



**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
2016/2017**

MONITORIZAÇÃO VERSUS GESTÃO DE ENERGIA

DIANA FILIPA DA SILVA SALGADO

Dissertação submetida para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Dra. Cidália Maria de Sousa Botelho
(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto)

Orientador académico: Prof. Clito Félix Alves Afonso
(Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto)

Orientador na empresa: Filipe Andrade da Rocha
(Diretor do Departamento de Energia da Edifícios Saudáveis Consultores)

Versão Final

julho, 2017

Para os meus pais, namorado e amigos

Resumo

O consumo intensivo de energia é, nos dias de hoje, uma das principais causas dos graves problemas ambientais que se fazem sentir. Estes problemas são, há já vários anos, tema de discussão e preocupação no sentido em que é essencial a adoção de medidas que sejam capazes de minimizar todos estes impactos.

Apesar de todos os esforços realizados, continuamos a viver numa sociedade consumista e poluidora, e a necessidade de utilizar a energia de forma mais racional e eficiente é cada vez maior. No sentido de contribuir para um uso eficiente dos recursos energéticos, surgem os sistemas de monitorização e gestão de energia, para o qual o tema desta dissertação é orientado.

O desenvolvimento da presente dissertação parte da análise e do estudo de um caso real, mais concretamente, de um edifício de comércio e serviços situado em Itália. No que respeita a este projeto, apenas foi considerado o indicador iluminação, mais concretamente a iluminação interior do centro comercial e a iluminação dos parques de estacionamento, sendo que, o método aqui seguido, pode ser adaptado a outros indicadores tais como o AVAC, transporte vertical, etc.

Com o objetivo de reduzir os gastos energéticos da iluminação deste edifício, foi desenvolvido um sistema de alarmes e alertas, que tem como objetivo principal, auxiliar na tarefa de gestão da energia. Este sistema é baseado em consumos reais, que são obtidos através dos sistemas de monitorização, neste caso, contadores, e que permite saber qual a quantidade de energia desperdiçada e, desta forma, conduzir, no futuro, a potenciais poupanças.

Da análise realizada ao longo de 3 meses de monitorização, concluiu-se que houve uma redução significativa da quantidade de energia desperdiçada na iluminação interior do centro comercial. Para este indicador foram monitorizados 233 MWh de energia consumida dos quais 4,2 MWh representam a quantidade de energia desperdiçada, o que equivale a uma emissão de 2,0 t CO₂ emitidas em excesso.

Relativamente à iluminação dos parques de estacionamento, o mesmo cenário não se verificou uma vez que estes foram submetidos a um teste que exigia que a iluminação estivesse em constante funcionamento. Assim, para este indicador, foram monitorizados, durante o tempo de análise, cerca de 87 MWh de energia consumida, dos quais 13 MWh representam a quantidade de energia desperdiçada, o que equivale a 6,1 t CO₂ emitidas em excesso.

Ao comparar as médias diárias de consumo de electricidade obtidas durante o tempo de análise, para os dois indicadores, com as médias diárias dos homólogos em 2016, verifica-se que há uma tendência de redução em 2017.

Face aos resultados obtidos, conclui-se que este projeto teve um papel importante para a redução dos consumos de energia e, uma vez aplicado a todos os indicadores, pode levar a poupanças energéticas significativas.

Palavras-chave: Energia; Monitorização; Gestão; Sistemas; Iluminação; Edifícios.

Monitoring and Energy Management

Abstract

Intensive energy consumption is today one of the main causes of the serious environmental problems that are being felt. These problems have been a subject of discussion and concern for many years in the sense that it is essential to adopt measures that are capable of minimizing all these impacts.

Despite all our efforts, we continue to live in a consumer and polluting society, and the need to use energy more rationally and efficiently is growing. In order to contribute to an efficient use of energy resources, the systems of monitoring and management of energy arise, for which the theme of this dissertation is oriented.

The development of this dissertation is based on the analysis and the study of a real case, more specifically, of a commercial and services building located in Italy. As far as this project is concerned, only the lighting indicator was considered, namely the interior lighting of the shopping center and the illumination of car parks, and the method followed here can be adapted to other indicators such as HVAC, transport vertical, etc.

With the objective of reducing the energetic expenses of the lighting of this building, a system of alarms and alerts was developed, whose main objective is to assist in the management task. This system is based on real consumptions, which are obtained through the monitoring systems, in this case, meters, and which allows to know how much energy was wasted and, in this way, to lead in the future to the potential savings.

