

Auditorias energéticas – definição de um plano de
ação para edifícios de serviços

Luís Carlos Oliveira Fazenda

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em
Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

10 de Outubro de 2013

Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio do 2º ano do Mestrado em
Energias Sustentáveis

Candidato: Luís Carlos Oliveira Fazenda, N° 1110008, 1110008@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Prof. Doutor Roque Filipe Mesquita Brandão, rfb@isep.ipp.pt

Empresa: Ecoinside – Solução em ecoeficiência e sustentabilidade, Lda.

Supervisão: Engenheira Maria Cecília Almeida Freitas Camões,
ceciliacamos@ecoinside.pt

Mestrado em Engenharia Energias Sustentáveis
Departamento de Engenharia Mecânica



10 de Outubro de 2013

Aos meus pais

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Roque Brandão, pela orientação da presente dissertação e sua pronta disponibilidade.

À Engenheira Cecília Camões, pela sua disponibilidade, apoio e colaboração.

Ao Doutor Joaquim Guedes, pelos conhecimentos transmitidos e ajuda prestada.

Resumo

O setor dos edifícios representa perto de 40% do consumo de energia final na Europa e cerca de 30% no caso de Portugal [1]. Para fazer face a esta situação foi elaborada e aprovada uma Diretiva Europeia Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios, que foi transposta a nível nacional através de um pacote legislativo assente em três pilares, nomeadamente o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (SCE), o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Atuando ao nível da eficiência energética o consumo de energia nos edifícios pode diminuir para metade, para tal é necessário proceder-se à execução de auditorias energéticas para poder determinar as soluções mais adequadas de forma a reduzir os desperdícios e custos associados ao consumo de energia.

Nesta dissertação desenvolveu-se uma metodologia para a realização de auditorias energéticas em edifícios que assenta essencialmente em cinco etapas, nomeadamente: o planeamento, a análise do estado atual, o planeamento estratégico, a elaboração de relatório e a implementação de medidas com acompanhamento de resultados. A aplicação desta metodologia constitui uma grande ajuda na realização de auditorias energéticas conferindo uma maior qualidade à sua execução.

De forma a validar a metodologia efetuada foi realizado o estudo de três casos práticos relativos a três agências bancárias (denominadas de A, B e C), em que duas delas pertencem a um projeto de eficiência energética que engloba 50 agências e uma outra que pertence a um outro projeto de apenas 3 agências. A metodologia segue a mesma lógica para as três agências, no entanto, em termos de validação, a última instalação baseia-se nos consumos dos dados monitorizados em contínuo.

Palavras-Chave

Auditorias energéticas, edifícios, eficiência energética, metodologia.

Abstract

The buildings sector represents almost 40% of the final energy consumption in Europe and about 30% in the case of Portugal [1]. To handle this situation has been drafted and approved an European Directive relating to the Buildings Energy Performance, which was implemented in Portugal through a legislative package based on three pillars, National System of Energy Certification and Indoor Air Quality in Buildings (SCE), Regulation of Energy Systems for Climate in Buildings (RSECE) and Regulation Characteristics of Thermal Performance of Buildings (RCCTE).

Acting at energy efficiency the consumption of energy in buildings can be halved, to make it happen is necessary the implementation of energy audits that determine the most appropriate solutions to reduce waste and costs associated with energy consumption.

In this dissertation was developed a methodology for conducting energy audits in buildings that relies primarily on five stages: planning, analysis of the current state, strategic planning, report preparation, and implementation of measures and monitoring of results. This methodology is a great help in carrying out energy audits, conferring a higher quality of their execution.

In order to validate the methodology was conducted a study of three practical cases related to three bank agencies (denominated A, B and C), where two of them belong to an energy efficiency project that includes 50 agencies and another that belongs to a project with only 3 agencies. The methodology follows the same logic for all three agencies, however, in terms of the final installation validation, is based on the continuously monitored consumption data.

Keywords

Energy audits, buildings, energy efficiency, methodology.

Índice

AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XXI
NOMENCLATURA	XXIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.3. CALENDARIZAÇÃO	2
1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	3
2. ASSINATURA ENERGÉTICA PORTUGUESA	5
2.1. INTRODUÇÃO	5
2.2. CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DE PORTUGAL	6
2.2.1. <i>Evolução do consumo de energia primária</i>	6
2.2.2. <i>Evolução do consumo de energia final</i>	8
2.3. ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A ENERGIA	10
2.4. PLANO NACIONAL DE AÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PNAEE)	11
2.5. LEGISLAÇÃO EM VIGOR RELATIVAMENTE AOS EDIFÍCIOS	14
2.5.1. <i>Enquadramento legislativo nacional</i>	15
2.5.1.1. Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) ...	15
2.5.1.2. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)	19
2.5.1.3. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)	20
2.5.2. <i>Alterações na legislação</i>	20
2.6. CONCLUSÕES	21
3. AUDITORIAS ENERGÉTICAS EM EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS	23
3.1. INTRODUÇÃO	23
3.2. OBJETIVOS DA REALIZAÇÃO DE AE	23
3.3. BENEFÍCIOS DA REALIZAÇÃO DE AE	24
3.4. TIPOS DE AE	24
3.5. METODOLOGIA DAS AE EM EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS	25
3.5.1. <i>Planeamento</i>	25
3.5.2. <i>Trabalho de campo</i>	26

3.5.3.	<i>Tratamento da informação recolhida.....</i>	29
3.5.4.	<i>Elaboração do relatório.....</i>	30
3.6.	CONCLUSÕES.....	31
4.	METODOLOGIA UTILIZADA PARA A REALIZAÇÃO DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS A EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS	33
4.1.	INTRODUÇÃO.....	33
4.2.	PLANEAMENTO.....	34
4.3.	ANÁLISE DO ESTADO ATUAL.....	36
4.4.	PLANEAMENTO ESTRATÉGICO.....	46
4.5.	ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO.....	46
4.6.	IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS E ACOMPANHAMENTO DE RESULTADOS.....	47
4.7.	CONCLUSÕES.....	49
5.	ESTUDO DE CASOS PRÁTICOS.....	51
5.1.	INTRODUÇÃO.....	51
5.2.	ESTUDO DA AGÊNCIA A.....	52
5.2.1.	<i>Descrição geral da agência.....</i>	52
5.2.2.	<i>Consumos de energia elétrica.....</i>	52
5.2.3.	<i>Auditoria.....</i>	54
5.2.4.	<i>Definição da baseline.....</i>	59
5.2.5.	<i>Pontos críticos e respetivas soluções de melhoria.....</i>	60
5.2.5.1.	<i>Otimização da utilização do sistema de AVAC.....</i>	61
5.2.5.2.	<i>Redução do tempo de iluminação do BackOffice.....</i>	62
5.2.5.3.	<i>Otimização da iluminação da zona de ATM.....</i>	63
5.2.5.4.	<i>Redução do tempo da iluminação publicitária.....</i>	64
5.2.5.5.	<i>Limitação dos períodos standby.....</i>	65
5.2.6.	<i>Balanço da implementação de medidas.....</i>	66
5.2.7.	<i>Cálculo dos novos indicadores.....</i>	67
5.3.	ESTUDO DA AGÊNCIA B.....	68
5.3.1.	<i>Descrição geral da agência.....</i>	68
5.3.2.	<i>Consumos de energia elétrica.....</i>	68
5.3.3.	<i>Auditoria.....</i>	70
5.3.4.	<i>Definição da baseline.....</i>	76
5.3.5.	<i>Pontos críticos e respetivas soluções de melhoria.....</i>	77
5.3.5.1.	<i>Otimização da utilização do sistema de AVAC.....</i>	78
5.3.5.2.	<i>Redução do tempo de utilização da iluminação do BackOffice.....</i>	79
5.3.5.3.	<i>Otimização da iluminação da zona de ATM.....</i>	80
5.3.5.4.	<i>Redução do tempo da iluminação publicitária.....</i>	81
5.3.5.5.	<i>Limitação dos períodos standby.....</i>	82
5.3.6.	<i>Balanço da implementação das medidas.....</i>	83
5.3.7.	<i>Cálculo dos novos indicadores.....</i>	84
5.4.	ESTUDO DA AGÊNCIA C.....	85
5.4.1.	<i>Descrição geral da agência.....</i>	85

5.4.2.	<i>Consumos de energia elétrica</i>	85
5.4.3.	<i>Auditoria</i>	87
5.4.4.	<i>Análise da monitorização de consumos</i>	89
5.4.4.1.	Iluminação	89
5.4.4.2.	Bastidor	90
5.4.4.3.	Sistema de AVAC	91
5.4.4.4.	Painéis Publicitários	92
5.4.4.5.	Reclame	93
5.4.4.6.	Ventilação	94
5.4.5.	<i>Pressupostos assumidos</i>	95
5.4.6.	<i>Definição da baseline</i>	95
5.4.7.	<i>Pontos críticos e respetivas soluções de melhoria</i>	96
5.4.7.1.	Eliminação dos consumos fora do horário de funcionamento da agência	97
5.4.7.2.	Alteração de luminárias no <i>FrontOffice</i>	97
5.4.7.3.	Redução do tempo de funcionamento do <i>BackOffice</i>	99
5.4.7.4.	Substituição dos balastos dos painéis publicitários	99
5.4.7.5.	Redução dos consumos em standby	100
5.4.7.6.	Redução da potência contratada	101
5.4.8.	<i>Balanço da implementação de medidas</i>	103
5.4.9.	<i>Cálculo dos novos indicadores</i>	103
5.5.	CONCLUSÕES	104
6.	CONCLUSÃO	105
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	109
	ANEXO A. CARACTERÍSTICAS DO SENSOR DE LUMINOSIDADE E DO SENSOR DE PRESENÇA	111
	ANEXO B. TARIFAS DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM BAIXA TENSÃO NORMAL (<=20,7 KVA E > 2,3 KVA)	113

Índice de Figuras

Figura 1	Taxa de dependência energética de Portugal [1]	6
Figura 2	Evolução do consumo de energia primária por tipo de fonte (tep) [6].....	7
Figura 3	Consumo de energia primária por tipo de fonte em 2005 [6].....	8
Figura 4	Consumo de energia primária por tipo de fonte em 2011 [6].....	8
Figura 5	Consumo total de energia final [7]	9
Figura 6	Consumo final de energia por setor de atividade [7].....	10
Figura 7	Programa original do PNAEE [10]	12
Figura 8	Classes de desempenho energético [12]	18
Figura 9	Fases de uma auditoria energética.....	25
Figura 10	Principais tarefas do planeamento.....	26
Figura 11	Principais tarefas do trabalho de campo.....	27
Figura 12	Equipamentos de segurança (Luvas de tensão e proteção, respetivamente) [23] [24] .	28
Figura 13	Elementos relevantes para a estrutura de um relatório [20]	31
Figura 14	Metodologia para a realização de auditorias energéticas a edifícios de serviços	34
Figura 15	Etapas da fase de planeamento.....	34
Figura 16	Procedimento da fase de análise do estado atual.....	37
Figura 17	Aparelho <i>Fluke</i> 434 [27]	38
Figura 18	Conexão para a monitorização de consumos com o <i>Fluke</i> 434 [28]	39
Figura 19	Verificação do desfasamento entre fases.....	39
Figura 20	Verificações através do botão <i>SETUP</i>	40
Figura 21	Escolha de opções através do botão <i>MENU</i>	40
Figura 22	<i>Fluke</i> em modo de registo “ <i>TREND</i> ”	41
Figura 23	Gravação da monitorização.....	41
Figura 24	Aparelho <i>Fluke</i> 345 [29]	42
Figura 25	Conexão para medições pontuais com o <i>Fluke</i> 345 [30].....	43
Figura 26	Transferência de dados do <i>Fluke</i> 434 para o computador [28]	44
Figura 27	Etapas do planeamento estratégico.....	46
Figura 28	Procedimento efetuado na fase de implementação de medidas e acompanhamento de resultados.....	48
Figura 29	Variação do consumo de energia elétrica no ano de 2011	53
Figura 30	Variação do consumo de energia elétrica no ano de 2012	53
Figura 31	Consumos médios do sistema de AVAC	55
Figura 32	Balanço energético	56
Figura 33	Distribuição de consumos de energia elétrica	57
Figura 34	Diagrama de carga para os dias de semana	58

Figura 35	Diagrama de carga para os dias de fim semana.....	58
Figura 36	Otimização da utilização do sistema de AVAC	62
Figura 37	Redução do tempo de utilização da iluminação do BackOffice.....	63
Figura 38	Otimização da iluminação da zona de ATM.....	64
Figura 39	Redução do tempo de iluminação publicitária	65
Figura 40	Limitação dos períodos de standby	66
Figura 41	Balanço das medidas de redução de consumo de energia	66
Figura 42	Variação do consumo de energia elétrica em 2011	69
Figura 43	Variação do consumo de energia elétrica em 2012	69
Figura 44	Consumos médios do sistema de AVAC	71
Figura 45	Balanço energético	72
Figura 46	Consumo médio do quadro geral.....	73
Figura 47	Distribuição de consumos de energia elétrica	74
Figura 48	Diagrama de carga para os dias de semana	75
Figura 49	Diagrama de carga para os dias de fim de semana.....	75
Figura 50	Otimização da utilização do sistema de AVAC	79
Figura 51	Redução do tempo de utilização da iluminação do <i>BackOffice</i>	80
Figura 52	Otimização da iluminação da zona de ATM.....	81
Figura 53	Redução do tempo de iluminação publicitária	82
Figura 54	Limitação dos períodos de standby	83
Figura 55	Balanço das medidas de redução de energia	83
Figura 56	Variação do consumo de energia elétrica em 2011	86
Figura 57	Variação do consumo de energia elétrica em 2012	87
Figura 58	Distribuição dos consumos de energia elétrica	89
Figura 59	Distribuição dos consumos da iluminação	90
Figura 60	Consumo médio do bastidor.....	90
Figura 61	Temperaturas médias da agência.....	91
Figura 62	Consumos médios do sistema de AVAC	92
Figura 63	Consumo médio dos painéis publicitários.....	93
Figura 64	Consumo médio do reclame	94
Figura 65	Consumo médio da ventilação	94
Figura 66	Eliminação dos consumos fora do horário de funcionamento da agência.....	97
Figura 67	Modelo de luminária circular (Exemplo)	98
Figura 68	Substituição das luminárias do <i>FrontOffice</i>	98
Figura 69	Redução do tempo de utilização da iluminação do <i>BackOffice</i>	99
Figura 70	Substituição dos balastros dos painéis publicitários.....	100
Figura 71	Redução dos consumos de standby	101
Figura 72	Comportamento médio das correntes por fase	101
Figura 73	Comportamento médio esperado das correntes por fase	102

Figura 74	Redução da potência contratada.....	102
Figura 75	Balanço das medidas de redução de energia	103

Índice de Tabelas

Tabela 1	Descrição das tarefas realizadas por período de tempo.....	2
Tabela 2	Descrição dos diversos eixos da ENE 2020 [8].....	11
Tabela 3	Resumo das poupanças totais alcançadas com o PNAEE [4]	13
Tabela 4	Resumo do PNAEE 2016 [4]	13
Tabela 5	Resumo dos impactos do PNAEE 2016 por programa [4].....	14
Tabela 6	Âmbito de aplicação do RSECE e do RCCTE [14]	17
Tabela 7	Validade dos certificados sujeitos ao RSECE [14]	18
Tabela 8	Equipamentos de medição utilizados em auditorias energéticas [20] [25] [26].....	29
Tabela 9	Consumo de energia elétrica no ano de 2011	52
Tabela 10	Consumo de energia elétrica no ano de 2012.....	52
Tabela 11	Consumo médio unitário da energia elétrica.....	53
Tabela 12	Levantamento dos equipamentos consumidores de energia por tipo de espaço.....	54
Tabela 13	Iluminação instalada.....	59
Tabela 14	Equipamentos instalados	59
Tabela 15	Pontos críticos e respetiva proposta de melhoria	61
Tabela 16	Previsão da variação dos indicadores.....	67
Tabela 17	Consumos de energia elétrica no ano de 2011	68
Tabela 18	Consumos de energia elétrica no ano de 2012	68
Tabela 19	Custo médio unitário da energia.....	69
Tabela 20	Levantamento dos equipamentos consumidores de energia por espaço.....	70
Tabela 21	Iluminação instalada.....	76
Tabela 22	Equipamentos instalados	76
Tabela 23	Pontos críticos e respetivas propostas de melhoria	78
Tabela 24	Previsão da variação dos indicadores.....	84
Tabela 25	Consumo de energia elétrica no ano de 2011	86
Tabela 26	Consumo de energia elétrica no ano de 2012.....	86
Tabela 27	Custo médio unitário da energia.....	86
Tabela 28	Levantamento dos equipamentos consumidores de energia da agência.....	88
Tabela 29	Previsão da variação dos indicadores.....	104
Tabela 30	Resumo dos resultados	104

Nomenclatura

Abreviaturas

AE	– Auditoria Energética
AVAC	– Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CO ₂	– Dióxido de Carbono
ENE 2020	– Estratégia Nacional de Energia para 2020
ICAG	– Indicador de Contribuição para o Aquecimento Global
IPE	– Indicador de Perfil Energético
IVA	– Imposto de Valor Acrescentado
PB	– Tempo Necessário de Retorno do Investimento
PNAEE	– Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PQ	– Perito Qualificado
QAI	– Qualidade do Ar Interior
RCCTE	– Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	– Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	– Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior
Te	– Temperatura Média Exterior
Tep	– Toneladas Equivalentes de Petróleo
Ti	– Temperatura Média Interior

Ton – Tonelada

1. Introdução

1.1. Contextualização

A presente dissertação, Auditorias energéticas – definição de um plano de ação para edifícios de serviços, foi efetuada em contexto empresarial, na empresa Ecoinside, através de um estágio curricular.

Foi desenvolvida no âmbito da atual procura pela redução de custos através do aumento da eficiência energética, por parte diversas empresas. Nesse sentido o conceito de auditoria energética ganha relevância e torna-se fundamental desenvolver metodologias que apoiem a sua melhor execução.

1.2. Objetivos

O principal objetivo desta dissertação foi o desenvolvimento de uma metodologia a utilizar para uma melhor realização de auditorias energéticas em edifícios de serviços. Para atingir este objetivo, foi necessário alcançar uma série de outros objetivos, nomeadamente:

- ✓ A adaptação à realidade empresarial;
- ✓ A compreensão dos conceitos associados à eficiência energética;
- ✓ O desenvolvimento de competências em eficiência energética;
- ✓ A familiarização com os processos de auditoria e ferramentas de cálculo existentes;
- ✓ A identificação e o estudo de medidas para a redução de consumos energéticos;

✓ A definição de tempos de retorno para as medidas propostas.

Após terem sido alcançados os objetivos enunciados foi validada a metodologia desenvolvida através do estudo e análise de casos práticos.

1.3. Calendarização

O estágio realizado na empresa Ecoinside teve a duração de 9 meses e as tarefas elaboradas nesse período de tempo são apresentadas na Tabela 1 e descritas posteriormente.

Tabela 1 Descrição das tarefas realizadas por período de tempo

Tarefas	Nov-12	Dez-12	Jan-13	Fev-13	Mar-13	Abr-13	Mai-13	Jun-13	Jul-13
Integração à realidade da empresa									
Estudo da empresa e dos serviços que esta oferece									
Organização e tratamento de faturas de energia elétrica									
Participação nas auditorias energéticas									
Familiarização com as ferramentas de cálculo utilizadas na empresa									
Processamento e tratamento dos dados recolhidos nas auditorias									
Estudo e análise de soluções com vista a redução de consumos									
Identificação de situações a melhorar no processo de auditoria									
Procura de soluções para as situações que devem ser melhoradas no processo de auditoria									
Desenvolvimento do documento final da tese									

Assim, para efetuar a metodologia que visa uma melhor realização de auditorias energéticas em edifícios de serviços, no âmbito do estágio curricular, foi necessário passar pelo processo descrito de seguida.

Em primeiro lugar, passou-se por um período natural de integração na realidade da empresa e faz-se o estudo dos serviços que esta oferece.

De seguida, passou-se para uma parte mais prática, inicialmente através da organização e tratamento de faturas de energia elétrica e posteriormente com o início na participação da elaboração de auditorias energéticas propriamente ditas, as quais tiveram uma duração de aproximadamente 5 meses.

Em simultâneo, passou-se por um processo de familiarização com as ferramentas de cálculo utilizadas na empresa, de modo a poder efetuar o tratamento de dados das auditorias da forma mais eficaz possível. Após este processo, é feito o estudo e a análise das diferentes instalações, na identificação de medidas de redução de consumos.

Após esse período, procedeu-se à identificação de situações a melhorar no processo de auditoria e à procura de soluções para essas situações.

Para terminar procedeu-se ao desenvolvimento do documento final de tese.

1.4. Organização do relatório

A presente dissertação está organizada em 6 capítulos.

Este primeiro capítulo, identifica o contexto e os objetivos do trabalho. Efetua ainda uma abordagem geral aos desenvolvimentos realizados ao longo do trabalho, terminando com um resumo dos capítulos da dissertação.

No capítulo 2 é feita uma caracterização energética de Portugal, onde são feitas referências às evoluções dos consumos de energia primária e de energia final. É ainda realizada uma descrição geral da Estratégia Nacional para a Energia e do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética. Por fim, são abordados os documentos legislativos nacionais sobre a eficiência energética.

No capítulo 3 é feita uma abordagem geral às auditorias energéticas. É apresentada a sua definição e os seus objetivos, bem como os benefícios da sua realização. São referidos ainda os tipos de auditorias energéticas existentes e a sua metodologia para edifícios de serviços.

No capítulo 4 é elaborada uma metodologia para utilizar na realização de auditorias energéticas em edifícios de serviços.

No capítulo 5 é feito o estudo e a análise de três auditorias energéticas.

O último capítulo sumaria as principais conclusões do trabalho e perspectiva o desenvolvimento de trabalhos a realizar no futuro.

2. Assinatura energética portuguesa

2.1. Introdução

Desde a revolução industrial e do grande aumento demográfico que a acompanhou, as necessidades da humanidade em energia aumentaram exponencialmente [2]. A sua procura tem sido satisfeita maioritariamente através da utilização de combustíveis fósseis, nomeadamente, pela utilização de carvão, petróleo e, mais recentemente, de gás natural. Ao atual ritmo de exploração estima-se que as reservas petrolíferas estejam na sua maioria esgotadas até ao ano de 2050, o horizonte temporal do gás natural é um pouco superior e o carvão, por sua vez, ainda apresenta reservas para alguns séculos mas os impactes ambientais que causa são enormes. Estes recursos ao serem queimados produzem grandes quantidades de poluentes com impactes negativos sobre a qualidade do ar, o meio ambiente e a saúde humana. Poluentes como o óxido de azoto e o dióxido de carbono (CO_2) são responsáveis pelo efeito de estufa. A ocorrência de alterações climáticas está diretamente relacionada com o agravamento do efeito de estufa que pode assim provocar a alteração rápida da temperatura da Terra que pode originar ocorrências meteorológicas mais extremas com graves consequências quer económicas, quer sociais [3].

2.2. Caracterização energética de Portugal

Portugal é um país com escassos recursos energéticos de origem fóssil o que conduz a uma elevada dependência energética relativamente ao exterior, nomeadamente através da importação de recursos fósseis [1]. A Figura 1 sugere o decréscimo da taxa de dependência energética apresentada por Portugal durante o período entre 2005 e 2011. Entre 2005 e 2010 a taxa de dependência energética diminuiu de 88,8% para 76,1%, que pode ter como justificação a aposta nas energias renováveis e na eficiência energética. Observou-se ainda a existência de um ligeiro aumento em 2011 relativamente a 2010 para valores na ordem dos 79%, que pode ter sido devido à diminuição da produção de energia hídrica e do consequente aumento de importações [4].

Por sua vez, de acordo com Aníbal Fernandes, presidente do consórcio Eólicas de Portugal, “a dependência energética de Portugal face ao exterior está a diminuir e no espaço de dez anos, caiu de 90% para 80% devido à aposta feita nas renováveis” [5].

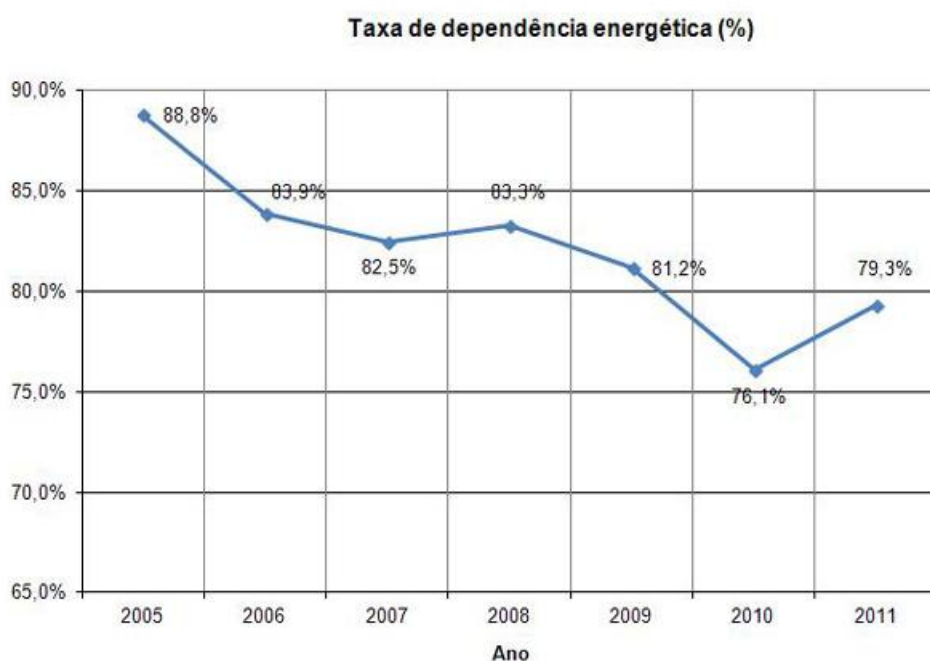


Figura 1 Taxa de dependência energética de Portugal [1]

2.2.1. Evolução do consumo de energia primária

Para o período temporal entre os anos de 2005 e 2011 o consumo de energia primária sofreu um decréscimo de 4594 toneladas equivalentes de petróleo (tep), visto que em 2005

o consumo foi de 27088 tep e em 2011 de 22494 tep, que é visível através da observação da Figura 2.

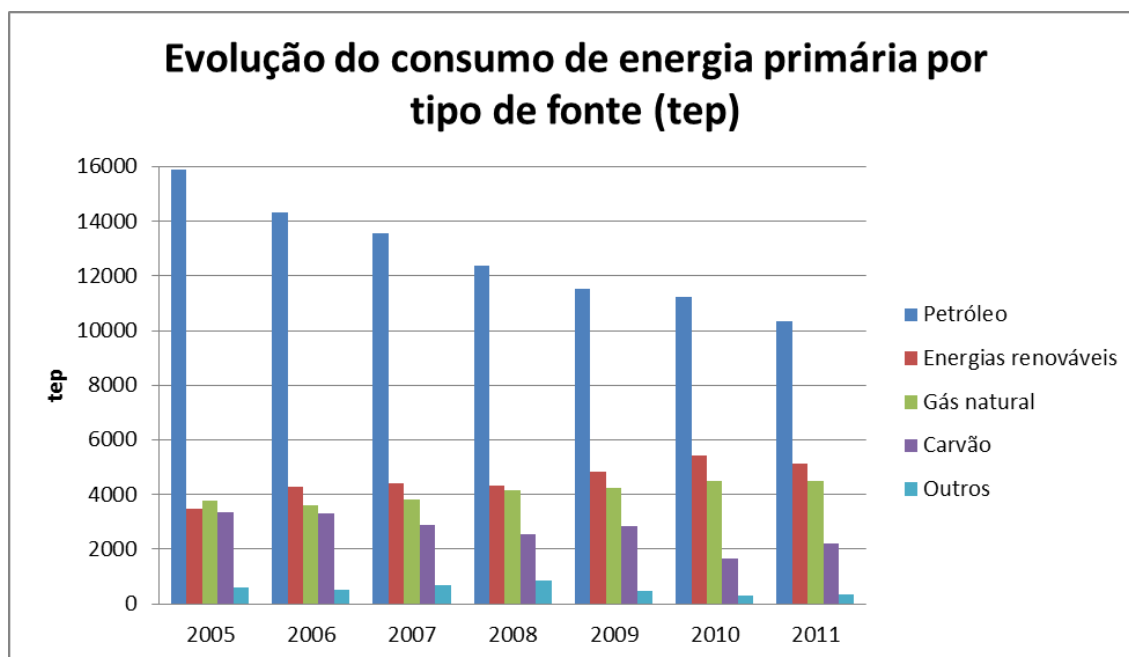


Figura 2 Evolução do consumo de energia primária por tipo de fonte (tep) [6]

Pela análise da Figura 3 e da Figura 4 verifica-se que o petróleo, apesar da grande descida apresentada nos últimos anos, continua a desempenhar um papel preponderante na estrutura de abastecimento, representando 46% do consumo total de energia primária em 2011 contra os 59% de 2005.

Por sua vez, as energias renováveis encontram-se em grande expansão apresentando em 2011 uma percentagem do consumo da energia primária na ordem dos 23% subindo 10 pontos percentuais relativamente a 2005.

O gás natural apresenta também uma grande subida durante o período observado que tem contribuído para diminuir a dependência exterior em relação ao petróleo, representando em 2011 cerca de 20% do consumo total registado contra os 14% em 2005.

Em 2011 o contributo do carvão foi menor comparativamente com 2005, descendo dos 12 para os 10%.

A importação de eletricidade e resíduos industriais não renováveis representam a secção denominada de outros, em que se verifica um consumo relativamente baixo, tanto em 2005

como em 2011, diminuindo no entanto um ponto percentual aproximadamente durante o espaço temporal analisado.

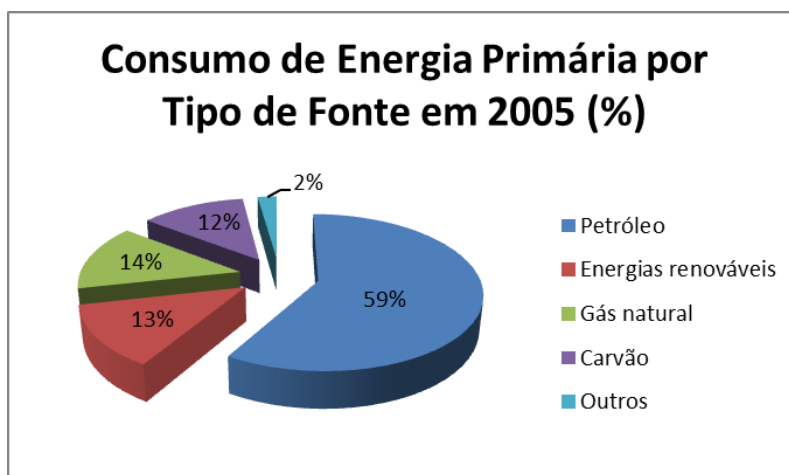


Figura 3 Consumo de energia primária por tipo de fonte em 2005 [6]

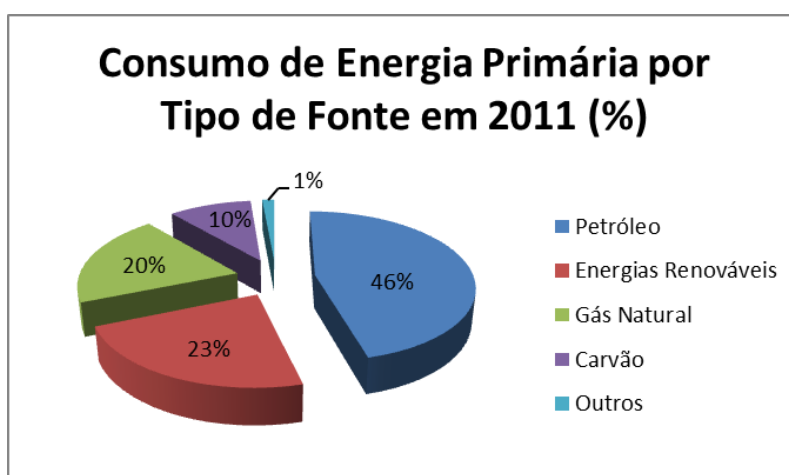


Figura 4 Consumo de energia primária por tipo de fonte em 2011 [6]

Os dados relativos a 2011 reforçam a tendência registada, apresentando um decréscimo em relação a 2010, e uma das causas possíveis poderá ser a queda do produto interno bruto em 2011, verificando-se que a recessão económica alterou significativamente os padrões nacionais de consumo de energia primária [4].

