térmica emitida pelas superfícies de um ou vários corpos por radiação infravermelha.

Este método pode passar pela utilização de reações químicas diretamente no corpo, que mudam de cor consoante temperatura, ou recorrendo à utilização de equipamentos eletrónicos como câmaras termográficas que permitem a visualização de imagens térmicas ou termogramas, captando a radiação térmica emitida pelo corpo, sendo um método não invasivo. Por fim podem ainda ser utilizados *softwares* que facilitam a análise das imagens.

A termografia faz uso da faixa de infravermelho, que se encontra entre $0,750\mu\text{m}$ e $1000\mu\text{m}$. O comprimento de onda λ da radiação visível pelo olho humano do espectro eletromagnético encontra-se no intervalo de $0,400\mu\text{m}$ a $0,750\mu\text{m}$.

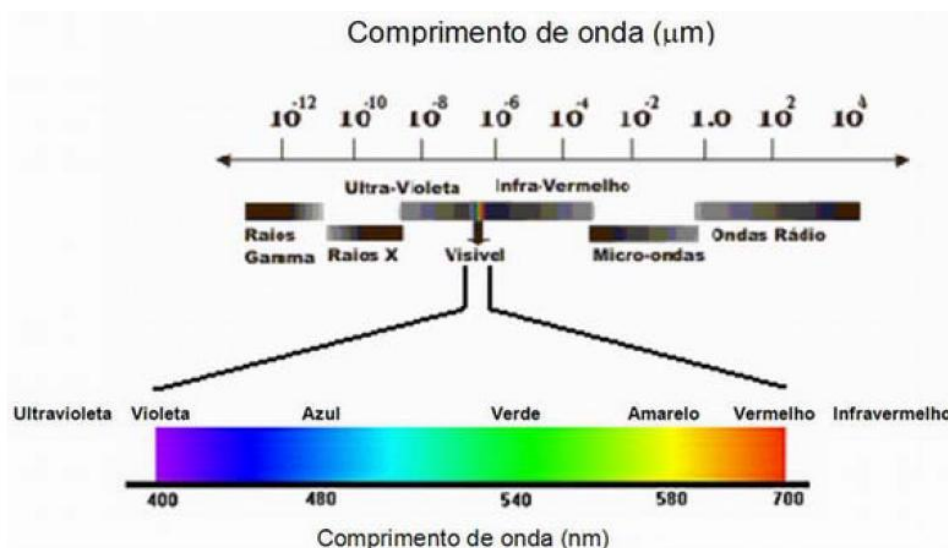


Figura 7.1: Espectro eletromagnético [13]

A análise neste trabalho não estava inicialmente prevista, mas surge aqui pelo interesse de encontrar alguma oportunidade de redução de consumo que satisfaça eventualmente as restrições de baixo investimento do cliente, identificando e eliminando possíveis perdas energéticas que aumentam os custos com eletricidade ou gás natural, assim como prevenção

preditiva para evitar possíveis avarias e diminuição de vida útil de equipamentos que se traduziriam em perdas monetárias e de produção. Além disso, com o aumento da temperatura aumenta também o risco de incêndio pondo em risco a segurança de pessoas e bens, causando avarias irreparáveis ou de elevados custos, e perdas, a nível de produção, difíceis de quantificar.

7.1 Câmara termográfica utilizada

A câmara utilizada foi a *Fluke Ti27* cujas especificações gerais referentes a temperatura se encontram na tabela 7.1.

Este equipamento apresenta uma qualidade de imagem superior proporcionando imagens claras e nítidas necessárias para detetar os problemas rapidamente, com a resolução por infravermelhos (IR) de 240x180.

Tabela 7.1: Especificações de temperatura referentes à câmara *Fluke Ti27* [14]

Gama de medição de temperatura (não calibrada abaixo de -10 °C)	-20 °C a +600 °C (-4 °F a +1112 °F)
Precisão de medição de temperatura	± 2 °C ou 2 % (a 25 °C nominais, o que for superior)
Correção de emissividade no ecrã	Sim
Indicação no ecrã da compensação de temperatura de fundo refletida	Sim
Correção de emissividade no ecrã	Sim



Figura 7.2: Câmara termográfica *Fluke Ti27* [14]

Para a análise de imagens foi utilizado o *software Fluke SmartView*, que possui um conjunto de ferramentas que visualiza, otimiza, anota e analisa imagens e vídeos por infravermelhos, tornando mais simples o tratamento de imagens e consequentemente a análise de padrões térmicos traduzindo-se numa maior segurança dos resultados. [15]

7.2 Manutenção Preventiva

Nas instalações elétricas, o aquecimento anormal de condutores devido à excessiva passagem de corrente ou à resistência elevada são a causa principal de problemas elétricos. Numa rápida inspeção termográfica pode-se observar possíveis defeitos pela alteração do padrão térmico, e pensar numa intervenção antecipada, a fim de evitar perdas maiores.

Nos componentes mecânicos é gerado calor por forças causadas por fricção, desalinhamento, falta ou excesso de lubrificação e tensão em excesso nas correias.

Os motores e geradores elétricos são sujeitos a estas anomalias, sendo importante uma inspeção às várias partes como rotor, estator, rolamentos, caixas de engrenagem, correias de transmissão e rolamentos.

Sabe-se de estudos anteriores que as perdas em motores originados por desequilíbrio são significativas. 2% de desequilíbrio impõe no motor alimentado um aumento de perdas na ordem dos 8% [16].

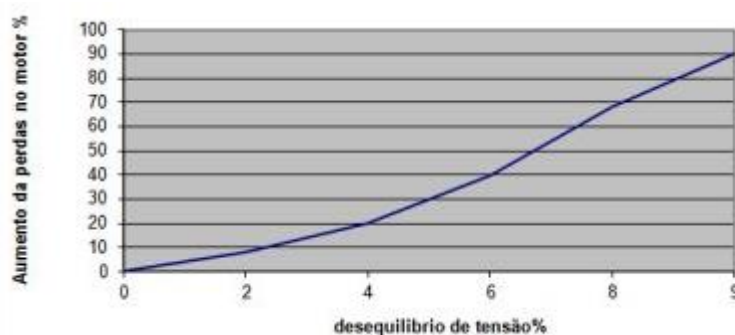


Figura 7.3: Comportamento da elevação de perdas em motores devido a desequilíbrio da tensão [16]

Nos sistemas de fluido é importante a inspeção a todos os seus elementos constituintes, com o objetivo de procurar fontes de perdas de calor.

Analisaram-se todos os separadores e tubulações de transporte de vapor, estufas e fornos.

7.3 Aplicações analisadas

- Sistemas de fluido e vapor;
- Motores elétricos;
- Ligações soltas ou deterioradas nas instalações elétricas;
- Circuitos em sobrecarga;
- Desequilíbrio de cargas;
- Transformadores;
- Quadros elétricos.

Todos os equipamentos analisados com exceção dos fornos de lacagem apresentam padrões de temperatura uniformes ou esperados.

Os motores foram analisados em funcionamento, e como as imagens termográficas só indicam os padrões de temperatura à superfície dos mesmos, consideraram-se os valores indicativos nas chapas de características e tomaram-se como referência, comparando-se desta

forma com os valores obtidos. Além desta análise, observou-se o padrão térmico a fim de detectar pontos mais quentes e também não foram encontrados sinais de preocupação.

No Forno da Lacagem são bastante visíveis fugas térmicas (figuras 7.4, 7.5 e 7.6), que poderão ser resultado da falta de manutenção.

A temperatura de referência de funcionamento do forno é de cerca de 86°C.

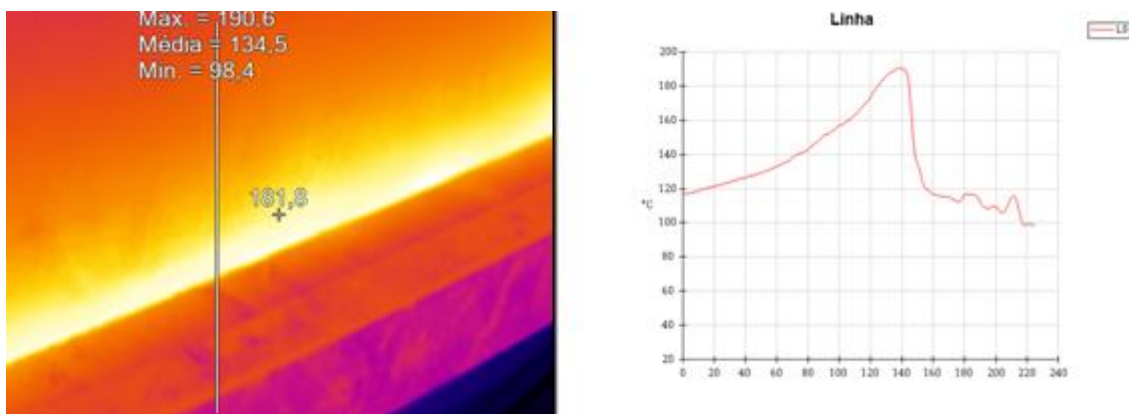


Figura 7.4: Imagem e gráfico da parte inferior do Forno da Lacagem

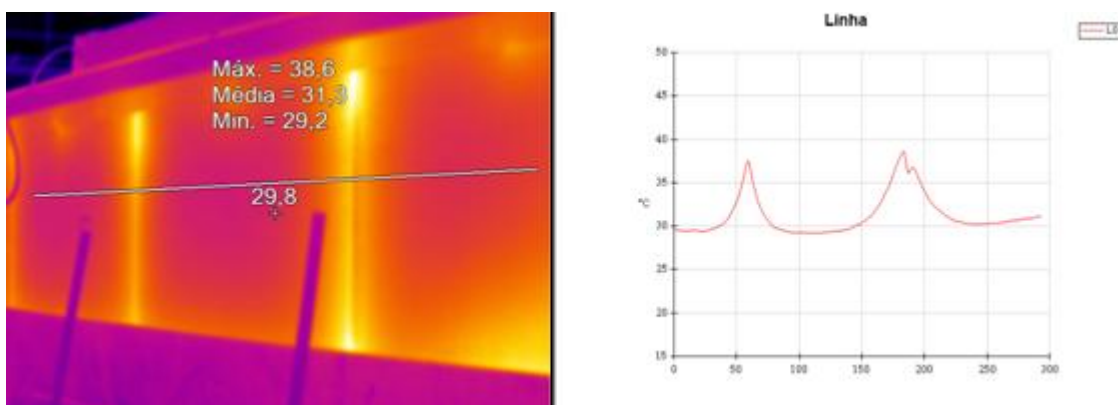


Figura 7.5: Imagem e gráfico da parede lateral do Forno da Lacagem

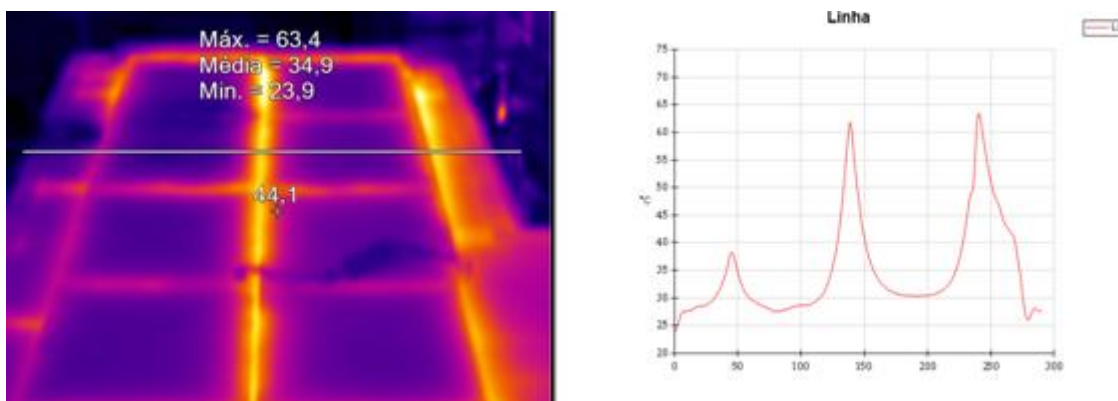


Figura 7.6: Imagem e gráfico da parte superior do Forno da Lacagem

Na parte inferior do forno as fugas térmicas têm a sua origem na sua fonte de calor que com o tempo poderá ter enfraquecido e deteriorado o isolamento das paredes que o revestem. Na parte superior por sua vez, as fugas centram-se sobretudo no sistema de fecho do forno,

que também poderá já não estar nas condições originais do fabricante, considera-se importante a observação cuidada do isolamento e o aperto dos parafusos das portas.