From the analysis performed during 3 months of monitoring, it was concluded that there was a significant reduction of the amount of energy wasted in the interior lighting of the shopping center. For this indicator, 233 MWh of energy consumed was monitored, 4,2 MWh of which represents the amount of energy wasted, which is equivalent to a emission of 2,0 t CO₂ emitted in excess.

With regard to parking lot lighting, the same scenario did not occur since they were subjected to a test which required lighting to be in constant operation. Thus, about 87 MWh of energy consumed was monitored during this analysis, of which 13 MWh represents the amount of energy wasted, which is equivalent to 6,1 t CO₂ emitted in excess.

When comparing the daily averages of electricity consumption obtained during the analysis time, for the two indicators, with the daily averages of the homologous ones in 2016, it is verified that there is a tendency of reduction in 2017.

Given the results obtained, it is concluded that this project played an important role in reducing energy consumption and, once applied to all indicators, can lead to significant energy savings.

Key Words: Energy; Monitoring; Management; Systems; Lighting; Buildings.

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, à Edifícios Saudáveis Consultores, e ao Engenheiro Ricardo Sá, pela oportunidade que me foi dada para a realização desta dissertação em âmbito empresarial.

Agradeço ao Engenheiro Filipe Rocha por todo o acompanhamento prestado ao longo da realização desta dissertação, por todo o conhecimento transmitido, por toda a paciência, por toda a simpatia e por toda a amizade.

Agradeço ao Professor Clito Afonso pela orientação e disponibilidade.

Agradeço à minha família e ao meu namorado por todo o apoio, companheirismo e paciência.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas que fizeram parte da minha vida e da minha vida académica, e que me apoiaram em todos os momentos.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento e Motivação	1
1.2	A Empresa	1
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Método seguido no projeto	2
1.5	Estrutura da dissertação	3
2	Enquadramento Energético Europeu e Nacional.....	5
2.1	Na União Europeia.....	5
2.2	Em Portugal	6
2.3	Metas e Objetivos	7
3	Sistemas de Monitorização e Gestão de Energia.....	9
3.1	Sistemas de Monitorização de Energia.....	9
3.1.1	Manual M&V	9
3.1.2	Regulamentação Portuguesa	10
3.2	Sistemas de Gestão de Energia.....	10
3.2.1	Norma ISO 50001 – Sistemas de Gestão de Energia	11
3.2.2	Regulamentação Portuguesa	13
3.3	Gestão Técnica Centralizada	14
4	Caso de Estudo - Metodologia.....	17
4.1	Manual de Iluminação	17
4.1.1	Manual de Iluminação – Versão da empresa.....	17
4.1.2	Manual de Iluminação – Versão cliente	19
4.2	Validação dos Contadores	20
4.3	Sistema de Alarmes e Alertas	23
4.4	Relatório Diário de Alarmes – “ <i>Operational Report</i> ”	28
4.5	Relatório Semanal de Consumo de Energia – “ <i>Energy Management Report</i> ”	31
5	Caso de Estudo – Resultados.....	33
5.1	Iluminação interior do centro comercial.....	33
5.2	Iluminação dos parques de estacionamento	35
5.3	Iluminação.....	38
5.4	Edifício	39
6	Conclusões e Trabalhos Futuros	43
	Referências	45
ANEXO A:	Validação dos Contadores – Exemplo de Cálculo	47
ANEXO B:	Exemplo de Alarmes – Iluminação interior do centro comercial	49
ANEXO C:	Exemplo de Alarmes – Iluminação dos parques de estacionamento	51