2.2.2. Evolução do consumo de energia final

Para o período entre os anos de 2005 e 2011 o consumo de energia final acompanhou a tendência registada no âmbito da energia primária tal como é observável pela Figura 5,

apresentando um decréscimo de 2666203 tep (Em 2005 o consumo foi de 19578865 tep e em 2011 de 16912662 tep) [7].

Esta tendência poderá, em parte, dever-se ao abrandamento da economia a partir de 2008, que afetou de forma transversal todos os setores [4].

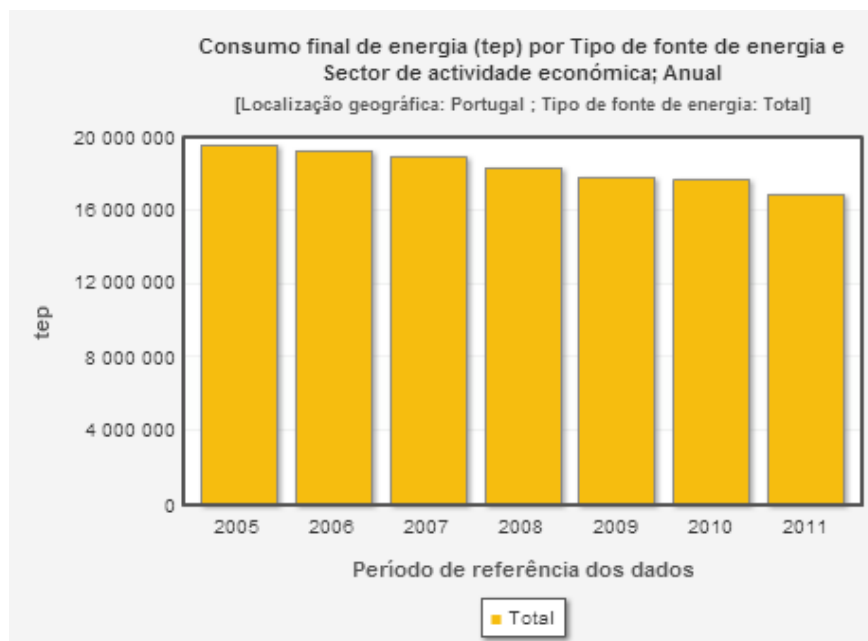


Figura 5 Consumo total de energia final [7]

Em 2011, tal como é observável pela Figura 6, o peso do consumo dos principais setores de atividade económica relativamente ao consumo final de energia foi de 36% nos transportes, 30% na indústria, 17% no doméstico, 11% nos serviços e 6% na secção outros que engloba a agricultura, pescas, construção e obras públicas.

É necessário atuar ao nível da eficiência energética para atenuar o consumo de energia e impactes ambientais resultantes da sua produção [3].

O setor dos edifícios (doméstico e serviços) representa quase 30% do consumo de energia final em Portugal que pode ser reduzido em metade através de medidas de eficiência energética [1].

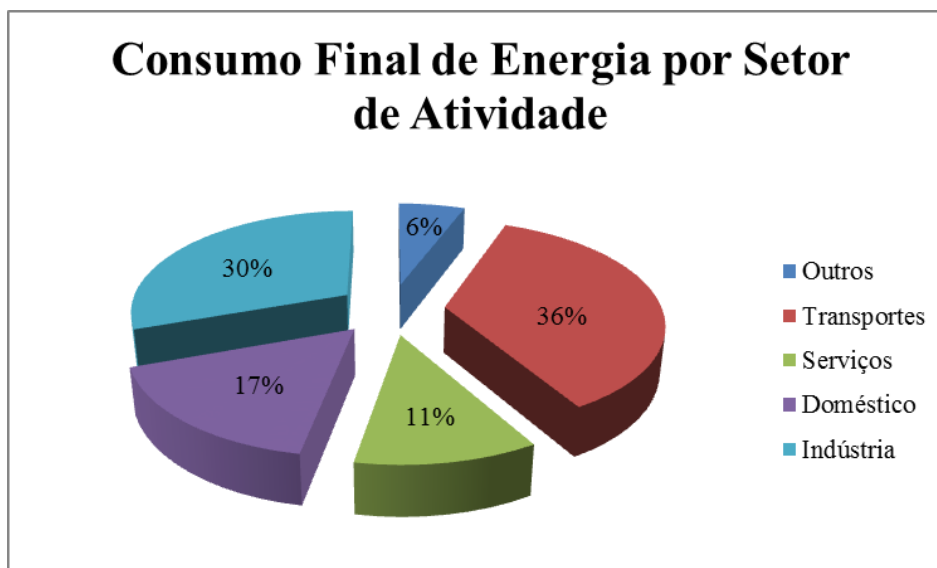


Figura 6 Consumo final de energia por setor de atividade [7]

2.3. Estratégia Nacional para a Energia

A 4 de Agosto de 2010 a Resolução do Conselho de Ministros n.º54 aprovou a Estratégia Nacional para a Energia que substituiu a estratégia definida pela Resolução do Conselho de Ministros n.º169 de 24 de Outubro de 2005.

A Estratégia Nacional para a Energia tem como horizonte temporal o ano de 2020, sendo vulgarmente designada por ENE 2020, e apresenta os seguintes objetivos:

- ✓ Reduzir a dependência energética de Portugal face ao exterior;
- ✓ Garantir o cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal no contexto europeu;
- ✓ Criar riqueza e consolidar um *cluster* energético no setor das energias renováveis em Portugal;
- ✓ Desenvolver um *cluster* industrial associado à promoção da eficiência energética;
- ✓ Promover o desenvolvimento sustentável.

A ENE 2020 é composta por diversas medidas que visam relançar a economia e a promoção de emprego através da aposta na investigação e desenvolvimento tecnológicos de modo a aumentar a eficiência energética. Esta estratégia assenta em cinco eixos fundamentais enunciados e descritos na Tabela 2.

Tabela 2 Descrição dos diversos eixos da ENE 2020 [8]

Eixo	Descrição
1 Agenda para a Competitividade, o Crescimento e a Independência Energética e Financeira	Criação de valor e emprego através da dinamização dos diferentes setores da economia.
2 Aposta nas Energias Renováveis	Redução da dependência externa e aumento da segurança de abastecimento através da intensificação e diversificação das energias renováveis no conjunto de fontes de energia que abastecem o País.
3 Promoção da Eficiência Energética	Redução de consumo da energia final em 20% no ano de 2020, garantindo a consolidação da promoção da eficiência energética.
4 Garantia de Segurança de Abastecimento	Manutenção da política de diversificação do <i>mix</i> energético, assegurando a segurança de abastecimento.
5 Sustentabilidade da Estratégia Energética	Redução das emissões de CO ₂ , promovendo a sustentabilidade económica e ambiental.

As opções de política energética adotadas na ENE 2020 deverão contribuir para o crescimento económico e incentivo ao reconhecimento de Portugal no contexto internacional como um país líder nas energias renováveis, bem como para a promoção da eficiência energética através do combate ao desperdício e pelo incentivo a uma melhoria de comportamentos [8].

2.4. Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE)

No âmbito da aprovação da primeira Estratégia Nacional para a Energia em 2005 surge o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), fundamental para reduzir a dependência de Portugal relativamente aos combustíveis fósseis, aprovado na Resolução do Conselho de Ministros n.º80 de 20 de Maio de 2008 onde se estabeleceu como meta uma redução do consumo de energia final em 10% até 2015.

O PNAEE consiste num conjunto de 50 medidas organizadas em 12 programas que visam a redução do consumo de energia em quatro áreas de índole maioritariamente tecnológica: transportes, residencial e serviços, indústria e estado. E estabelece adicionalmente três áreas transversais de atuação sobre as quais incidiram análises e orientações

complementares, nomeadamente: comportamentos, fiscalidade e financiamentos. Na Figura 7 identificam-se as áreas de atuação mencionadas anteriormente e os respetivos programas [9].



Figura 7 Programa original do PNAEE [10]

Devido à meta de redução de 20% no consumo de energia final contida na ENE 2020 foi necessário proceder a uma revisão do PNAEE sendo o principal objetivo projetar novas ações e metas para 2016.

Para efetuar a sua revisão foi em primeira instância executada a análise do impacto estimado pelas medidas previstas no PNAEE, em que foram tidas em conta economias de energia geradas até ao ano de 2010 e teve como cenário de referência a média do consumo energético final nacional durante o período de 2001 a 2005, concluindo-se que 49% do objetivo ambicionado aquando da implementação do PNAEE foi cumprido e que o setor dos edifícios é o que apresenta maior quantidade de energia poupada, tal como se pode observar na Tabela 3 [4].

Tabela 3 Resumo das poupanças totais alcançadas com o PNAEE [4]

Área	Energia poupada (tep)	Meta 2016 (tep)	Execução em relação à meta de 2016
Transportes	252.959	1.501.305	49%
Residencial e Serviços	267.008		
Indústria	177.895		
Estado	9.902		
Comportamentos	21.313		
Total PNAEE	729.077		

Tendo como base as áreas, programas e medidas do PNAEE, surgiu uma nova versão que passa a ser designada por PNAEE 2016, pelo seu horizonte temporal se estender até 2016, que passa a abranger seis áreas específicas: transportes, residencial e serviços, indústria, estado, comportamentos e agricultura como indicado na Tabela 4 [4].

Tabela 4 Resumo do PNAEE 2016 [4]

Área	Programa	Objetivo
Transportes	Eco Carro	Melhorar a eficiência energética dos veículos.
	Mobilidade Urbana	Incentivar a utilização de transportes coletivos em detrimento do transporte individual motorizado, em especial nas zonas urbanas.
	Sistema de Eficiência Energética nos Transportes	Dinamizar a utilização das redes ferroviárias de passageiros e efetuar a gestão energética das frotas de transportes.
Residencial e Serviços	Renove Casa&Escritório	Potenciar a eficiência energética na iluminação, eletrodomésticos e na reabilitação de espaços.
	Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios	Proceder à certificação energética nos edifícios através do Sistema de Certificação Energética.
	Solar Térmico	Promover uma maior integração de fontes de energia renovável nos edifícios, equipamentos residenciais e de serviços.
Indústria	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia	Proceder à revisão do Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia e melhorar a eficiência do processo industrial.
Estado	Eficiência Energética no Estado	Economizar energia através da Certificação Energética dos Edifícios do Estado e de Contratos de Gestão de Eficiência Energética, dos Planos de Ação de Eficiência Energética, da Gestão da Frotas de Transporte e da Iluminação Pública.
Comportamentos	Comunicar Eficiência Energética	Promover hábitos e atitudes de consumidores mais eficientes do ponto de vista energético, tais como a recomendação de produtos eficientes e a realização de campanhas de sensibilização e comunicação.
Agricultura	Eficiência no Setor Agrário	Agrupar e dinamizar as ações realizadas no setor agrário com vista à redução de consumos energéticos.

A previsão de poupança de energia até 2016 com base no PNAEE é de 8,2%, relativamente próxima da meta indicativa definida pela União Europeia que é de 9%. Na Tabela 5 observam-se os diversos potenciais de economia para as diferentes áreas, em que uma vez mais, o setor dos edifícios apresenta o maior potencial de redução de consumos [4].

Tabela 5 Resumo dos impactos do PNAEE 2016 por programa [4]

Programa	Potenciais Economias (tep)	%	Meta 2016 (tep)
Transportes	344.038	23%	1.501.305
Residencial e Serviços	634.265	42%	
Indústria	365.309	24%	
Estado	106.380	7%	
Comportamentos	21.313	1%	
Agricultura	30.000	2%	

2.5. Legislação em vigor relativamente aos edifícios

O setor dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa e cerca de 30% no caso de Portugal. Porém, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas (ton) de CO₂. Para fazer face a esta realidade a União Europeia tem vindo a promover um conjunto de medidas de modo a impulsionar a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios [1].

Neste âmbito a 16 de Dezembro de 2002 é aprovada pelo Parlamento Europeu e pelo Conselho da União Europeia a Diretiva 2002/91/CE, Diretiva Europeia Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (*Energy Performance in Buildings Directive*), que visa promover a melhoria do desempenho energético na Comunidade Europeia, tendo em consideração as condições climáticas externas, as condições locais, as exigências em clima interior e a rentabilidade económica.

No âmbito desta diretiva estabelece-se que os Estados-Membros devem:

- ✓ Adotar uma metodologia para o cálculo do desempenho energético baseada no enquadramento geral estabelecido;

- ✓ Assegurar a fixação de requisitos mínimos de desempenho energético em edifícios novos e existentes, caso sejam sujeitos a grandes obras de renovação;
- ✓ Garantir a certificação do desempenho energético dos edifícios;
- ✓ Realizar uma inspeção regular das caldeiras e das instalações de ar condicionado nos edifícios.

A presente diretiva tem como elemento principal a implementação de um sistema de certificação energética que estabelece a obrigatoriedade em fornecer um certificado de desempenho energético ao proprietário ou por este ao potencial comprador ou arrendatário, consoante o caso, aquando da construção, venda ou arrendamento de um edifício. O certificado deve conter valores de referência para que os consumidores possam comparar e avaliar o desempenho energético do edifício bem como recomendações relativas à melhoria do desempenho energético sob condições de rentabilidade económica [11].

2.5.1. Enquadramento legislativo nacional

A nível nacional a transposição da Diretiva 2002/91/CE foi efetuada através de um pacote legislativo assente em três pilares o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [12].

2.5.1.1. Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)

O SCE concebido pelo Decreto-Lei n.º 78 de 4 de Abril de 2006, define regras e métodos para a verificação da aplicação efetiva do RSECE e do RCCTE aos novos edifícios bem como aos já existentes, tendo como objetivos:

- ✓ Assegurar a aplicação regulamentar de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE, nomeadamente no que respeita as condições de eficiência energética, a utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, as condições de garantia da qualidade do ar interior (QAI);
- ✓ Certificar o desempenho energético e a QAI nos edifícios;

- ✓ Identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos, quer no que diz respeito ao desempenho energético, quer no que respeita a QAI [13].

Estão abrangidos pelo SCE os seguintes edifícios:

- ✓ Os novos edifícios, bem como os existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação (Uma intervenção na envolvente ou nas instalações, energéticas ou outras, do edifício, cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício), nos termos do RSECE e do RCCTE, independentemente de estarem ou não sujeitos a licenciamento ou a autorização, e da entidade competente para o licenciamento ou autorização, se for o caso;
- ✓ Os edifícios de serviços existentes, sujeitos periodicamente a auditorias, conforme especificado no RSECE [Área superior a 1000 m², regularmente a cada 6 anos (Energia) ou 2, 3 ou 6 anos (QAI)];
- ✓ Os edifícios existentes para habitação e para serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de arrendamento, casos em que o proprietário deve apresentar ao potencial comprador ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE [12].

Excluem-se do âmbito de aplicação do SCE:

- ✓ Infraestruturas militares e imóveis afetos ao sistema de informações ou a forças de segurança que se encontrem sujeitos a regras de controlo e confidencialidade;
- ✓ Igrejas e locais de culto;
- ✓ Edifícios industriais e agrícolas destinados a atividades de produção;
- ✓ Garagens, armazéns ou equivalentes, desde que não climatizados [12].

A Tabela 6 sintetiza a aplicação regulamentar de acordo com o referido no RSECE e no RCCTE.

Tabela 6 Âmbito de aplicação do RSECE e do RCCTE [14]

Novos edifícios		Regulamentos aplicáveis	Requisitos
Habitação	Sem sistemas de climatização ou com potência igual ou inferior a 25 kW.	RCCTE	Energéticos
	Com sistemas de climatização com potência superior a 25 kW.	RCCTE + RSECE	Energéticos e Qualidade do Ar
Serviços	Todos os pequenos edifícios sem sistemas de climatização ou com potência igual ou inferior a 25 kW.	RCCTE	Energéticos
	Pequenas áreas (Inferiores a 1000/500 m ²) Todos os edifícios com potência superior a 25 kW.	RSECE	Energéticos e Qualidade do Ar
	Grandes áreas (Superiores a 1000/500 m ²) Todos os edifícios.	RSECE	Energéticos e Qualidade do Ar
Edifícios existentes		Procedimentos	Requisitos
Serviços	Grandes áreas (Superiores a 1000/500 m ²) Todos os edifícios.	Auditoria Energética (AE) e QAI	Energéticos e Qualidade do Ar

A supervisão do SCE fica a cargo de duas entidades, a Direção Geral de Energia e Geologia e o Instituto do Ambiente responsáveis pela certificação energética e pela qualidade do ar, respetivamente. À Agência para a Energia, a ADENE, compete gerir o funcionamento do SCE, assegurando a supervisão dos peritos qualificados (PQ) e dos processos de certificação e de emissão dos respetivos certificados, aprovando os modelos dos certificados e criando uma bolsa de PQ do SCE [13].

Os PQ são técnicos habilitados, responsáveis pelo processo de certificação dos edifícios, e têm a seu cargo diversas responsabilidades, tais como: verificar a adequada aplicação dos regulamentos existentes; avaliar o desempenho energético e a QAI dos edifícios; propor medidas de melhoria, na decorrência das avaliações que realizou; realizar inspeções periódicas; emitir e registar as Declarações de Conformidade Regulamentar bem como os Certificados Energéticos e da QAI respetivamente [15].

O Certificado Energético e da QAI é um documento que contém diversas informações, como por exemplo, a identificação do edifício e do PQ, a etiquetagem de desempenho energético, a validade do certificado [14], bem como a descrição da situação efetiva de

desempenho energético de um edifício, onde consta o cálculo dos consumos anuais de energia previstos e em que qualifica a QAI de um edifício ou fração autónoma [1].

A classificação do edifício segue uma escala pré-definida de 7+2 classes em que a classe A+ corresponde a um edifício com o melhor desempenho energético, e a classe G corresponde a um edifício com o pior desempenho energético tal como indica a Figura 8 [14].

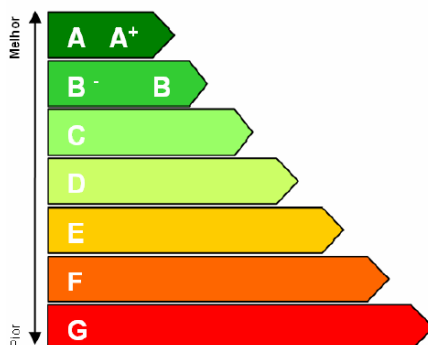


Figura 8 Classes de desempenho energético [12]

O prazo de validade dos certificados para os edifícios que estejam sujeitos ao RCCTE é de 10 anos. Relativamente aos edifícios sujeitos ao RSECE, no que se refere à Qualidade do Ar Interior (QAI), a periodicidade das auditorias, com conseqüente emissão dos certificados é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 Validade dos certificados sujeitos ao RSECE [14]

Edifícios de Serviços	Auditoria da Qualidade do Ar Interior	AE
Edifícios ou locais que funcionem como estabelecimentos de ensino ou de qualquer tipo de formação, desportivos e centros de lazer, creches, infantários ou instituições e estabelecimentos para permanência de crianças, centros de idosos, lares e equiparados, hospitais, clínicas e similares.	2 Anos	6 Anos
Edifícios ou locais que alberguem atividades comerciais, de serviços, de turismo, de transportes, de atividades culturais, escritórios e similares.	3 Anos	6 Anos
Outros edifícios de serviços	6 Anos	6 Anos

Ainda no âmbito do RSECE, referente aos edifícios de serviços novos, prevê-se a primeira auditoria energética (AE), com consequente emissão de certificado, ao final do terceiro ano de utilização dos mesmos. A periodicidade das AE nos grandes edifícios de serviços existentes é de 6 anos [14].

2.5.1.2. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)

O RSECE, Decreto-Lei n.º79 de 4 de Abril de 2006, veio estabelecer um conjunto de requisitos a aplicar em edifícios de serviços e de habitação que possuam sistemas de climatização, os quais, para além dos aspetos relacionados com a envolvente e da limitação dos consumos energéticos, abrange também a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização dos edifícios, impondo a realização de auditorias energéticas periódicas aos edifícios de serviços. Neste regulamento, a QAI surge também com requisitos que abrangem as taxas de renovação do ar interior nos espaços e a concentração máxima dos principais poluentes [12].

Estão abrangidos pelo RSECE os seguintes edifícios:

- ✓ Grandes edifícios ou frações autónomas de serviços, existentes e novos, com área útil superior a 1000 m², ou no caso de edifícios do tipo centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, com área superior a 500 m²;
- ✓ Novos pequenos edifícios ou frações autónomas de serviços com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW;
- ✓ Novos edifícios de habitação ou cada uma das suas frações autónomas com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW;
- ✓ Novos sistemas de climatização a instalar em edifícios ou frações autónomas existentes, de serviços ou de habitação, com potência instalada igual ou superior a 25 kW em qualquer tipologia de edifícios;
- ✓ Grandes intervenções de reabilitações relacionadas com a envolvente, as instalações mecânicas de climatização ou os demais sistemas energéticos dos edifícios de serviços;
- ✓ Ampliação dos edifícios existentes em que a intervenção não atinja o limiar definido para ser considerada uma grande intervenção de reabilitação [16].

2.5.1.3. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)

O RCCTE, Decreto-Lei n.º80 de 4 de Abril de 2006, estabelece requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização, ao nível das características da envolvente, limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Este regulamento impõe limites aos consumos energéticos de habitação para climatização e produção de águas quentes sanitárias o que representa um claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacte em termos de consumo de energia primária. A nova legislação determina também a obrigatoriedade da instalação de coletores solares e valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável na determinação do desempenho energético do edifício [12].

O RCCTE aplica-se a:

- ✓ Edifícios de habitação;
- ✓ Edifícios de serviços com área útil inferior ou igual a 1000 m² e sem sistemas mecânicos de climatização ou com sistemas de climatização de potência inferior ou igual a 25 kW;
- ✓ Grandes intervenções de remodelação ou de alteração na envolvente ou nas instalações de preparação de águas quentes sanitárias das duas tipologias de edifícios referidas anteriormente;
- ✓ Ampliações de edifícios existentes, quando a intervenção configura uma grande reabilitação, nas restantes ampliações aplicam-se apenas os requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente apenas à parte ampliada [17].

2.5.2. Alterações na legislação

A atual legislação Portuguesa é baseada na transposição da Diretiva 2002/91/CE, Diretiva Europeia relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (*Energy Performance in Buildings Directive*) que ao longo dos anos foi sendo sujeita a alterações substanciais o que justificou a sua reformulação e substituição pela Diretiva 2010/31/CE, aprovada a 10 de Março de 2010 pelo que será necessária uma revisão da atual legislação relativa ao desempenho energético dos edifícios.

A Diretiva 2010/31/CE apresenta como mudanças importantes a obrigatoriedade em assegurar que todos os novos edifícios até final de 2020 sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia bem como a afixação dos certificados em edifícios públicos que deve ser visível para áreas úteis superiores a 500 m², limiar que será reduzido para 250 m² a partir de Julho de 2015.

Esta nova diretiva estabelece ainda uma metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios que os estados membros devem adotar, impondo a aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios e dos já existentes, quando sujeitos a grandes renovações e define planos de incentivos financeiros e redução de entraves ao mercado de modo a obter uma melhoria no desempenho energético dos edifícios [18].

2.6. Conclusões

Nos últimos anos a dependência energética de Portugal relativamente ao exterior diminuiu significativamente, passando dos cerca de 90% para cerca de 80%.

O surgimento da Estratégia Nacional para a Energia foi determinante para a diminuição da dependência energética do país relativamente aos combustíveis fósseis devido à criação do PNAEE e respetiva aposta nas energias renováveis e na eficiência energética.

O consumo de energia primária por tipo de fonte decresceu, salientando-se a grande subida das energias renováveis e a descida do petróleo, que mesmo assim continua a ser o principal abastecedor de energia. O consumo de energia final acompanhou a tendência registada no âmbito da energia primária e as áreas de atividade onde os consumos de energia são maiores são os transportes, a indústria e os edifícios. Prevê-se que no setor dos Edifícios o consumo possa ser reduzido em cerca de metade através de medidas de eficiência energética que constam no PNAEE.

É de ressaltar ainda que o pacote legislativo nacional relativamente aos edifícios que surgiu da transposição da Diretiva Europeia relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios de 2002 e que é constituído pelo SCE, RSECE e RCCTE deverá num futuro próximo sofrer alterações devido às recentes alterações registadas na diretiva europeia em 2010.

3. Auditorias energéticas em edifícios de serviços

3.1. Introdução

A execução de uma auditoria energética (AE) consiste numa radiografia ao conjunto das instalações e equipamentos consumidores de energia, de modo a estabelecer os fluxos das energias úteis e dos desperdícios, para determinar as soluções mais adequadas para diminuir os desperdícios e custos associados ao consumo de energia [19]. As AE pretendem assim conhecer onde, quando e como é utilizada a energia, bem como saber qual é a eficiência da sua utilização e onde existem desperdícios de energia [20].

3.2. Objetivos da realização de AE

Fundamentalmente a realização de AE a edifícios de serviços tem os seguintes objetivos:

- ✓ Analisar as características e o estado da envolvente do edifício para saber qual o seu desempenho térmico;
- ✓ Quantificar os consumos e custos por forma de energia;
- ✓ Efetuar o levantamento e caracterização dos principais sistemas energéticos da instalação;

- ✓ Analisar as faturas de energia elétrica e determinar a melhor opção tarifária;
- ✓ Monitorizar continuamente os principais consumidores de energia para a caracterização energética do edifício;
- ✓ Determinar os consumos específicos de energia por utilização (aquecimento, arrefecimento e outros);
- ✓ Determinar indicadores de eficiência energética;
- ✓ Identificar situações de desperdício de energia;
- ✓ Avaliar as principais oportunidades de redução de consumos e quantificar as economias resultantes das respetivas medidas de racionalização.
- ✓ Propor medidas corretivas e/ou a implementação de sistemas organizados de gestão de energia e de controlo e monitorização das instalações ou equipamentos e analisar técnica e economicamente as soluções apresentadas [20].

3.3. Benefícios da realização de AE

Com a realização de uma AE a uma empresa ou organização, esta obtém um conhecimento objetivo sobre a utilização da energia e terá diversas vantagens, tais como:

- ✓ A diminuição da fatura de energia elétrica;
- ✓ A otimização da utilização de energia, reduzindo assim os desperdícios de energia existentes;
- ✓ A redução dos consumos energéticos;
- ✓ A contribuição para um desenvolvimento sustentável;
- ✓ Um aumento do conforto nas instalações e conseqüente crescimento da produtividade da empresa [21].

3.4. Tipos de AE

As AE podem ser divididas em dois tipos, nomeadamente: auditorias simples e auditorias completas. Em seguida é feita a descrição de ambas.

As auditorias simples caracterizam-se por normalmente utilizarem a faturação relativa aos diferentes tipos de energia como informação relativa aos consumos existentes. Em alguns casos de auditorias no setor dos edifícios esta informação pode ser complementada através da utilização de curvas de consumo características aplicadas ao consumo global bem como da medição pontual de condições interiores. Este tipo de auditoria permite estabelecer o

consumo específico ou o índice de eficiência energética, que pode ser comparado com valores limite, já pré-estabelecidos, de consumos padrão.

As auditorias completas caracterizam-se pelo exame detalhado das condições de utilização de energia. Esta auditoria permite conhecer onde, quando e como a energia é utilizada, qual a eficiência dos equipamentos e onde se verificam desperdícios de energia, indicando igualmente soluções para as anomalias detetadas. O seu objetivo é a caracterização energética da instalação e dos sistemas instalados, assim como a identificação e o estudo de medidas com viabilidade técnico-económica a introduzir, de modo a reduzir consumos energéticos desnecessários [22].

3.5. Metodologia das AE em edifícios de serviços

A eficaz condução de uma AE engloba o desenvolvimento de algumas tarefas a serem realizadas de forma sequencial. Na execução de uma AE a um edifício de serviços a metodologia usada consiste basicamente em quatro fases, identificadas na Figura 9, descritas de forma detalhada posteriormente.



Figura 9 Fases de uma auditoria energética

3.5.1. Planeamento

A fase de planeamento, vulgarmente designada por preparação da auditoria, tem como principal objetivo a criação das condições necessárias para se garantir uma atuação de

campo organizada e eficiente. As principais tarefas a efetuar estão enumeradas na Figura 10 e descritas posteriormente.

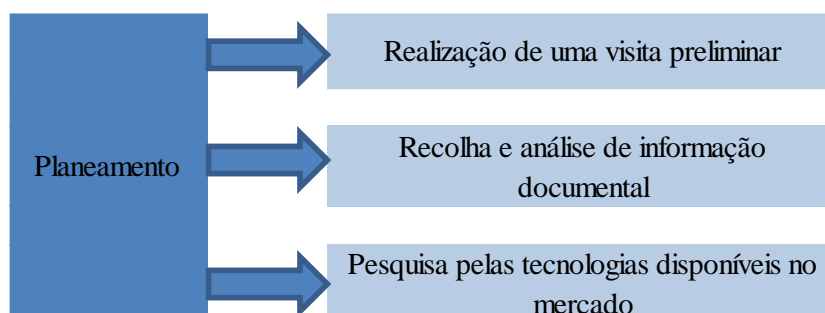


Figura 10 Principais tarefas do planeamento

A realização de uma visita preliminar permite um primeiro contacto com a instalação devendo ser feita uma primeira análise com base nos principais sistemas energéticos da instalação bem como uma primeira avaliação aos elementos que deverão ser alvo de medições para que seja levado o material necessário aquando da realização da auditoria.

Em seguida deve ser feita a recolha de dados correspondentes aos registos históricos dos últimos anos de atividade (normalmente 3 anos), nomeadamente dados relativos a faturas de energia elétrica, de modo a permitir a obtenção de um conjunto de informação relevante para posterior tratamento e conseqüente produção de indicadores de referência [19]. A recolha inicial de dados que deve conter ainda informação relativa à organização funcional, às características construtivas dos edifícios e aos seus principais consumidores [20], constituirá um complemento ao inquérito normalmente enviado à empresa ou organização para preenchimento. Por fim, e não menos importante, deverá efetuar-se um levantamento das tecnologias mais eficientes disponíveis no mercado, de modo a poder estabelecer comparações entre estas tecnologias e as que estão instaladas no edifício a auditar [19].

3.5.2. Trabalho de campo

O trabalho de campo, também conhecido como a intervenção no local da instalação a auditar, consiste na realização de uma radiografia ao edifício, em que são analisadas as condições de utilização da energia na instalação, que deverá incidir, essencialmente, sobre as tarefas enumeradas na Figura 11 e que são descritas posteriormente.