Nos cabos dos Quadros Gerais de Baixa Tensão 1 e 2 são visíveis, diferentes padrões térmicos (figuras 7.7 e 7.8), que podem ser causados por desequilíbrios das cargas já que a fase ou fases mais solicitadas aquecem mais que as restantes pelo maior calor gerado por efeito Joule devido à maior intensidade da corrente elétrica, mas também pode ter origem em conexões inadequadas e em desequilíbrios harmónicos.

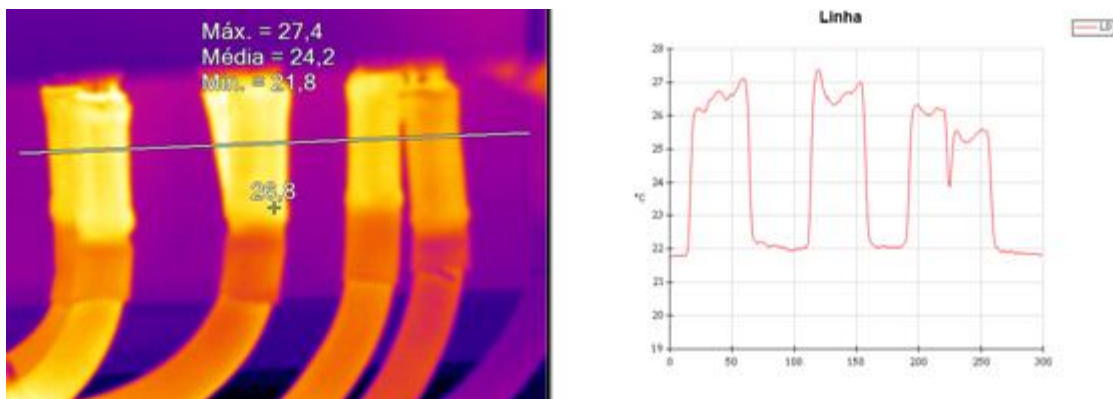


Figura 7.7: Imagem e gráfico dos cabos das fases do QGBT1

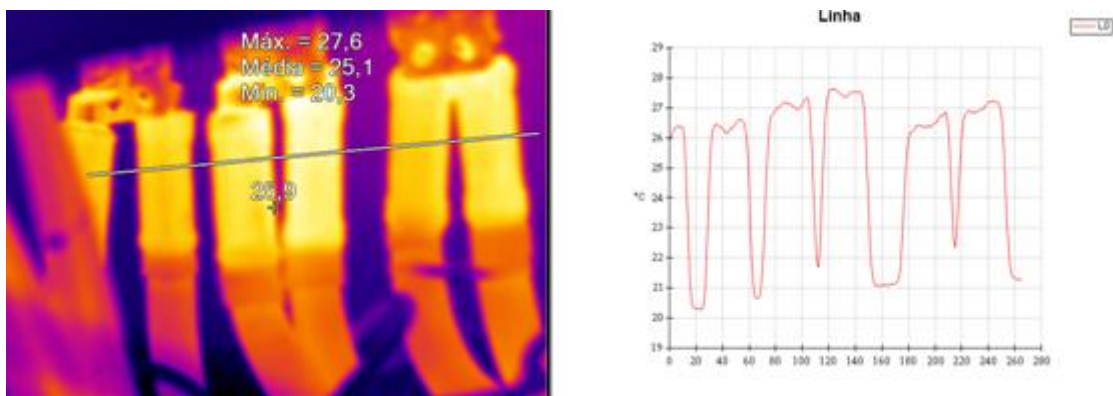


Figura 7.8: Imagem e gráfico dos cabos das fases do QGBT2

A *International Electrical Testing Association* (NETA) [17] considera necessária uma ação imediata sempre que a diferença de temperatura entre componentes elétricos semelhantes exceda os 15°C, ou quando entre o componente elétrico e temperatura do ar que o envolve exceda os 40°C.

De facto em todos os cabos observados não foram detetadas diferenças de temperatura preocupantes, mas a principal consequência do desequilíbrio de tensão é o aumento das perdas elétricas contribuindo desta forma para o desperdício de energia elétrica.

Um desequilíbrio maior pode ocasionar a queima de um fusível se ultrapassar os valores para que foi dimensionado, o que poderá significar perdas maiores a nível de perdas de produção.

7.4 Conclusões

Efetivamente, a necessidade de seccionar os circuitos e são ações preventivas importantes em termos de segurança e eficiência energética.

As soluções corretivas deverão ser tomadas nas fontes ou nas cargas.

No caso dos fornos deve verificar-se todo o sistema de fecho como o aperto correto dos parafusos de acordo com o definido pelo fabricante, o estado do material de isolamento do mesmo, e se necessário efetuar a troca por peças originais.

Na tentativa de estimar a quantificação do custo destas falhas, pode tomar-se o custo do equipamento avariado, o custo de substituição, a produção perdida durante o período de inatividade, custos de equipamentos passíveis de sofrer uma avaria em consequência da sua ocorrência, e segurança de pessoas ou bens.

As perdas resultantes dos desequilíbrios são de difícil quantificação económica, mas sendo operações que podem ser efetuadas na sua maioria pela equipa de manutenção da empresa, devem sobretudo servir para sensibilização do problema, e ser pensadas manutenções periódicas a estes elementos das instalações.

Capítulo 8

Conclusões

As restrições impostas pela direção da empresa são rígidas no que toca a investimentos, que pela apertada contenção orçamental, dá prioridade a propostas que exijam o mínimo investimento e com rápido retorno. Neste trabalho foram apresentadas soluções de poupança com muito curto período de retorno, mas sugere-se que a empresa deva considerar esforços de investimentos iniciais superiores no sentido de conseguir maiores poupanças energéticas para atingir as metas definidas. Deve ainda ser estudada com um maior importância e mais rigor devido ao efeito perverso do consumo não acompanhar a produção.

Esta empresa apresenta a não proporcionalidade entre produção e consumo, isto é, mesmo que a produção baixe o consumo mantém-se, devido à necessidade de manter os tanques e fornos a temperaturas corretas, independentemente da produção, causando efeitos negativos nos indicadores energéticos. De modo que sendo o Consumo Específico obtido pela razão entre Consumo Total de Energia e Produção Total, quando a produção baixa este indicador sobe. O mesmo se passa no indicador Intensidade Energética, que é definida pela razão entre Consumo Total de Energia e o Valor Acrescentado Bruto (VAB), em que o VAB depende também da produção.

Efetivamente a empresa não tem tido resultados significativos de redução desde o ano de referência (2010) em consequência da redução de produção e VAB, e devido a decisões de não aprovação de todas as soluções anteriormente propostas, e desta forma está longe de caminhar para o cumprimento das metas.

Neste estudo apresentou-se soluções com capacidade de redução energética de 34,8 e de 35,8tep/ano com períodos de retorno de 0,2 e 0,4 anos que comparando com os 38tep/ano de redução prevista no ano de referência, para 2018, tem um peso considerável e torna o cumprimento das metas definidas mais exequível.

Será de realizar ações de sensibilizações dirigidas aos decisores da empresa, e talvez promover formações a elementos da equipa de manutenção com o fim de ser dada maior importância à necessidade de manutenção periódica e apertada, e à redução energética de um modo geral.

Este trabalho baseou-se não numa auditoria mas num estudo com vista à diminuição de consumo energético de uma unidade fabril, e de facto revelou-se ser um desafio complicado a tentativa de encontrar lacunas de oportunidades de redução numa unidade industrial

acompanhada nesse sentido há quatro anos, evitando seguir medidas anteriormente propostas, e com restrições ainda mais apertadas de contenção orçamental.

A sensibilização seria também importante para definir uma estratégia de investimento, uma vez que algumas soluções aqui propostas, com vista a cumprir as restrições de baixo investimento e rápido retorno, se podem tornar obsoletas e desnecessárias se a médio prazo se verificar que ainda se pretende reduzir mais o consumo energético em áreas já intervencionadas com soluções mais baratas.

Foram deste modo atingidos e ultrapassados os objetivos inicialmente propostos, que consistiam num estudo do padrão de consumo da empresa e proposta de plano de reformulação funcional com vista a otimizar a eficiência energética, com recurso a análise dos gastos de energia, propostas de ações e medidas de alteração com equipamentos complementares ou alternativos aos existentes para diminuição do consumo e análise do investimento.

Mostraram-se falhas que podem ser corrigidas por manutenção mas com poupanças difíceis de quantificar, além de soluções interessantes mas que perdem a validade com as restrições impostas.

As soluções globais aqui descritas podem ser vistas separadamente e de forma detalhada nos capítulos anteriores.

O curto tempo para a elaboração deste trabalho exigiu definir determinada estratégia, sendo tomadas certas opções de análise em detrimento de outras que tipicamente não apresentam períodos de retorno tão rápidos.

8.1 Trabalhos Futuros

A médio prazo pode pensar-se em diferentes estudos com base em:

- Motores elétricos de eficiência superior;
- Variadores eletrónicos de velocidade;
- Controlo de pontas;
- Sistema de cogeração.

O sistema de cogeração enquadra-se num estudo um pouco mais complexo mas que de facto se pode justificar perante as enormes necessidades de eletricidade e de calor.

A empresa deve também repensar uma solução proposta anteriormente pela *Ecoinside* referente a colocação de painéis translúcidos ou claraboias de rendimento superior, que não foi aprovada por ser uma alteração estrutural do edifício.

Das propostas anteriores não implementadas, destacam-se também:

- Aproveitamento dos gases de exaustão do Forno de Lacagem para aquecimento do Forno de Secagem e ainda fornecimento de calor ao Banho de Selagem a Quente;
- Instalação de painéis fotovoltaicos.

Referências

- [1] Carlos Gaspar. *Eficiência Energética na Indústria*. ADENE, Janeiro de 2004.
- [2] Armínio Teixeira. *Grandezas usadas em luminotecnia*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002.
- [3] Comissão Internacional de Iluminação. *Níveis de Iluminância Recomendados para Iluminação Interior*. CIE, 2001.
- [4] Armínio Teixeira. *Iluminação Fluorescente - Balastros*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002.
- [5] Capehart, Barney L., Turner, Wayne C. e Kennedy, William J. *Guide to Energy Management*. Lilburn, GA : The Fairmond Press, Inc., 2003.
- [6] Armínio Teixeira. *Fontes de Iluminação - Tipos de Lâmpadas*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- [7] Armínio Teixeira. *As lâmpadas fluorescentes T5*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- [8] Armínio Teixeira. *Comando de circuitos de Iluminação*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- [9] Teclusol - Tecnologia Luminárias Solares. *Funcionamento de SolaTube*. <http://www.teclusol.com/>, acessado a 4/Out/2013.
- [10] 2JL Energia. *Catálogo de baterias Neivar*. <http://www.2jl.com.pt/>, 2014.
- [11] J.Neves dos Santos. *Compensação Do Fator De Potência*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Abril 2006.
- [12] Mattei. *Sheda Técnica Serie 4000 Design Data*, Luglio 2011.
- [13] Instituto Geográfico Português, Grupo de Deteção Remota. *Tutorial de Deteção Remota*, Novembro 2010, http://www.igeo.pt/gdr/tutorial_gdr.php acessado a 1/Dez/2013.

[14] Fluke. *Thermal Imaging*. <http://www.fluke.com/>, acessido a 14/Out/2013.

[15] Fluke. *Software SmartView*. <http://www.fluke.com/>, acessido a 4/Dez/2013.

[16] José Starosta. *Eficiência energética na indústria*. O Setor Elétrico, Julho 2010.

[17] InterNational Electrical Testing Association. *Acceptance Testing Specifications for Electrical Power Distribution Equipment and Systems*. 2007

Anexo A

Medições e registos efetuados para a Caracterização da Empresa

A.1 Perfil de Consumo

Efetuuou-se uma análise durante 7 dias, de 19 a 25 de Novembro, com períodos de integração de 15min, ao Quadro Geral de Baixa Tensão 1 (QGBT1) e ao Quadro Geral de Baixa Tensão 2 (QGBT2) obtendo-se os diagramas de carga das Figuras A.1 e A.2.

O QGBT1 faz distribuição aos Chiller's, Quadro Secagem, Quadro Armazém, Quadro Forno Lacagem.

O QGBT2 faz distribuição ao Quadro Parcial dos Compressores, Iluminação e Retificadores 1, 2 e 3.