Abreviaturas e Símbolos

CO₂ – Dióxido de Carbono

GEE – Gases com Efeito de Estufa

GTC – Gestão Técnica Centralizada

M&V – Medição e Verificação

SGE – Sistema de Gestão de Energia

SME – Sistema de Monitorização de Energia

Índice de Figuras

Figura 1 - Consumo de energia primária na União Europeia (Dados: PORDATA, s.d.).....	5
Figura 2 - Evolução dos consumos de electricidade nos vários sectores da União Europeia (Dados:PORDATA, s.d.).....	6
Figura 3 - Evolução do consumo de energia primária em Portugal (Dados: PORDATA, s.d.).	6
Figura 4 - Evolução dos consumos de eletricidade nos vários sectores em Portugal (Dados: PORDATA, s.d.)	7
Figura 5 - Modelo de sistema de gestão de energia da Norma ISO 50001:2011 (ISO - International Organization for Standardization, 2011).....	12
Figura 6 - Exemplo de uma planta dos projetos de iluminação do edifício	18
Figura 7 - GTC do edifício	18
Figura 8 - Manual de Iluminação: Horários semanais (“Monday to Friday”)	19
Figura 9 - Manual de Iluminação: <i>Schedules</i>	19
Figura 10 - Manual de Iluminação: <i>Zones</i>	19
Figura 11 – Versão Cliente do Manual de Iluminação: Horários Semanais (<i>Monday to Friday</i>)	20
Figura 12 – Exemplo de uma página de Excel para um contador	20
Figura 13 - Exemplo de um perfil teórico de consumo de energia de um contador.....	21
Figura 14 - Exemplo de um perfil real de consumo de energia de um contador.....	21
Figura 15 - Exemplo de um contador validado	22
Figura 16 - Exemplo de um contador não validado	22
Figura 17 - Exemplo de validação de contadores com base em perfis reais	22
Figura 18 - Novo perfil teórico do contador exemplo	23
Figura 19 - Divisão do perfil teórico de consumo em períodos	23
Figura 20 - Exemplo de um alarme definido para um contador.....	24
Figura 21 - Exemplo de um alerta definido para um contador.....	24
Figura 22 – Cruzamento entre o perfil de alarme e um perfil real	25
Figura 23 – Exemplo de um novo perfil de alarme	25
Figura 24 - Exemplo de um novo perfil de alerta.....	25
Figura 25 - Exemplo de configuração dos alarmes e alertas para um contador nos dias da semana	26
Figura 26 - Aspeto da página de configuração dos alarmes e dos lertas	26
Figura 27 - Aspeto de uma página de dados diária.....	27
Figura 28 - Aspeto de uma página diária de análise de dados.....	27

Figura 29 - Exemplo de ocorrência de alarmes e alertas	28
Figura 30 - Página de visão geral dos alarmes que ocorreram ao longo do mês.....	28
Figura 31 - Sumário Global do Relatório Diário de Alarmes.....	29
Figura 32 - Sumário Mensal do Relatório Diário de Alarmes.....	29
Figura 33 – Análise Diária do Relatório Diário de Alarmes	30
Figura 34 – Parâmetros mencionados no reporte de alarmes (exemplo).....	30
Figura 35 – Gráfico de reporte de alarmes (exemplo).....	30
Figura 36 – “ <i>Energy Management Report</i> ” (página exemplo).....	31
Figura 37 – Evolução dos consumos energéticos da iluminação interior do centro comercial, nos meses de análise	34
Figura 38 – Evolução das emissões de CO ₂ da iluminação interior do centro comercial, nos meses de análise.....	34
Figura 39 - Comparação dos consumos energéticos da iluminação interior do centro comercial de Março a Junho entre 2016 e 2017	35
Figura 40 - Evolução dos consumos energéticos da iluminação dos parques de estacionamento, nos meses de análise	36
Figura 41 – Evolução das emissões de CO ₂ da iluminação dos parques de estacionamento, nos meses de análise.....	37
Figura 42 - Comparação dos consumos energéticos da iluminação dos parques de estacionamento de Março a Junho entre 2016 e 2017	37
Figura 43 - Evolução dos consumos energéticos da iluminação, nos meses de análise.....	38
Figura 44 - Evolução das emissões de CO ₂ da iluminação, nos meses de análise	39
Figura 45 - Comparação dos consumos energéticos da iluminação de Março a Junho entre 2016 e 2017	39
Figura 46 - Evolução dos consumos energéticos do edifício, nos meses de análise	40
Figura 47 - Evolução das emissões de CO ₂ do edifício, nos meses de análise	40
Figura 48 - Comparação dos consumos energéticos do edifício de Março a Junho entre 2016 e 2017	41
Figura 49 - Exemplo de alarme por controlo manual.....	49
Figura 50 - Exemplo de alarme de magnitude.....	49
Figura 51 - Exemplo de alarme de ocorrência	50
Figura 52 - Exemplo de alarme de magnitude na iluminação dos parques de estacionamento	51
Figura 53 - Exemplo de alarme de ocorrência na iluminação dos parques de estacionamento	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Critérios para classificação de alarmes	29
Tabela 2 - Resultados obtidos na análise da iluminação interior do centro comercial.....	33
Tabela 3 - Resultados obtidos na análise da iluminação dos parques de estacionamento.....	35
Tabela 4 - Exemplo de cálculo da energia consumida por um contador	47

1 Introdução

1.1 Enquadramento e Motivação

A energia é um elemento essencial para promover o desenvolvimento económico e social de todos os países e, por este motivo, a sua disponibilidade e acessibilidade são fatores preponderantes para este desenvolvimento.