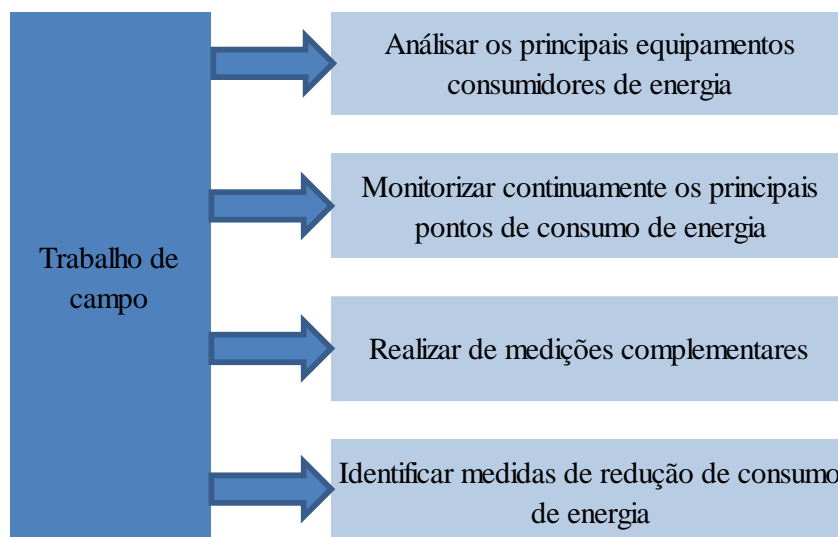


Figura 11 Principais tarefas do trabalho de campo

Durante a intervenção no local a equipa de auditoria deverá proceder à análise dos principais equipamentos consumidores de energia bem como à verificação do estado das instalações de distribuição de energia para que as principais carências ao nível da manutenção e segurança possam ser identificadas. Será necessário confirmar a existência e o bom funcionamento do equipamento de controlo e regulação das instalações, com especial destaque para as de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) e realizar medições, quer sejam através de uma monitorização contínua dos principais pontos de consumo de energia elétrica para permitir a obtenção dos respetivos diagramas de carga, quer sejam apenas através de medições complementares, nomeadamente medições de temperaturas e de iluminância, no sentido de completar a informação sobre os diversos sistemas e verificar o seu correto funcionamento. Antes de se identificar e quantificar as principais medidas de racionalização de consumo de energia deve ainda ser feita a caracterização dos equipamentos consumidores de energia elétrica mais importantes ao nível do seu regime de funcionamento de modo a saber o fator de potência de cada equipamento, e dos principais aspetos da envolvente do edifício, bem como uma análise às condições de desempenho térmico da envolvente através da termografia [20].

Para a realização do trabalho de campo é necessária a utilização de diversos equipamentos, nomeadamente ao nível da segurança e da medição.

Os principais equipamentos de segurança utilizados em AE a edifícios são as luvas de tensão e as luvas de proteção, que se encontram representadas na Figura 12. Por sua vez, os

equipamentos de medição mais importantes, cuja respetiva função está descrita na Tabela 8, são enumerados de seguida:

- ✓ Analisador de energia;
- ✓ Termómetro de infravermelhos;
- ✓ Pinça amperimétrica;
- ✓ Lúxímetro;
- ✓ Câmara termográfica;
- ✓ Distanciómetro.



Figura 12 Equipamentos de segurança (Luvas de tensão e proteção, respetivamente) [23] [24]

Tabela 8 Equipamentos de medição utilizados em auditorias energéticas [20] [25] [26]

Equipamento	Imagem	Função
Analizador de Energia		Efetua uma análise detalhada dos parâmetros eléctricos.
Termómetro de Infravermelhos		Mede instantaneamente a temperatura de superfícies em áreas perigosas ou de difícil acesso.
Pinça Amperimétrica		Deteta avarias gerais e rápidas.
Lúxímetro		Mede, de forma precisa, a iluminância em lux.
Câmara termográfica		Deteta padrões de calor ou mudanças de temperaturas em objetos que permitem descobrir problemas ou monitorizar a progressão de problemas.
Distanciómetro		Mede a distância entre dois objetos e calcula áreas e volumes com a máxima precisão.

3.5.3. Tratamento da informação recolhida

Após o trabalho de campo toda a informação recolhida, ao longo das duas primeiras fases, deve ser organizada com vista o seu adequado tratamento.

O tratamento de toda a informação recolhida deverá ser direccionado no sentido de produzir um conjunto de indicadores e de outros resultados, de natureza qualitativa, de modo a permitir que a avaliação do desempenho energético da instalação seja efetuada de forma rigorosa.

Fundamentalmente, o universo de indicadores e resultados pode ser constituído pelos seguintes elementos [19]:

- ✓ Consumos e custos globais por tipo de equipamento consumidor de energia;
- ✓ Rendimentos energéticos dos principais equipamentos consumidores e produtores de energia;
- ✓ Intensidades energéticas;
- ✓ Soluções tecnológicas a serem implementadas com o objetivo de produzirem acréscimos na eficiência energética do sistema;
- ✓ Análise técnica e económica da viabilidade das soluções tecnológicas encontradas;
- ✓ Soluções organizacionais para implementar um sistema de gestão de energia, caso não exista [19] [20].

3.5.4. Elaboração do relatório

A auditoria energética (AE) às condições de utilização da energia numa instalação consumidora ficará concluída com a elaboração do respetivo relatório. Este documento deverá apresentar toda a informação de uma forma organizada e coerente. Na elaboração deste relatório deverá ser levado em consideração que a AE constitui um instrumento fundamental para o início de um processo continuado de gestão de energia na instalação auditada [19]. A Figura 13 mostra quais os principais passos a realizar para elaborar um relatório para uma AE a edifícios de serviços.

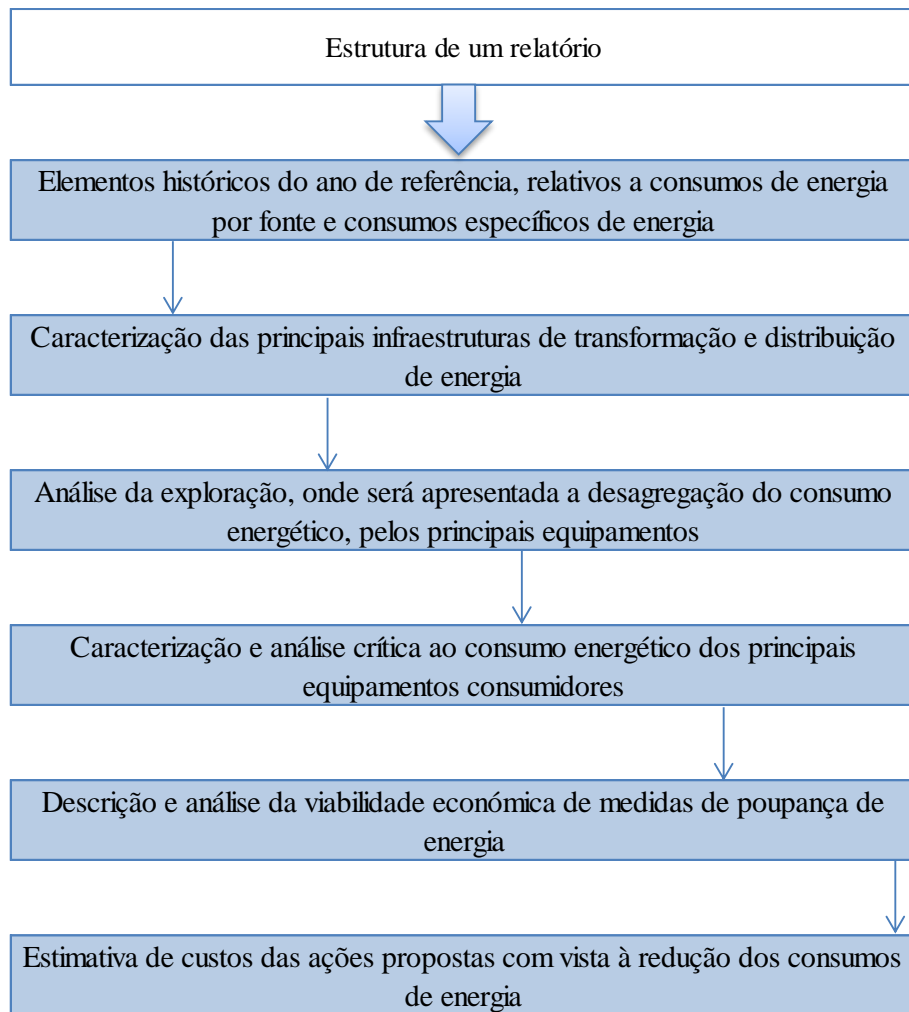


Figura 13 Elementos relevantes para a estrutura de um relatório [20]

3.6. Conclusões

Um edifício para atingir uma melhor eficiência energética deve ser alvo de uma auditoria energética (AE), simples ou complexa, consoante se pretenda uma análise mais ou menos detalhada. As AE permitem otimizar a utilização de energia diminuindo os desperdícios existentes, conduzindo a uma redução dos consumos energéticos e a uma diminuição da fatura de energia elétrica.

A execução de uma AE envolve a realização de uma metodologia que tem por base quatro etapas distintas, nomeadamente: planeamento, trabalho de campo, tratamento da informação recolhida e elaboração do relatório.

4. Metodologia utilizada para a realização de auditorias energéticas a edifícios de serviços

4.1. Introdução

No sentido de promover instalações, económica e ambientalmente sustentáveis, foi desenvolvida uma metodologia para uma eficaz realização das auditorias energéticas (AE) em edifícios de serviços e tratamento de dados de forma a sistematizar o trabalho e conferir maior qualidade ao trabalho realizado. Esta metodologia assenta, essencialmente, na sequência das seguintes cinco fases:

- ✓ Planeamento;
- ✓ Análise do estado atual;
- ✓ Planeamento estratégico;
- ✓ Elaboração de relatório;
- ✓ Implementação de medidas e acompanhamento de resultados.

No entanto, antes de iniciar as etapas enumeradas anteriormente é necessário, em primeiro lugar, o estabelecimento de um contrato comercial entre a empresa e o cliente. A maioria dos contratos efetuados dizem respeito a situações de obrigação legal, em que existe um preço fixo para cada serviço, no entanto, existem contratos por desempenho em que as alternativas comerciais a propor têm em consideração as seguintes variáveis: tempo de duração do contrato de partilha de resultados, honorários com componente fixa e/ou variável e a implementação ou não de alterações tecnológicas apresentadas.

Após a fixação do contrato comercial, devem ser nomeados dois responsáveis pelo projeto, um por parte da empresa, que será o responsável pela gestão do projeto, e um por parte do cliente que será o elo de ligação entre as duas instituições. Na Figura 14, está identificado a sequência do processo descrito bem como o da metodologia realizada.

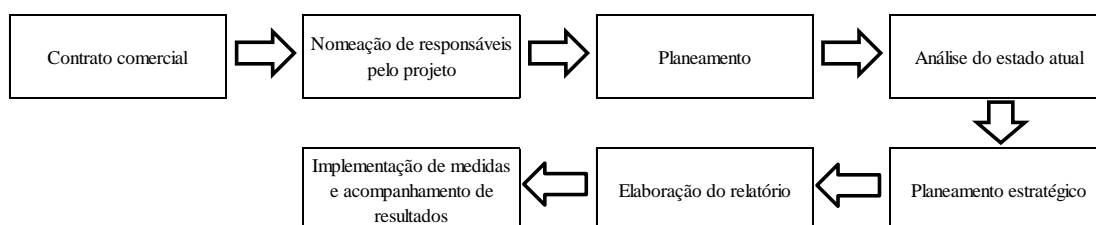


Figura 14 Metodologia para a realização de auditorias energéticas a edifícios de serviços

4.2. Planeamento

A primeira fase da metodologia, designada de planeamento, visa a preparação das fases seguintes e subdivide-se em quatro tarefas essenciais, identificadas através da Figura 15 e explicadas posteriormente.

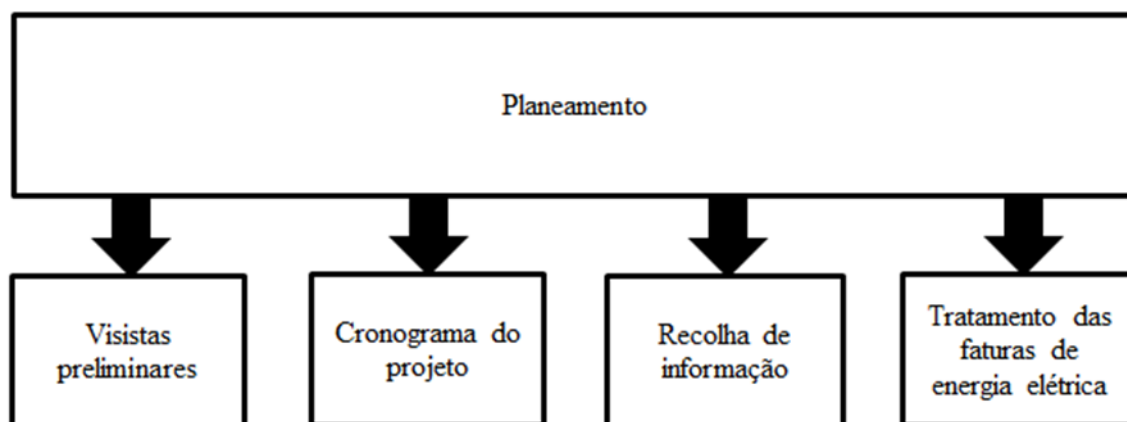


Figura 15 Etapas da fase de planeamento

Nesta fase devem ser realizadas visitas preliminares às diversas instalações, agendadas com antecedência entre os responsáveis pelo projeto, com o intuito de perceber qual o melhor método de abordagem a adotar durante a avaliação à instalação, ou seja, durante a auditoria propriamente dita. Deve também ser efetuada uma *checklist*, para cada uma das instalações, na qual devem constar informações relativas aos equipamentos que devem ser medidos, aos circuitos em que devem ser identificados os horários de funcionamento, ao material necessário a levar aquando do trabalho de campo.

A definição do cronograma para o projeto será outra das tarefas a realizar durante esta fase, no qual devem constar a calendarização das AE e os prazos, quer para a entrega de relatórios, quer para a implementação de medidas e acompanhamento de resultados. Deve ainda ser disponibilizado ao cliente a documentação e outras informações dos elementos das equipas que irão efetuar cada uma das auditorias.

A recolha de informação é outra das tarefas a realizar nesta etapa, onde o responsável do projeto por parte do cliente deverá fornecer a informação considerada necessária, que basicamente consiste no seguinte:

- ✓ Número de ligações à rede de abastecimento de energia;
- ✓ Características técnicas dos principais equipamentos, tais como: o sistema AVAC;
- ✓ Plantas;
- ✓ Áreas;
- ✓ Número de pisos;
- ✓ Número de utilizadores do edifício
- ✓ Faturação de energia elétrica do ano anterior ao ano da realização da auditoria bem como o ano da própria auditoria.

Finalmente, após as faturas de energia elétrica serem devidamente organizadas, são analisados e processados os seus dados numa folha pré-concebida para o efeito. Os elementos importantes a retirar são a tarifa contratada, o ciclo horário, a potência contratada, os consumos medidos por períodos de tarifários (super vazio/ vazio/ ponta e cheias) e os seus custos associados.

4.3. Análise do estado atual

Na segunda fase da metodologia, chamada de análise do estado atual, os resultados obtidos, provenientes do tratamento de dados, são sustentados pelo levantamento energético efetuado à instalação e pelas monitorizações realizadas aos equipamentos consumidores de energia. Esta fase é efetuada com o intuito de fazer uma distribuição de consumos e custos de energia elétrica associados a equipamentos, grupos de equipamentos ou diferentes espaços físicos e estudar a adaptabilidade de comportamentos a avaliar no desempenho nos indicadores de eficiência energética.

Portanto, na análise do estado atual são diversas as tarefas a realizar e o procedimento executado é observado através da Figura 16 e explicado posteriormente. No entanto, relativamente à figura referida é necessário ter em conta as seguintes considerações:

- ✓ O consumo auditoria corresponde ao consumo de energia estimado através dos dados de auditoria e monitorizações;
- ✓ O consumo ano 0 corresponde ao consumo de energia obtido através da faturação de energia elétrica referente ao ano anterior ao da auditoria;
- ✓ O consumo ano 1 corresponde ao consumo de energia obtido através da faturação de energia elétrica referente ao ano da auditoria.

Antes da saída para o trabalho de campo é indispensável a preparação do material necessário para a realização da auditoria, nomeadamente: os equipamentos de medição e as folhas de auditoria, especialmente concebidas para o registo da informação necessária.

O levantamento dos equipamentos consumidores de energia deve ser efetuado de forma pormenorizada. A sua realização é feita por espaços e, dentro desses, por áreas de atuação, e só se avalia o espaço seguinte depois de todas as áreas alvo de estudo estarem completamente avaliadas. As condições de operação e os comportamentos dos utilizadores dos espaços são outros aspetos a ter em conta nesta fase, e sempre que se considere importante e possível, a informação relevante deve registada em fotografia.

É de salientar a existência de um inquérito que deverá ser respondido individualmente por todos os colaboradores da instalação, que tal como as questões colocadas ao longo da auditoria, tem como objetivo obter uma melhor perceção sobre o funcionamento da

instalação e identificar de que forma o normal funcionamento da instalação e o comportamento dos utilizadores podem influenciar os consumos energéticos na instalação.

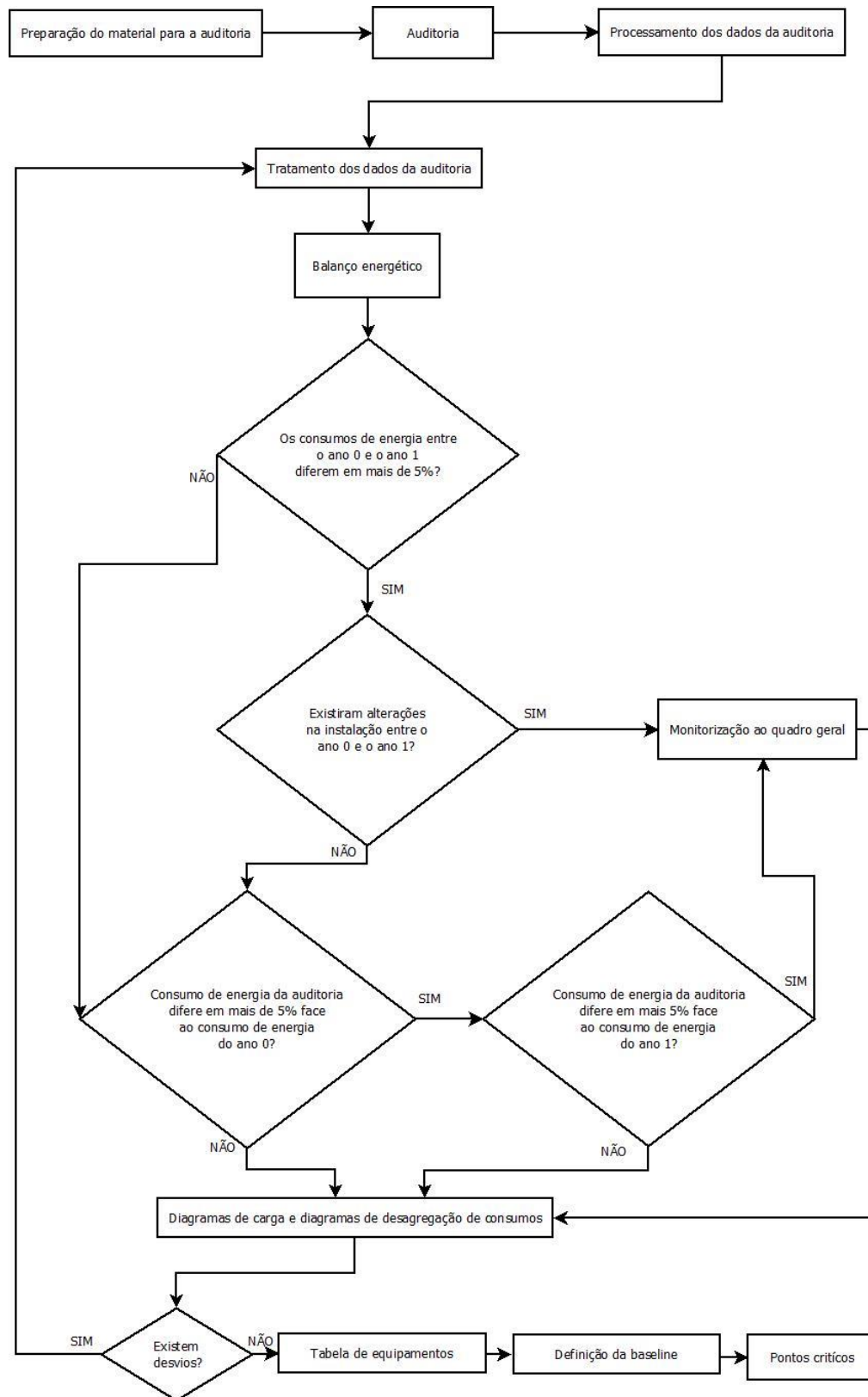


Figura 16 Procedimento da fase de análise do estado atual

De forma a conhecer o perfil de funcionamento de equipamentos com um consumo mais relevante na instalação deve ser efetuada uma monitorização de consumos, que geralmente é de uma semana. Para esta monitorização utiliza-se um analisador de energia, tendo sido utilizado no presente estudo o aparelho *Fluke 434*, identificado na Figura 17. Esta ferramenta que possui 4 entradas para pinças de corrente e 5 entradas para tensões que permite determinar com grande precisão os consumos energéticos associados a qualquer equipamento/circuito alvo de monitorização bem como detetar problemas relacionados com a qualidade de energia em sistemas de distribuição elétrica trifásica e monofásica.



Figura 17 Aparelho *Fluke 434* [27]

A monitorização deve ser feita, sempre que possível, nos quadros elétricos relativos aos respetivos equipamentos/circuitos. Antes de iniciar a instalação do equipamento é imprescindível o estudo do quadro elétrico para que se possa perceber qual a melhor forma para efetuar a instalação do equipamento.

É ainda necessário ter em consideração todos os procedimentos de segurança associados ao manuseamento de quadros elétricos e sempre que se proceda à monitorização de um qualquer dispositivo deve ser utilizado equipamento de proteção individual, mais concretamente luvas de proteção e/ou luvas de tensão.

O procedimento para a instalação do *Fluke 434* é o seguinte:

1. Ligar o equipamento à corrente elétrica;
2. Ligar a garra terra (GND) a um circuito terra;
3. Colocar, alternadamente, as pinças com a respetiva garra em cada uma das fases, de forma a obter uma conexão do género da representada na Figura 18.

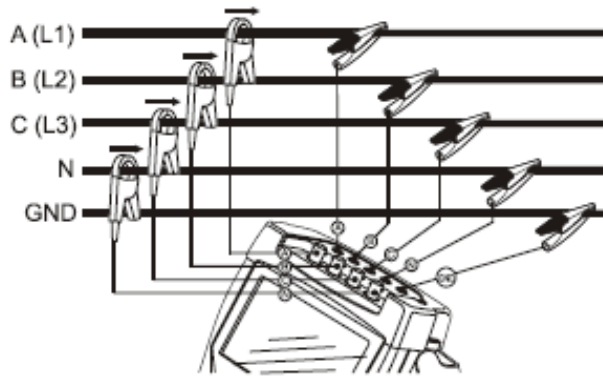


Figura 18 Conexão para a monitorização de consumos com o Fluke 434 [28]

4. Verificar se as pinças se encontram na escala mais adequada, na polaridade correta e totalmente fechadas ao redor dos condutores;
5. Verificar a existência ou não de desfasamento nas fases, premindo o botão *SCOPE* do aparelho, tal como é observado na Figura 19.

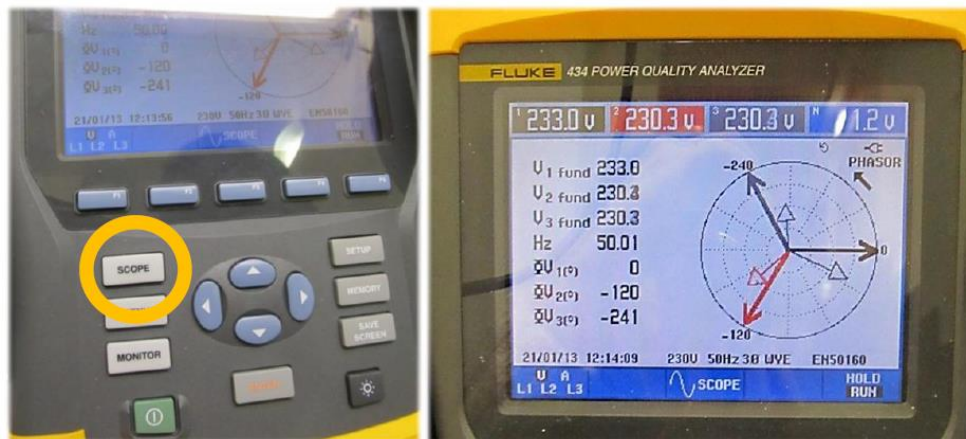


Figura 19 Verificação do desfasamento entre fases

6. Verificar a data, a hora, o tipo de circuito, o tipo de pinças e respetivas escalas efetuando as devidas correções à situação em causa, premindo o botão *SETUP* do aparelho, tal como está representado na Figura 20.



Figura 20 Verificações através do botão *SETUP*

7. Escolher a opção Potência e Energia, premindo o botão *MENU*, como pode ser visualizado pela Figura 21.



Figura 21 Escolha de opções através do botão *MENU*

8. Confirmar se os registos estão a ser feitos no período de integração pré-definido e se os valores de tensão são os adequados. Por fim, como é observável na Figura 22, o equipamento deve permanecer no modo de registo “*TREND*”.



Figura 22 Fluke em modo de registo “TREND”

Após ter passado o tempo definido para a monitorização procede-se ao levantamento do Fluke 434, que será efetuado através do procedimento descrito de seguida.

Em primeiro lugar deve ser observado o *display* do equipamento para se verificar se o tempo de registo corresponde ao tempo de monitorização definido, em seguida deve ser verificado se as tensões em cada fase correspondem a valores normais e se os valores de corrente/energia se encontram positivos e de acordo com os valores de grandeza verificados aquando da instalação. Para guardar a monitorização efetuada deve-se, em primeira instância, premir o botão *MENU* e em seguida em “SALVAR”, atribuído um nome que identifique a monitorização em causa, tal como observável na Figura 23.



Figura 23 Gravação da monitorização

Antes de fechar o quadro elétrico onde se procedeu à instalação, mantendo-o conforme a situação em que se encontrava inicialmente, o equipamento deve ser desligado e todos os seus componentes devem ser retirados e guardados na respetiva mala.

A realização de medições pontuais é efetuada, por norma, no quadro geral e tem como objetivo saber qual a potência de alguns equipamentos já pré-definidos na *checklist* elaborada durante as visitas preliminares realizadas na fase de planeamento da auditoria. Nesta fase são também registados os diferentes horários para os diferentes circuitos existentes.

A ferramenta utilizada para realizar medições pontuais é o *Fluke 345*, identificada na Figura 24, que é uma pinça de corrente, muito resistente e precisa que oferece a capacidade de medição de corrente, tensão e qualidade de energia [29]. Antes da saída o equipamento deve ser carregado para não ser necessário ligar á corrente elétrica.



Figura 24 Aparelho *Fluke 345* [29]

Para a realização de medições pontuais com o *Fluke 345* deve-se em primeiro lugar liga-lo no seletor de função e escolher a unidade de medida (Ampere, Volt ou Watt), em seguida o equipamento de medida é conectado ao circuito a ser medido da forma observada na Figura 25. Por fim, devem ser registados os valores medidos para os respetivos circuitos e na *checklist* mencionada anteriormente.

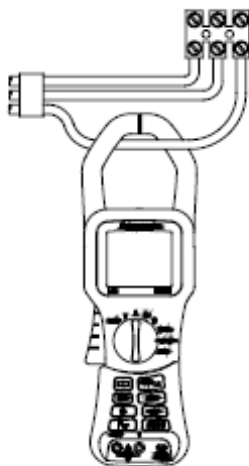


Figura 25 Conexão para medições pontuais com o *Fluke 345* [30]

Após ter sido efetuado um trabalho exaustivo de recolha de dados, procede-se ao seu adequado tratamento que é realizada através de folhas de cálculo desenvolvidas para o efeito. Em primeiro lugar é feita a compilação de todos os equipamentos consumidores de energia identificados, em seguida é definido para cada um dos equipamentos um período de funcionamento que varia consoante os dias de semana e os dias de fim de semana, o número de utilizadores e a sua interação junto do equipamento. A realização desta tarefa engloba a análise de todas as anotações que foram sendo feitas ao longo da análise do estado atual.

Para terminar o processamento dos equipamentos é necessário realizar a transferência e tratamento dos dados resultantes da monitorização do *Fluke 434* para o computador (Ver Figura 26), normalmente diz respeito ao sistema de AVAC.

Os dados do aparelho são transferidos para o computador de modo a poderem ser tratados. Em primeiro lugar deve-se ligar o equipamento ao computador através de um cabo ótico, em seguida abrir o programa *Fluke View*, software do *Fluke 434*, e conectar o equipamento ao computador, os dados são gravados em formato *Fluke View* pelo que devem ser copiados para uma folha de Excel pré-concebida no software utilizado.

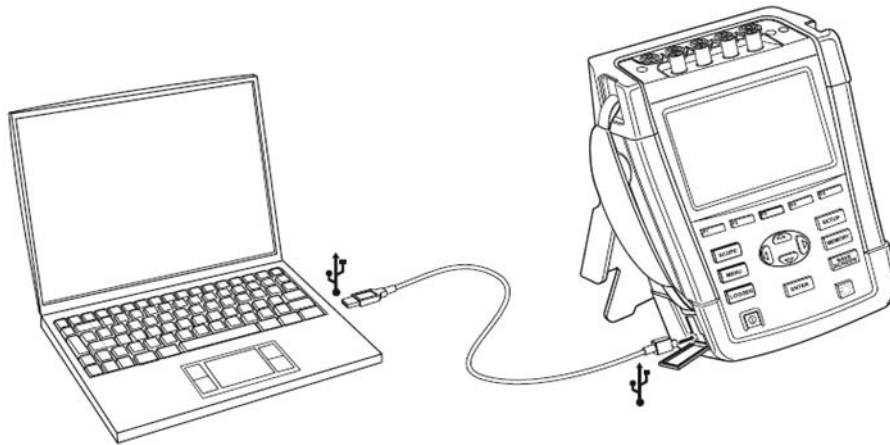


Figura 26 Transferência de dados do *Fluke 434* para o computador [28]

Após ter sido efetuado o adequado tratamento dos dados recolhidos na auditoria deve-se proceder à realização de um balanço energético entre as quantidades de energia obtidas através do processamento dos elementos da auditoria e aquelas obtidas pelo tratamento das faturas de energia elétrica. Para que se possa seguir com o procedimento, deve-se verificar a proximidade ou divergência entre os dois anos de consumos tratados e caso apresentem um consumo que difira em mais de 5% é necessário perceber se existiram alterações na instalação de um ano para o outro que justifiquem esta diferença e não existindo. Caso não se verifique a existência de nenhum facto relevante que justifique a variação deve-se recorrer a monitorização do quadro geral para perceber qual a tendência verificada no período próximo da auditoria.

Caso os consumos não apresentem diferenças superiores a 5% deve ser utilizado como referência o consumo do ano anterior ao da realização da auditoria (ano 0) e verificar se esse consumo satisfaz a condição imposta de que o consumo energético obtido na auditoria não pode apresentar um erro superior a 5%, caso a condição não seja satisfeita, deve ser usado o mesmo método relativamente ao ano de realização da auditoria (ano 1) e se o erro continuar superior aos 5% deve-se proceder à monitorização do quadro geral da instalação e efetuada uma extrapolação do consumo verificado para que possa ser comparado com o consumo obtido na auditoria para perceber o motivo da discrepância existente e satisfazer a condição mencionada anteriormente.

Após a condição imposta estar cumprida são obtidos, em folhas pré-concebidas, diagramas de carga, para dias de semana e para dias de fim de semana, em que o objetivo é perceber qual o comportamento dos consumos energéticos ao longo de todo o dia e diagrama de

desagregação de consumos para compreender como se distribuem os consumos de energia elétrica por tipo de equipamento. Esta informação deve ser devidamente analisada para que possa detetar alguma incongruência, e caso exista, ser corrigida.

Não havendo anomalias é obtida, através de uma folha pré-concebida, uma tabela relativa à quantidade de equipamentos existentes e à energia consumida anualmente por cada um para saber qual o peso de cada equipamento no consumo total de energia elétrica.