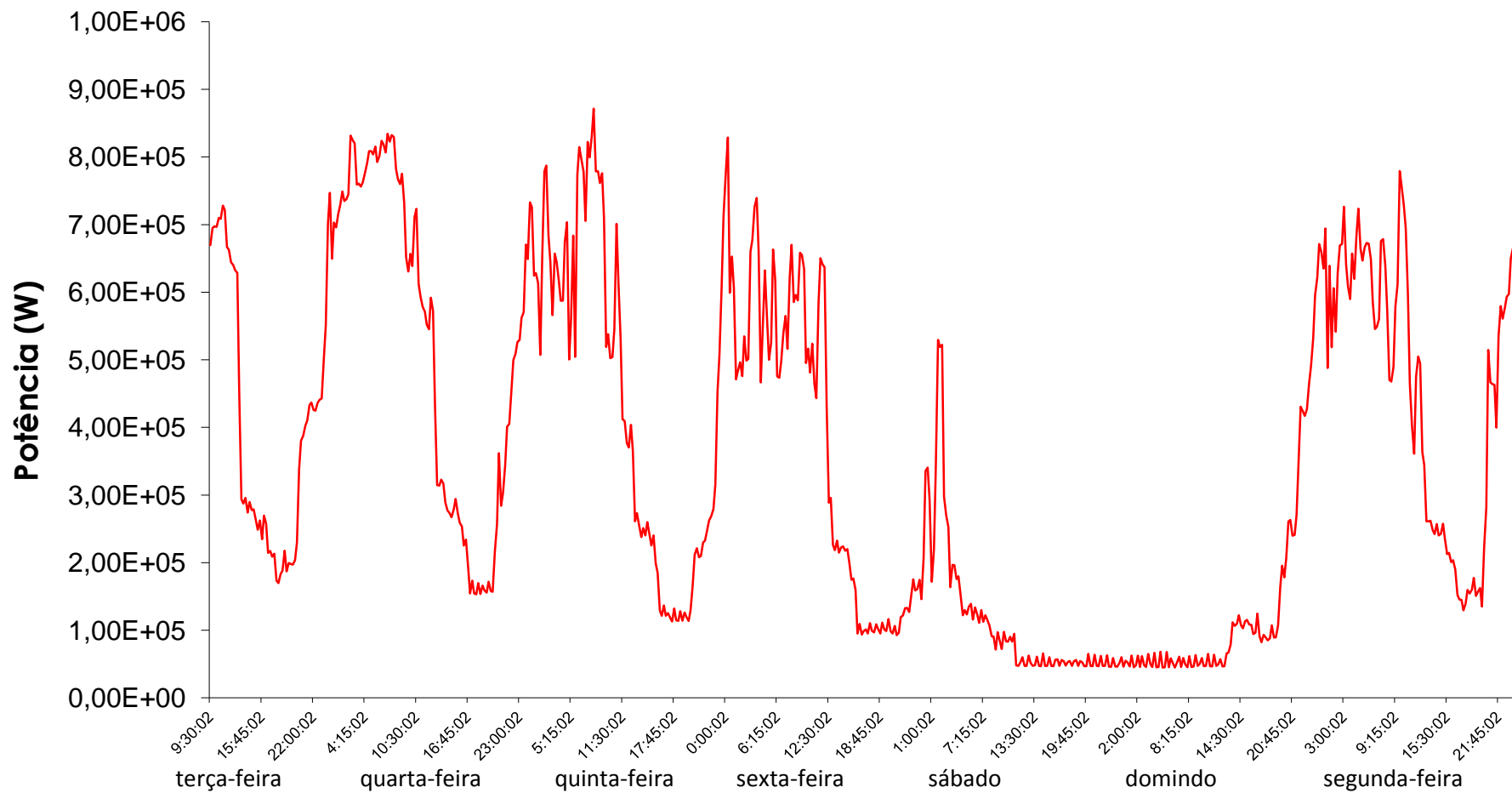


Figura A.1: Diagrama de carga do QGBT1

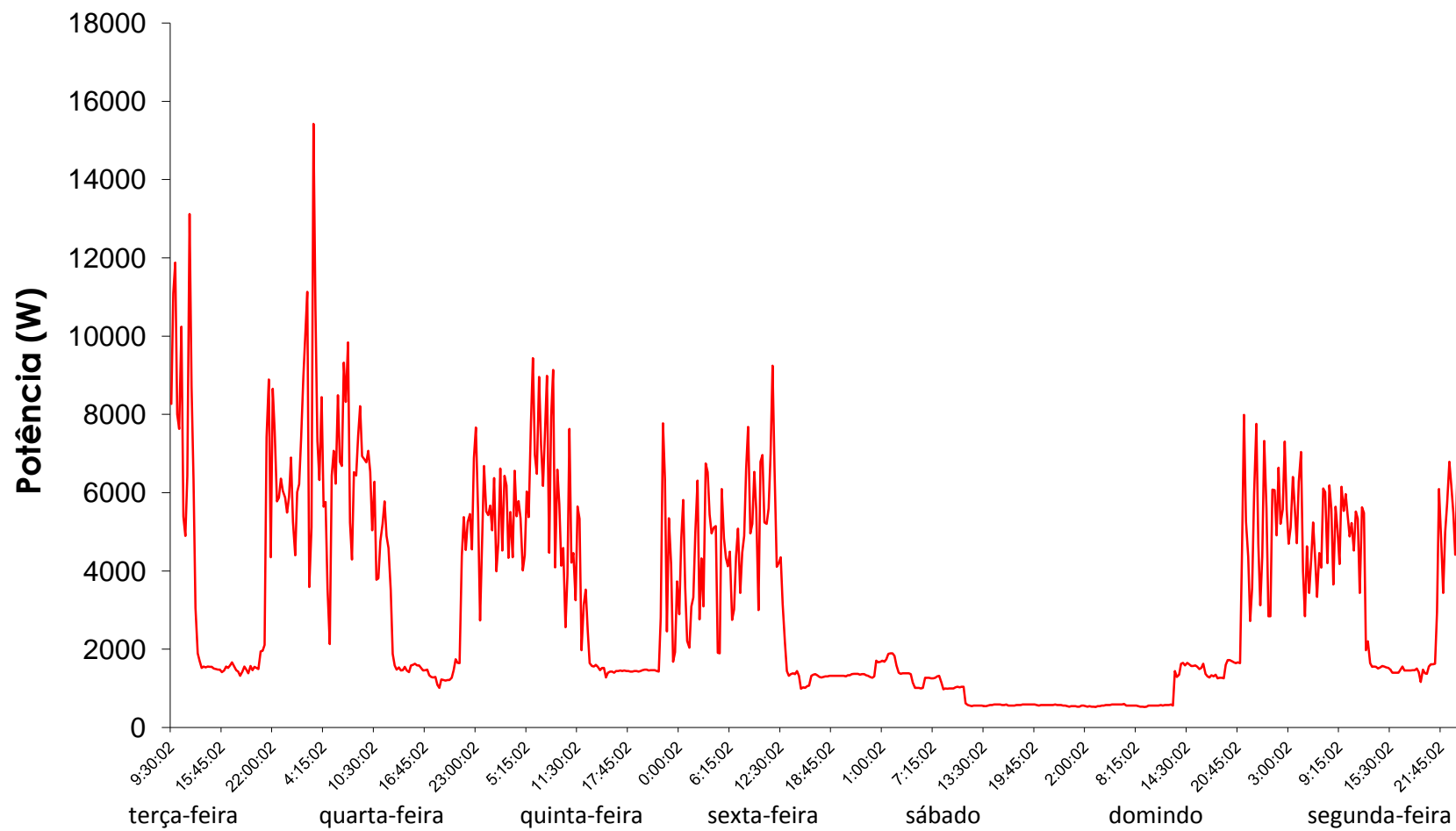


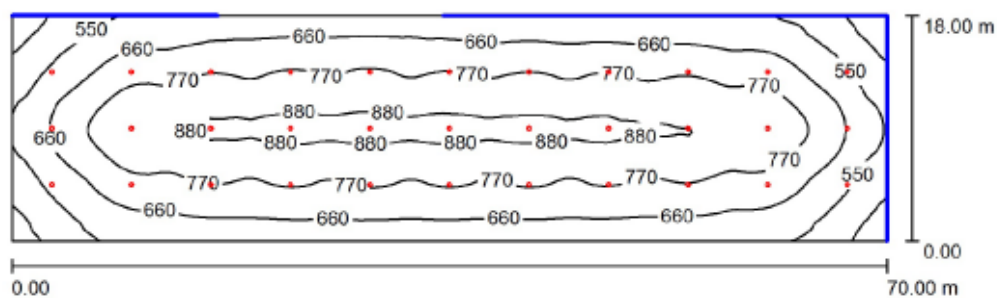
Figura A.2: Diagrama de carga do QGBT2

Anexo B

Simulações e Registos da Iluminação Artificial

B.1 Iluminação Existente

B.1.1 Simulação da Iluminação Existente por Setor

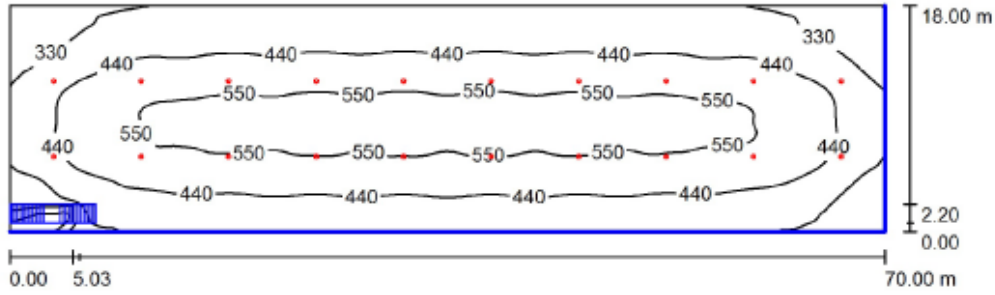


Altura da sala: 8.800 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:501

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	713	362	897	0.507
Solo	27	686	397	843	0.579
Tecto	80	178	122	201	0.683
Paredes (4)	50	380	126	725	/

Figura B.1: Simulação da Iluminação existente na Anodização

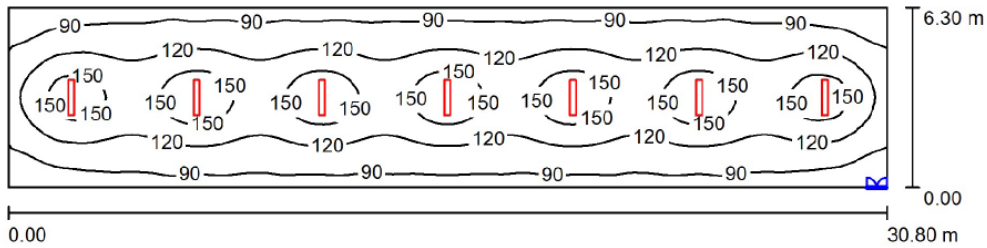


Altura da sala: 8.200 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:501

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	447	72	579	0.160
Solo	27	429	64	539	0.150
Tecto	80	110	70	124	0.632
Paredes (4)	50	222	61	517	/

Figura B.2: Simulação da Iluminação existente no Armazém

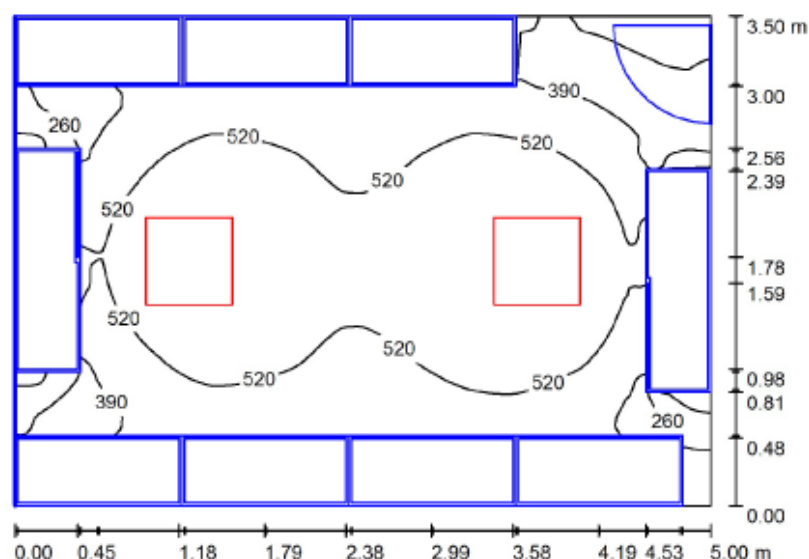


Altura da sala: 3.600 m, Altura de montagem: 3.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:221