A utilização de energia começou por ter maior impacto a partir da revolução industrial, a partir do qual o consumo teve um crescimento exponencial. Com os avanços tecnológicos verificados nos últimos anos, e com a melhoria dos padrões de qualidade de vida, a energia passou a ser utilizada ainda mais intensivamente aumentando, desta forma, os impactos económicos e ambientais associados.

Como é de conhecimento geral, grande parte da energia é produzida através de combustíveis fósseis, como é o caso do petróleo, do carvão e do gás natural, cuja velocidade de renovação na natureza é muito inferior à velocidade com que são consumidos. Devido à reduzida disponibilidade destes produtos os preços tendem a variar constantemente, sendo que a tendência aponta para o contínuo crescimento o que afeta de forma negativa a economia dos países envolvidos.

Para além dos impactos económicos associados ao consumo intensivo de energia, existem ainda vários impactos ambientais relacionados com a sua produção e utilização como é o caso das alterações climáticas e do aquecimento global proporcionados pela libertação de gases com efeito de estufa.

Como forma de minimizar os efeitos causados pela emissão dos gases com efeito de estufa, vários países tem vindo a implementar normas e medidas para reduzir, ao máximo, os consumos de energia.

Com esta necessidade de utilizar de forma mais racional e eficiente a energia, surgem os Sistemas de Monitorização e Gestão de Energia, para o qual o tema desta dissertação é orientado.

1.2 A Empresa

A presente dissertação foi realizada em âmbito empresarial na empresa Edifícios Saudáveis Consultores.

Fundada em 1996, a Edifícios Saudáveis Consultores é uma empresa diversificada e com experiência internacional, vocacionada para as temáticas da sustentabilidade ambiental em edifícios, tais como:

- Certificação de mérito ambiental com base em sistemas de avaliação com reconhecimento internacional - LEED e BREEAM (empresa responsável pela 1ª Certificação LEED e pela 1ª Certificação BREEAM em Portugal, pela 1ª Certificação LEED GOLD na Península Ibérica e pela 1ª Certificação LEED PLATINUM de um supermercado na Europa);
- Eficiência energética e hídrica em edifícios, em que os serviços vão desde o apoio à contratação energética até à gestão global das instalações, com vista a redução da fatura energética dos clientes;
- Qualidade do ar interior, ajudando gestores de edifícios a resolver problemas complexos e a maximizar a satisfação e produtividade dos ocupantes dos edifícios que operam, e colaborando com promotores para garantir níveis de conforto ambiental de excelência nos edifícios que constroem.

1.3 Objetivos do projeto

O objetivo da presente dissertação surgiu com a necessidade de reduzir os consumos de energia e, adicionalmente, a redução dos custos na fatura de eletricidade.

Assim, pretende-se que seja desenvolvido um sistema de alarmes que, com base em dados reais, permita analisar os consumos energéticos da iluminação de um grande edifício e, com isto, auxiliar na tarefa de gestão.

Este sistema deve ser capaz de detectar potenciais desperdícios que, posteriormente, deverão ser reportados ao cliente, em forma de relatório, para que no futuro conduzam a eventuais poupanças. Para além disso, o sistema de alarmes deve ainda ser capaz de detetar falta de serviço energético, isto é, deve gerar um alarme sempre que o consumo de energia seja muito mais baixo do que aquele que era estipulado.

1.4 Método seguido no projeto

Para o desenvolvimento desta dissertação, foram delineadas as seguintes tarefas:

- Desenvolvimento de um Manual de Iluminação;
- Validação dos contadores responsáveis pela medição do consumo energético da iluminação;
- Desenvolvimento de um sistema de alarmes e de alertas;
- Desenvolvimento dos relatórios diários de alarmes - “*Operational Report*”;
- Desenvolvimento dos relatórios semanais dos consumos energéticos do edifício - “*Energy Management Report*”.