Em seguida, deve ser estabelecida uma *baseline* através do cálculo dos indicadores, nomeadamente o Indicador de Perfil Energético (IPE) e o Indicador de Contribuição para o Aquecimento Global (ICAG), calculados basicamente pela razão entre uma variável ambiental e uma variável económica, caracterizando assim a performance ambiental da instalação. Esta *baseline* servirá de base de comparação em análises futuras de acompanhamento.

Para o cálculo do IPE considera-se a equação 1:

$$IPE = \frac{\text{Energia consumida}}{\text{Área} \times \text{Colaboradores} \times \text{Potencia instalada}} \times \left(1 - \frac{|T_i - T_e|}{T_i}\right). \quad (1)$$

Onde a potência instalada corresponde à soma de todas as potências nominais de equipamentos e iluminação existentes na agência, e T_i e T_e correspondem às médias das temperaturas interior e exterior, respetivamente. É de referir que para determinar a temperatura interior o ideal seria recorrer à utilização de sondas, mas não havendo essa possibilidade, devem ser usados termómetros ou realizadas leituras nos termostatos do AVAC, por sua vez, recorrendo às estatísticas do Instituto Português do Mar e da Atmosfera é identificada a temperatura exterior.

O cálculo do ICAG será efetuado a partir da conversão, através de um fator de ponderação definido pela Agência Internacional de Energia para Portugal, do consumo de energia elétrica. A equação 2 é utilizada para o cálculo do valor do ICAG.

$$ICAG = \frac{\text{Emissões Totais de } CO_2}{\text{Área} \times \text{Colaboradores}}. \quad (2)$$

Para concluir esta segunda fase são identificados todos os pontos críticos existentes na instalação para posterior análise e por norma, a iluminação, o sistema de AVAC e atitudes comportamentais são os pontos críticos identificados.

4.4. Planejamento estratégico

A terceira fase da presente metodologia é designada de planejamento estratégico e o seu procedimento assenta, fundamentalmente, na sequência de 5 etapas, que podem ser observadas na Figura 27.

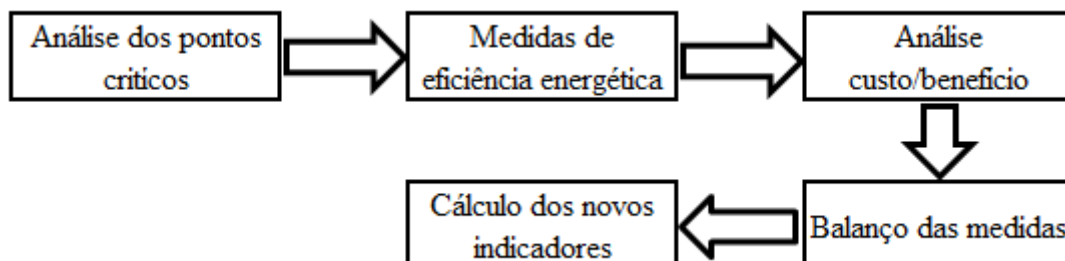


Figura 27 Etapas do planejamento estratégico

Inicialmente são analisados os pontos críticos da instalação identificados na análise de estado atual para que possam ser elaboradas medidas de eficiência energética e feita uma análise técnico-económica dessas medidas.

Posteriormente deve ser apresentada uma medida de eficiência energética para cada um dos pontos críticos identificados. Estas medidas devem apresentar uma estimativa da poupança alcançada, tanto em termos energéticos como em termos monetários, para depois ser efetuado um balanço geral de todas as medidas com o intuito de saber qual a situação futura da instalação, em termos energéticos e monetários, após a implementação das medidas propostas e qual o período de retorno do investimento, caso seja necessário investir. Em caso de necessidade de investimento deve ser elaborado um caderno de encargos que contenha as características e os custos dos respetivos equipamentos.

Finalmente, com base nas previsões efetuadas, devem ser realizados os cálculos para os valores futuros dos indicadores anteriormente estabelecidos na *baseline*.

4.5. Elaboração do relatório

A informação reunida e tratada aquando da análise do estado atual e do planejamento estratégico é a base para a elaboração do relatório de auditoria energética.

Este documento para além da introdução, onde é efetuada uma explanação geral sobre o âmbito do projeto e estrutura do relatório, e da conclusão, onde são retiradas as principais ilações sobre a auditoria efetuada, apresenta os seguintes elementos:

- ✓ Descrição geral da instalação de serviços, através de dados gerais, dados de funcionamento e dados de consumo de energia elétrica.
- ✓ Consumo de energia elétrica, em que são identificados e analisados os consumos energéticos com base nos dois anos de faturas de energia elétrica tratados e suas respetivas distribuições de consumos por período horário e variações de consumos por trimestre.
- ✓ Auditoria, onde é traçado um retrato do funcionamento da instalação de serviços no que se refere aos consumos verificados, através de uma listagem dos equipamentos consumidores de energia, um diagrama de desagregação de consumos e de diagramas de carga.
- ✓ Definição da *baseline*, através do cálculo de dois indicadores energéticos (Indicador de Perfil Energético e Indicador de Contribuição para o Aquecimento Global) que permitem estabelecer um referencial para trabalhos futuros.
- ✓ Pontos críticos, identificação e análise das situações passíveis de melhoria, que conduzam a uma maior eficiência energética da instalação.
- ✓ Medidas de eficiência energética, apresentação de soluções que permitam a redução dos consumos energéticos.
- ✓ Viabilidade económica das medidas, demonstração do potencial de poupança para cada medida enunciada.
- ✓ Balanço técnico-económico das medidas, avaliação de todas as medidas propostas para a redução do consumo de energia elétrica e sua poupança em termos monetários e energéticos bem como o seu período de retorno, caso se justifique.
- ✓ Cálculo dos indicadores futuros, através do consumo de energia previsto calculado através da poupança feita com as medidas propostas.
- ✓ Descrição dos equipamentos a implementar, descrição técnica dos equipamentos sugeridos nas medidas propostas.

4.6. Implementação de medidas e acompanhamento de resultados

Na última fase da metodologia, designada por implementação de medidas e acompanhamento de resultados, demonstra-se o valor do projeto ao cliente. A partir desta

instância cliente e empresa começam a auferir os resultados, caso o projeto assente sobre uma alternativa comercial baseada na participação de resultados, e apresentará um maior lucro para a empresa consoante maior for a percentagem de diminuição dos consumos energéticos obtida. Na Figura 28 é observável o procedimento utilizado nesta fase da metodologia.

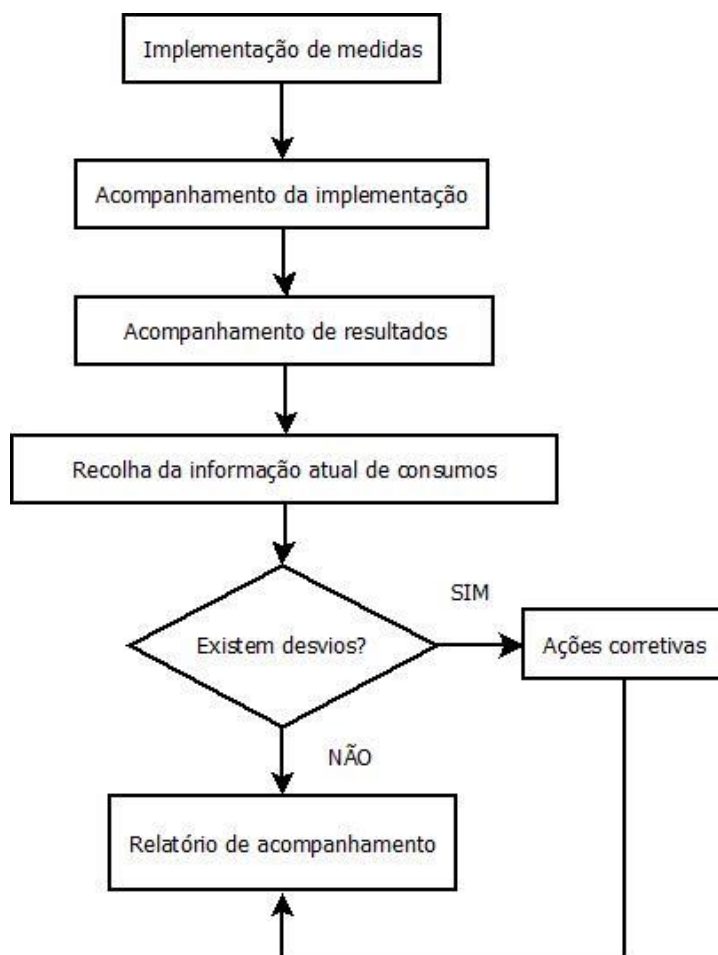


Figura 28 Procedimento efetuado na fase de implementação de medidas e acompanhamento de resultados

Numa primeira instância, deve-se proceder ao esclarecimento de dúvidas com os funcionários da instalação acerca das medidas a implementar e sensibilizá-los para uma mudança comportamental.

A implementação das medidas poderá ser efetuada pela empresa ou pelo cliente, consoante seja a vontade do cliente, no entanto, seja qual for a decisão a empresa fará sempre o acompanhamento da implementação.

O processo de acompanhamento à implementação das alterações na instalação deve ser efetuado com o intuito de garantir que todas as medidas de melhoria apresentadas são implementadas, devendo-se proceder a uma nova recolha da informação atual dos consumos, com o intuito de avaliar os resultados alcançados e intervir em casos de eventuais desvios relativamente ao planeamento estratégico. O modo de intervenção poderá passar pela realização de novas visitas ou, por vezes, apenas por novas monitorizações aos consumos para que possam ser identificadas ações de correção.

Ao longo do período de acompanhamento serão editados os relatórios de acompanhamento para cada edifício, o período de tempo entre relatórios dependerá do período de tempo do projeto.

4.7. Conclusões

A metodologia elaborada para a realização eficaz de auditorias energéticas (AE) a edifícios de serviços assenta em cinco etapas, nomeadamente: planeamento, análise do estado atual, planeamento estratégico, elaboração de relatório e implementação de medidas e acompanhamento de resultados.

Esta metodologia pode ser utilizada para as AE em qualquer tipo de edifício de serviços quer seja com o tipo de monitorização explicada neste capítulo ou com um sistema de monitorização contínua de consumo energético.

5. Estudo de casos práticos

5.1. Introdução

Neste capítulo será feito o estudo de três casos práticos no âmbito do desenvolvimento de dois projetos de eficiência energética junto do setor bancário, onde o alvo de análise são 53 agências bancárias, 50 agências relativas ao banco P e 3 agências relativas ao banco L, assim denominadas por motivos de sigilo (confidencialidade de dados).

Relativamente ao projeto do banco P serão analisadas duas agências (agência A e agência B, respetivamente), visando a validação da metodologia elaborada no capítulo anterior.

Quanto ao projeto do banco L, o cliente está empenhado em obter uma melhoria significativa da eficiência energética nas suas agências pelo que fará um investimento maior, para que seja instalado um sistema que permita a monitorização contínua dos consumos energéticos dos diferentes circuitos elétricos das instalações. Para este projeto será feita a análise de uma única agência, denominada de agência C, em que a metodologia utilizada segue a mesma lógica da anterior, no entanto, em termos de validação baseia-se nos dados monitorizados.

5.2. Estudo da agência A

5.2.1. Descrição geral da agência

A agência A, localizada na região de Lisboa, apresenta as seguintes características:

- ✓ Área: 457 m²;
- ✓ Número de pisos: 1
- ✓ Horário de funcionamento: 8h10 – 19h00 (Exceto Sábados, Domingos e Feriados);
- ✓ Horário de atendimento ao público: 8h30 – 15h00 (Exceto Sábados, Domingos e Feriados);
- ✓ Número de colaboradores: 12;
- ✓ Horário de limpeza: 15h00 – 16h00 (Exceto Sábados, Domingos e Feriados);
- ✓ Número de funcionários de limpeza: 1;
- ✓ Número de ligações à rede elétrica: 1;
- ✓ Tarifa contratada: Baixa Tensão Especial;
- ✓ Horário: Tetra-horário;
- ✓ Ciclo-horário: Diário;
- ✓ Potência contratada: 41,41 kVA.

5.2.2. Consumos de energia elétrica

Com base na informação disponibilizada pelo cliente foi feita uma análise do consumo de energia elétrica verificado ao longo dos últimos dois anos, nomeadamente 2011 e 2012.

Ao longo do ano de 2011, o consumo de energia elétrica foi de 117.212 kWh o que corresponde a um custo anual de 11.341 euros, tal como indica a Tabela 9, já no ano de 2012, o consumo de energia elétrica foi de 112.994 kWh o que corresponde a um custo anual de 13.558 euros, como mostra a Tabela 10.

Tabela 9 Consumo de energia elétrica no ano de 2011

Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [€]
117.212	11.341

Tabela 10 Consumo de energia elétrica no ano de 2012

Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [€]
112.994	13.558

Como se pode verificar, houve um decréscimo de consumo de energia elétrica na ordem dos 4 % do ano de 2011 para o ano de 2012. No entanto, o valor do custo anual teve uma subida próxima dos 20 %, facto que se deve à atualização do preço da energia elétrica, à mudança de escalão do imposto de valor acrescentado (IVA) verificado a 1 de Outubro de 2011 bem como à variação da distribuição de consumos pelos períodos horários.

O valor do custo médio unitário é assim maior no ano de 2012, tal como indicado na Tabela 11.

Tabela 11 Consumo médio unitário da energia elétrica

Custo Unitário 2011 [€/kWh]	Custo Unitário 2012 [€/kWh]
0,097	0,120

É de salientar ainda que todos os custos apresentados nas tabelas anteriores incluem o valor do IVA e referem-se apenas aos kWh consumidos.

Na Figura 29 e na Figura 30 é possível observar, respetivamente para os anos de 2011 e 2012, a distribuição trimestral dos consumos faturados da agência.

Variação do Consumo de Energia Elétrica em 2011

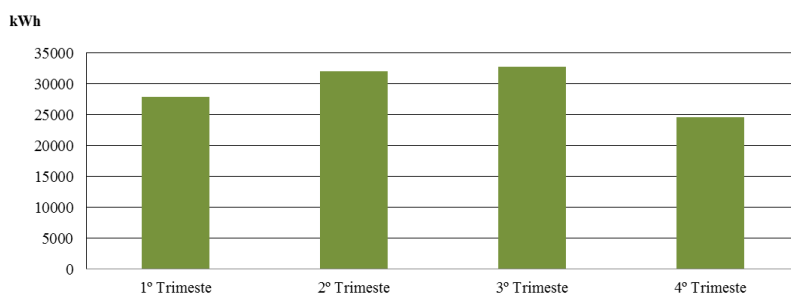


Figura 29 Variação do consumo de energia elétrica no ano de 2011

Variação do Consumo de Energia Elétrica em 2012

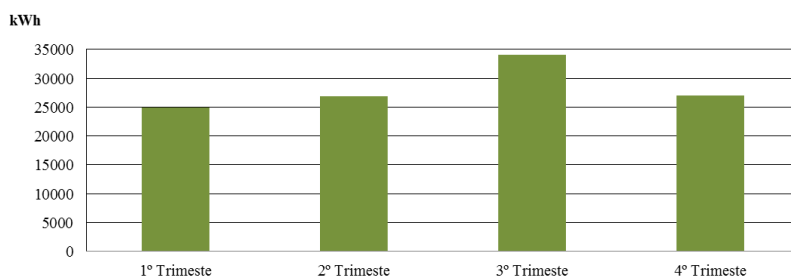


Figura 30 Variação do consumo de energia elétrica no ano de 2012

Pela observação dos dois gráficos é possível concluir que o trimestre onde se registam consumos mais elevados é o terceiro, tendo como possível causa o facto de corresponder aos meses de Verão, onde as necessidades de arrefecimento são maiores, por sua vez, o primeiro e o quarto semestre são os que apresentam os menores consumos.

5.2.3. Auditoria

Na realização da auditoria energética à agência A foi efetuado o levantamento de todos os equipamentos consumidores de energia de forma pormenorizada e por espaços. Para este caso específico, a agência foi subdividida em 15 espaços, aos quais foram atribuídos os nomes respetivos. A Tabela 12 apresenta o levantamento de equipamentos efetuado na agência por tipo de espaço.

Tabela 12 Levantamento dos equipamentos consumidores de energia por tipo de espaço

Espaço	Equipamento	Unidades	Espaço	Equipamento	Unidades
Sala AVAC	AVAC	1	Circulação 2	FCNI(18W)	8
	FTBC-TLD(36W)	2		FCNI(18W)	2
Zona ATM	FCNI(26W)	24	WC Masculino	FTBC-TLD(18W)	2
	ATM	1		FTBC-TLD(36W)	1
	AgênciaNET	1		Secador de Mãos	1
	AgênciaCHEQUES	1	WC Feminino	FTBC-TLD(18W)	3
	AgênciaDEPÓSITOS	1		FTBC-TLD(58W)	2
	FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	1		Secador de Mãos	1
Sala de reuniões	FTBC-TLD(36W)	8	Backoffice ATM	FTBC-TLD(36W)	15
Sala do diretor	FTBC-TLD(18W)	16	Frontoffice	FCNI(26W)	190
	Monitor	1		FTBC-TLD(18W)	78
	Desktop	1		Halogéneo(20W)	9
Backoffice	FTBC-TLD(18W)	15		FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	4
	Bastidor	1		Câmara Interior(5W)	4
	Monitor	1		Monitor	14
	Desktop	1		Desktop	14
	Destruidor de Papel Pequeno	2		Leitor de Cartões	14
	Canon IR1024IF	1		Olivetti	14
	FAX	1		HP LaserJet P2014	4
	Monitor CCTV LCD	1		Dispensador de Dinheiro	1
	Equipamento de Gravação	1		Leitor de Cheques	2
	FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	1		Contador de Notas	1
Cofre	FTBC-TLD(36W)	2		Painel Publicitário	4
Circulação	FTBC-TLD(18W)	27		FCNI(26W)	70
	FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	2	Exterior	Bandeira	1
Copa	FTBC-TLD(36W)	1		Reclame	1
	Microondas	1		ATM	1
	Máquina de Café	1		FCNI(18W)	4
	Frigorífico pequeno	1	Arrumos	Aspirador	1
		FTBC-TLD(36W)		1	

Durante a auditoria procedeu-se ainda à realização de medições pontuais, através do equipamento *Fluke 345*, nomeadamente aos circuitos referentes à iluminação publicitária,

ao bastidor e a alguns equipamentos bancários. Foi ainda observado que a iluminação publicitária se encontrava ligada nos períodos de tempo entre as 7 e as 10 horas e entre as 15 e as 24 horas.

Por fim, foi feita a monitorização de uma semana ao sistema de AVAC, através do equipamento *Fluke 434*, e foi visualizado o seu horário de funcionamento que é das 8h30 às 17h30.

Recorrendo a uma folha de cálculo pré-concebida para o efeito, foi feito o tratamento dos dados da auditoria. Em primeiro lugar, procedeu-se à compilação de todos os equipamentos e de seguida foi estabelecida, de acordo com o que foi observado na auditoria, um período de funcionamento para cada um dos equipamentos de modo a obter uma estimativa do consumo energético.

Por outro lado, os dados referentes à monitorização do sistema de AVAC foram tratados, em *template* próprio, de modo a obter uma média do consumo de energia do equipamento, quer para os dias de semana, quer para os dias de fim de semana. Os consumos médios do sistema de AVAC podem ser observados através da Figura 31.

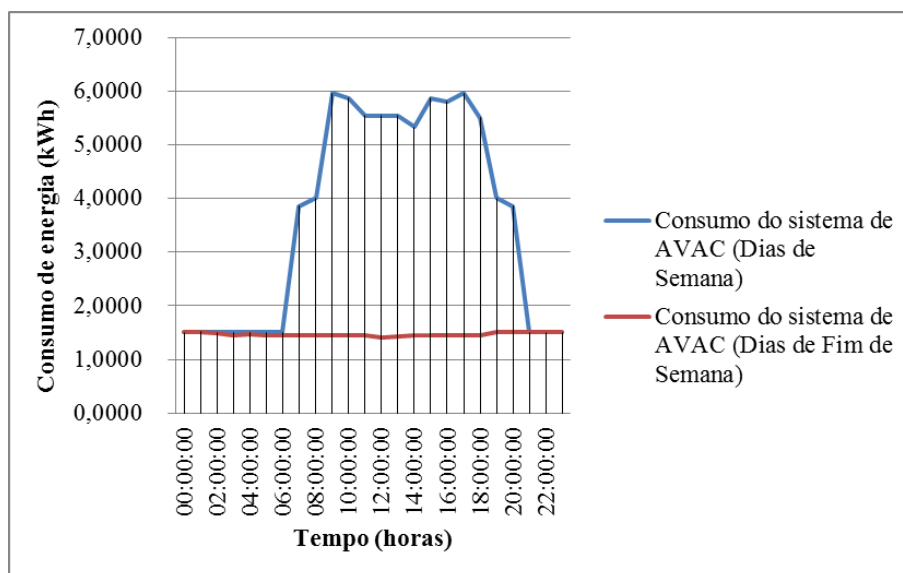


Figura 31 Consumos médios do sistema de AVAC

É de referir que o sistema de AVAC apresenta consumos fora do horário anteriormente enunciado.

Após ter sido efetuado o adequado tratamento dos dados recolhidos na auditoria procedeu-se à realização de um balanço energético conforme o especificado na metodologia apresentada no capítulo anterior. O procedimento efetuado está representado na Figura 32 e explicado posteriormente.

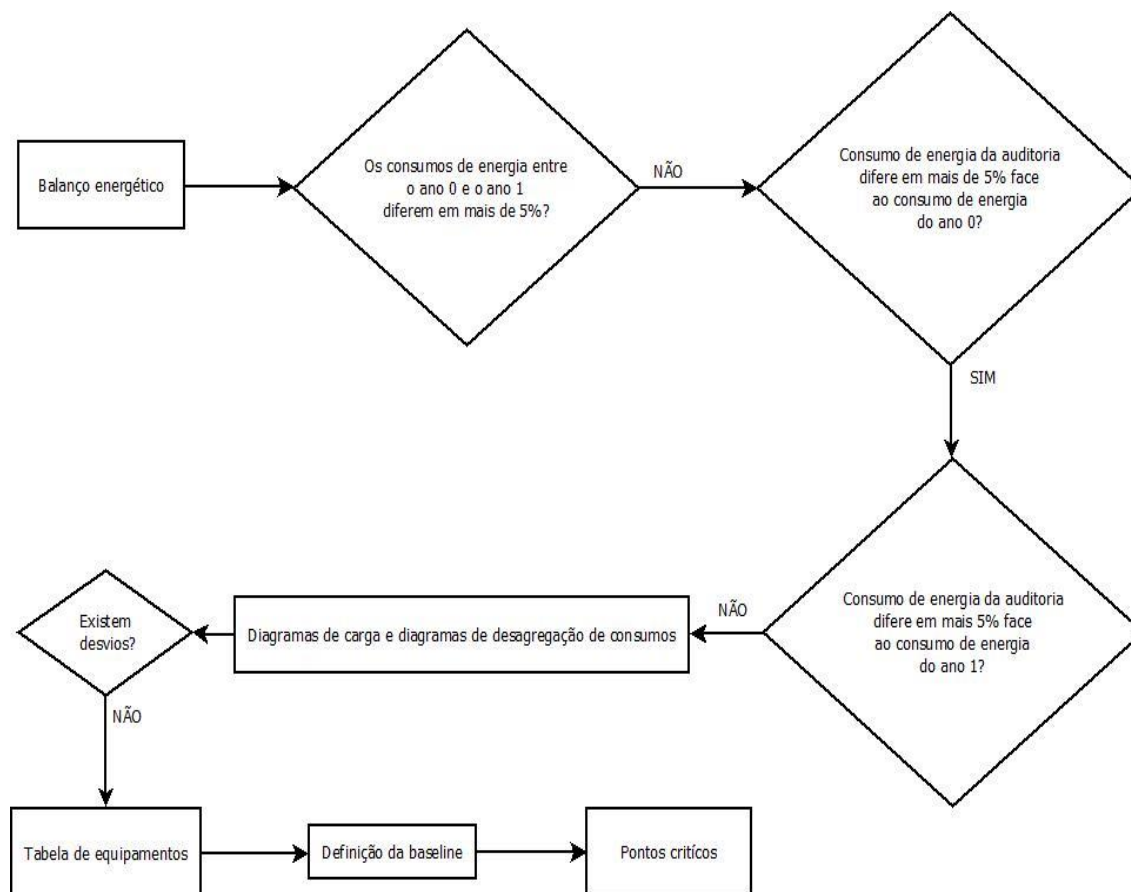


Figura 32 Balanço energético

Como já foi referido anteriormente o desvio entre os consumos de 2011 e de 2012 é cerca de 4%, verificando-se assim um desvio menor que 5%, devendo por isso considerar-se que entre 2011 e 2012 não houve alterações relevantes na agência, considerando-se inicialmente o ano de 2011 como sendo o ano de referência.

Para que os valores estimados pela auditoria sejam válidos o seu consumo não deve de diferir em mais de 5% relativamente ao consumo obtido no tratamento das faturas e a distribuição dos consumos deve ser coerente

Para poder verificar a condição recorre-se à equação 3.

$$ERRO = \frac{\text{Consumo energia elétrica} - \text{Consumo auditoria}}{\text{Consumo energia elétrica}} \times 100 . \quad (3)$$

Considerando que:

- ✓ Consumo obtido pelos dados da auditoria é de 107.365 kWh/ano;
- ✓ Consumo de energia elétrica em 2011 – 117.212 kWh/ano.

$$ERRO\ 2011 = 8,4\%$$

Depois de efetuado o cálculo verificou-se que o erro é superior a 5% não cumprindo assim a exigência imposta, devendo portanto proceder-se à verificação da mesma condição para o ano de 2012, considerando que:

- ✓ Consumo obtido pelos dados da auditoria é de 107.365 kWh/ano;
- ✓ Consumo de energia elétrica em 2012 – 112.994 kWh/ano.

$$ERRO\ 2012 = 4,98\%$$

Para o ano de 2012 a condição estabelecida é cumprida, verificando-se um erro inferior a 5%, passando assim a ser considerado como ano de referência o ano de 2012.

Com base na recolha e tratamento de informação foi possível perceber como se distribuem os consumos de energia elétrica nesta agência. Através da observação da Figura 33, relativa à distribuição de consumos por tipo de equipamento, conclui-se que a iluminação é o tipo de equipamentos que mais energia consome, sendo ainda de salientar o elevado consumo por parte da climatização, devido ao enorme consumo do sistema de AVAC.

Distribuição de Consumos de Energia Elétrica

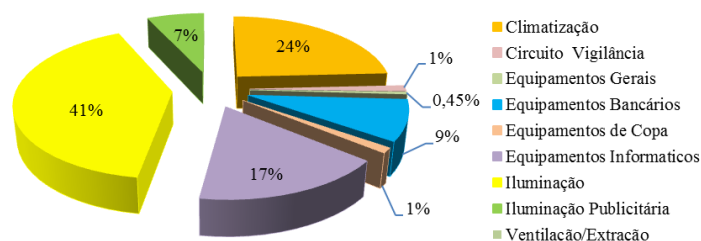


Figura 33 Distribuição de consumos de energia elétrica

De forma a perceber qual o comportamento dos consumos ao longo de todo o dia apresentam-se os diagramas de carga relativos à distribuição dos consumos dos diferentes tipos de iluminação e equipamentos, para os dias de semana (Ver Figura 34) e para os dias de fim de semana (Ver Figura 35). Pela observação dos diagramas de carga é perceptível a existência de um elevado consumo após o fecho da agência que se deve em parte às vigias e à iluminação publicitária. Relativamente aos dias de semana é de salientar que o sistema de AVAC apresenta consumos elevados fora do seu horário de funcionamento.

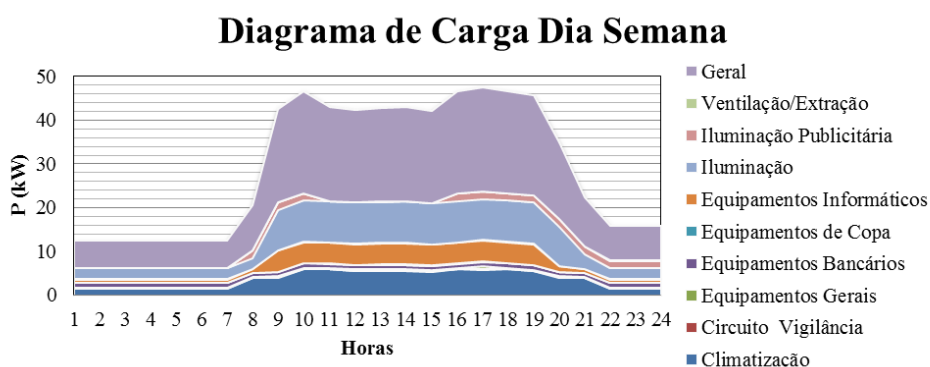


Figura 34 Diagrama de carga para os dias de semana

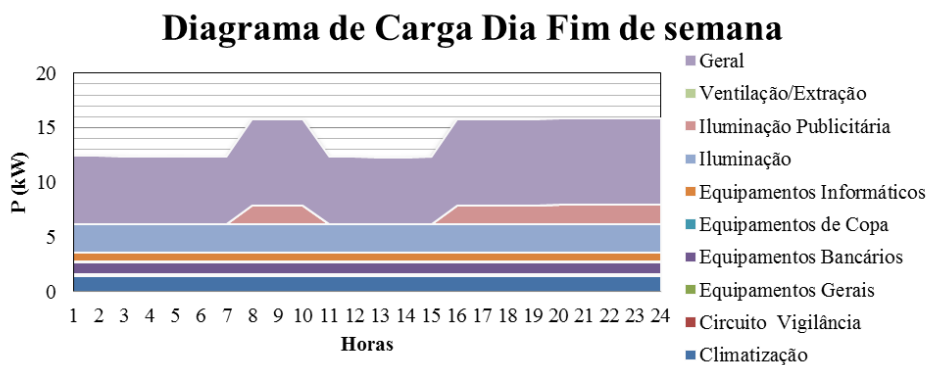


Figura 35 Diagrama de carga para os dias de fim semana

Após toda a análise efetuada anteriormente procede-se à apresentação dos consumos por tipo de iluminação e por tipo de equipamento. Assim, na Tabela 13 é possível ter um panorama geral da iluminação instalada e do consumo anual estimado associado a cada tipo de iluminação. Por outro lado, na Tabela 14 é feita uma listagem dos equipamentos encontrados e qual o seu consumo anual estimado.

Tabela 13 Iluminação instalada

Iluminação			
Tipo de Iluminação	Potência ^(a) [W]	Quantidade	Consumo Médio Anual [kWh/ano]
Emergência	8	8	561
Fluorescente Compacta com Balastro não Integrado	18	12	1.101
	26	214	30.807
Fluorescente Tubular com Balastro Convencional - Tipo TLD	23	141	9.112
	45	30	1.327
	73	2	133
Halogéneo	20	9	542
Bandeira	^(b)	1	876
Reclame	^(b)	1	2.190
Painel Publicitário	^(b)	4	4.433

^(a) Potência Indicativa

^(b) Consumo obtido por monitorização

Tabela 14 Equipamentos instalados

Equipamentos				
Classe de Equipamentos	Tipo de Equipamentos	Potência ^(c) [W]	Quantidade	Consumo Médio Anual [kWh/ano]
Climatização	AVAC	^(d)	1	26.011
Circuito de Vigilância	Câmara Interior	5	4	175
	Equipamento de Gravação	90	1	788
	Monitor CCTV LCD	40	1	347
Equipamentos Gerais	Destruidor de Papel	390	2	39
	Secador de Mãos	2.200	2	221
	Aspirador	1.100	1	138
Equipamentos Bancários	FAX	500	1	84
	Contador de Notas	60	1	3
	ATM	^(d)	2	5.238
	AgênciaNET	^(d)	1	1.007
	AgênciaDEPÓSITOS	^(d)	1	1.612
	AgênciaCHEQUES	^(d)	1	1.370
	Leitor de Cartões	1	14	61
Equipamentos de Copa	Leitor de Cheques	20	2	1
	Dispensador de Dinheiro	540	1	112
	Máquina de Café	1.250	1	937
Equipamentos Informáticos	Microondas	1.000	1	126
	Frigorífico Pequeno	100	1	146
	Monitor	35	16	1.770
	Desktop	275	16	12.384
Equipamentos Informáticos	Impressora	^(e)	19	1.598
	Bastidor	^(d)	1	2.116

^(c) Potência Indicativa

^(d) Consumo obtido por monitorização

^(e) Potências Variáveis

5.2.4. Definição da *baseline*

Após todos os dados estarem processados e tratados estabelece-se uma *baseline* através do cálculo de indicadores energéticos, nomeadamente o indicador de perfil energético (IPE) e indicador de contribuição para o aquecimento global (ICAG).