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	118	70	171	0.594
Solo	27	111	75	136	0.674
Tecto	80	44	36	63	0.810
Paredes (4)	90	69	44	114	/

Figura B.3: Simulação da Iluminação existente no Armazém de Pintura

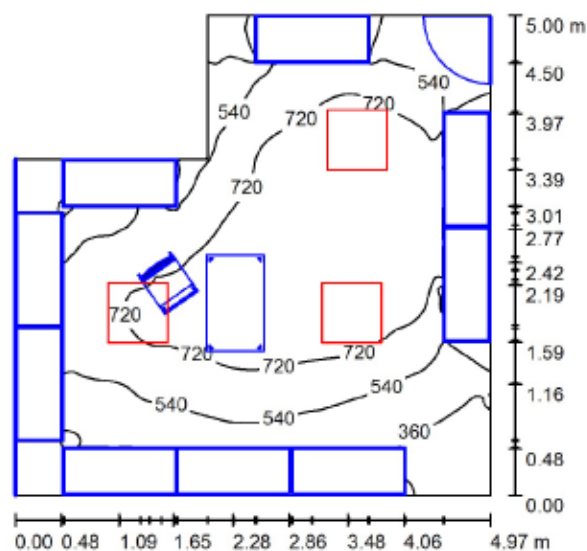


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:45

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	483	43	653	0.089
Solo	52	261	3.50	455	0.013
Tecto	80	129	78	204	0.604
Paredes (4)	78	73	0.42	403	/

Figura B.4: Simulação da Iluminação existente no Arquivo1

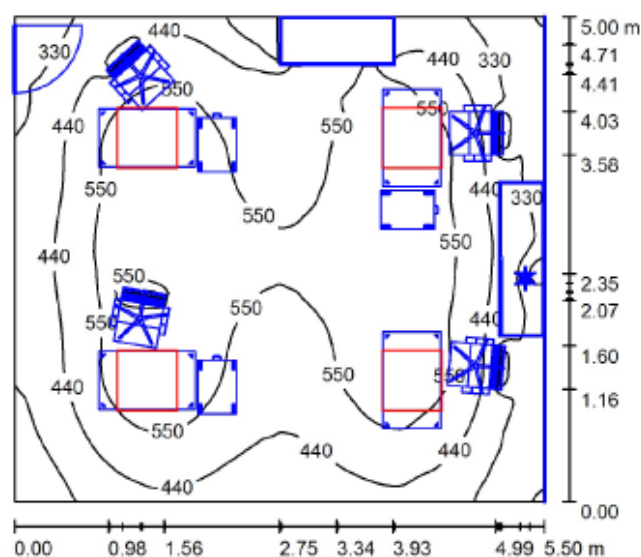


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	613	20	878	0.033
Solo	52	366	9.20	683	0.025
Tecto	80	205	103	300	0.503
Paredes (6)	90	129	1.49	466	/

Figura B.5: Simulação da Iluminação existente no Arquivo2

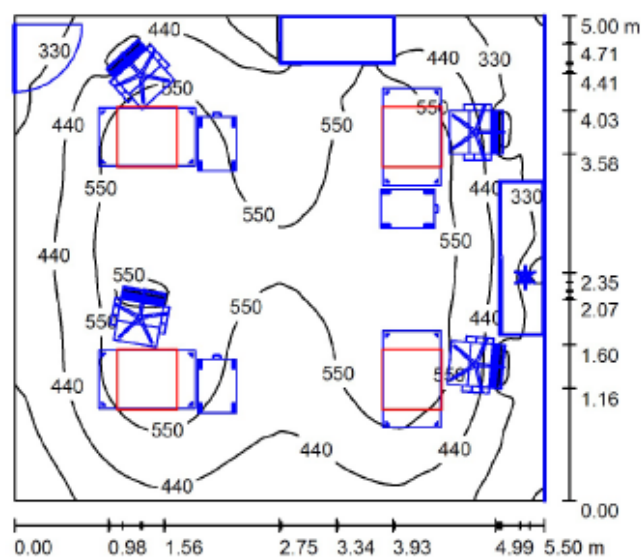


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	485	129	651	0.266
Solo	52	318	19	560	0.059
Tecto	80	131	83	173	0.635
Paredes (4)	50	181	8.42	346	/

Figura B.6: Simulação da Iluminação existente no Escritório1

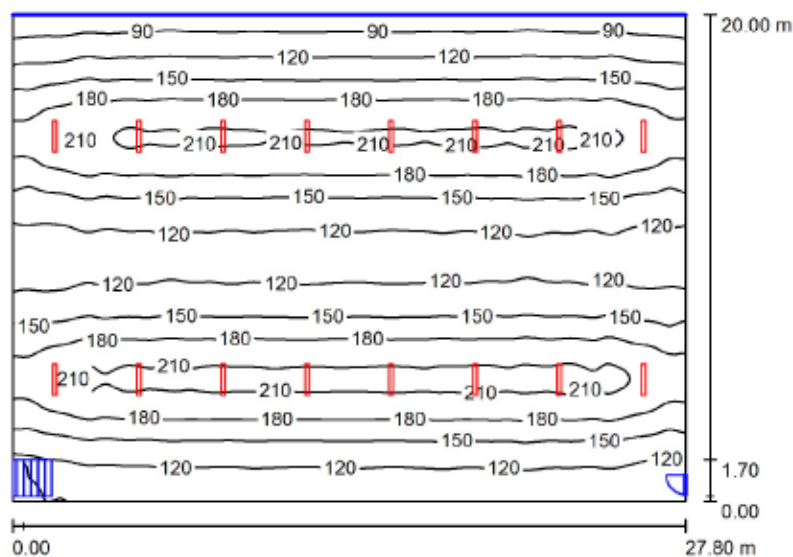


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	485	129	651	0.266
Solo	52	318	19	560	0.059
Tecto	80	131	83	173	0.635
Paredes (4)	50	181	8.42	346	/

Figura B.7: Simulação da Iluminação existente no Escritório2

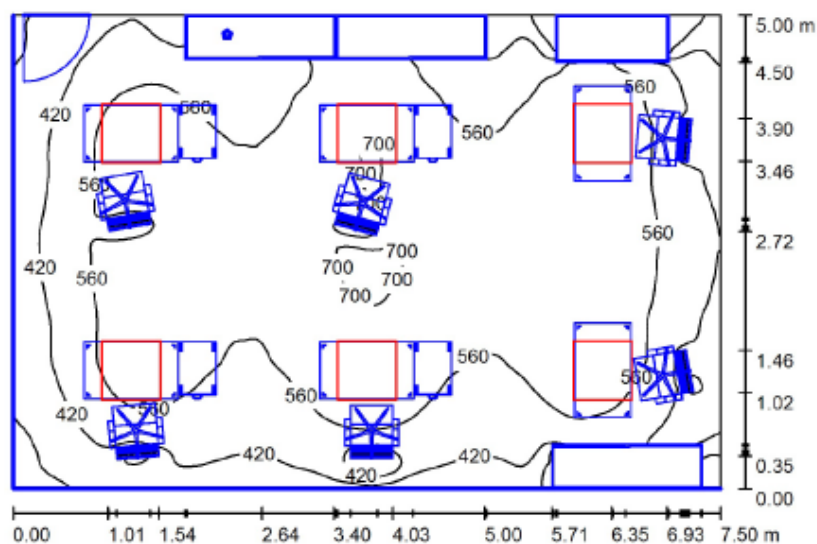


Altura da sala: 4.600 m, Altura de montagem: 4.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:257

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	152	72	218	0.472
Solo	27	148	25	195	0.172
Tecto	90	54	42	158	0.772
Paredes (4)	90	104	27	310	/

Figura B.8: Simulação da Iluminação existente na Garagem e Arrumos

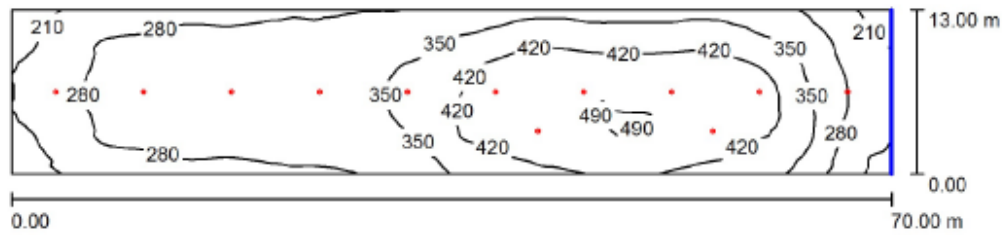


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	541	68	721	0.125
Solo	52	351	16	653	0.044
Tecto	80	148	83	199	0.564
Paredes (4)	50	179	11	403	/

Figura B.9: Simulação da Iluminação existente no Laboratório

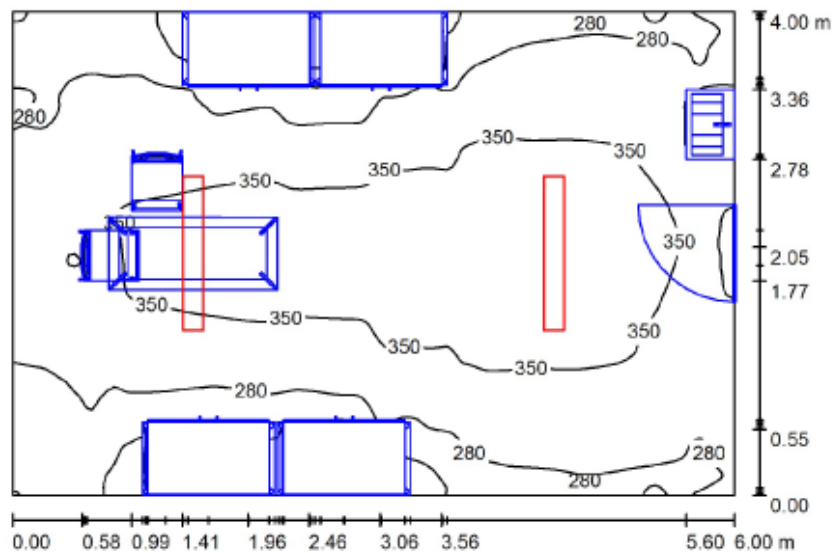


Altura da sala: 7.700 m, Altura de montagem: 7.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:501

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	343	175	498	0.511
Solo	27	325	182	459	0.560
Tecto	80	89	50	122	0.562
Paredes (4)	50	198	64	548	/

Figura B.10: Simulação da Iluminação existente na Lacagem

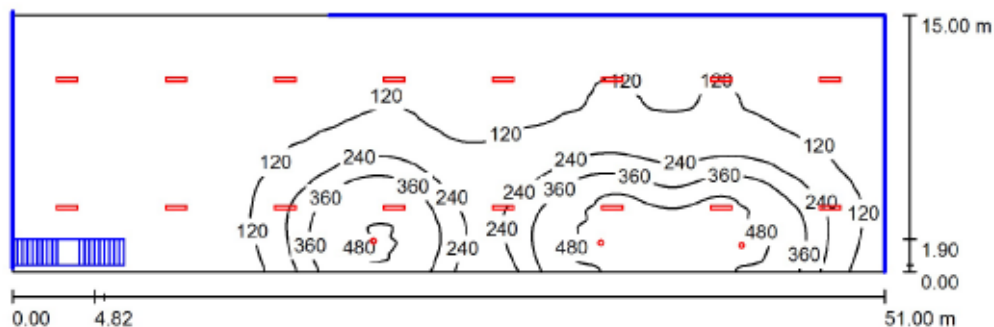


Altura da sala: 3.600 m, Altura de montagem: 3.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:52

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	319	85	395	0.265
Solo	27	224	18	321	0.080
Tecto	90	176	121	316	0.684
Paredes (4)	90	225	8.17	475	/