1.5 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em seis capítulos:

- No Capítulo 2 é feito um enquadramento da situação energética na União Europeia e em Portugal, e são ainda apresentadas as metas e medidas estabelecidas para a redução destes consumos bem como para a minimização dos impactos ambientais.
- No Capítulo 3 são introduzidos os conceitos de Sistemas de Monitorização e Gestão de Energia onde são abordados alguns tópicos com estes relacionados.
- No Capítulo 4 é apresentada a metodologia seguida durante a realização desta dissertação, com a aplicação ao caso de estudo.
- No Capítulo 5 são apresentados os principais resultados obtidos pela análise dos consumos energéticos do edifício estudado.
- Por último, no Capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões à cerca do trabalho realizado e ainda sugestões de trabalhos futuros.

2 Enquadramento Energético Europeu e Nacional

2.1 Na União Europeia

Com a revolução industrial, e consequente aumento da produção, o consumo de energia teve um aumento exponencial. Contudo, devido essencialmente à grave crise económica que se fez sentir na União Europeia, o consumo de energia primária sofreu uma redução, a qual se pode observar na Figura 1. Ainda na mesma figura se verifica que os combustíveis fósseis são ainda muito utilizados, representando uma percentagem considerável no consumo final de energia. Por outro lado, as energias renováveis começam a ser, cada vez mais, uma forte aposta para a produção de energia.

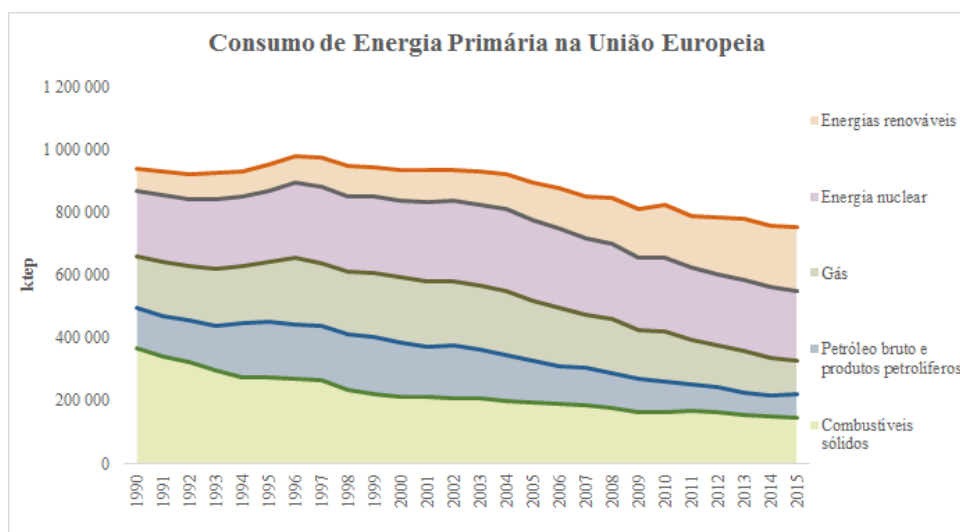


Figura 1 - Consumo de energia primária na União Europeia (Dados: PORDATA, s.d.)

No que respeita à electricidade, apesar da redução dos consumos anteriormente referida, verifica-se que o seu consumo tem aumentado na União Europeia, como se pode ver na Figura 2. O setor dos serviços tem tido um crescimento significativo nos últimos anos e, por este motivo, este sector é um dos principais responsáveis por este aumento. Por outro lado, o setor industrial a par do setor doméstico tem mantido os seus consumos estáveis ao longo dos anos.