Em primeiro lugar procede-se ao cálculo do IPE, através da equação 4.

$$IPE = \frac{\text{Energia consumida}}{\text{Área} \times \text{Colaboradores} \times \text{Potencia instalada}} \times \left(1 - \frac{|T_i - T_e|}{T_i}\right). \quad (4)$$

Onde:

- ✓ Consumo de energia elétrica em 2012 – 112.994 kWh/ano;
- ✓ Área – 457 m²;
- ✓ Número de colaboradores – 12 Colaboradores;
- ✓ Potência Instalada – 66 kW;
- ✓ Temperatura média interior - 23°C;
- ✓ Temperatura média exterior - 12°C.

$$IPE = 1,63 \times 10^{-1} [kWh/ano]/[m^2 Colaboradores kWh]$$

Posteriormente procede-se ao cálculo do ICAG, através da equação 5.

$$ICAG = \frac{\text{Emissões Totais de CO}_2}{\text{Área} \times \text{Colaboradores}}. \quad (5)$$

Onde:

- ✓ Consumo de energia elétrica em 2012 – 112.994 kWh/ano;
- ✓ Área – 457 m²;
- ✓ Número de colaboradores – 12 Colaboradores;
- ✓ Fator de ponderação definido pela Agência Internacional da Energia – 0,00047 ton CO₂/kWh [31];
- ✓ Emissões Totais de CO₂ são o resultado do produto entre o consumo de energia elétrica em 2012 e o fator de ponderação definido pela Agência Internacional da Energia.

$$ICAG = 9,68 \times 10^{-3} \text{ton CO}_2/[m^2 Colaboradores]$$

5.2.5. Pontos críticos e respectivas soluções de melhoria

Com base na informação recolhida durante a auditoria e no tratamento de dados efetuado posteriormente foi possível identificar diversos pontos passíveis de alteração de forma a permitir uma maior eficiência da instalação e após toda a análise realizada a esses pontos críticos foram identificadas soluções de melhoria. A Tabela 15 apresenta os pontos críticos identificados e a respetiva proposta de melhoria.

Tabela 15 Pontos críticos e respetiva proposta de melhoria

Pontos críticos	Propostas de melhoria
Ar condicionado	Otimizar a utilização do sistema de AVAC
Iluminação do BackOffice	Reduzir o tempo de utilização da iluminação do BackOffice
Iluminação do ATM	Reduzir o tempo de utilização da iluminação do ATM
Iluminação publicitária	Reduzir o tempo da iluminação publicitária
Comportamentos	Limitar os periodos de standby

De seguida será feita uma descrição pormenorizada a cada uma das soluções de melhoria propostas bem como uma análise custo-benefício para se efetuar uma previsão acerca da situação futura da instalação.

5.2.5.1. Otimização da utilização do sistema de AVAC

Durante a auditoria procedeu-se à monitorização do sistema de AVAC, tendo-se verificado um consumo excessivo durante o período de não funcionamento da agência, quer nos dias de semana, quer nos dias de fim de semana. Assim é importante proceder a uma manutenção preventiva do sistema para averiguar possíveis problemas e sensibilizar os colaboradores a procederem a uma verificação diária no sentido de confirmar que o equipamento se encontra desligado na hora de fecho da agência.

Para a implementação desta medida os custos são inexistentes e o impacto possível está descrito na Figura 36.

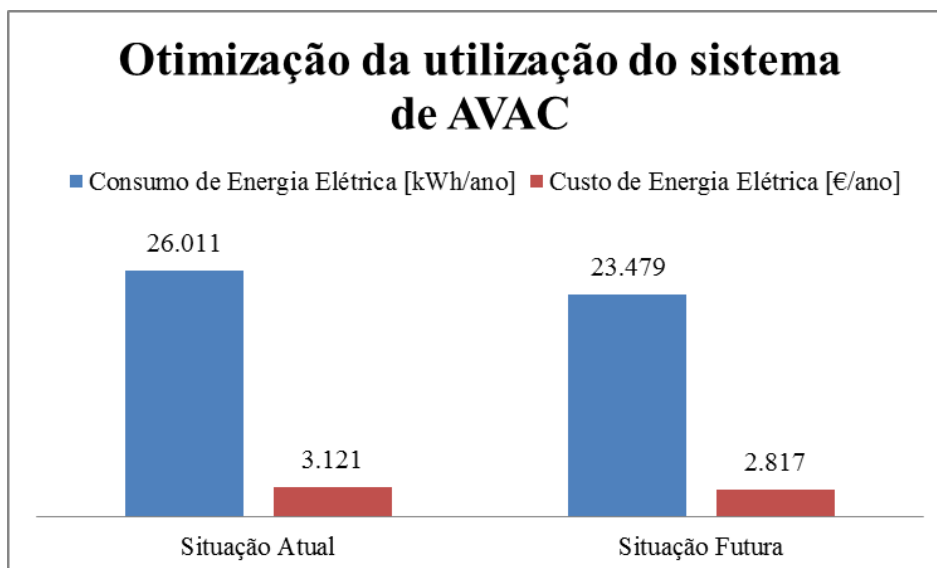


Figura 36 Otimização da utilização do sistema de AVAC

O impacto desta medida corresponde a uma redução de 10% no consumo do sistema de AVAC e a 2% no consumo total de energia elétrica da agência, estimando-se uma poupança anual de 2.532 kWh, equivalente a 304 euros.

5.2.5.2. Redução do tempo de iluminação do *BackOffice*

Durante a visita verificou-se que toda a iluminação do *BackOffice* se encontrava ligada. Atendendo ao tipo de utilização deste espaço, sugere-se que seja promovido o hábito de só acionar a iluminação em caso de real necessidade. No entanto, de forma a garantir o conforto dos colaboradores propõe-se que uma das luminárias esteja em funcionamento permanente durante o horário de expediente e que a restante iluminação seja apenas acionada quando necessário.

Na Figura 37 observa-se o impacto esperado com a implementação desta medida.

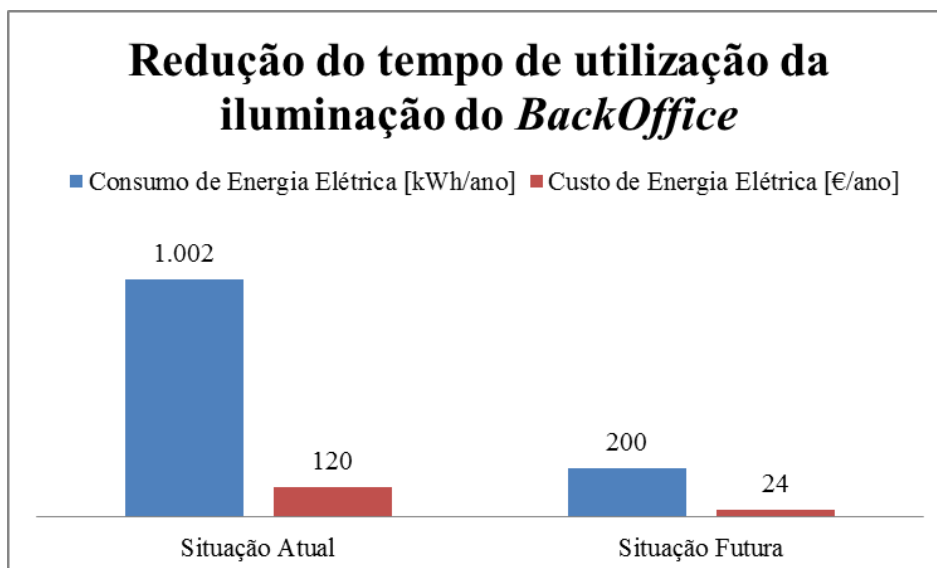


Figura 37 Redução do tempo de utilização da iluminação do *BackOffice*

A implementação desta medida permitirá uma redução estimada de 80% no consumo de energia associado à iluminação do *BackOffice*, o que corresponde a uma redução de quase 1% no consumo global da agência, atingindo assim uma poupança anual estimada de 802 kWh, equivalente a 78 euros.

5.2.5.3. Otimização da iluminação da zona de ATM

Relativamente à zona de ATM, considera-se importante a redução do consumo de energia uma vez que a iluminação desta zona encontra-se permanentemente ligada, não havendo essa necessidade. De forma a promover a melhor gestão de iluminação deste espaço sugere-se a implementação de dois sensores, um sensor de luminosidade e um sensor de presença (Ver Anexo A).

Na Figura 38 está apresentado o impacto estimado com a implementação destes dois sensores.

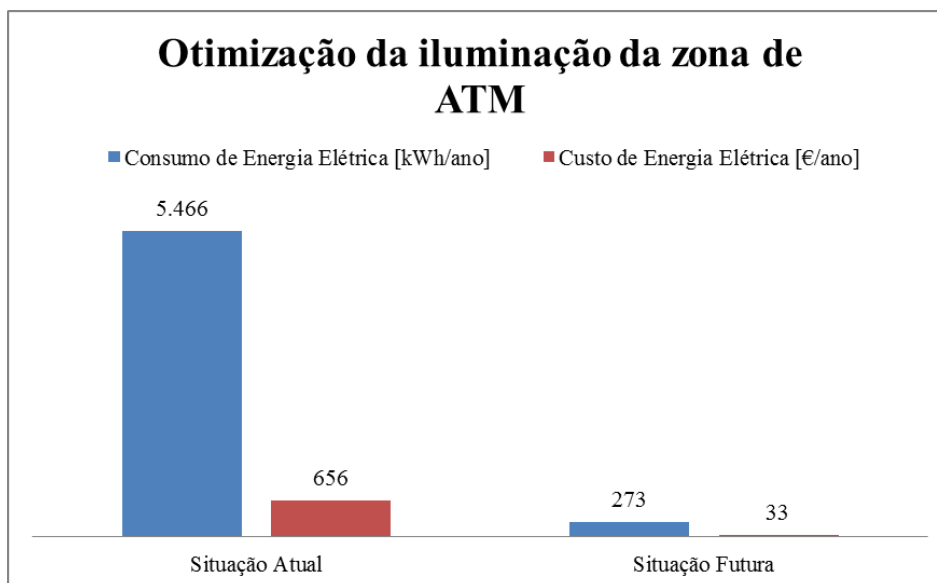


Figura 38 Otimização da iluminação da zona de ATM

Com esta alteração espera-se atingir uma poupança de 95% no consumo de energia elétrica deste espaço, o que corresponde a uma poupança de 5% no consumo global da agência, atingindo uma redução anual estimada de 5.193 kWh, equivalente a 623 euros.

Para que seja possível fazer esta economia é necessário proceder à aquisição dos sensores, cujo valor indicativo da aquisição é de 91 euros. De modo a saber qual o tempo necessário de retorno do investimento (PB), recorre-se à equação 6.

$$PB = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança}} \quad (6)$$

Considerando que a poupança é de 623 euros e o investimento de 91 euros, o PB é de aproximadamente 2 meses.

5.2.5.4. Redução do tempo da iluminação publicitária

Durante a auditoria verificou-se que o horário de programação do relógio interruptor se encontrava desajustado e que a célula crepuscular instalada estava regulada para valores de luminosidade elevados. Estes dois fatores levam a que a iluminação publicitária funcione mais tempo do que o desejado. De forma a efetuar um controlo mais rigoroso do tempo de funcionamento destes dispositivos, sugere-se a alteração do horário de funcionamento do relógio de controlo, bem como a regulação da célula crepuscular existente de modo a que a iluminação publicitária seja apenas ativada para valores mínimos de luminosidade e para o período mínimo desejado.

Na Figura 39 observa-se que regulando os elementos de controlo da iluminação publicitária será possível uma poupança de 44% relativamente à situação atual, o que corresponde a uma poupança próxima de 3% no consumo total de energia elétrica, atingindo assim uma redução anual estimada de 3.281 kWh, equivalente a 394 euros.

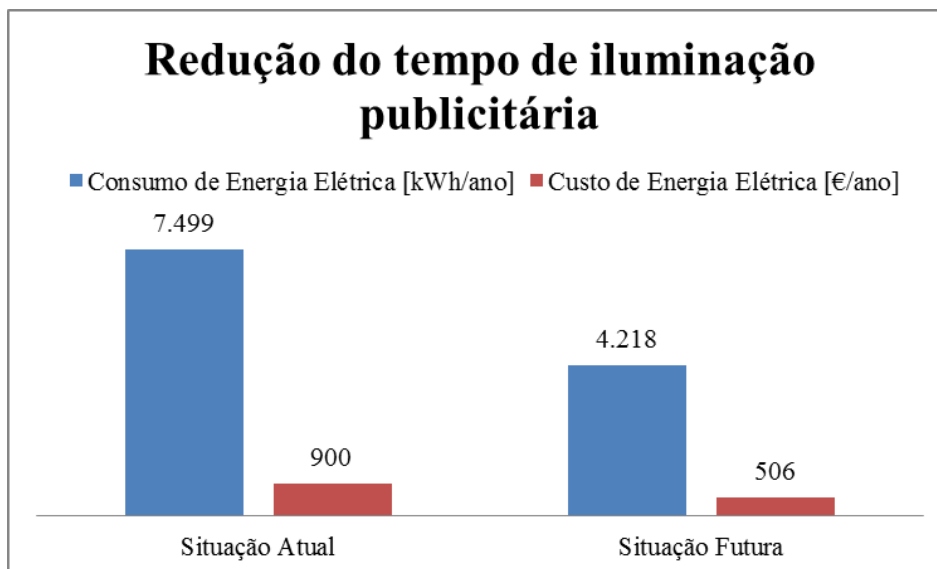


Figura 39 Redução do tempo de iluminação publicitária

5.2.5.5. Limitação dos períodos standby

Ainda que o consumo de energia elétrica de equipamentos relativo aos períodos de standby tenha um peso reduzido no consumo total, este pode ainda ser minorado. Assim sendo, deve-se desligar efetivamente equipamentos como monitores, desktops, impressoras e outros dispositivos.

Na Figura 40 observa-se o impacto esperado com a implementação desta medida.

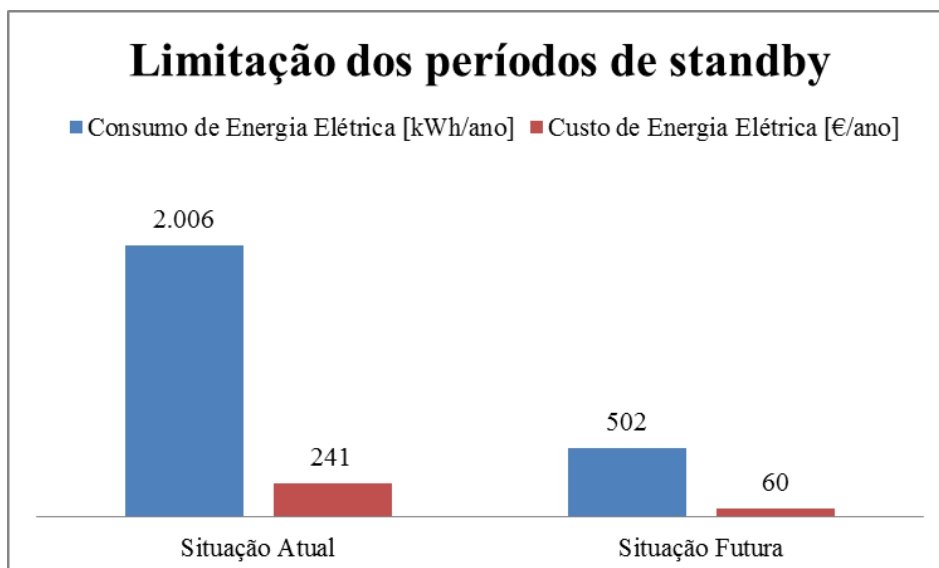


Figura 40 Limitação dos períodos de standby

A poupança esperada representa 75% do consumo associado aos períodos standby e 1% do consumo total da instalação, atingindo assim uma redução anual estimada de 1.505 kWh, equivalente a 146 euros.

5.2.6. Balanço da implementação de medidas

Fazendo uma avaliação das medidas de redução do consumo de energia elétrica propostas prevê-se uma redução total de consumo de energia elétrica de 12%. A Figura 41 apresenta um resumo dos consumos e custos da energia elétrica referentes à situação atual e a uma situação futura com a implementação das medidas.

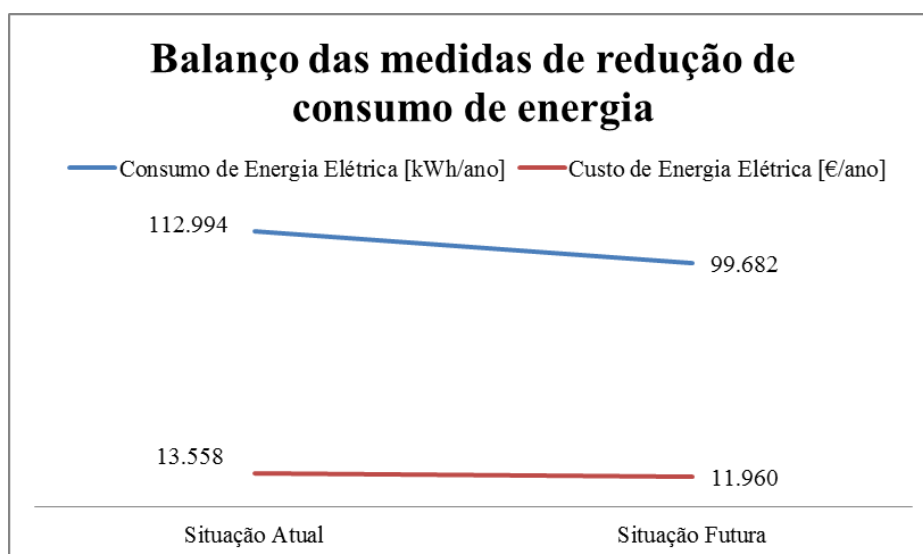


Figura 41 Balanço das medidas de redução de consumo de energia

Para atingir estes resultados é fundamental um investimento total de 91 euros que permitirá uma poupança estimada de 1.597 euros, equivalente a 13.312 kWh.

De forma a calcular o período de retorno (PB) das medidas implementadas recorre-se à equação 7.

$$PB = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança}} \quad (7)$$

Considerando que a poupança é de 1.597 euros e o investimento de 91 euros, o PB é de aproximadamente um mês.

5.2.7. Cálculo dos novos indicadores

As medidas propostas levarão a que a agência se torne mais eficiente, sendo isso refletido nos indicadores de eficiência, sendo por isso necessário proceder a um novo cálculo do Indicador de Perfil Energético (IPE) e do Indicador de Contribuição para o Aquecimento Global (ICAG). O procedimento difere do primeiro cálculo apenas quanto ao valor referente ao consumo de energia elétrica que será de 99.682 kWh/ano, consumo futuro previsto após implementação das medidas sugeridas, assim sendo o valor previsto para os indicadores são apresentados em seguida e comparados aos valores obtidos inicialmente através da Tabela 16.

$$IPE = 1,44 \times 10^{-1} [kWh/ano]/[m^2 \text{ Colaboradores kWh}]$$

$$ICAG = 8,54 \times 10^{-3} \text{ ton } CO_2/[m^2 \text{ Colaboradores}]$$

Tabela 16 Previsão da variação dos indicadores

Indicador	Valor obtido	Valor previsto	Unidades
Indicador do Perfil Energético	$1,63 \times 10^{-1}$	$1,44 \times 10^{-1}$	[kWh/ano] / [m ² Colaboradores kWh]
Indicador da Contribuição para o Aquecimento Global	$9,68 \times 10^{-3}$	$8,54 \times 10^{-3}$	ton CO ₂ / [m ² Colaboradores]

5.3. Estudo da agência B

5.3.1. Descrição geral da agência

A agência A, localizada na região do Porto, apresenta as seguintes características:

- ✓ Área: 407 m²;
- ✓ Número de pisos: 2;
- ✓ Horário de funcionamento: 8h15 – 18h00 (Exceto Sábados, Domingos e Feriados);
- ✓ Horário de atendimento ao público: 8h30 – 12h00 / 13h00 - 15h00 (Exceto Sábados, Domingos e Feriados);
- ✓ Número de colaboradores: 4;
- ✓ Horário de limpeza: 16h30 – 17h15 (Exceto Sábados, Domingos e Feriados);
- ✓ Número de funcionários de limpeza: 1;
- ✓ Número de ligações à rede elétrica: 1;
- ✓ Tarifa contratada: Baixa Tensão Normal – Médias Utilizações =>27,6 kVA;
- ✓ Horário: Tri-horário;
- ✓ Ciclo-horário: Diário;
- ✓ Potência contratada: 34,5 kVA.

5.3.2. Consumos de energia elétrica

Com base na informação disponibilizada pelo cliente foi feita uma análise do consumo de energia elétrica verificado ao longo dos últimos dois anos, nomeadamente de 2011 e 2012.

Ao longo do ano de 2011, o consumo de energia elétrica foi de 62.958 kWh o que corresponde a um custo anual de 8.879 euros, tal como indica a Tabela 17, já no ano de 2012, o consumo de energia elétrica foi de 53.037 kWh o que corresponde a um custo anual de 9.027 euros, como mostra a Tabela 18.

Tabela 17 Consumos de energia elétrica no ano de 2011

Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [€]
62.958	8.879

Tabela 18 Consumos de energia elétrica no ano de 2012

Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [€]
53.037	9.027

Como se pode verificar, houve um decréscimo de consumo de energia elétrica na ordem dos 15% do ano de 2011 para o ano de 2012, no entanto, o valor do custo anual apresentou uma ligeira subida, facto que se deve à atualização do preço da energia elétrica, à mudança de escalão do IVA verificado a 1 de Outubro de 2011 bem como à variação da distribuição de consumos pelos períodos horários.

O valor do custo médio unitário é assim superior no ano de 2012, tal como indicado na Tabela 19.

Tabela 19 Custo médio unitário da energia

Custo Unitário 2011 [€/kWh]	Custo Unitário 2012 [€/kWh]
0,141	0,170

É de salientar ainda que todos os custos apresentados nas tabelas anteriores incluem o valor do IVA e referem-se apenas aos kWh consumidos.

Na Figura 42 e na Figura 43 é possível observar, respetivamente para os anos de 2011 e 2012, a distribuição trimestral dos consumos faturados da agência.

Variação do Consumo de Energia Elétrica em 2011

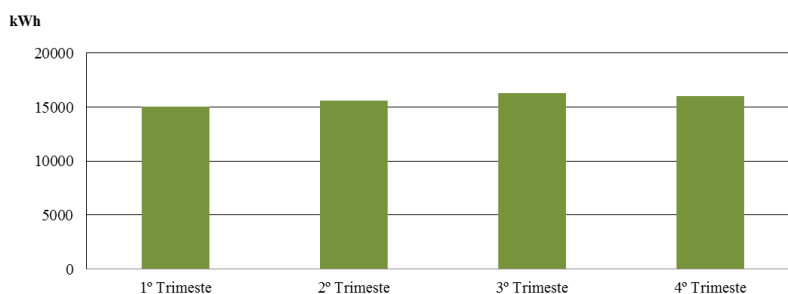


Figura 42 Variação do consumo de energia elétrica em 2011

Variação do Consumo de Energia Elétrica em 2012

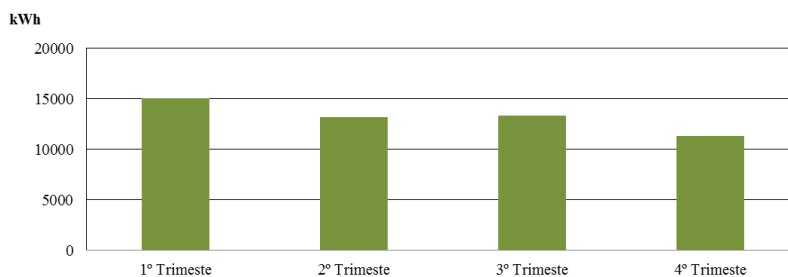


Figura 43 Variação do consumo de energia elétrica em 2012

É possível observar que em 2011 o consumo de energia elétrica apresenta uma distribuição uniforme durante os quatro trimestres. Por sua vez, no ano de 2012 o primeiro e o quarto trimestre destacam-se dos demais, apresentado o maior e o menor consumo, respetivamente.

5.3.3. Auditoria

Na realização da auditoria energética à agência B foi efetuado o levantamento de todos os equipamentos consumidores de energia de forma pormenorizada e por espaços. Para este caso específico, a agência foi subdividida em 12 espaços, aos quais foram atribuídos os nomes respetivos. A Tabela 20 apresenta o levantamento de equipamentos efetuado na agência por tipo de espaço.

Tabela 20 Levantamento dos equipamentos consumidores de energia por espaço

Espaço	Equipamento	Unidades	Espaço	Equipamento	Unidades
Sala AVAC	FTBC-TLD(36W)	1	Frontoffice	FCNI(26W)	16
	AVAC	1		FTBC-TLD(18W)	30
Copa	FTBC-TLD(36W)	3		Halogéneo(20W)	4
	Frigorífico pequeno	1		FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	2
	Microondas	1		Câmara Interior(5W)	2
	Máquina de Café	1		Monitor CCTV LCD	1
	FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	1		Olivetti	2
Sala reuniões	FCNI(26W)	14		Leitor de Cartões	3
	FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	1		HP LaserJet P2014	1
Sala de entrada	FCNI(26W)	8		Painel Publicitário	2
	FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	1		Desktop	5
Zona balcão	FCNI(26W)	4		Monitor	5
	FTBC-TLD(18W)	6		FCNI(26W)	30
	FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	2		Zona ATM	FCNI(26W)
	Câmara Interior(5W)	2	FTLED(EMERGÊNCIA) 8W		1
	Monitor CCTV LCD	1	ATM	1	
	Leitor de Cheques	1	Back Office	FTBC-TLD(18W)	16
	Olivetti	1		Bastidor	1
	Contador de Notas	1		Canon IR1024IF	1
	Dispensador de Dinheiro	1		Equipamento de Gravação	1
	Desktop	1		FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	1
Monitor	1	Destruidor de Papel Pequeno		1	
FCNI(26W)	12	Aspirador		1	
WC Feminino	FCNI(26W)	2	Back Office ATM	FTBC-TLD(36W)	2
	Secador de Mãos	1		Contador de Notas	1
WC Masculino	FCNI(26W)	4	Exterior	Bandeira	1
	Secador de Mãos	1		Reclame	1

Durante a auditoria procedeu-se ainda à realização de medições pontuais, através do equipamento *Fluke 345*, nomeadamente aos circuitos referentes à iluminação publicitária, ao bastidor e a alguns equipamentos bancários. Foi ainda observado que a iluminação

publicitária se encontrava ligada no período de tempo entre as 7 e as 9 horas e entre as 16 e as 24 horas.

Posteriormente, foi feita a monitorização de uma semana ao sistema de AVAC, através do equipamento *Fluke* 434, e foi visualizado o seu horário de funcionamento que é das 8h30 às 16h30.

Recorrendo a uma folha de cálculo pré-concebida para o efeito, foi feito o tratamento dos dados da auditoria. Em primeiro lugar, procedeu-se à compilação de todos os equipamentos e de seguida foi estabelecida, de acordo com o que foi observado na auditoria, um período de funcionamento para cada um dos equipamentos de modo a obter uma estimativa do consumo energético.

Por outro lado, os dados referentes à monitorização do sistema de AVAC foram tratados, em *template* próprio, de modo a obter uma média do consumo de energia do equipamento, quer para os dias de semana, quer para os dias de fim de semana. Os consumos médios do sistema de AVAC podem ser observados através da Figura 44.

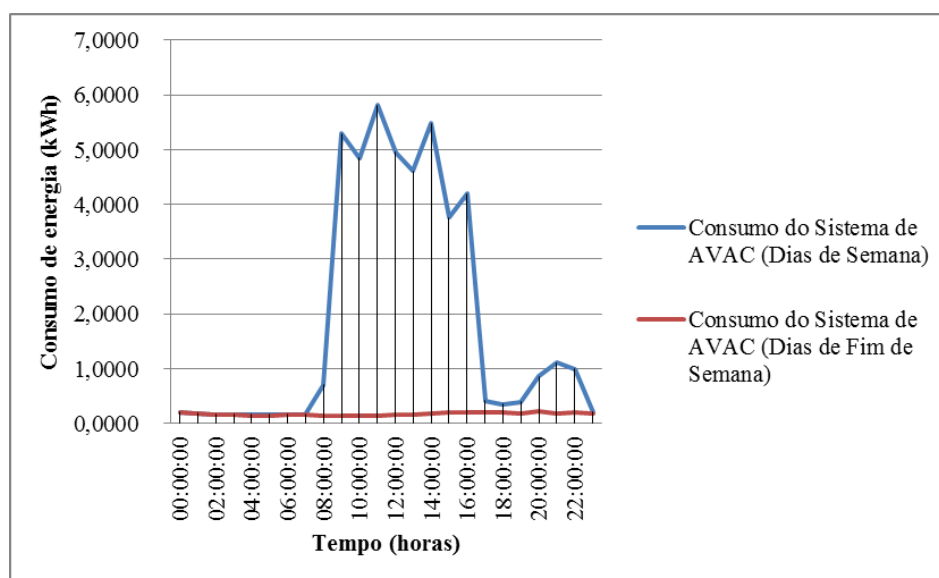


Figura 44 Consumos médios do sistema de AVAC

Observando a Figura 44 e tendo em conta o horário de funcionamento do sistema de AVAC, já citado anteriormente, percebe-se que este equipamento apresenta um consumo bastante elevado num horário em que devia permanecer desligado, nomeadamente entre as 20 e as 22 horas.

Após ter sido efetuado o adequado tratamento dos dados recolhidos na auditoria procedeu-se à realização de um balanço energético conforme o especificado na metodologia apresentada no capítulo anterior. O procedimento efetuado está representado na Figura 45 e explicado posteriormente.