Figura B.11: Simulação da Iluminação existente na Oficina

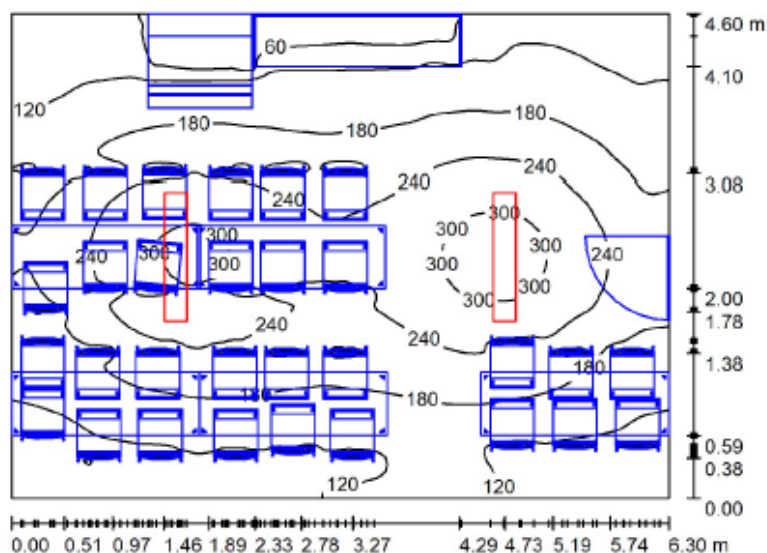


Altura da sala: 4.600 m, Altura de montagem: 4.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:365

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	169	11	580	0.065
Solo	27	162	10	522	0.064
Tecto	80	47	14	186	0.293
Paredes (4)	50	112	14	1988	/

Figura B.12: Simulação da Iluminação existente no Polimento

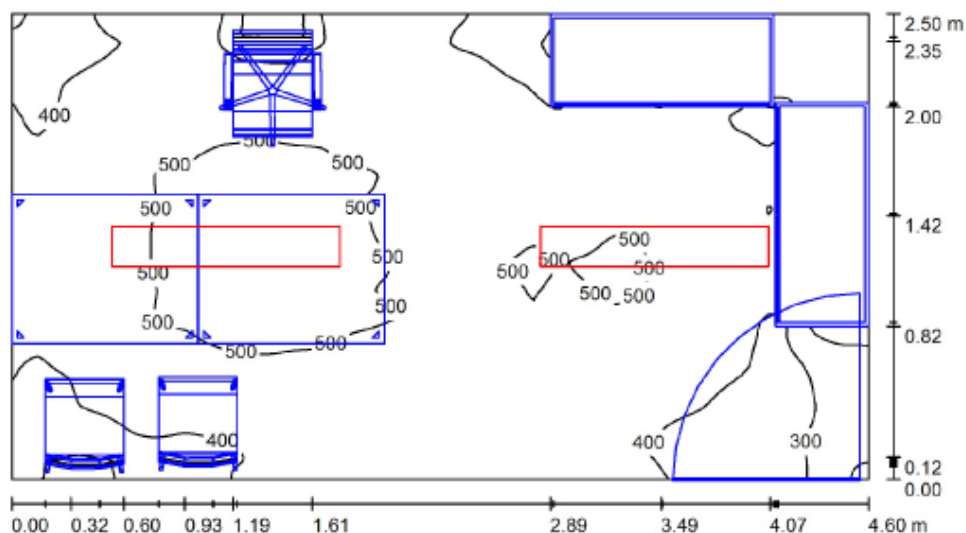


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:60

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	180	21	320	0.116
Solo	90	98	4.87	206	0.050
Tecto	90	71	42	98	0.589
Paredes (4)	50	89	2.35	205	/

Figura B.13: Simulação da Iluminação existente no Refeitório

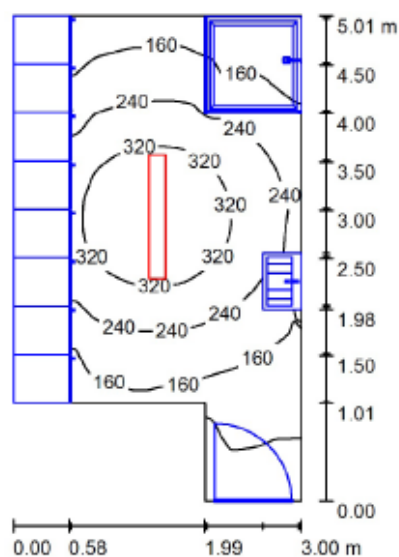


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:33

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	434	40	524	0.092
Solo	27	233	9.93	376	0.043
Tecto	80	217	125	323	0.573
Paredes (4)	90	242	1.16	568	/

Figura B.14: Simulação da Iluminação existente na Sala de Controlo do Armazém

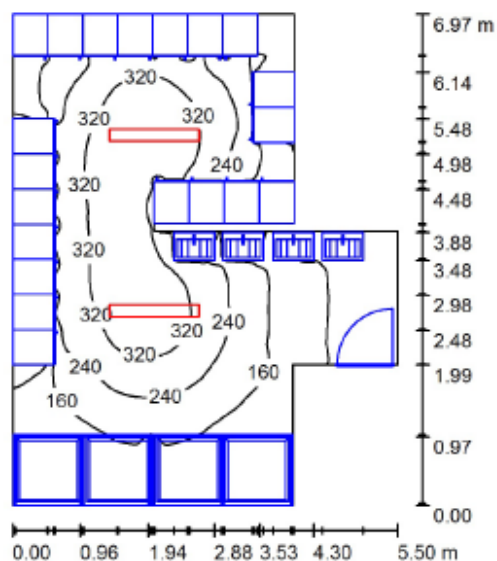


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	223	39	391	0.175
Solo	20	122	2.15	228	0.018
Tecto	80	65	28	127	0.429
Paredes (6)	50	88	0.68	354	/

Figura B.15: Simulação da Iluminação existente no Vestiário Feminino

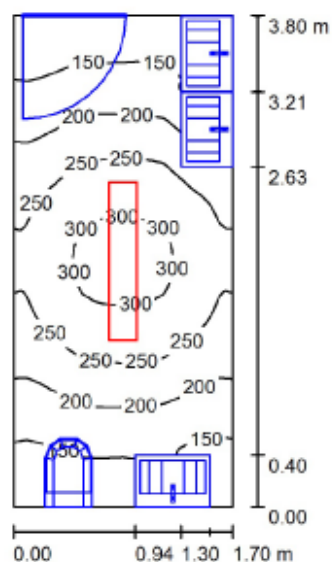


Altura da sala: 2.800 m, Altura de montagem: 2.800 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:90

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	208	14	404	0.069
Solo	20	114	2.35	285	0.021
Tecto	80	63	29	164	0.463
Paredes (10)	60	69	0.92	498	/

Figura B.16: Simulação de Iluminação existente no Vestiário Masculino

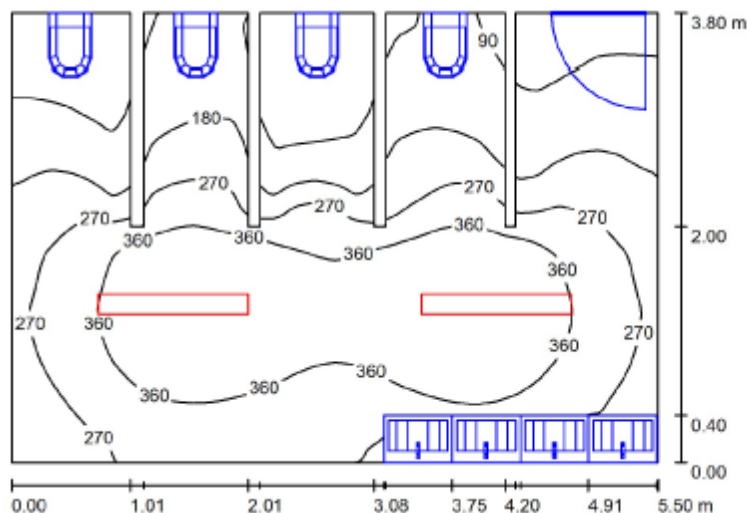


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:49

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	218	101	313	0.465
Solo	20	136	31	179	0.231
Tecto	80	63	40	83	0.629
Paredes (4)	50	128	20	463	/

Figura B.17: Simulação da Iluminação existente no WC Feminino



Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:49

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	251	28	433	0.105
Solo	20	184	19	303	0.103
Tecto	80	67	25	156	0.369
Paredes (20)	50	122	19	1078	/

Figura B.18: Simulação de Iluminação existente no WC Masculino

B.1.2 Comparação Entre Iluminância Existente e Iluminância Recomendada

Tabela B.1: Comparação de Iluminância da Iluminação existente

Setor	Iluminância medida	Iluminância recomendada
	Em (lux)	Em (lux)
Hall das escadas e corredor	121	100 a 150
Sala de reuniões	611	500
Laboratório	541	500
Escritório 1	485	500
Arquivo 1	483	200
Arquivo 2	613	200
Escritório 2	485	500
Anodização	713	300 a 500
Armazém pintura	118	100 a 150
Armazém	447	100 a 150 e 300 a 500
Lacagem	343	300 a 500
Polimento	169	100 a 150 e 300 a 500
Refeitório	180	200
Vestiário Masculino	208	200
Vestiário Feminino	223	200
WC masculino	251	200
WC Feminino	218	200
Oficina	319	300 a 500
Sala de controlo do armazém	434	500
Garagem e arrumos	152	100 a 150
ETAR	-	100 a 150

B.1.3 Levantamento da Iluminação

Tabela B.2: Registo da Iluminação existente

Setor	Tipo de Lâmpadas	Tipo de Luminária	Horas por ano
Hall das escadas e corredor	Fluorescente T8	1x36W	-
Sala de reuniões	Fluorescente T8	4x18W	825
Laboratório	Fluorescente T8	4x18W	3 025
Escritório 1	Fluorescente T8	4x18W	3 025
Arquivo 1	Fluorescente T8	4x18W	-
Arquivo 2	Fluorescente T8	4x18W	-
Escritório 2	Fluorescente T8	4x18W	3 025
Anodização	Iodetos metálicos	1x400W	4 950
Armazém pintura	Fluorescente T8	1x36W	3 025
Armazém	Iodetos metálicos	1x400W	4 950
Lacagem	Iodetos metálicos	1x400W	6 600
Polimento	Iodetos metálicos	1x400W	4 950
	Fluorescente T8	2x36W	2 475
Refeitório	Fluorescente T8	1x36W	825
Vestiário Masculino	Fluorescente T8	2x36W	550
Vestiário Feminino	Fluorescente T8	2x36W	-
WC masculino	Fluorescente T8	2x36W	825
WC Feminino	Fluorescente T8	1x36W	275
Oficina	Fluorescente T8	2x36W	4 950
Sala de controlo do armazém	Fluorescente T8	1x36W	4 950
Garagem e arrumos	Fluorescente T8	2x36W	3 025
ETAR	Iodetos metálicos	1x400W	-

B.2 Soluções Propostas

B.2.1 Preços das Soluções Propostas

Tabela B.3: Preço dos balastros eletrónicos

Balastros	Preço unitário (€)
Balastro eletrónico 4x18W	32,5
Balastro eletrónico 2x36W	30
Balastro eletrónico 1x36W	26
Balastro eletrónico lodetos Metálicos 400W	30

Tabela B.4: Preço das lâmpadas fluorescente T5 e de kits de luminárias com lâmpadas fluorescentes T5

Lâmpadas	Preço unitário (€)	Vida útil da lâmpada (horas)
Lâmpada T5 14W	1,51	16 000
Lâmpada T5 28W	2,27	16 000
Luminária T5 Kit 4x14W	61,75	16 000
Luminária T5 Kit 2x28W	28,24	16 000
Luminária T5 Kit 1x28W	25,75	16 000

Tabela B.5: Preços e vida útil das luminárias Led

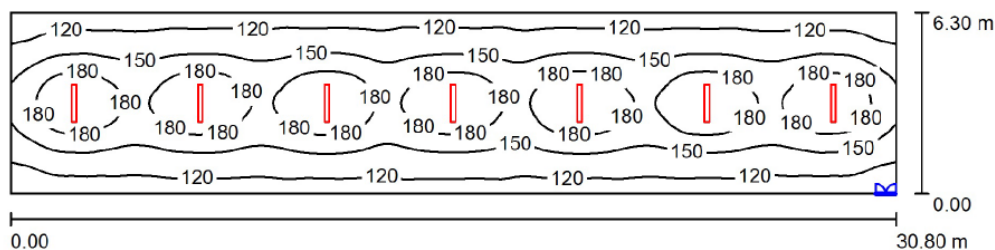
Leds	Preço unitário (€)	Vida útil da lâmpada (horas)
Luminária Led quadrada 50W	475	100 000
Luminária Led régua 50W	104,6	100 000
Luminária Led régua 40W	100,1	100 000
Luminária Led régua 30W	64,1	100 000