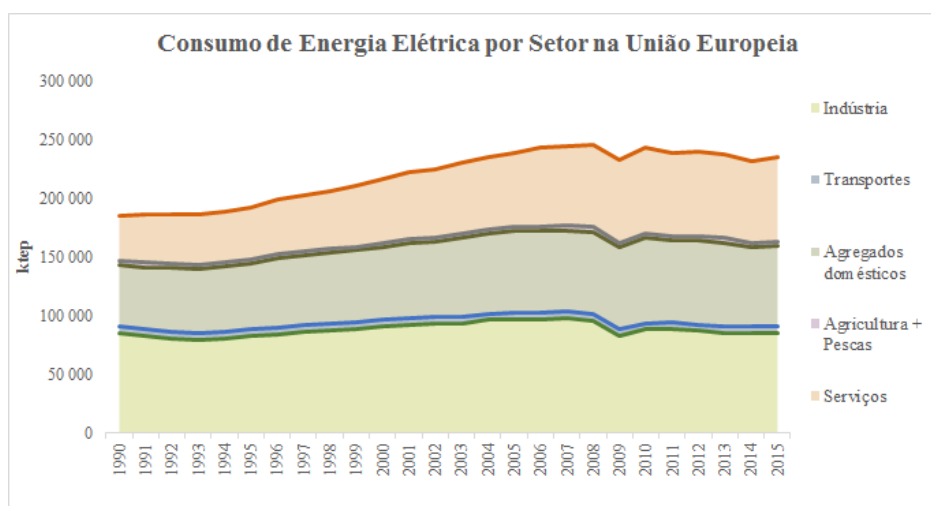


Figura 2 - Evolução dos consumos de electricidade nos vários sectores da União Europeia (Dados: PORDATA, s.d.)

2.2 Em Portugal

Apesar de Portugal ser um país extremamente bem servido por fontes naturais com potencial para produção de energia renovável, e apesar de todos os esforços realizados nesse sentido, o país continua a depender largamente de outros países no que toca a produção de energia. Assim, as importações de combustíveis fósseis constituem ainda um grande peso na economia e no ambiente do país.

À semelhança da União Europeia, também Portugal apresenta uma tendência diminutiva no consumo de energia primária, especialmente a partir do ano de 2005, tal como se pode ver na Figura 3. Em grande parte, esta diminuição deve-se, essencialmente à grave crise económica que ainda se faz sentir.

Como se pode perceber pela análise da Figura 3, os combustíveis fósseis, apesar da grande redução, continuam a ser a principal fonte para obtenção de energia. No entanto, verifica-se ainda que nos últimos anos a produção de energia através de tecnologias que utilizam fontes naturais e renováveis (energia renovável) têm vindo a ganhar amplitude.

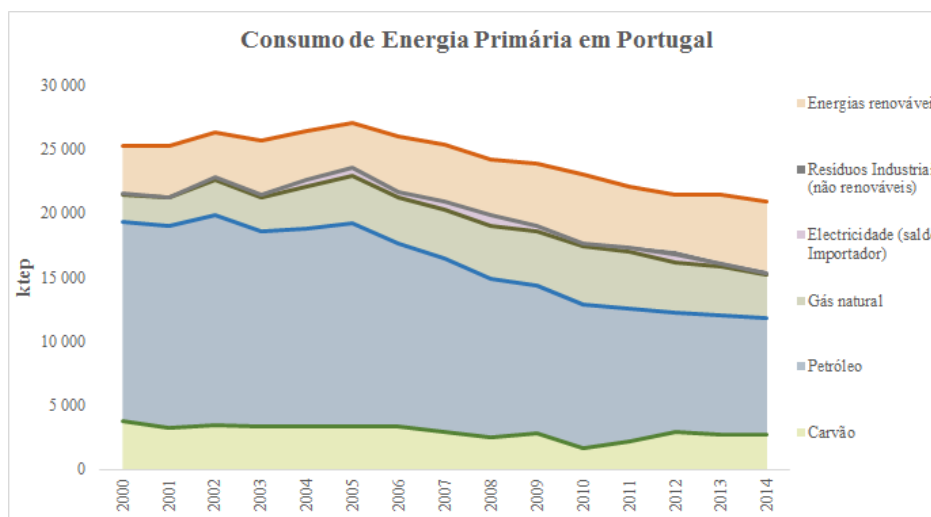


Figura 3 - Evolução do consumo de energia primária em Portugal (Dados: PORDATA, s.d.)

No que respeita à evolução do consumo de energia elétrica em Portugal, o mesmo aumentou exponencialmente até 2012, tendo ocorrido posteriormente um decréscimo pouco significativo até ao final de 2015, tal como se pode observar na Figura 4. Ainda na Figura 4 é possível observar-se um aumento significativo do consumo de eletricidade por parte do setor dos serviços, ultrapassado em 2014 o valor do consumo do setor industrial que até esta data era o principal consumidor.