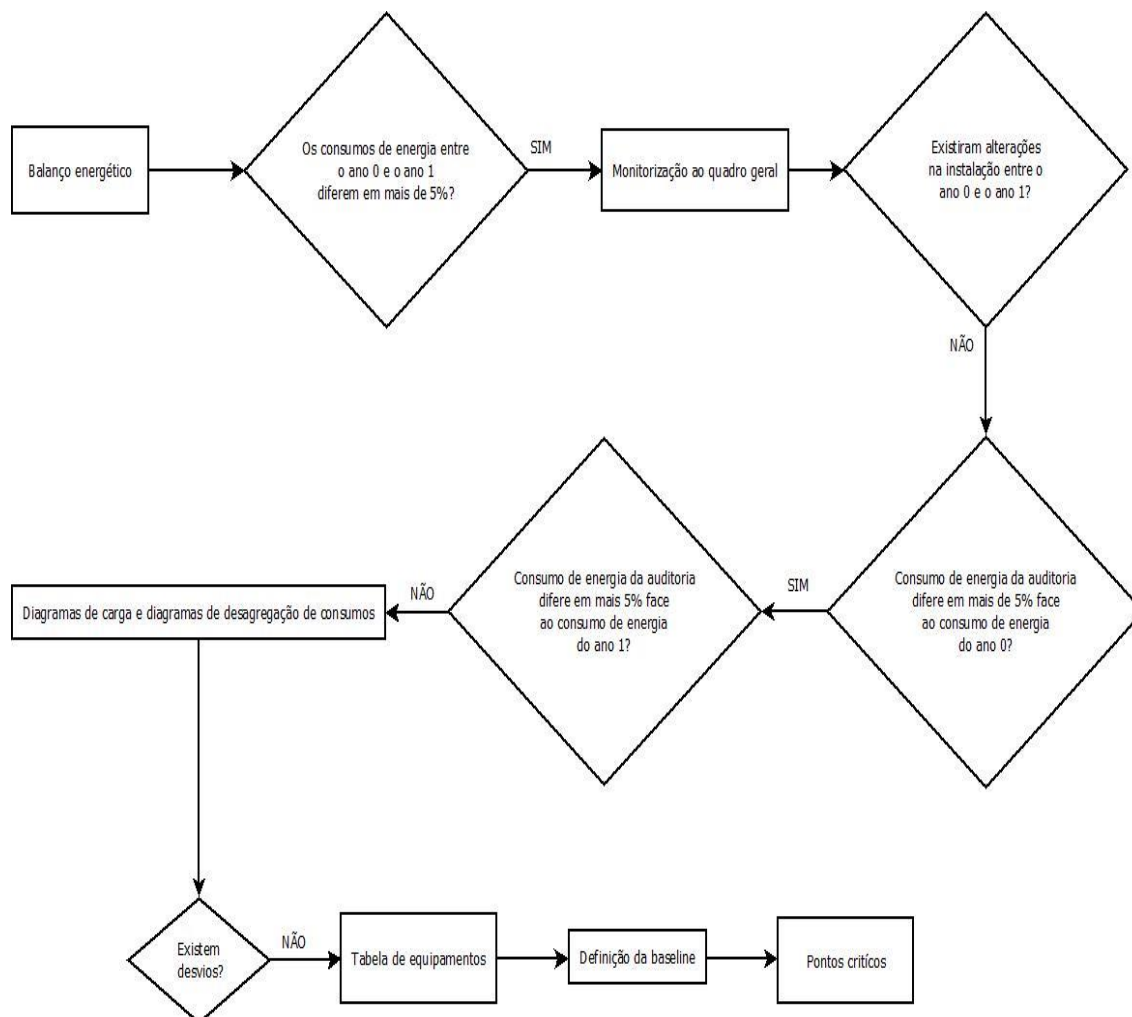


Figura 45 Balanço energético

Como já foi referido o desvio entre os consumos de 2011 e de 2012 é de cerca de 15%, verificando-se portanto um desvio superior a 5%. Tendo em conta o decréscimo tão acentuado considerou-se importante proceder a um estudo mais aprofundado do consumo geral de energia elétrica tendo-se, para isso, procedido a uma monitorização de uma semana ao consumo geral atual. A Figura 46 apresenta os consumos médios de energia obtidos pela monitorização ao quadro geral da agência.

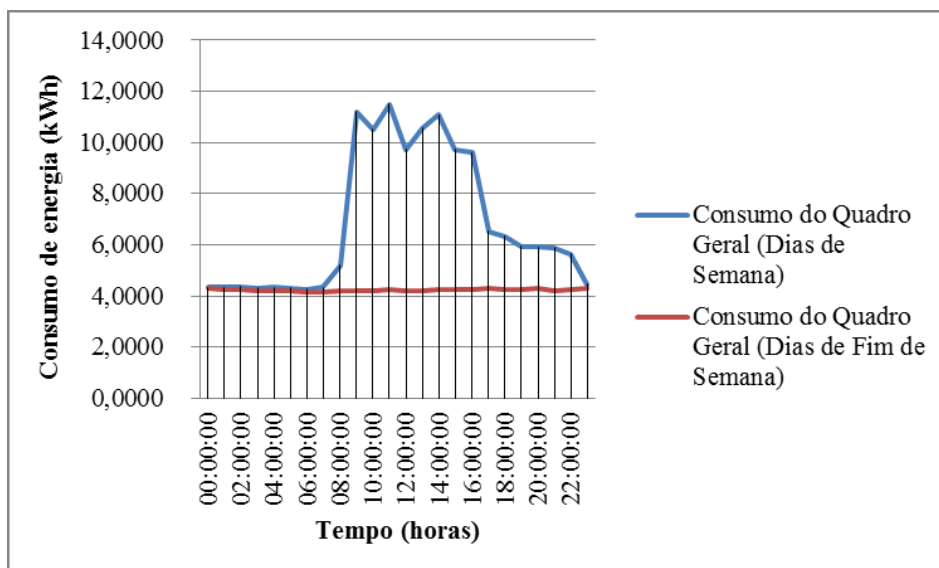


Figura 46 Consumo médio do quadro geral

O consumo obtido pela extrapolação dos valores obtidos na monitorização ao quadro geral para o período de tempo de um ano foi de 52.824 kWh.

Em seguida, para que os valores estimados pela auditoria sejam válidos o seu consumo não deve de diferir em mais de 5% relativamente ao consumo obtido no tratamento das faturas e a distribuição dos consumos deve ser coerente

Para poder verificar a condição recorre-se à equação 8.

$$ERRO = \frac{\text{Consumo energia elétrica} - \text{Consumo auditoria}}{\text{Consumo energia elétrica}} \times 100 . \quad (8)$$

Considerando que:

- ✓ Consumo obtido pelos dados da auditoria é de 50.651 kWh/ano;
- ✓ Consumo de energia elétrica em 2011 é de 62.958 kWh/ano.

$$ERRO\ 2011 = 19,6\%$$

Depois de efetuado o cálculo verificou-se que o erro é superior a 5% não cumprindo assim a exigência imposta, devendo portanto proceder-se à verificação da mesma condição para o ano de 2012, considerando que:

- ✓ Consumo obtido pelos dados da auditoria é de 50.651 kWh/ano;
- ✓ Consumo de energia elétrica em 2012 é de 53.037 kWh/ano.

ERRO 2012 = 4,5%

Para o ano de 2012 a condição é cumprida, verificando-se um erro inferior a 5%, e tendo em conta que o perfil de utilização neste ano é idêntico ao perfil obtido pela monitorização ao quadro geral da agência, 2012 será assim considerado como o ano de referência.

Com base na recolha e tratamento de informação foi possível perceber como se distribuem os consumos de energia elétrica nesta agência. Através da observação da Figura 47, relativa à distribuição de consumos por tipo de equipamento, conclui-se que a iluminação é o tipo de equipamentos que mais energia elétrica consome.

Distribuição de Consumos de Energia Elétrica

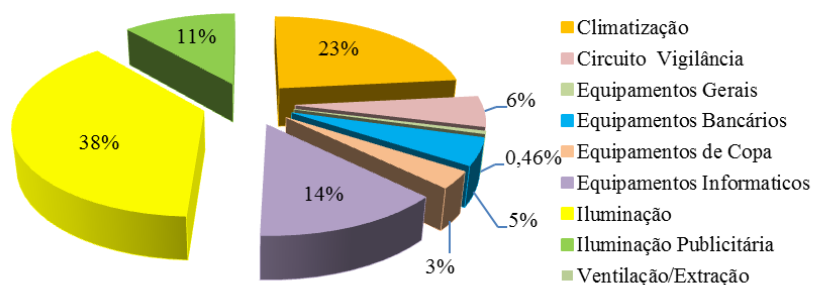


Figura 47 Distribuição de consumos de energia elétrica

De forma a perceber qual o comportamento dos consumos ao longo de todo o dia apresentam-se os diagramas de carga relativos à distribuição dos consumos dos diferentes tipos de iluminação e equipamentos, para os dias de semana (Ver Figura 48) e para os dias de fim de semana (Ver Figura 49). Pela observação dos diagramas de carga é perceptível a existência de um elevado consumo após o fecho da agência que se deve em parte ao consumo das vigias e da iluminação publicitária. Para o caso referente aos dias de semana deve-se ainda ao consumo fora do horário de funcionamento por parte do sistema de AVAC.

Diagrama de Carga Dia Semana

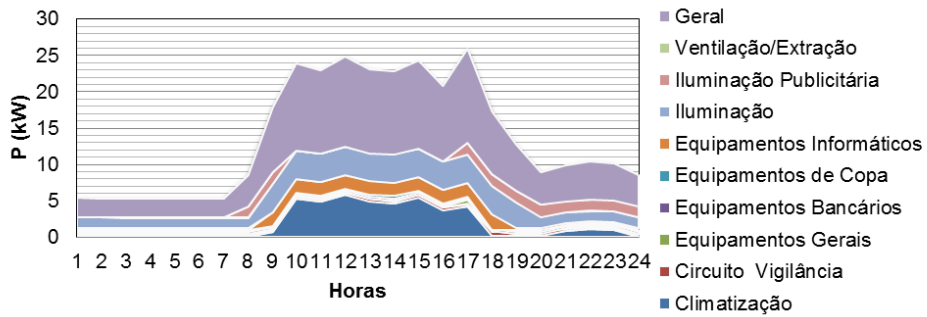


Figura 48 Diagrama de carga para os dias de semana

Diagrama de Carga Dia Fim de semana

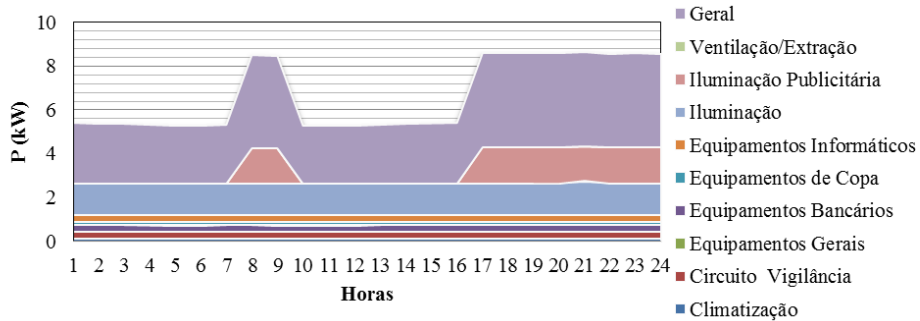


Figura 49 Diagrama de carga para os dias de fim de semana

Após toda a análise efetuada anteriormente procede-se à apresentação dos consumos por tipo de iluminação e por tipo de equipamento. Assim, na Tabela 21 é possível ter um panorama geral da iluminação instalada e do consumo anual estimado associado a cada tipo de iluminação. Por outro lado, na Tabela 22 é feita uma listagem dos equipamentos encontrados e qual o seu consumo anual estimado.

Tabela 21 Iluminação instalada

Iluminação			
Tipo de Iluminação	Potência ^(a) [W]	Quantidade	Consumo Médio Anual [kWh/ano]
Emergência	8	9	631
Fluorescente Compacta com Balastro não Integrado	26	100	14.552
Fluorescente Tubular com Balastro Convencional - Tipo TLD	23	52	3.230
	45	6	540
Halogéneo	20	4	221
Bandeira	^(b)	1	1.184
Reclame	^(b)	1	2.871
Painel Publicitário	^(b)	2	1.755

^(a) Potência Indicativa

^(b) Consumo obtido por monitorização

Tabela 22 Equipamentos instalados

Equipamentos				
Classe de Equipamentos	Tipo de Equipamentos	Potência ^(c) [W]	Quantidade	Consumo Médio Anual [kWh/ano]
Climatização	AVAC	^(d)	1	11.835
Circuito de Vigilância	Câmara Interior	5	4	175
	Equipamento de Gravação	90	1	788
	Monitor CCTV LCD	104	2	1.813
Equipamentos Gerais	Destruidor de Papel	390	1	5
	Secador de Mãos	2.200	2	92
	Aspirador	1.100	1	138
Equipamentos Bancários	Contador de Notas	60	2	5
	ATM	^(d)	1	2.297
	Leitor de Cartões	1	3	13
	Leitor de Cheques	20	1	0,3
Equipamentos de Copa	Dispensador de Dinheiro	540	1	132
	Máquina de Café	1.250	1	1.301
	Microondas	1.000	1	84
	Frigorífico Pequeno	100	1	146
Equipamentos Informáticos	Monitor	35	6	540
	Desktop	275	6	3.651
	Impressora	^(e)	5	515
	Bastidor	^(d)	1	2.136

^(c) Potência Indicativa

^(d) Consumo obtido por monitorização

^(e) Potências Variáveis

5.3.4. Definição da *baseline*

Após todos os dados estarem processados e tratados estabelece-se uma *baseline* através do cálculo de indicadores energéticos, nomeadamente o indicador de perfil energético (IPE) e indicador de contribuição para o aquecimento global (ICAG).

Em primeiro lugar procede-se ao cálculo do IPE, através da equação 9.

$$IPE = \frac{\text{Energia consumida}}{\text{Área} \times \text{Colaboradores} \times \text{Potencia instalada}} \times \left(1 - \frac{|T_i - T_e|}{T_i}\right) \quad (9)$$

Onde:

- ✓ Consumo de energia elétrica em 2012 – 53.037 kWh/ano;
- ✓ Área – 407 m²;
- ✓ Número de colaboradores – 4 Colaboradores;
- ✓ Potência Instalada – 34 kW;
- ✓ Temperatura média interior - 21°C;
- ✓ Temperatura média exterior - 14°C.

$$IPE = 6,37 \times 10^{-1} [kWh/ano]/[m^2 Colaboradores kWh]$$

Posteriormente procede-se ao cálculo do ICAG, através da equação 10.

$$ICAG = \frac{Emissões\ Totais\ de\ CO_2}{Área \times Colaboradores} \quad (10)$$

Onde:

- ✓ Consumo de energia elétrica em 2012 – 53.037 kWh/ano;
- ✓ Área – 407 m²;
- ✓ Número de colaboradores – 4 Colaboradores;
- ✓ Fator de ponderação definido pela Agência Internacional da Energia – 0,00047 ton CO₂/kWh [31];
- ✓ Emissões Totais de CO₂ são o resultado do produto entre o consumo de energia elétrica em 2012 e o fator de ponderação definido pela Agência Internacional da Energia.

$$ICAG = 1,53 \times 10^{-2} ton CO_2/[m^2 Colaboradores]$$

5.3.5. Pontos críticos e respetivas soluções de melhoria

Com base na informação recolhida durante a auditoria e no tratamento de dados efetuado posteriormente foi possível identificar diversos pontos passíveis de alteração de forma a permitir uma maior eficiência da instalação e após toda a análise realizada a esses pontos críticos foram identificadas soluções de melhoria. A Tabela 23 apresenta os pontos críticos identificados e a respetiva proposta de melhoria.

Tabela 23 Pontos críticos e respetivas propostas de melhoria

Pontos críticos	Propostas de melhoria
Ar condicionado	Otimizar a utilização do sistema de AVAC
Iluminação do BackOffice	Reduzir o tempo de utilização da iluminação do BackOffice
Iluminação do ATM	Reduzir o tempo de utilização da iluminação do ATM
Iluminação publicitária	Reduzir o tempo da iluminação publicitária
Comportamentos	Limitar os periodos de standby

Em seguida será feita uma descrição pormenorizada a cada uma das soluções de melhoria propostas bem como uma análise custo-benefício para se efetuar uma previsão acerca da situação futura da instalação.

5.3.5.1. Otimização da utilização do sistema de AVAC

Durante a auditoria procedeu-se à monitorização do sistema de AVAC, tendo-se verificado um consumo excessivo durante o período de não funcionamento da agência, nomeadamente no que diz respeito aos dias de semana. Por outro lado, com base na informação recolhida junto dos colaboradores da agência existem zonas da instalação (por exemplo o *BackOffice* de ATM) que estão a ser climatizadas mesmo não tendo ocupação que justifique este consumo. Nesse sentido considera-se importante alterar estas situações, sendo importante proceder a uma manutenção preventiva do sistema para averiguar possíveis problemas e sensibilizar os colaboradores a procederem a uma verificação diária no sentido de confirmar que o equipamento se encontra desligado na hora de fecho da agência.

Para a implementação desta medida os custos são inexistentes e o impacto possível está descrito na Figura 50.

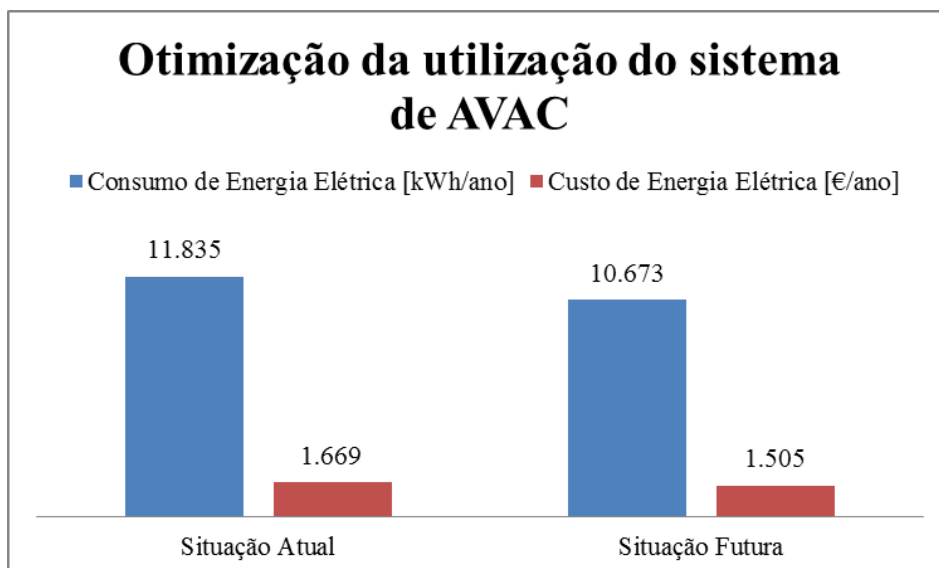


Figura 50 Otimização da utilização do sistema de AVAC

O impacto desta medida corresponde a uma redução de 10% no consumo do sistema de AVAC e a 2% no consumo total de energia elétrica da agência, estimando-se uma poupança anual de 1.163 kWh, equivalente a 164 euros.

5.3.5.2. Redução do tempo de utilização da iluminação do *BackOffice*

Durante a visita verificou-se que toda a iluminação do *BackOffice* se encontrava ligada. Atendendo ao tipo de utilização deste espaço, sugere-se que seja promovido o hábito de só acionar a iluminação em caso de real necessidade. No entanto, de forma a garantir o conforto dos colaboradores propõe-se que uma das luminárias esteja em funcionamento permanente durante o horário de expediente e que a restante iluminação seja apenas acionada quando necessário.

Na Figura 51 observa-se o impacto esperado com a implementação desta medida.

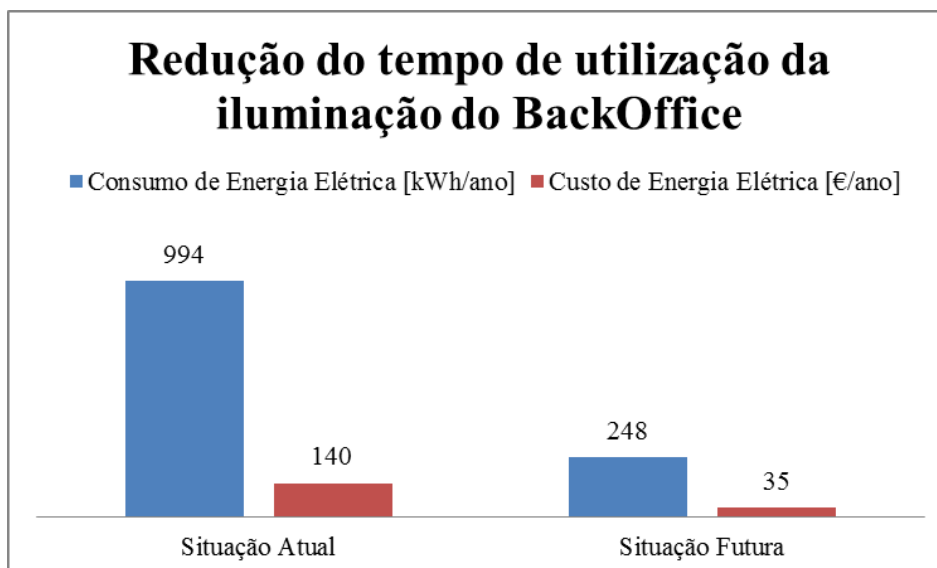


Figura 51 Redução do tempo de utilização da iluminação do *BackOffice*

A implementação desta medida permitirá uma redução estimada de 75% no consumo de energia associado à iluminação deste espaço, o que corresponde a uma redução de quase 1% no consumo global da agência, atingindo assim uma poupança anual estimada de 745 kWh, equivalente a 105 euros.

5.3.5.3. Otimização da iluminação da zona de ATM

Para a zona de ATM, considera-se importante a redução do consumo de energia uma vez que a iluminação desta zona encontra-se permanentemente ligada, não havendo essa necessidade dada a possibilidade em aproveitar a luz natural. De forma a promover a melhor gestão de iluminação deste espaço sugere-se a implementação de dois sensores, um sensor de luminosidade e um sensor de presença (Ver Anexo A).

Na Figura 52 está apresentado o impacto estimado com a implementação destes dois sensores.

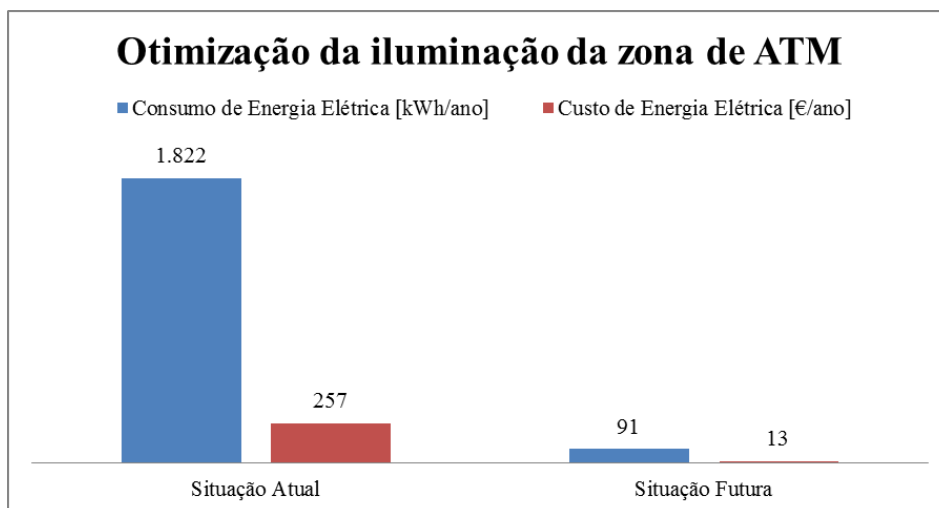


Figura 52 Otimização da iluminação da zona de ATM

Com esta alteração espera-se atingir uma poupança de 95% no consumo de energia elétrica deste espaço, o que corresponde a uma poupança de 3% no consumo global da agência, atingindo uma redução anual estimada de 1.731 kWh, equivalente a 244 euros.

Para que seja possível fazer esta economia é necessário proceder à aquisição dos sensores, cujo valor indicativo da aquisição é de 91 euros. De modo a saber qual o tempo necessário de retorno do investimento (PB), recorre-se à equação 11.

$$PB = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança}} \quad (11)$$

Considerando que a poupança é de 244 euros e o investimento de 91 euros, o PB é de aproximadamente 5 meses.

5.3.5.4. Redução do tempo da iluminação publicitária

Durante a auditoria verificou-se que o horário de programação do relógio interruptor se encontrava desajustado e que a célula crepuscular instalada estava regulada para valores de luminosidade elevados. Estes dois fatores levam a que a iluminação publicitária funcione mais tempo do que o desejado. De forma a efetuar um controlo mais rigoroso do tempo de funcionamento destes dispositivos, sugere-se a alteração do horário de funcionamento do relógio de controlo, bem como a regulação da célula crepuscular existente para que a iluminação publicitária seja apenas ativada para valores mínimos de luminosidade e para o período mínimo desejado.

Na Figura 53 observa-se que regulando os elementos de controlo da iluminação publicitária será possível uma poupança de 33% relativamente à situação atual, o que corresponde a uma diminuição próxima de 2% no consumo total de energia elétrica, atingindo assim uma redução anual estimada de 1.352 kWh, equivalente a 191 euros.

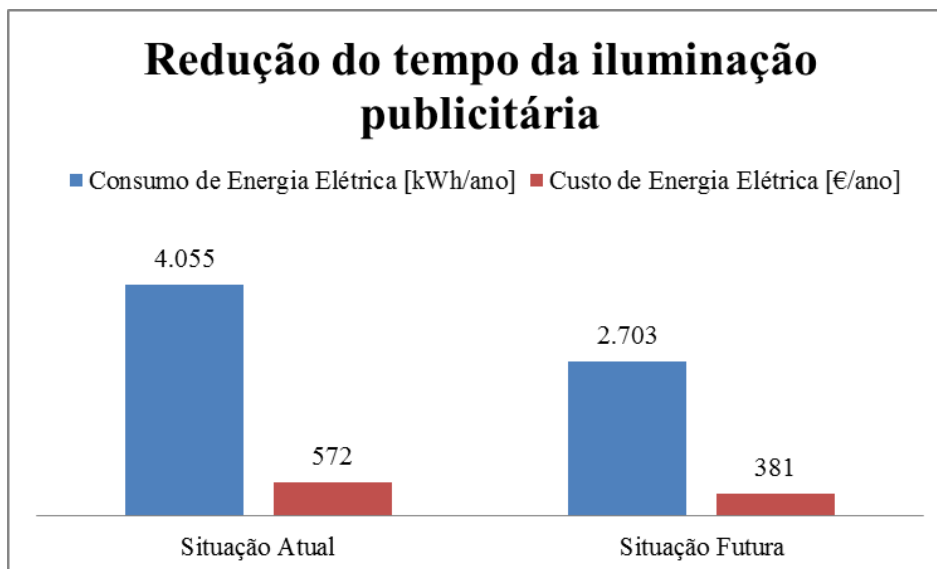


Figura 53 Redução do tempo de iluminação publicitária

5.3.5.5. Limitação dos períodos standby

O consumo de energia elétrica de equipamentos relativo aos períodos de standby tem um peso reduzido no consumo total que pode ainda ser minorado. Assim sendo, deve-se desligar efetivamente equipamentos como monitores, desktops, impressoras e outros dispositivos.

Na Figura 54 observa-se o impacto esperado com a implementação desta medida.

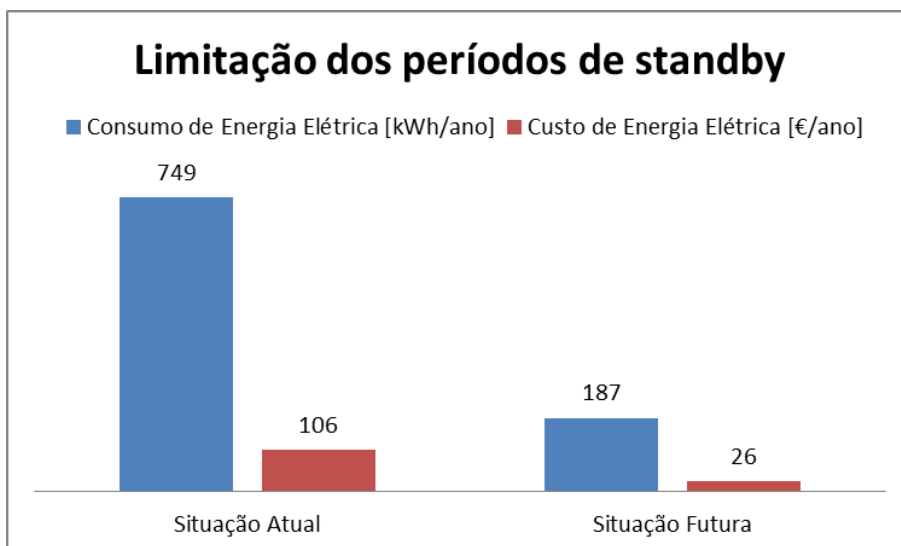


Figura 54 Limitação dos períodos de standby

Com esta medida é possível conseguir uma poupança que representa 75% do consumo associado aos períodos standby e 1% do consumo total da instalação, atingindo assim uma redução anual estimada de 561 kWh, equivalente a 79 euros.

5.3.6. Balanço da implementação das medidas

Fazendo uma avaliação das medidas de redução do consumo de energia elétrica propostas prevê-se uma redução total de consumo de energia elétrica de 10%. A Figura 55 apresenta um resumo dos consumos e custos da energia elétrica referentes à situação atual e a uma situação futura com a implementação das medidas.

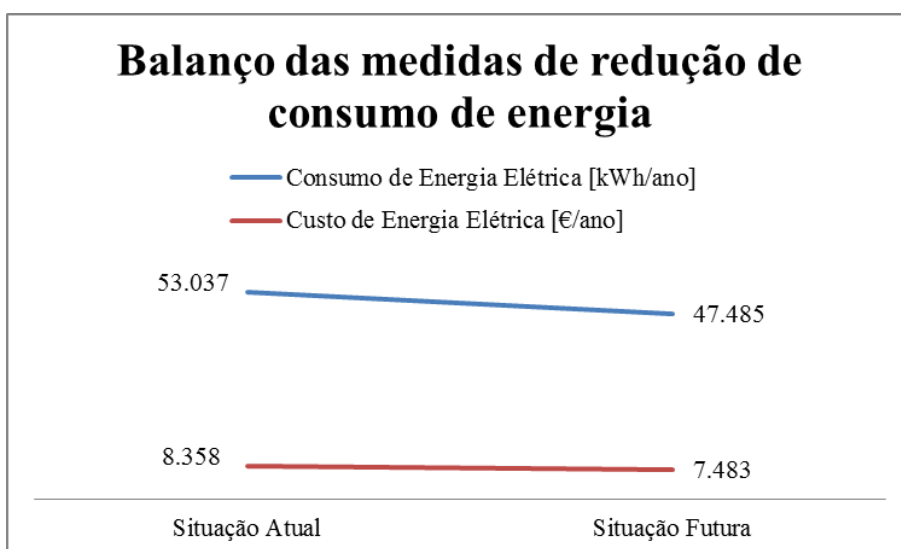


Figura 55 Balanço das medidas de redução de energia

Para atingir estes resultados é fundamental um investimento de 91 euros que permitirá uma poupança estimada de 875 euros, equivalente a 5.552 kWh, permitindo assim atingir um período de retorno (PB) das medidas implementadas em um mês, conforme o calculado pela equação 12.

$$PB = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança}}. \quad (12)$$

Considerando que a poupança é de 783 euros e o investimento de 91 euros, o PB é de aproximadamente dois meses.

5.3.7. Cálculo dos novos indicadores

As medidas propostas levarão a que a agência se torne mais eficiente, sendo isso refletido nos indicadores de eficiência, sendo por isso necessário proceder a um novo cálculo do Indicador de Perfil Energético (IPE) e do Indicador de Contribuição para o Aquecimento Global (ICAG). O procedimento difere do primeiro cálculo apenas quanto ao valor referente ao consumo de energia elétrica que será de 47.485 kWh/ano, consumo futuro previsto após implementação das medidas sugeridas, assim sendo o valor previsto para os indicadores são apresentados em seguida e comparados aos valores obtidos inicialmente através da Tabela 24.

$$IPE = 5,70 \times 10^{-1} [kWh/ano]/[m^2 \text{ Colaboradores kWh}]$$

$$ICAG = 1,37 \times 10^{-2} \text{ ton } CO_2/[m^2 \text{ Colaboradores}]$$

Tabela 24 Previsão da variação dos indicadores

Indicador	Valor obtido	Valor previsto	Unidades
Indicador do Perfil Energético	$6,37 \times 10^{-1}$	$5,70 \times 10^{-1}$	[kWh/ano] / [m ² Colaboradores kWh]
Indicador da Contribuição para o Aquecimento Global	$1,53 \times 10^{-2}$	$1,37 \times 10^{-2}$	ton CO ₂ / [m ² Colaboradores]

5.4. Estudo da agência C

As agências relativas ao banco L além de apresentarem uma dimensão menor que as agências do banco P possuem um número mais reduzido de colaboradores e muito menos iluminação.