B.2.2 Comparação entre Iluminância da Proposta de Substituição por T5 e Iluminância Recomendada

Tabela B.6: Registo da comparação entre Iluminância proposta de substituição por T5 e Iluminância recomendada

Setor	Tipo de Lâmpadas	Tipo de Armadura	Nº de Armaduras	Iluminância simulada em <i>Dialux</i>	Iluminância recomendada
				Em (lux)	Em (lux)
Laboratório	Fluorescente T5	4x14w	6	581	500
Escritório 1	Fluorescente T5	4x14w	4	512	500
Escritório 2	Fluorescente T5	4x14w	4	512	500
Armazém pintura	Fluorescente T5	2x28w	7	152	100 a 150
Polimento	Fluorescente T5	2x28w	16	96	100 a 150
Refeitório	Fluorescente T5	2x28w	2	216	200
WC masculino	Fluorescente T5	2x28w	2	200	200
Oficina	Fluorescente T5	2x28w	2	264	300 a 500
Sala de controlo do armazém	Fluorescente T5	2x28w	2	643	500
Garagem e arrumos	Fluorescente T5	2x28w	16	126	100 a 150

B.2.3 Simulação da Iluminação T5 por Setor

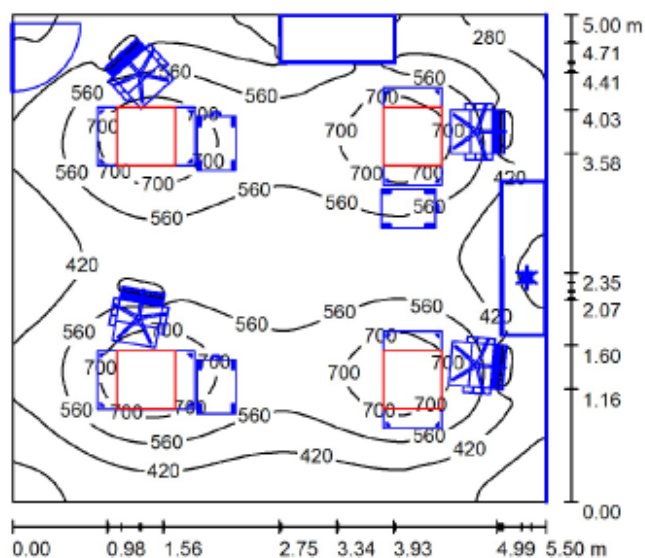


Altura da sala: 3.600 m, Altura de montagem: 3.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:221

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	152	101	211	0.665
Solo	27	143	107	170	0.747
Tecto	80	75	56	372	0.746
Paredes (4)	90	102	85	195	/

Figura B.19: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Armazém de Pintura

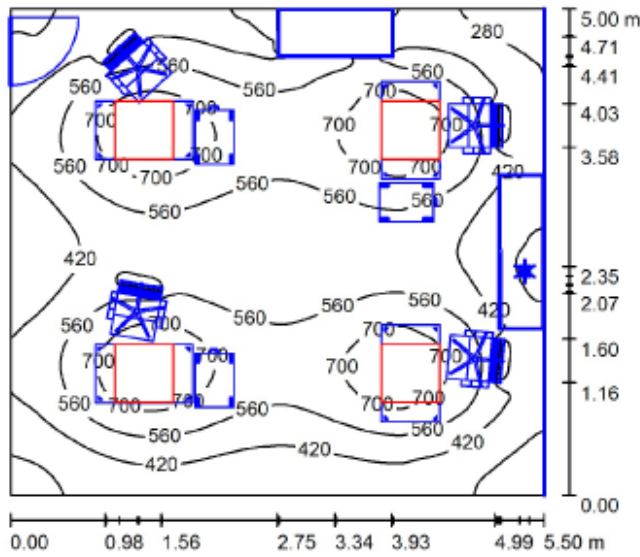


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	512	118	811	0.230
Solo	52	323	24	546	0.075
Tecto	80	149	96	187	0.643
Paredes (4)	50	216	9.04	410	/

Figura B.20: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Escritório1

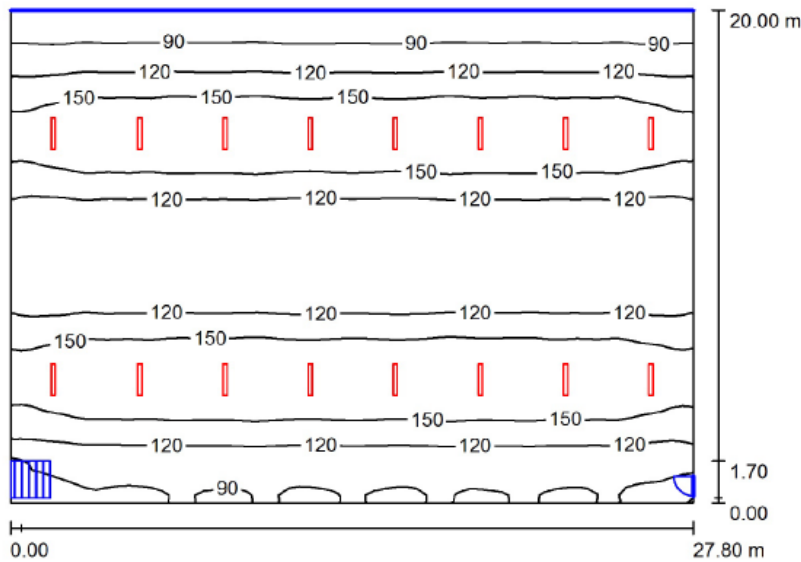


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	512	118	811	0.230
Solo	52	323	24	546	0.075
Tecto	80	149	96	187	0.643
Paredes (4)	50	216	9.04	410	/

Figura B.21: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Escritório2

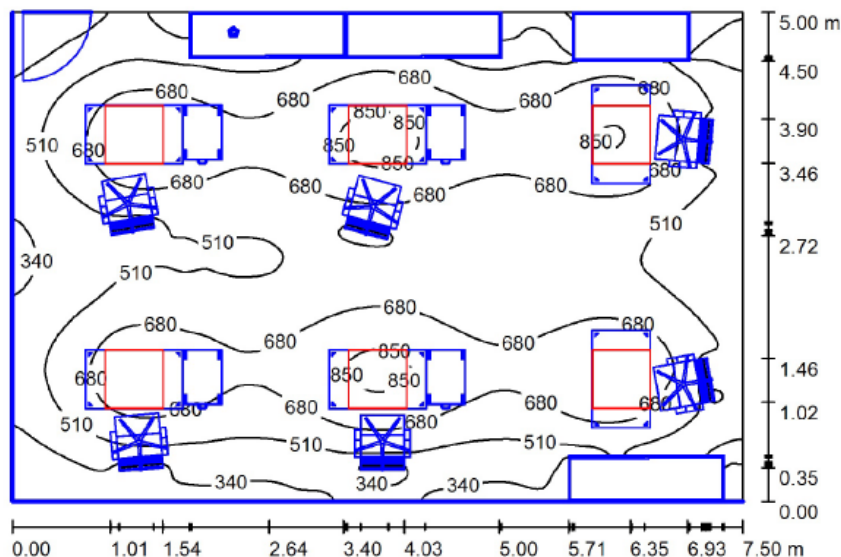


Altura da sala: 4.600 m, Altura de montagem: 4.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:257

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	126	65	178	0.518
Solo	27	122	28	157	0.230
Tecto	90	56	37	347	0.663
Paredes (4)	90	91	25	271	/

Figura B.22: Simulação da proposta de Iluminação T5 na Garagem e Arrumos

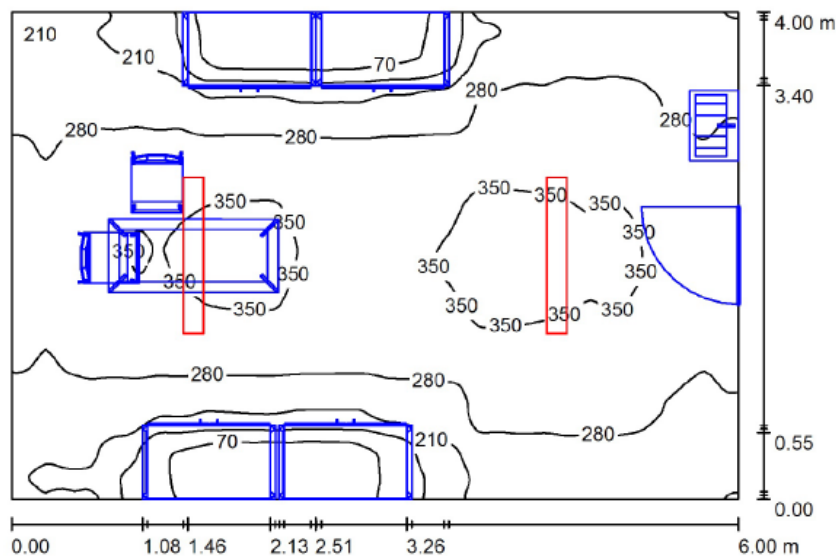


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	581	84	906	0.145
Solo	52	359	20	615	0.055
Tecto	80	167	100	213	0.600
Paredes (4)	50	214	15	481	/

Figura B.23: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Laboratório

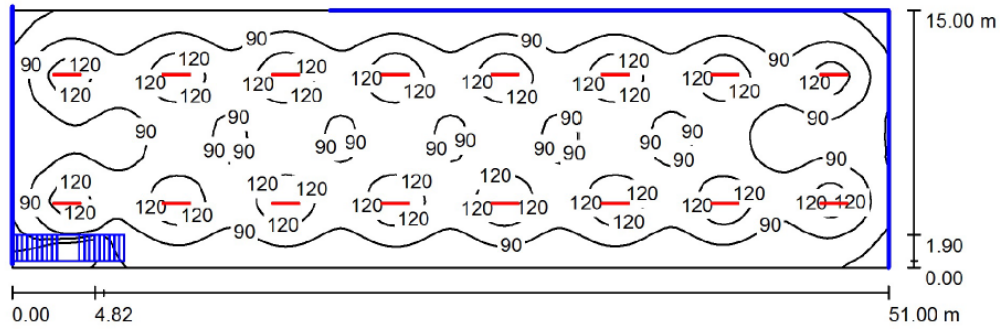


Altura da sala: 3.600 m, Altura de montagem: 3.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:52

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	267	21	370	0.079
Solo	27	186	22	264	0.121
Tecto	90	176	130	426	0.736
Paredes (4)	90	190	7.51	403	/

Figura B.24: Simulação da proposta de Iluminação T5 na Oficina

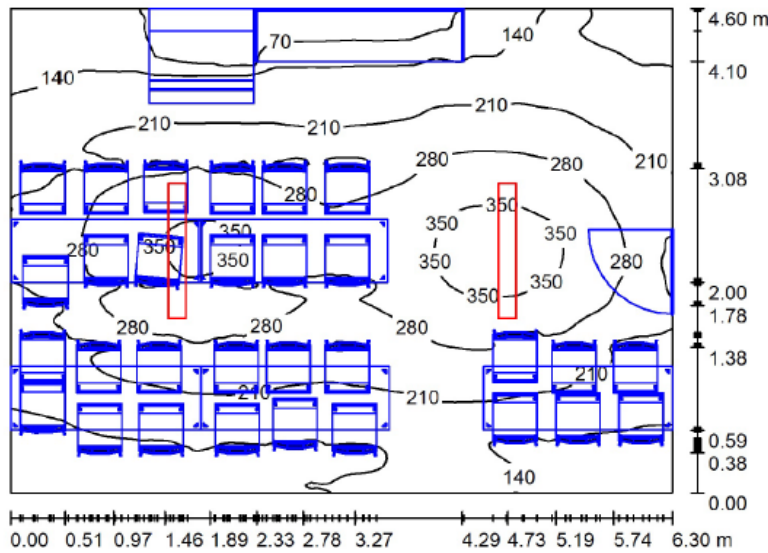


Altura da sala: 4.600 m, Altura de montagem: 4.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:365

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	96	12	149	0.130
Solo	27	91	11	123	0.121
Tecto	80	31	18	261	0.595
Paredes (4)	50	57	17	80	/

Figura B.25: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Polimento

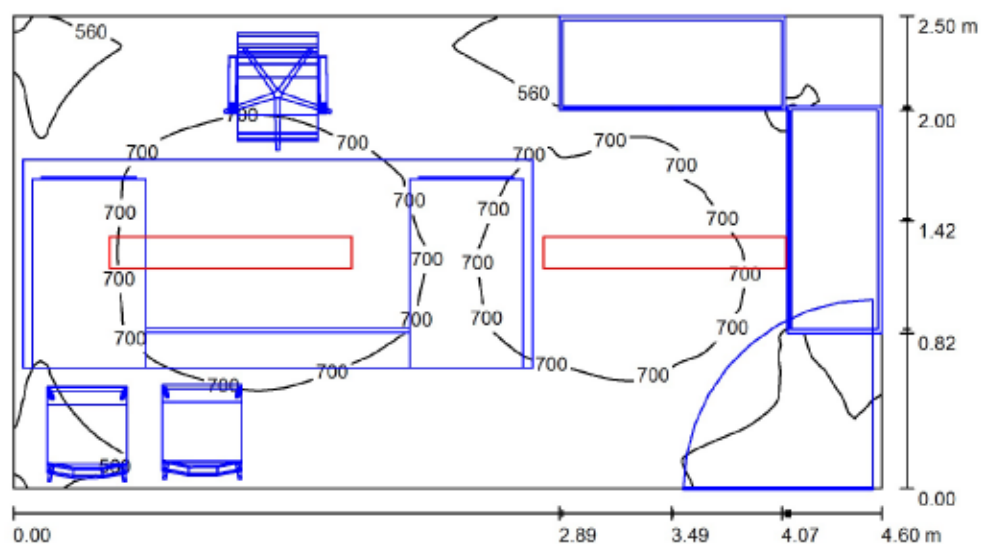


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:60

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	216	24	373	0.113
Solo	90	118	7.18	252	0.061
Tecto	90	115	64	395	0.556
Paredes (4)	50	130	4.32	327	/

Figura B.26: Simulação da proposta de Iluminação T5 no Refeitório

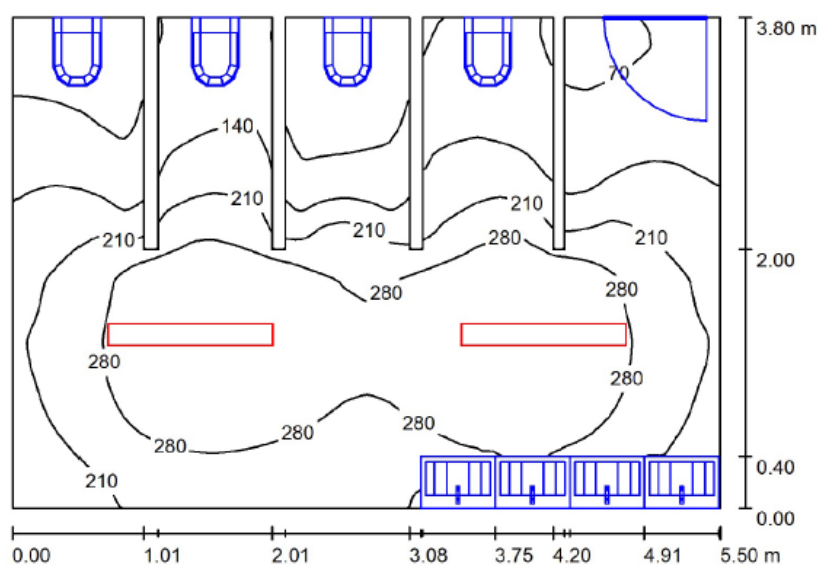


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:33

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	643	104	794	0.162
Solo	90	221	12	593	0.052
Tecto	80	412	311	579	0.755
Paredes (4)	90	369	1.81	831	/

Figura B.27: Simulação da proposta de Iluminação T5 na Sala de Controlo do Armazém



Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:49

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	200	23	347	0.115
Solo	20	146	16	243	0.109
Tecto	80	86	21	373	0.245
Paredes (20)	50	103	16	923	/

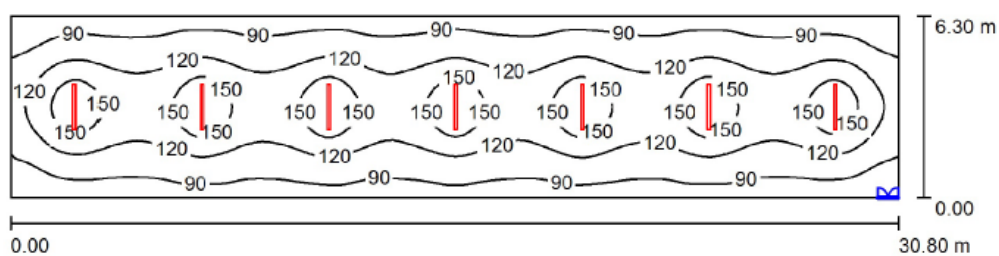
Figura B.28: Simulação da proposta de Iluminação T5 no WC Masculino

B.2.4 Comparação entre Iluminância da Proposta de Substituição por Led e Iluminância Recomendada

Tabela B.7: Registo da comparação entre Iluminância proposta de substituição por Led e Iluminância recomendada

Setor	Tipo de Lâmpadas	Tipo de Armadura	Nº de Armaduras	Iluminância simulada em <i>Dialux</i>	Iluminância recomendada
				Em (lux)	Em (lux)
Laboratório	Led	50w	6	508	500
Escritório 1	Led	50w	4	453	500
Escritório 2	Led	50w	4	453	500
Armazém pintura	Led	30W	7	116	100 a 150
Polimento	Led	50w	16	97	100 a 150
Refeitório	Led	40w	2	239	200
Vestiário Masculino	Led	40w	2	193	200
WC masculino	Led	40w	2	229	200
Oficina	Led	50w	2	344	300 a 500
Sala de controlo do armazém	Led	50w	2	495	500
Garagem e arrumos	Led	40w	16	130	100 a 150

B.2.5 Simulação da Iluminação Led por Setor

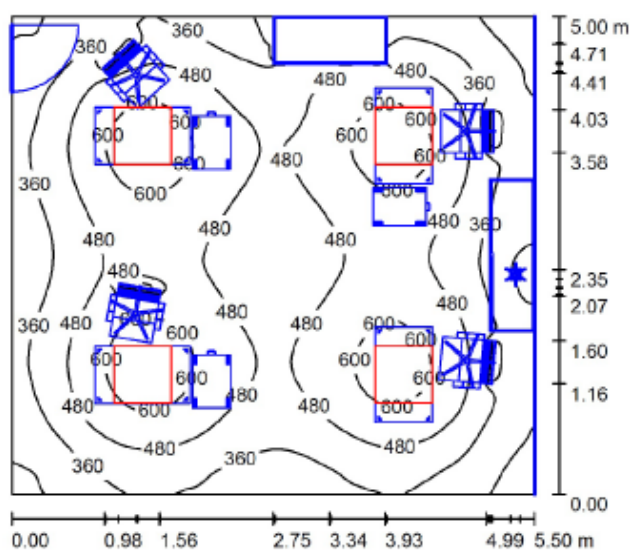


Altura da sala: 3.600 m, Altura de montagem: 3.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:221

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	116	70	180	0.603
Solo	27	110	75	138	0.685
Tecto	80	50	39	177	0.784
Paredes (4)	90	69	49	120	/

Figura B.29: Simulação da proposta de Iluminação Led no Armazém de Pintura

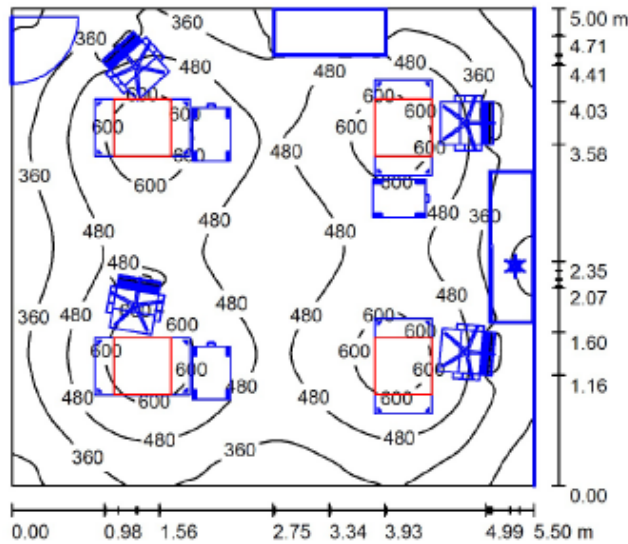


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.784 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	453	103	660	0.227
Solo	52	292	17	483	0.060
Tecto	80	132	83	167	0.628
Paredes (4)	50	190	6.48	321	/

Figura B.30: Simulação da proposta de Iluminação Led no Escritório1

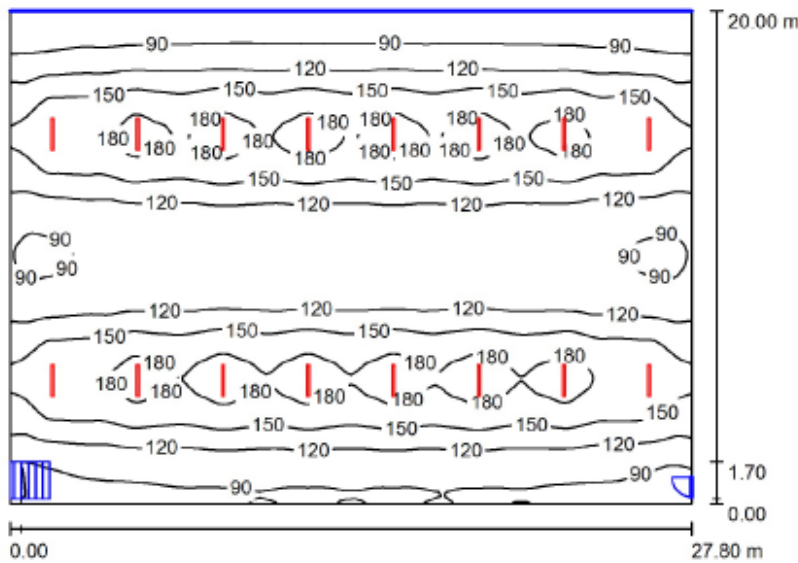


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.784 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	453	103	660	0.227
Solo	52	292	17	483	0.060
Tecto	80	132	83	167	0.628
Paredes (4)	50	190	6.48	321	/

Figura B.31: Simulação da proposta de Iluminação Led no Escritório2

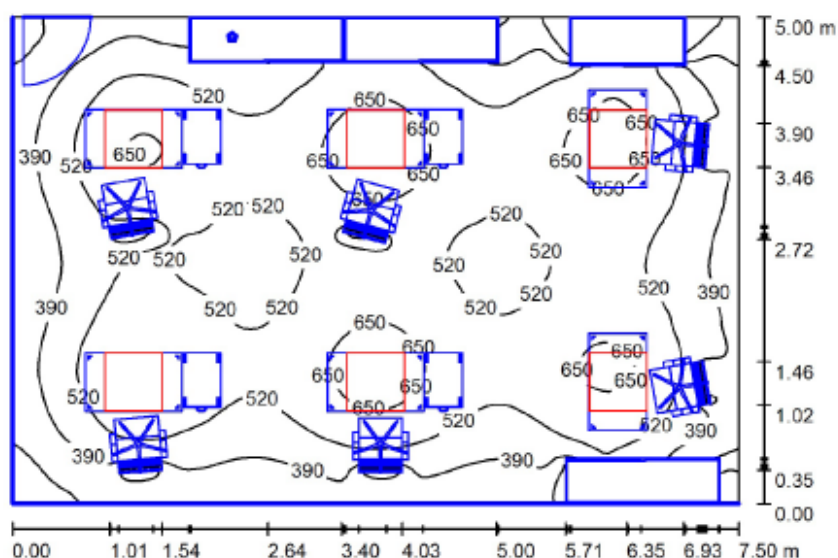


Altura da sala: 4.600 m, Altura de montagem: 4.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:257

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	130	57	196	0.441
Solo	27	126	25	168	0.195
Tecto	90	49	37	277	0.746
Paredes (4)	90	78	22	208	/