Como referido no início do presente capítulo, ao contrário das restantes agências, na agência C foi instalado um sistema para monitorização contínua de consumos.

5.4.1. Descrição geral da agência

A agência C, localizada na região de Lisboa, apresenta as seguintes características:

- ✓ Área: 139 m²;
- ✓ Número de pisos: 1;
- ✓ Horário de funcionamento: 8h10 – 19h00 (Exceto Sábados, Domingos e Feriados);
- ✓ Horário de atendimento ao público: 8h30 – 12h00 / 13h00 - 15h30 (Exceto Sábados, Domingos e Feriados);
- ✓ Número de colaboradores: 2;
- ✓ Horário de limpeza: Não disponível;
- ✓ Número de funcionários de limpeza: 1;
- ✓ Número de ligações à rede elétrica: 1;
- ✓ Tarifa contratada: Baixa Tensão Normal – Simples 3,45 até 20,7 kVA;
- ✓ Ciclo-horário: Sem ciclo;
- ✓ Potência contratada: 20,7 kVA.

5.4.2. Consumos de energia elétrica

Com base na informação disponibilizada pelo cliente foi feita uma análise do consumo de energia verificado ao longo dos últimos dois anos, nomeadamente 2011 e 2012.

Ao longo do ano de 2011, o consumo de energia elétrica foi de 25.284 kWh o que corresponde a um custo anual de 3.729 euros, tal como indicado na Tabela 25, já no ano de 2012, o consumo de energia elétrica foi de 21.275 kWh o que corresponde a um custo anual de 3.682 euros, como mostra a Tabela 26.

Tabela 25 Consumo de energia elétrica no ano de 2011

Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [€]
25.284	3.729

Tabela 26 Consumo de energia elétrica no ano de 2012

Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [€]
21.275	3.682

Como se pode verificar, houve um decréscimo de consumo de energia elétrica na ordem dos 15% do ano de 2011 para o ano de 2012. Na Tabela 27 pode ver-se o custo médio unitário da energia para 2011 e 2012, cujo aumento deve-se não só à atualização do preço da unidade de energia como também à mudança de escalão do IVA verificado a 1 de Outubro de 2011.

Tabela 27 Custo médio unitário da energia

Custo Unitário 2011 [€/kWh]	Custo Unitário 2012 [€/kWh]
0,147	0,173

É de referir ainda que todos os custos apresentados nas tabelas anteriores incluem o valor do IVA e referem-se apenas aos kWh consumidos.

Na Figura 56 e na Figura 57 é possível observar respetivamente para os anos de 2011 e 2012, a distribuição trimestral dos consumos faturados na agência.

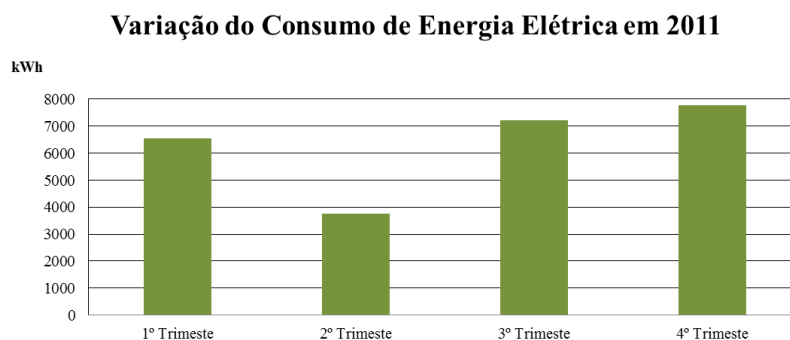


Figura 56 Variação do consumo de energia elétrica em 2011

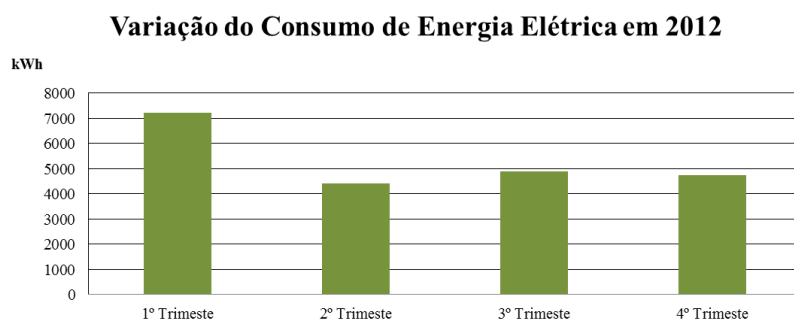


Figura 57 Variação do consumo de energia elétrica em 2012

Pela observação das figuras conclui-se que em 2011 o segundo e quarto trimestre destacam-se dos restantes, obtendo o menor e maior consumo de energia, respetivamente. Por outro lado, no ano de 2012 o primeiro trimestre destaca-se com o maior consumo de energia e os restantes trimestres apresentam um consumo uniforme.

5.4.3. Auditoria

Na realização da auditoria energética à agência C foi efetuado o levantamento de todos os equipamentos consumidores de energia de forma pormenorizada e por espaços, para este caso específico a agência foi subdividida em 12 espaços, aos quais foram atribuídos os nomes respetivos. A Tabela 28 apresenta o levantamento de equipamentos efetuado na agência por tipo de espaço.

Tabela 28 Levantamento dos equipamentos consumidores de energia da agência

Espaço	Equipamento	Unidades	Espaço	Equipamento	Unidades
Arquivo	FCNI(36W)	8	Copa	FCNI(36W)	2
	Câmara Interior(5W)	1		Microondas	1
	Lexmark X364dn	1		Frigorífico pequeno	1
	Destruidor de Papel Pequeno	1		Chaleira	1
WC Masculino	FTBC-TLD(18W)	4	Sala AVAC	FTBC-TLD(36W)	2
	FTBC-TLD(36W)	1		Aspirador	1
WC Feminino	FTBC-TLD(36W)	2		AVAC	1
	FTBC-TLD(18W)	1		Ventilador	1
Hall WC	FTBC-TLD(36W)	2	Hall cofre	FTBC-TLD(18W)	4
	FTBC-TLD(18W)	2		FTBC-TLD(36W)	2
Frontoffice	FCNI(36W)	4	Backoffice	FTBC-TLD(36W)	4
	FCNI(18W)	2		Bastidor	1
	Câmara dome(esféricas)(7,5W)	1		Equipamento de Gravação	1
	Painel Publicitário Grande	1		Câmara Interior(5W)	1
	Monitor	1	ATM	FCNI(18W)	6
	Desktop	1		FTLED(EMERGÊNCIA) 8W	1
	Monitor	1		Painel Publicitário Pequeno	1
	Desktop	1		ATM	1
	Monitor	1		FTBE-T5(35W)	1
	Desktop	1		FCNI(42W)	1
	Equipamento Videoproteiro	1		Painel Publicitário Interior	1
	Lexmark E460dn	1		Cofre	FTBC-TLD(36W)
	Monitor	1	Câmara Interior(5W)		1
	Portátil	1	Olivetti		1
	Monitor CCTV LCD	2	Monitor		1
	Leitor de Cartões	1	Desktop		1
	Lexmark E460dw	4	Monitor CCTV LCD		1
	FTBE-T5(35W)	5	Leitor de Cheques		1
	FCNI(18W)	2	Contador de Notas		1
	FCNI(36W)	13	Exterior	Reclame	1
FTBE-T5(35W)	3	Câmara Exterior(15W)		1	

De forma a obter uma auditoria mais minuciosa e um acompanhamento contínuo dos consumos de energia foi instalado na agência um sistema que permite uma monitorização contínua dos consumos, custos e temperaturas no interior da instalação, assim como notificações caso se verifiquem alterações no estado normal de funcionamento da instalação. Além disso é possível controlar equipamentos e definir horários de funcionamento para os mesmos. Todas estas aplicações são possíveis de acompanhar *online* e em tempo real a partir do portal do sistema. Os circuitos elétricos referentes à iluminação foram todos alvo de monitorização bem como os circuitos referentes ao quadro geral, ao sistema de AVAC, ao sistema de ventilação e ao bastidor.

5.4.4. Análise da monitorização de consumos

A avaliação dos consumos de energia elétrica na agência teve como base o levantamento da informação feito aquando da auditoria bem como uma monitorização, de três semanas, aos consumos dos circuitos referidos anteriormente.

Pela observação da Figura 58 é possível perceber como se distribuem os consumos na agência, onde a iluminação apresenta o maior consumo da agência seguida da categoria denominada por Outros, onde estão incluídos os equipamentos não monitorizados, tais como os equipamentos informáticos, os equipamentos bancários, o circuito de vigilância e os equipamentos de copa.

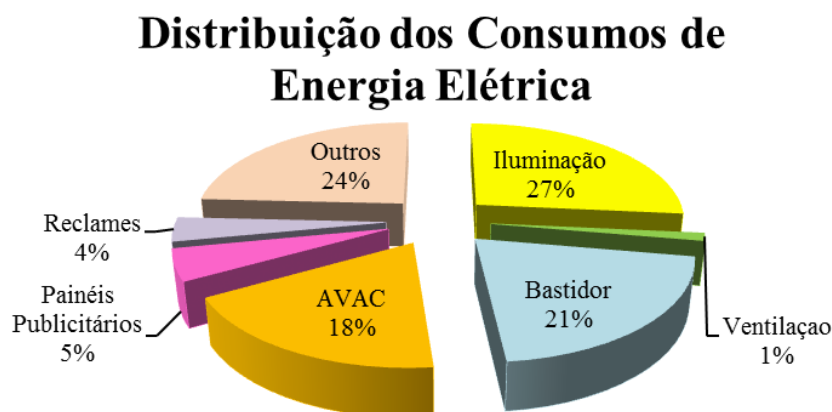


Figura 58 Distribuição dos consumos de energia elétrica

5.4.4.1. Iluminação

Como já foi referido a iluminação apresenta o maior consumo de energia da agência. A Figura 59 apresenta a distribuição dos seus consumos por espaço, e como era de esperar a zona de acesso ao público (*FrontOffice*) é a zona onde se regista um maior consumo.

É de salientar que o *BackOffice*, não sendo um espaço ocupado em permanência apresenta um peso muito considerável na distribuição apresentada.

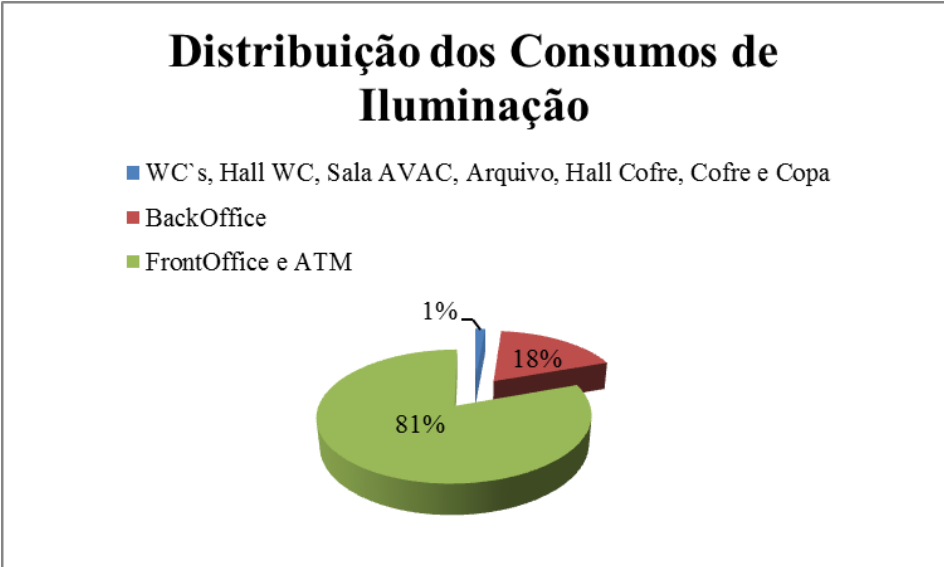


Figura 59 Distribuição dos consumos da iluminação

5.4.4.2. Bastidor

O bastidor, devido às suas características encontra-se permanentemente em funcionamento. O consumo deste dispositivo encontra-se aproximadamente entre os 0,366 e os 0,376 kWh como é possível observar através da Figura 60. Tendo em conta as suas características não se identifica aqui um potencial de poupança.

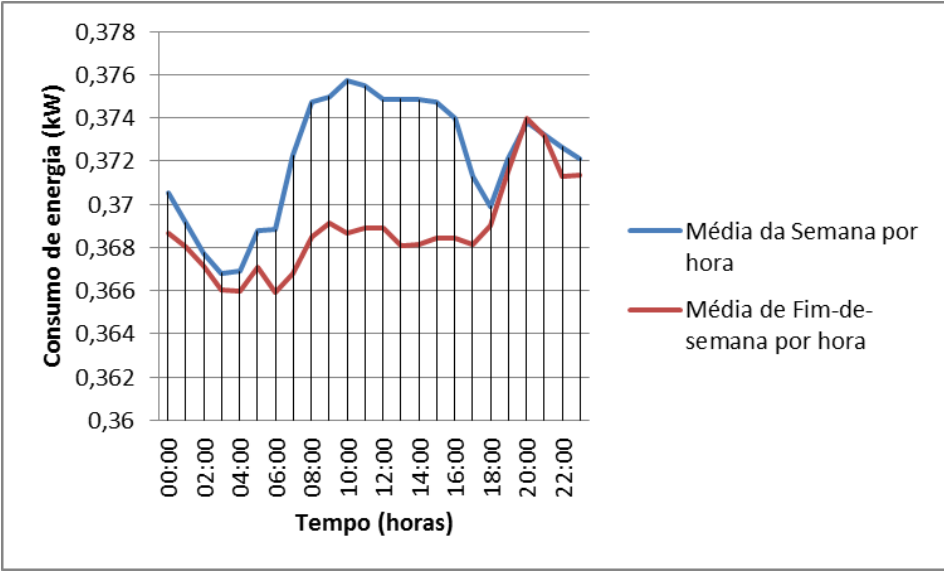


Figura 60 Consumo médio do bastidor

5.4.4.3. Sistema de AVAC

Tratando-se de um equipamento de climatização, o sistema de AVAC é altamente dependente da temperatura. Nesse sentido foi implementado na instalação um sensor de temperatura que faz a leitura da temperatura interior da agência. A temperatura máxima atingida foi de 26°C e a mínima de 21°C. Na Figura 61 é possível de observar as temperaturas médias verificadas ao longo do período de monitorização.

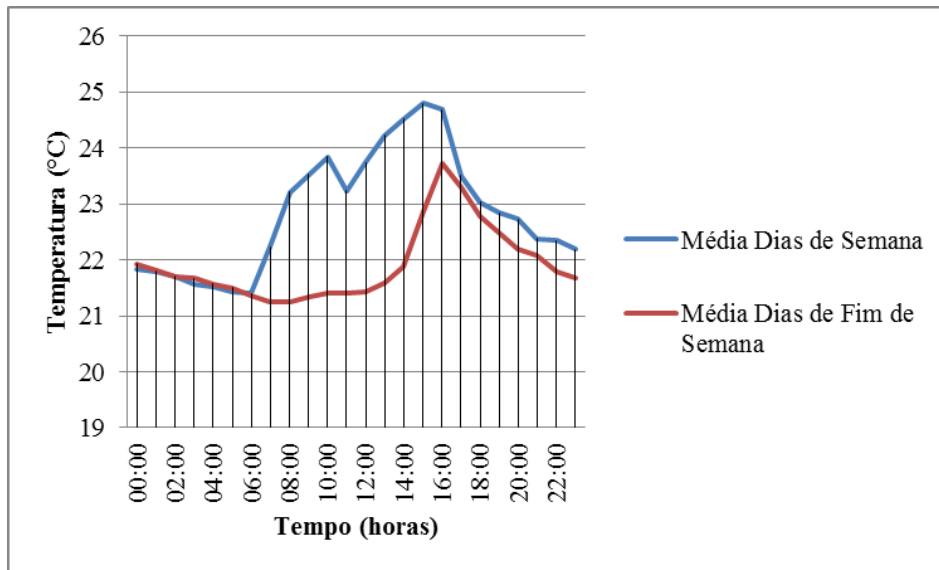


Figura 61 Temperaturas médias da agência

Atendendo ao seu funcionamento altamente dependente das variações de temperaturas verificadas, o comportamento do sistema vai variar muito ao longo do ano esperando-se consumos mais elevados em períodos do ano mais quentes ou mais frios.

A Figura 62 descreve o comportamento médio do sistema de AVAC ao longo do período de monitorização.

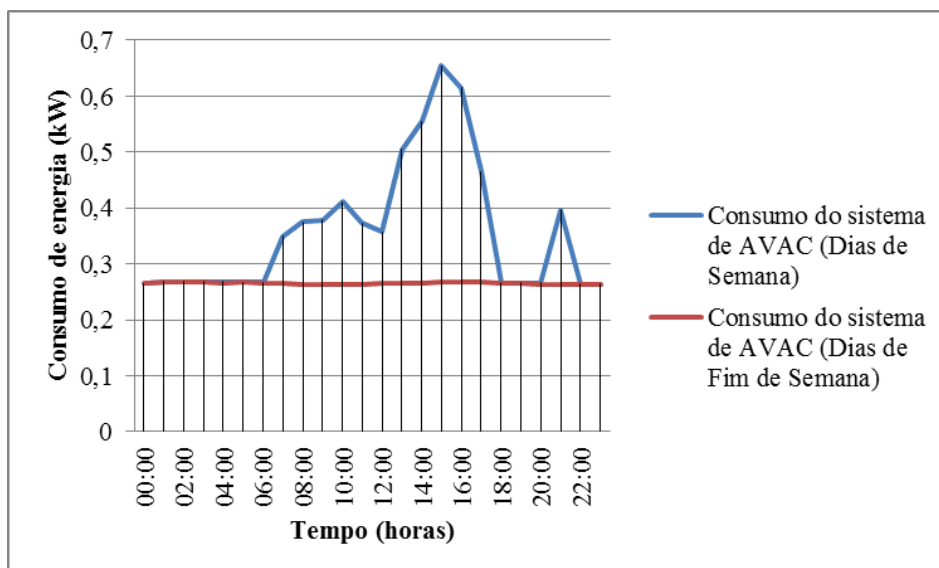


Figura 62 Consumos médios do sistema de AVAC

Durante a monitorização efetuada o sistema de AVAC apresentou consumos relativamente reduzidos, no entanto pela observação do gráfico verifica-se a existência de um consumo permanente de cerca de 0,270 kWh no horário de não funcionamento do equipamento, quer nos dias de semana quer nos dias de fim de semana.

5.4.4.4. Painéis Publicitários

Os painéis publicitários encontram-se em funcionamento entre as 18 e as 23 horas e a variação dos seus consumos está descrita na Figura 63.

Pela observação e análise da figura em questão é possível identificar três situações de desvio. A primeira situação diz respeito ao funcionamento dos dispositivos fora do período de funcionamento estipulado, que se pode dever a uma situação pontual.

A segunda situação deve-se ao facto de que nos dias de fim de semana o consumo verificado ser menor do que nos restantes dias. Depois de analisada detalhadamente conclui-se que esta situação se ficou a dever ao facto de num dos fins de semana monitorizados o dispositivo não ter funcionado.

A última anomalia verificada prende-se com o facto da potência instalada nos painéis ser de 174 W e apresentar uma média de consumos na ordem dos 600 Wh, para os dias de semana, e na ordem dos 400 Wh, para os dias de fim de semana.

Na teoria o ideal é obtermos um fator de potencia unitário, o que significa que toda a potencia consumida é transformada em trabalho, mas na prática e devido á presença de componentes reativas nos equipamentos instalados (lâmpadas fluorescentes, equipamentos informáticos) esta condição não se verifica, baixando o fator de potência normalmente para valores de 0,8 sendo este valor na prática aceitável. Isto significa que, devido à baixa eficiência dos componentes presentes nos painéis publicitários, o fator de potência é de 0,3, ou seja, apenas 30% na potência consumida produz trabalho, a restante é desperdiçada.

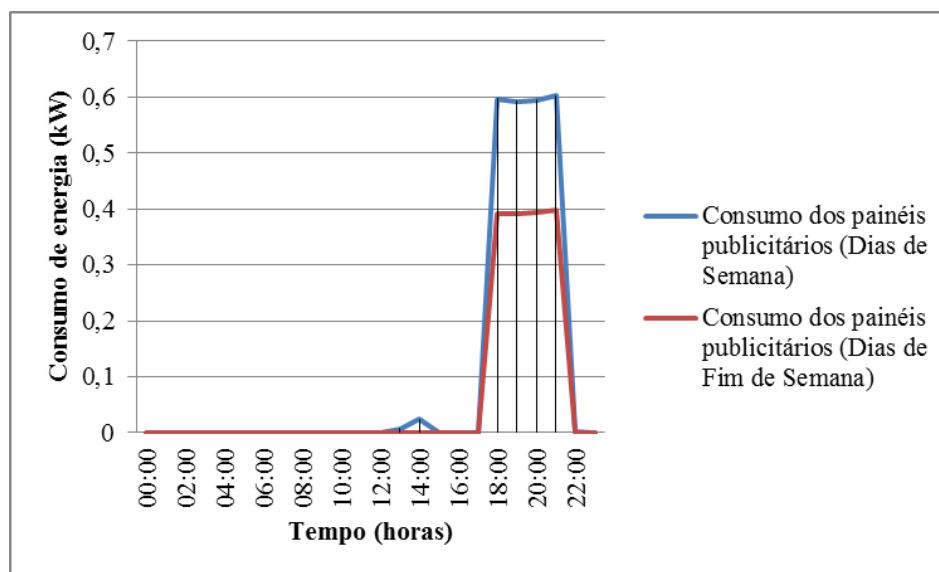


Figura 63 Consumo médio dos painéis publicitários

5.4.4.5. Reclame

Para o período em análise o padrão de funcionamento do reclame foi idêntico ao dos painéis publicitários. Como se pode verificar pela observação da Figura 64, também as anomalias relativas ao perfil de consumos apurados no caso dos painéis publicitários estão presentes.

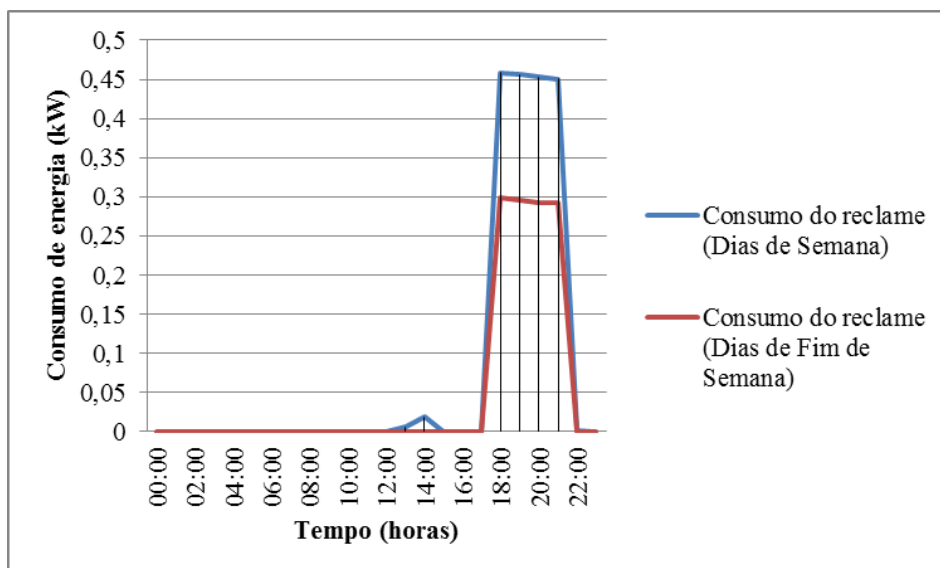


Figura 64 Consumo médio do reclame

5.4.4.6. Ventilação

No período monitorizado, o consumo de energia elétrica relativo à ventilação apresenta um valor relativamente reduzido. Este equipamento funciona apenas durante a semana e por 10 horas ao dia. O consumo médio da ventilação está apresentado na Figura 65.

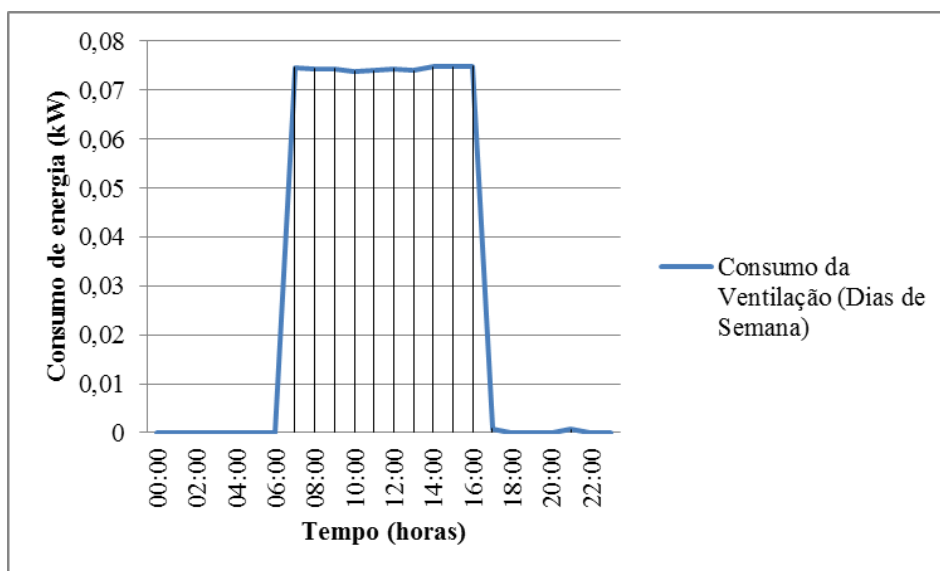


Figura 65 Consumo médio da ventilação

5.4.5. Pressupostos assumidos

De forma a melhor poder utilizar os dados de monitorização para prever o consumo futuro da agência é fundamental fazer a aproximação dos resultados obtidos durante o período de análise (Três semanas entre Abril e Maio) a um ano de consumo.

Para tal importar estabelecer os seguintes pressupostos:

- ✓ O consumo de iluminação, equipamentos e bastidor não varia ao longo do ano (este pressuposto tem como base as diferentes auditorias energéticas realizadas ao longo do ano, em que o padrão se mantém, sem ser ajustado ao nível da iluminação natural);
- ✓ O consumo do período dos painéis publicitários e reclame corresponde ao consumo médio;
- ✓ O consumo do período do sistema de AVAC corresponde ao consumo médio, embora o sistema AVAC possa apresentar um consumo bastante maior devido ao facto do seu consumo ser influenciado pela temperatura e no período de monitorização foram registadas temperaturas amenas;
- ✓ O consumo de energia anual esperado será aproximado ao valor do ano de 2012.

5.4.6. Definição da *baseline*

Após todos os dados estarem processados e tratados estabelece-se uma *baseline* através do cálculo de indicadores energéticos, nomeadamente o indicador de perfil energético (IPE) e indicador de contribuição para o aquecimento global (ICAG).

Em primeiro lugar procede-se ao cálculo do IPE, através da equação 13.

$$IPE = \frac{\text{Energia consumida}}{\text{Área} \times \text{Colaboradores} \times \text{Potencia instalada}} \times \left(1 - \frac{|T_i - T_e|}{T_i}\right). \quad (13)$$

Onde:

- ✓ Consumo de energia elétrica em 2012 – 21.275 kWh/ano;
- ✓ Área – 139 m²;
- ✓ Número de colaboradores – 2 Colaboradores;
- ✓ Potência Instalada – 18 kW;
- ✓ Temperatura média interior - 23°C;
- ✓ Temperatura média exterior - 16°C.

$$IPE = 3,03 [kWh/ano]/[m^2 Colaboradores kWh]$$

Posteriormente procede-se ao cálculo do ICAG, através da equação 14.

$$ICAG = \frac{Emissões\ Totais\ de\ CO_2}{Área \times Colaboradores} \quad (14)$$

Onde:

- ✓ Consumo de energia elétrica em 2012 – 21.275 kWh/ano;
- ✓ Área – 139 m²;
- ✓ Número de colaboradores – 2 Colaboradores;
- ✓ Fator de ponderação definido pela Agência Internacional da Energia – 0,00047 ton CO₂/kWh [31];
- ✓ Emissões Totais de CO₂ são o resultado do produto entre o consumo de energia elétrica em 2012 e o fator de ponderação definido pela Agência Internacional da Energia.

$$ICAG = 4,27 \times 10^{-2} ton CO_2/[m^2 Colaboradores]$$

5.4.7. Pontos críticos e respetivas soluções de melhoria

Com base em toda a informação analisada é possível identificar os pontos passíveis de atuação, que levarão a uma redução de consumos e custos bem como as propostas para a sua melhoria, nomeadamente:

- ✓ O sistema de AVAC – Eliminação dos consumos fora do horário de funcionamento da agência.
- ✓ A iluminação do *FrontOffice* – Alteração de luminárias no *FrontOffice*.
- ✓ A iluminação do *BackOffice* – Redução do tempo de funcionamento da iluminação de *BackOffice*.
- ✓ Os Painéis publicitários – Substituição dos balastos dos painéis publicitários.
- ✓ Os equipamentos em standby – Redução dos consumos em standby.
- ✓ A potência contratada – Redução da potência contratada.

5.4.7.1. **Eliminação dos consumos fora do horário de funcionamento da agência**

Com base nos dados disponíveis, verifica-se que durante o período em que a agência se encontra encerrada, o sistema de AVAC continua a consumir cerca de 0,27 kWh. De forma a promover uma poupança sem que haja qualquer investimento propõe-se a desativação do sistema de AVAC entre as 19h00 e as 8h00. De referir que o corte de potencia deste tipo de dispositivos deverá ser realizado apenas e só, quando o equipamento está em standby, ou seja, deve ser criada uma regra que não permita o corte automático se o equipamento estiver em processo de auto manutenção. Para a aplicação desta medida será utilizada a capacidade de controlo do sistema instalado na agência para monitorizar os consumos. Na Figura 66 observa-se a poupança anual esperada que representa 57% no consumo do AVAC e 8% no consumo total da agência, atingindo assim uma redução estimada de 1.648 kWh, equivalente a 286 euros.

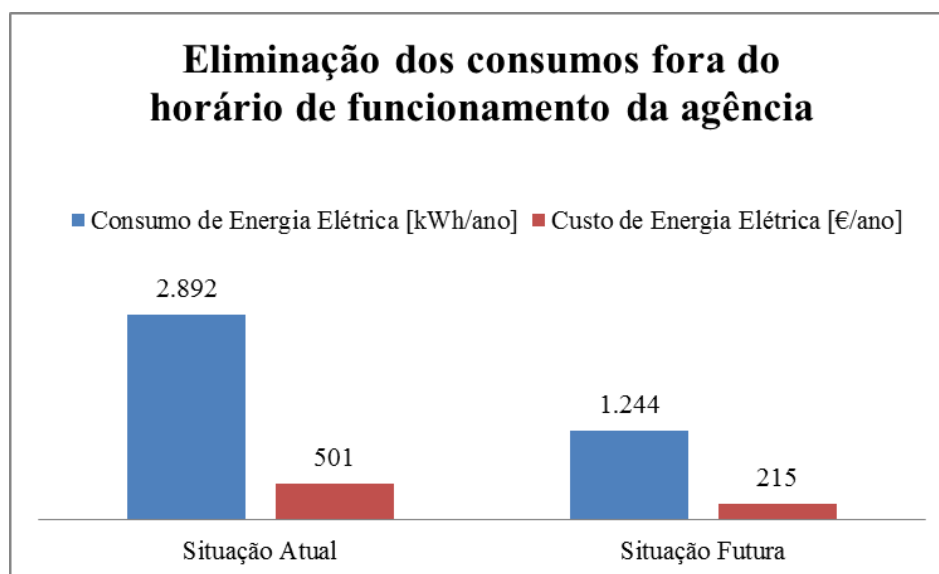


Figura 66 Eliminação dos consumos fora do horário de funcionamento da agência

5.4.7.2. **Alteração de luminárias no *FrontOffice***

Durante a auditoria foi possível fazer o levantamento luminotécnico do *FrontOffice*, zona de atendimento ao público. Nesta análise foi possível constatar, através das medições efetuadas, que os níveis de iluminância para os postos de trabalho existentes se encontram na ordem dos 300 lux, situando-se assim abaixo dos limites estabelecidos pela Norma Europeia EN 12464-1, norma que recomenda que em postos de trabalho destinados a

escrita, leitura, tratamento de dados e trabalho assistido por computador se verifiquem níveis médios de iluminância na ordem dos 500 lux.