Figura B.32: Simulação da proposta de Iluminação Led na Garagem e Arrumos

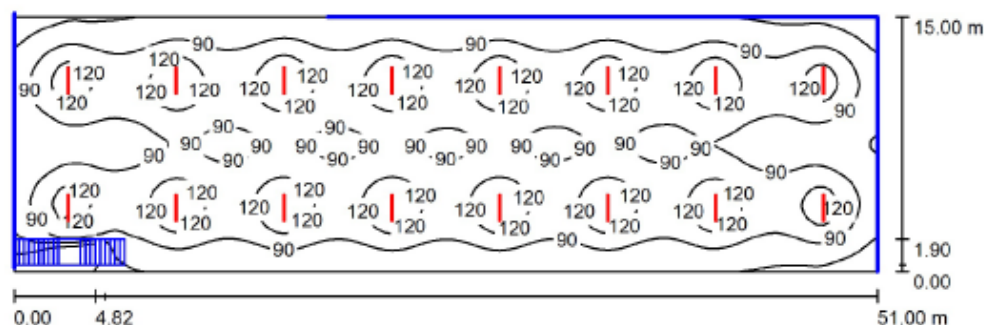


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.784 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	508	71	715	0.140
Solo	52	323	14	552	0.043
Tecto	80	150	89	190	0.592
Paredes (4)	50	192	9.94	375	/

Figura B.33: Simulação da proposta de Iluminação Led no Laboratório

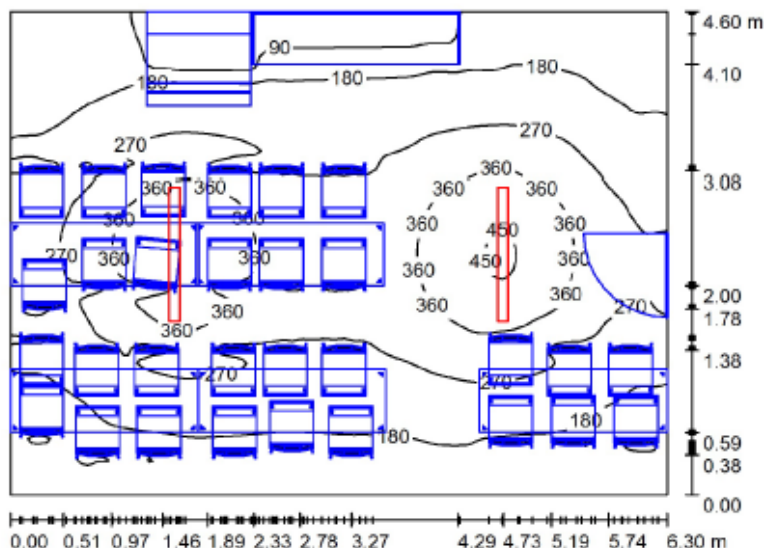


Altura da sala: 4.600 m, Altura de montagem: 4.600 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:365

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	97	12	154	0.121
Solo	27	93	11	125	0.124
Tecto	80	30	19	232	0.616
Paredes (4)	50	54	17	90	/

Figura B.34: Simulação da proposta de Iluminação Led no Polimento

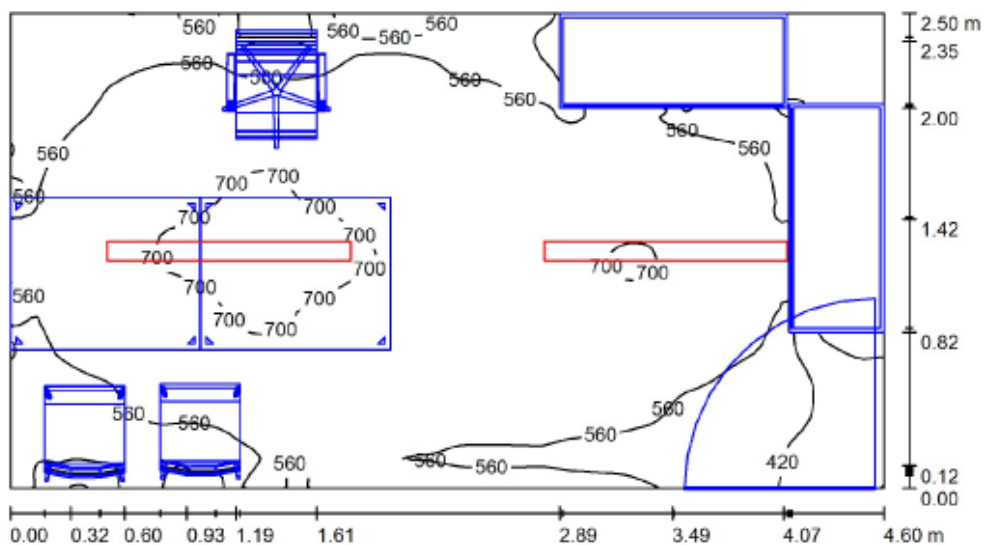


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:60

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	239	29	463	0.122
Solo	90	131	6.38	288	0.049
Tecto	90	109	59	324	0.539
Paredes (4)	50	122	3.13	288	/

Figura B.35: Simulação da proposta de Iluminação Led no Refeitório

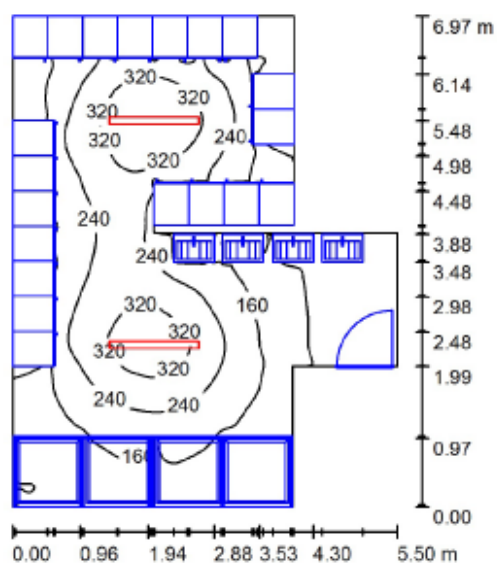


Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:33

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	582	57	737	0.098
Solo	27	312	17	515	0.056
Tecto	80	338	264	467	0.781
Paredes (4)	90	333	1.19	712	/

Figura B.36: Simulação da proposta de Iluminação Led na Sala de Controlo do Armazém

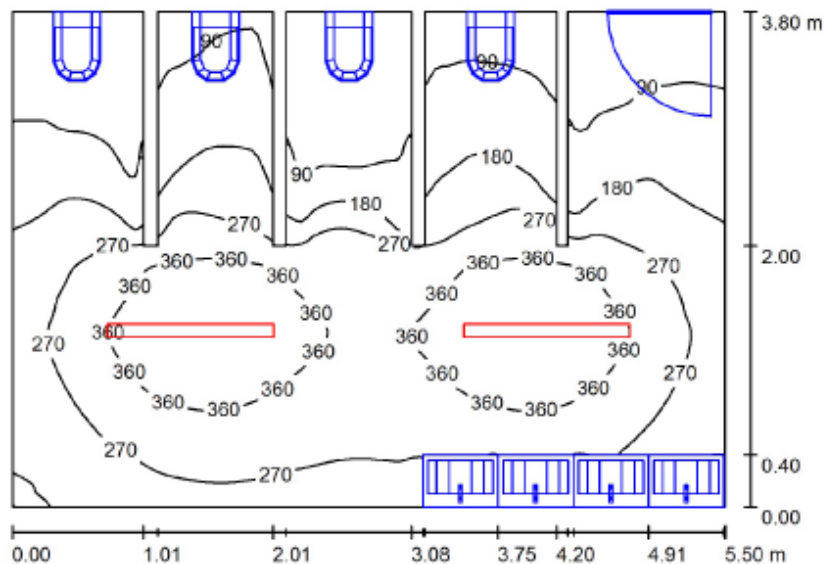


Altura da sala: 2.800 m, Altura de montagem: 2.800 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:90

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	193	11	396	0.059
Solo	20	104	3.04	238	0.029
Tecto	80	63	24	281	0.374
Paredes (10)	60	52	0.78	268	/

Figura B.37: Simulação da proposta de Iluminação Led no Vestiário Masculino



Altura da sala: 2.700 m, Altura de montagem: 2.700 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:49

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	229	22	441	0.097
Solo	20	168	16	279	0.096
Tecto	80	72	20	297	0.276
Paredes (20)	50	97	16	862	/

Figura B.38: Simulação da proposta de Iluminação Led no WC Masculino

Anexo C

Medições e registos efetuados à Central de Ar Comprimido

C.1 Perfil de consumo

A figura C.1 apresenta consumos em regime de funcionamento normal de utilização dos dias úteis, 24 horas por dia. No sábado das 0:40h às 17:15h apresenta um consumo menor em que das 0:39 às 10:10h o compressor está ligado mas a não ser utilizado, em modo de vazio. É posteriormente desligado às 17:14h de sábado e só volta a ligar às 19:40h de domingo. A periodicidade especificada para registo no analisador de redes foi de 5 minutos.

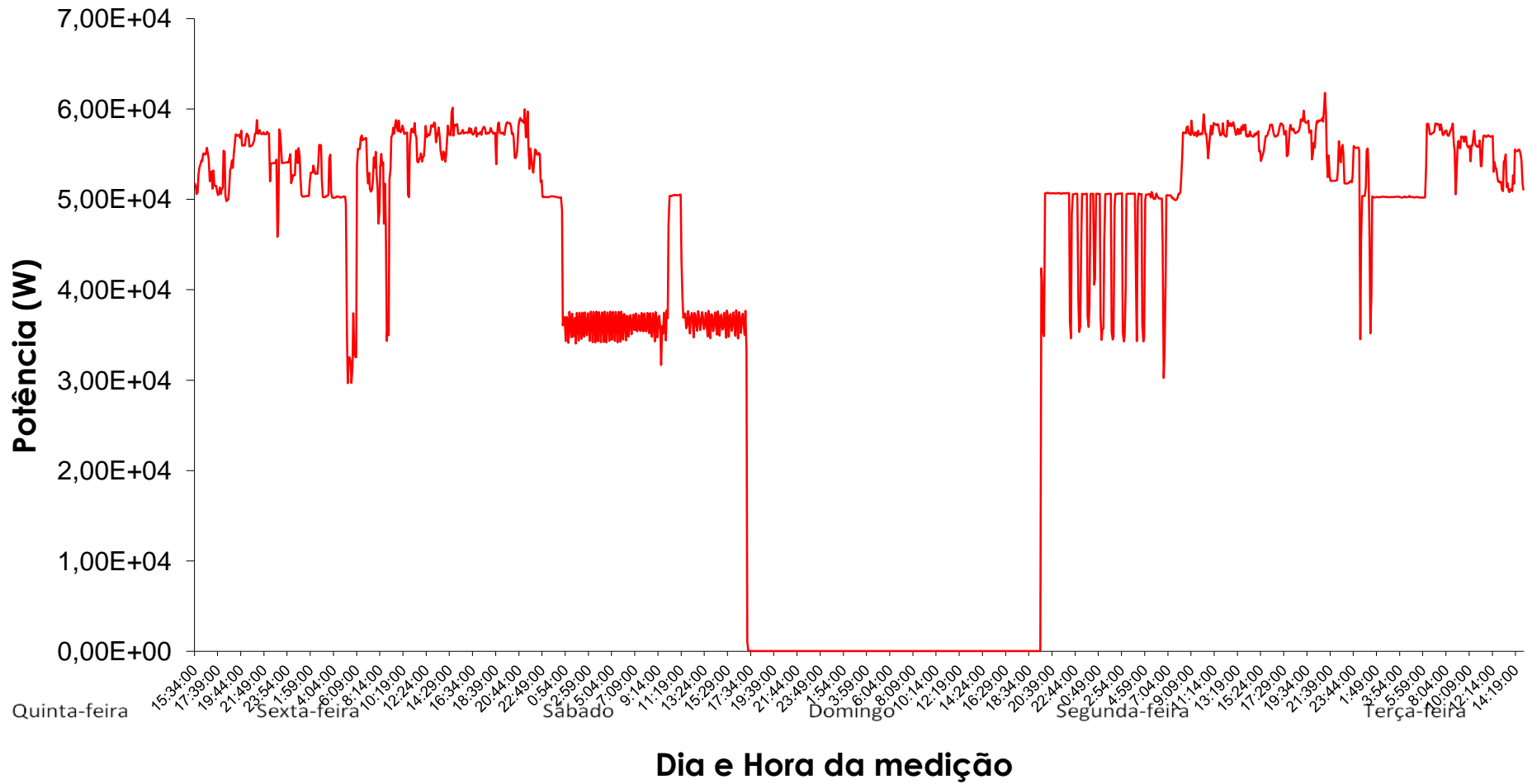


Figura C.1: Perfil de funcionamento da Central de Ar Comprimido