Para colmatar esta imperfeição e ao mesmo tempo promover uma redução de consumos propõe-se a substituição das 11 luminárias de duas lâmpadas fluorescentes compactas de 36 W por 16 luminárias circulares de duas lâmpadas fluorescentes compactas de 13 W (Ver Figura 67).



Figura 67 Modelo de luminária circular (Exemplo)

Depois de efetuada uma simulação luminotécnica do espaço, verificou-se que com estas luminárias, será possível melhorar as condições de iluminação do espaço, esperando-se poupar 4% no consumo total da agência, atingindo uma redução anual estimada de 849 kWh, equivalente a 147 euros. O impacto previsto pode ser observado pela Figura 68.

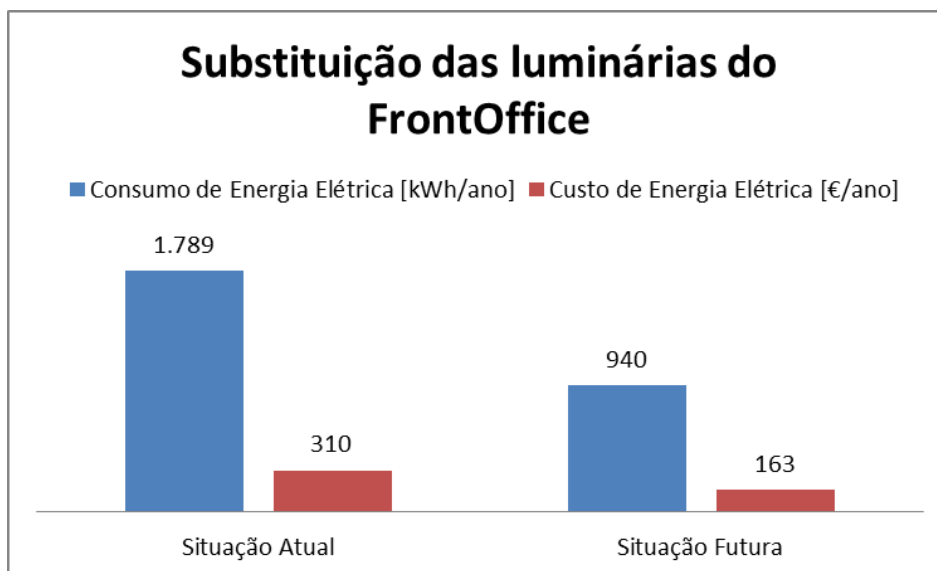


Figura 68 Substituição das luminárias do *FrontOffice*

Para que seja possível fazer esta economia é necessário proceder à aquisição das luminárias, cujo valor indicativo da aquisição é de 480 euros. De modo a saber qual o tempo necessário de retorno do investimento (PB), recorre-se à equação 15.

$$PB = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança}} \quad (15)$$

Considerando que a poupança é de 147 euros e o investimento de 480 euros, o PB é de aproximadamente 3 anos e 4 meses.

5.4.7.3. Redução do tempo de funcionamento do *BackOffice*

Com base na informação disponível verificou-se que o espaço de *BackOffice* se encontrava ligado em média 5 horas por dia. Uma vez que este local não é um espaço de permanência constante é fundamental reduzir o tempo de utilização da iluminação, promovendo-se a boa prática de redução do tempo de utilização da iluminação deste espaço. Assim, na Figura 69 apresenta-se a poupança esperada com a redução do tempo de funcionamento da iluminação do *BackOffice* de 5 horas para 1 hora e meia que se estima que de 2% no consumo total da agência, atingindo assim uma redução anual estimada de 331 kWh, equivalente a 57 euros.

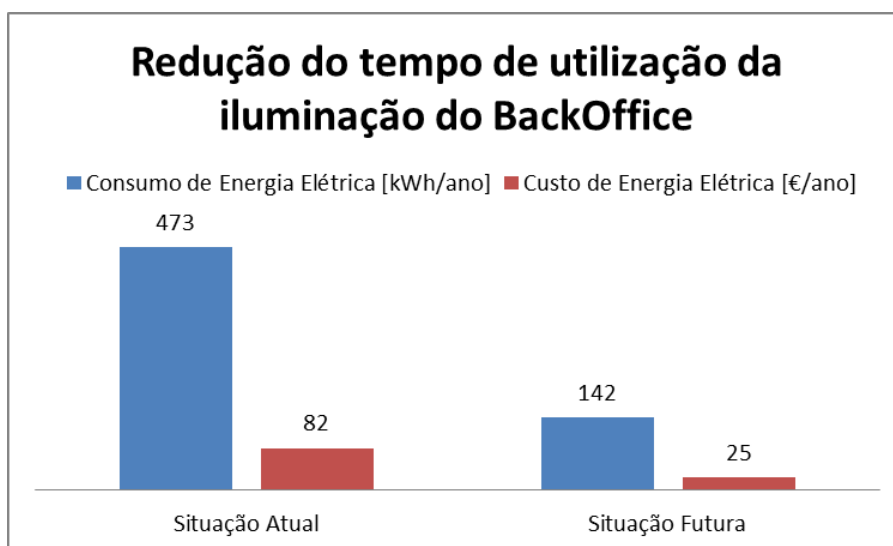


Figura 69 Redução do tempo de utilização da iluminação do *BackOffice*

5.4.7.4. Substituição dos balastros dos painéis publicitários

Tal como já foi referido, a eficiência dos painéis publicitários encontra-se abaixo do que seria desejável, de forma a melhorar o desempenho desta iluminação propõe-se a

substituição dos balastros convencionais, atualmente instalados, por balastros eletrônicos de forma a reduzir os consumos verificados. Como se pode concluir através da Figura 70 esta medida pode permitir uma poupança de 67% no consumo dos painéis publicitários, o que levará a uma diminuição de 2% no consumo total da agência, atingindo uma redução estimada anual de 528 kWh, equivalente a 91 euros.

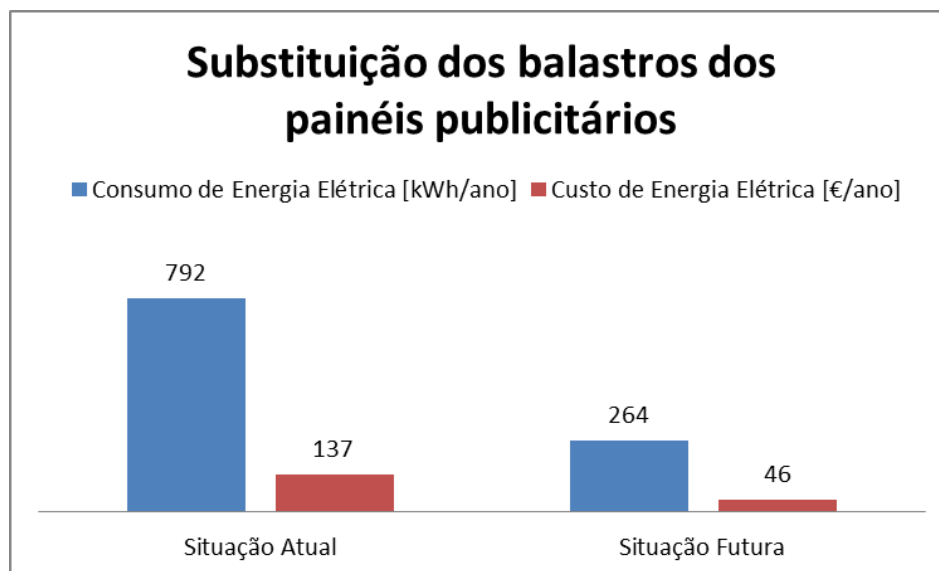


Figura 70 Substituição dos balastros dos painéis publicitários

Para que seja possível fazer esta economia é necessário proceder à aquisição dos balastros, cujo valor indicativo da aquisição é de 145 euros. De modo a saber qual o tempo necessário de retorno do investimento (PB), recorre-se à equação 16.

$$PB = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança}}. \quad (16)$$

Considerando que a poupança é de 91 euros e o investimento de 145 euros, o PB é de aproximadamente 1 ano e 7 meses.

5.4.7.5. Redução dos consumos em standby

O consumo de energia elétrica de equipamentos relativo aos períodos de standby apresenta um peso reduzido no consumo total da agência, mas pode ainda diminuir mais. Assim sendo, desligando efetivamente equipamentos como monitores, desktops e impressoras é possível conseguir uma poupança que representa 75 % do consumo associado aos períodos de standby e mais de 2 % do consumo total da instalação, atingindo uma redução estimada anual de 610 kWh, equivalente a 90 euros, como descrito na Figura 71.

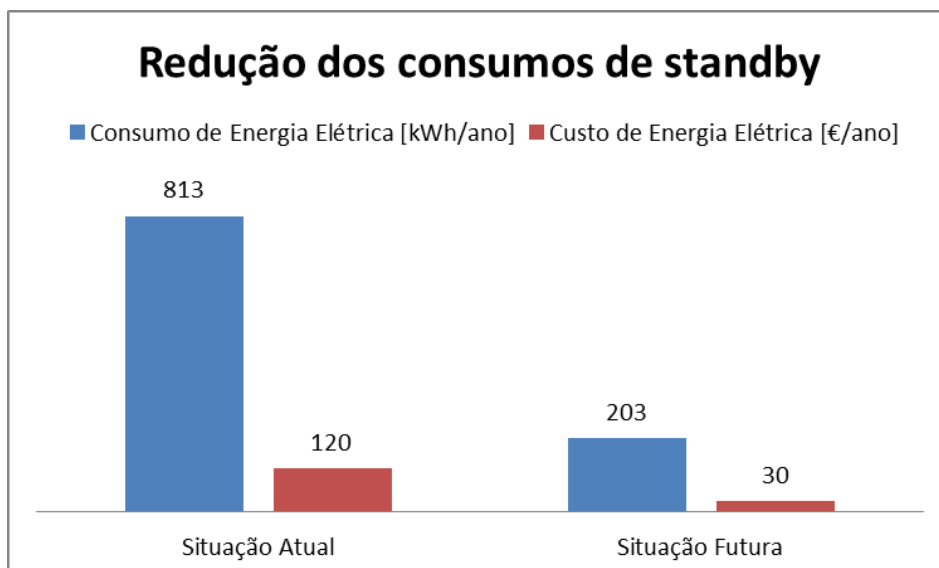


Figura 71 Redução dos consumos de standby

5.4.7.6. Redução da potência contratada

Através dos dados monitorizados constatou-se que a potência contratada é superior aos requisitos de energia elétrica da agência, que neste momento apresenta uma potência contratada de 20,7 kVA, o que corresponde a 30 amperes por fase.

Através da observação da Figura 72 constata-se a existência de um desequilíbrio de fases, em que, em termos médios a corrente requerida na fase mais sobrecarregada (Fase T) atingiu os 9 amperes.

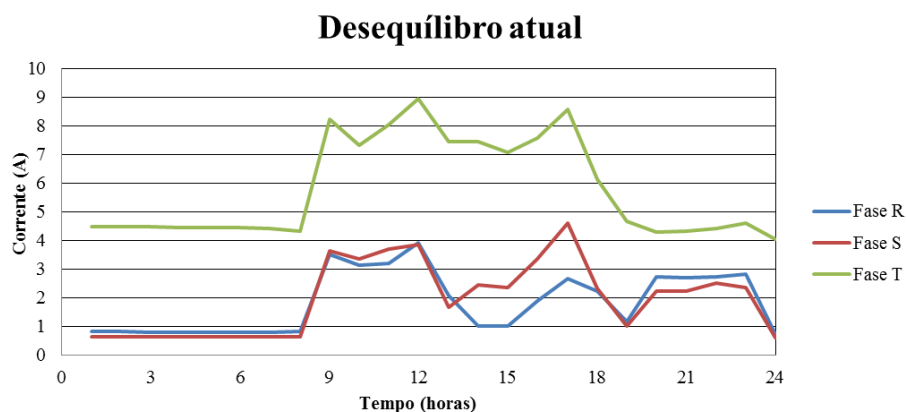


Figura 72 Comportamento médio das correntes por fase

Com base na informação apresentada verifica-se a possibilidade de baixar esta potência contratada para os 13,8 kVA, ou seja, 20 amperes por fase.

Esta medida é possível de ser concretizada depois de corrigir o desequilíbrio de fases registado nos consumos gerais da agência, nomeadamente alterar o circuito do bastidor da fase T para a fase S (Ver Figura 73), assim como efetuar um estudo mais aprofundado dos consumos de pico.

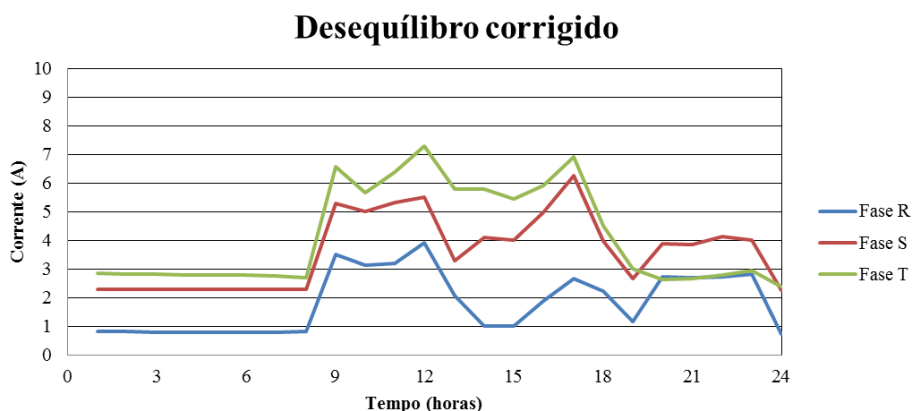


Figura 73 Comportamento médio esperado das correntes por fase

Verificada esta possibilidade e considerando as tarifas atuais (Ver Anexo B) será possível obter uma poupança de cerca de 120 euros anuais, tal com indica a Figura 74.

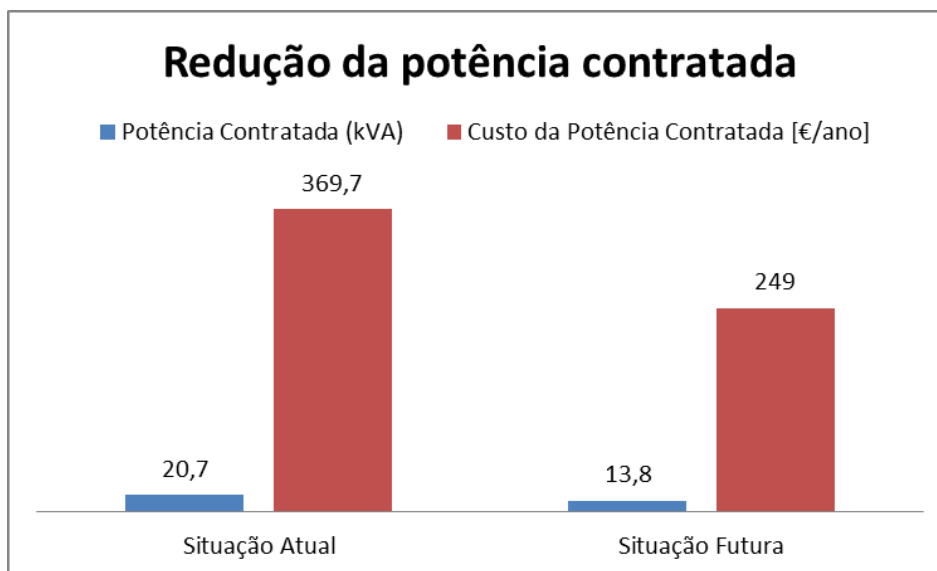


Figura 74 Redução da potência contratada

5.4.8. Balanço da implementação de medidas

Fazendo uma avaliação das medidas de redução do consumo de energia elétrica propostas prevê-se uma redução total do consumo de energia de 19 % quando comparado com o ano de 2012 (Ver Figura 75).

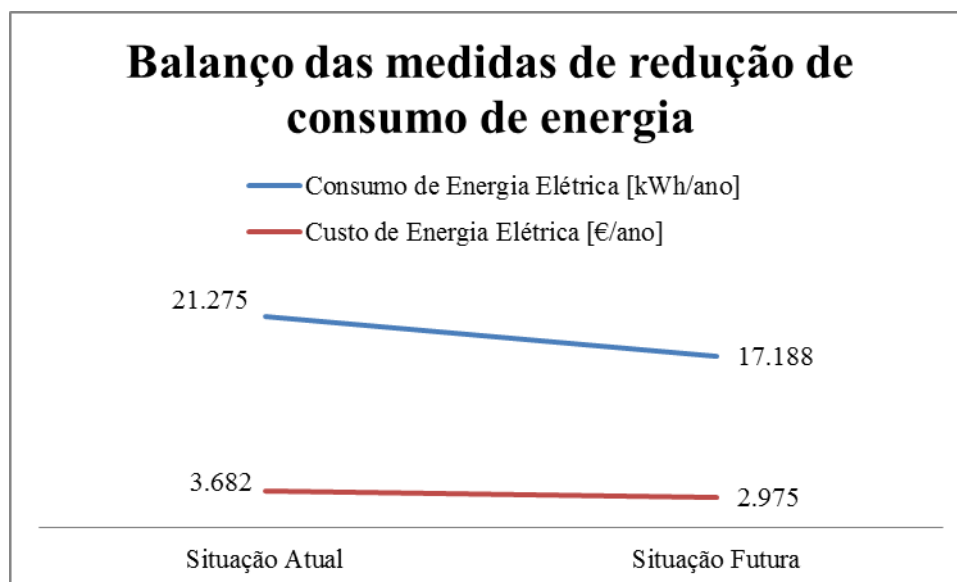


Figura 75 Balanço das medidas de redução de energia

Para atingir estes resultados é fundamental um investimento de 625 euros que permitirá uma poupança estimada de 4.087 kWh, equivalente a 707 euros.

De forma a calcular o período de retorno (PB) das medidas implementadas recorre-se à equação 17.

$$PB = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança}} \quad (17)$$

Considerando que a poupança é de 707 euros e o investimento de 625 euros, o PB é de aproximadamente onze meses.

5.4.9. Cálculo dos novos indicadores

As medidas propostas levarão a que a agência se torne mais eficiente, sendo isso refletido nos indicadores de eficiência, sendo por isso necessário proceder a um novo cálculo do Indicador de Perfil Energético (IPE) e do Indicador de Contribuição para o Aquecimento Global (ICAG). O procedimento difere do primeiro cálculo apenas quanto ao valor referente ao consumo de energia elétrica que será de 17.188 kWh/ano, consumo futuro

previsto após implementação das medidas sugeridas, assim sendo o valor previsto para os indicadores são apresentado em seguida e comparados aos valores obtidos inicialmente através da Tabela 29.

$$IPE = 2,45 [kWh/ano]/[m^2 Colaboradores kWh]$$

$$ICAG = 2,91 \times 10^{-2} ton CO_2/[m^2 Colaboradores]$$

Tabela 29 Previsão da variação dos indicadores

Indicador	Valor obtido	Valor previsto	Unidades
Indicador do Perfil Energético	3,03	2,45	[kWh/ano] / [m ² Colaboradores kWh]
Indicador da Contribuição para o Aquecimento Global	$4,27 \times 10^{-2}$	$2,91 \times 10^{-2}$	ton CO ₂ / [m ² Colaboradores]

5.5. Conclusões

Ao longo deste capítulo foram apresentadas medidas que visam a redução dos consumos energéticos das três agências alvo de estudo. Para cada solução foi estimada uma poupança. A Tabela 30 apresenta os resultados que foram obtidos.

Tabela 30 Resumo dos resultados

Agência	Investimento (€)	Poupança (€)	PB (Meses)
A	91	1597	1
B	91	875	2
C	625	707	11

Relativamente às agências A e B foram apresentadas cinco medidas e uma delas implica a instalação de dispositivos que permitam a poupança de recursos e nessa situação estimou-se qual o investimento necessário, concluindo-se que implementando todas as medidas o retorno do investimento será atingido em um e em dois meses, respetivamente.

Por sua vez, para a agência C são apresentadas seis medidas, das quais, duas implicam a realização de um investimento, concluindo-se que com a implementação de todas as medidas propostas o retorno do investimento previsto é de onze meses.

6. Conclusão

Ao longo desta dissertação foram sendo apresentadas as conclusões principais de cada capítulo. Nesta última secção é realizada uma síntese das principais conclusões do trabalho realizado e perspectiva dos futuros desenvolvimentos.

Para fazer face ao enorme consumo energético apresentado pelo setor dos edifícios, Portugal tem vindo a promover um conjunto de medidas de modo a impulsionar a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios, destaca-se o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética que surgiu no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia.

Atuando ao nível da eficiência energética o consumo energético no setor dos edifícios pode ser reduzido em mais de metade para isso devem ser alvo da realização de auditorias energéticas, pois estas permitem a otimização da utilização de energia diminuindo assim os desperdícios existentes.

A metodologia desenvolvida para uma eficaz realização de auditorias energética assenta em cinco etapas, nomeadamente: planeamento, análise do estado atual, planeamento estratégico, elaboração de relatório e implementação de medidas e acompanhamento de resultados.

Para validar a metodologia desenvolvida procedeu-se ao estudo de três casos práticos no âmbito do desenvolvimento de dois projetos de eficiência energética. Relativamente ao projeto do banco P foram analisadas duas agências, A e B, em que o investimento efetuado é relativamente baixo e a estimativa de poupança alcançada é elevada pelo que o período de retorno para o investimento será reduzido.

Quanto ao projeto do banco L foi feito o estudo de uma agência, C, em que a estimativa de poupança é elevada tal como o investimento efetuado, alcançando assim um período de retorno maior do que nos casos anteriores.

As medidas de eficiência energética sugeridas para as três instalações são semelhantes, nomeadamente a nível do sistema de AVAC, da iluminação e melhoria comportamental. No entanto, no que diz respeito à agência C foi possível sugerir a alteração de luminárias e a alteração da potência contratada. Este facto deve-se à disposição do cliente em realizar um maior investimento, instalando assim um sistema que permite a monitorização contínua dos consumos energéticos dos diferentes circuitos elétricos das instalações e obtendo os consumos de energia em tempo real. Para este caso, a metodologia utilizada segue a mesma lógica dos casos anteriores, no entanto, em termos de validação baseia-se nos dados monitorizados.

A execução de auditorias energéticas através das etapas enumeradas anteriormente apresentará uma maior qualidade, no entanto poderão ser encontradas dificuldades na sua realização, mais concretamente na fase de planeamento em que a tarefa de recolha de informação em algumas situações demora muito tempo a ser entregue o que dificulta, por exemplo, o tratamento das faturas de energia elétrica. A validação da metodologia é outra das dificuldades encontradas, nomeadamente para projetos idênticos ao do banco P, devido ao facto de não haver uma monitorização contínua dos consumos energéticos durante um certo período de tempo, levando a que os resultados não sejam os mais realistas possíveis.

Após a realização desta dissertação verifica-se que ainda existem algumas oportunidades para a continuação e desenvolvimento deste estudo. De seguida, são apresentados dois tópicos suscetíveis de serem mais elaborados em futuros trabalhos, nomeadamente:

- ✓ Desenvolvimento nos casos de estudo efetuados ao banco P, nomeadamente através da validação da metodologia baseada em dados monitorizados;

- ✓ Desenvolvimento de um sistema de *benchmarking* entre relativamente às agências dos dois bancos analisados.

Referências Documentais

- [1] D. G. d. E. e. Geologia, “Caracterização Energética Nacional,” [Online]. Available: www.dgeg.pt. [Acedido em Setembro 2013].
- [2] A. Vaz, “Energia - Quem não precisa dela?,” [Online]. Available: http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Energia/content/Energia-Quem-nao-precisa-dela?bl=1&viewall=true#Go_1. [Acedido em Junho 2013].
- [3] B. Portugal, “Manual de boas práticas de eficiência energética,” [Online]. Available: <http://www.bcsdportugal.org/eco-eficiencia/102.htm>. [Acedido em Junho 2013].
- [4] “Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013,” 2013.
- [5] “Renováveis estão a reduzir dependência energética de Portugal,” [Online]. Available: <http://expresso.sapo.pt/renovaveis-estao-a-reduzir-dependencia-energetica-de-portugal=f811581>. [Acedido em Junho 2013].
- [6] Pordata, “<http://www.pordata.pt>,” [Online]. [Acedido em Junho 2013].
- [7] INE, “www.ine.pt,” [Online]. [Acedido em Junho 2013].
- [8] “Decreto de Lei n.º 117/2010,” 2010.
- [9] “Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008,” 2008.
- [10] “Recomendações para uma estratégia sustentável de eficiência energética e exploração de energias renováveis para Portugal,” [Online]. Available: http://www2.inescporto.pt/SEE_JAN2012.pdf. [Acedido em Junho 2013].
- [11] “Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios,” 2002.
- [12] ADENE, “Perguntas & Respostas sobre o SCE,” 2009.
- [13] “Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril,” 2006.
- [14] ADENE, “Certificação Energética e Ar Interior,” [Online]. [Acedido em Junho 2013].
- [15] “Certificação Energética,” [Online]. Available: <http://www.apemip.pt/LinkClick.aspx?fileticket=6a2derZjUrY%3D&tabid=151&language=pt-PT>. [Acedido em Junho 2013].
- [16] “Perguntas & Respostas sobre o RSECE - Energia,” 2008.
- [17] “Perguntas & Respostas sobre o RCCTE,” 2011.
- [18] “Directiva 2010/31/UE do Parlamento europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios,” 2010.

- [19] “A importância e as fases de uma auditoria energética,” [Online]. Available: <http://www.portal-energia.com/a-importancia-e-fases-de-uma-auditoria-energetica/>. [Acedido em Junho 2013].
- [20] “Auditorias Energéticas,” [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/Green-Campus/auditorias-energticas>. [Acedido em Junho 2013].
- [21] “Energia,” [Online]. Available: <http://www.ctcp.pt/docs/docmediagaleria/Energia.pdf>. [Acedido em Junho 2013].
- [22] “Auditoria Energética - Setor de Edifícios,” [Online]. Available: <http://www.smartwatt.pt/?mode=produto&key=1&prod=106>. [Acedido em Junho 2013].
- [23] “Luvas para eletricidade,” [Online]. Available: <http://www.sintimex.pt/produto.aspx?cntx=LKQYPvc%2BD0%2BXsDTpfUj5igcvClObBUpl%2FIAtfBDpxT7n5n5kiXrh3vcsJ3HU956%2B>. [Acedido em Junho 2013].
- [24] “Luvas de Proteção,” [Online]. Available: <http://www.mmprotek.pt/luvas-de-trabalho-e-protecao-juba-luva-de-nylon-nitrilo-eco-nit#.UICzqlCkpvB>. [Acedido em Junho 2013].
- [25] “Fluke,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/ptpt/home/>. [Acedido em Junho 2013].
- [26] “Mercado livre - Luxímetro,” Outubro 2013. [Online]. Available: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-504113944-luximetro-digital-hikari-hk-881a-_JM.
- [27] “Analisador de energia Fluke 434 Série II,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/ptpt/ferramentas-de-qualidade-de-energia/corrente-trifasica/fluke-434-series-ii-energy-analyzer.htm?PID=73937>. [Acedido em Junho 2013].
- [28] “Manual do usuário Fluke 434 - II/435 - II/437 - II Analisadores de Qualidade de Potência e Energia Trifásicos,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/Fluke/ptpt/Support/Manuals/default.htm?ProductId=73937>. [Acedido em Junho 2013].
- [29] “Pinça de Qualidade de Energia Fluke 345,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/ptpt/pincas-amperimetricas/fluke-345.htm?PID=56070>. [Acedido em Junho 2013].
- [30] “Manual do usuário 345 - Power Quality Clamp Meter,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/Fluke/ptpt/Support/Manuals/default.htm?ProductId=56070>. [Acedido em Junho 2013].
- [31] “Despacho n.º 17313/2008,” 2008.

Anexo A. Características do sensor de luminosidade e do sensor de presença

Neste anexo são descritas as características do sensor de luminosidade e de presença, sugeridos para serem implementados na zona de ATM.

Sensor de luminosidade (Célula crepuscular)

Características técnicas:

- ✓ Célula crepuscular digital para controlar sistemas consoante a luminosidade existente;
- ✓ Voltagem de funcionamento: 220 /230 ~, $\pm 10\%$;
- ✓ Frequência: 50/60 Hz;
- ✓ Consumo máximo: 3,5 A;
- ✓ Regulação da luminosidade sensor: 5-200 lux;
- ✓ Comutação retardada On/Off: 40 sec. On/40 sec. Off;
- ✓ Tipo de contacto: 1;
- ✓ Indicação de comutação (sem atraso): LED vermelho;
- ✓ Tensão nominal: 10 mA;
- ✓ Canais: 1;
- ✓ Grau de proteção: IP55;
- ✓ Carga de lâmpada de halogéneo: 1000 W;
- ✓ Carga de lâmpada incandescente: 1000 W;
- ✓ Carga de lâmpada fluorescente (não compensada): 1000 VA.

Condições comerciais:

- ✓ Custo unitário: 45,26 €;
- ✓ Custo total: 45,26 €.

(Valores com IVA incluído)

Sensor de presença

Características técnicas:

- ✓ Sensor de presença para interior;
- ✓ Número de contatos: 1 NA;
- ✓ Tensão nominal /tensão máxima: 230 V;
- ✓ Material do contato standard: AgSnO₂;
- ✓ Tensão de alimentação: 120 V-230 V;
- ✓ Versão da bobina: AC (50/60 Hz);
- ✓ Temperatura ambiente: -10 °C-50 ° C.

Condições comerciais:

- ✓ Custo unitário: 45,92 €;
- ✓ Custo total: 45,92 €.

(Valores com IVA incluído)

Anexo B. Tarifas de venda a clientes finais em baixa tensão normal ($\leq 20,7$ kVA e $> 2,3$ kVA)

Neste anexo são descritas as tarifas de venda a clientes finais em baixa tensão normal para potências superiores a 2,3 kVA e inferiores ou iguais a 20,7 kVA.

TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM BTN ($\leq 20,7$ kVA e $> 2,3$ kVA)		PREÇOS	
Potência	(kVA)	(EUR/mês)	(EUR/dia)*
Simples	1,15	2,36	0,0776
	2,3	4,14	0,1362
Tarifas simples, bi-horária e tri-horária	3,45	5,61	0,1844
	4,6	7,32	0,2407
	5,75	9,00	0,2959
	6,9	10,68	0,3510
	10,35	15,71	0,5165
	13,8	20,75	0,6821
	17,25	25,78	0,8476
	20,7	30,81	1,0131
Energia activa		(EUR/kWh)	
		até 6,9 kVA	acima de 6,9 kVA
Tarifa simples $\leq 2,3$ kVA		0,1210	-
Tarifa simples $\geq 2,3$ kVA		0,1405	0,1418
Tarifa bi-horária	Horas fora de vazio	0,1641	0,1674
	Horas de vazio	0,0870	0,0878
Tarifa tri-horária	Horas de ponta	0,1865	0,1899
	Horas de cheias	0,1483	0,1515
	Horas de vazio	0,0870	0,0878

* RRC art. 220.º, n.º 3