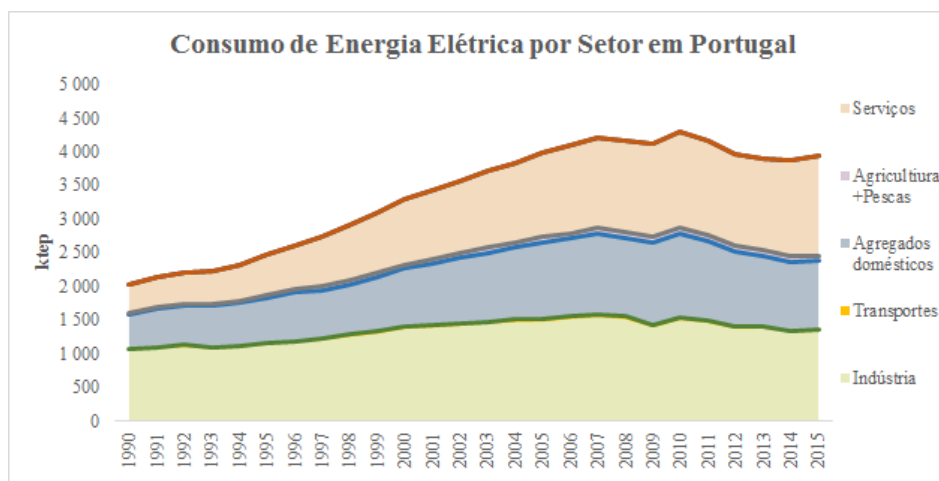


Figura 4 - Evolução dos consumos de eletricidade nos vários sectores em Portugal (Dados: PORDATA, s.d.)

2.3 Metas e Objetivos

Em geral, apesar da redução do consumo verificada nos últimos anos, a energia continua a ser utilizada de forma excessiva, com a agravante de que ainda grande parte é obtida através de combustíveis fósseis.

Associado à utilização destes produtos com origem em fontes fósseis estão, para além dos impactos económicos e sociais, os impactos ambientais, como é o caso do aquecimento global e das alterações climáticas, resultantes das consecutivas emissões de gases com efeito de estufa e consequente aumento das suas concentrações na atmosfera.

Problemas como estes são, há já vários anos, tema de discussão e preocupação por parte da humanidade no sentido em que é essencial a adoção de medidas que sejam capazes de abrandar todos estes efeitos nefastos.

Assim, em Dezembro de 1997, foi desenvolvido, em Quioto, um protocolo de nível mundial, ao qual se deu o nome de Protocolo de Quioto. Este protocolo destinava-se a tornar operacional e dar eficácia jurídica aos objetivos da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, com vista a garantir o combate efectivo às alterações climáticas através do estabelecimento de compromissos quantificados de limitação ou redução das emissões dos GEE por si regulados e tendo em vista uma redução global das mesmas em, pelo menos, 5% abaixo dos níveis verificados em 1990. Para além disso, este protocolo previa ainda a adoção de um sistema de cumprimento contendo os procedimentos e mecanismos adequados e eficazes para determinar situações de não cumprimento das suas disposições e definir as consequências daí resultantes (Diário da República I Série-A - N.º 71, 2002).

Com o objetivo de contribuir para a luta global contra as alterações climáticas e de, simultaneamente, melhorar a sua situação em termos energéticos, os líderes europeus

adotaram, em Dezembro de 2008, um plano estratégico denominado por Pacote “Energia-Clima” ou, também vulgarmente conhecido, Pacote “20-20-20”. Este plano estabelece metas que devem ser cumpridas até 2020 como é o caso da redução em 20% do nível de consumo total de energia verificado em 1990, do aumento para 20% do consumo de energia a partir de fontes renováveis e a redução em 20% das emissões de GEE face ao ano de 1990 (Comissão Europeia, 2015).

Em 2014, com base numa proposta da Comissão, o Conselho Europeu aprovou novas metas para 2030 que passam pela redução de, pelo menos, 40% das emissões de GEE, pela redução do consumo de energia em 27% e pelo aumento para 27% de energias com origem renovável (Quercus - Associação Nacional de Conservação da Natureza, 2014).

Mais recentemente, a 4 de Novembro de 2016, entra em vigor o Acordo de Paris que estabelece um plano de ação global com vista a travar as alterações climáticas a partir de 2020. Para entrar em vigor, este acordo teve de ser ratificado por pelo menos 55 países responsáveis por um mínimo de 55% das emissões mundiais de gases com efeito de estufa (Conselho da União Europeia, s.d.).

Como objetivo a longo prazo o Acordo de Paris pretende limitar o aumento da temperatura média global a níveis abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais e empenhar esforços para limitar o aumento a 1,5 °C. Adicionalmente, este acordo pretende também aumentar a capacidade de adaptação aos impactos adversos das mudanças climáticas e fomentar a resiliência ao clima e o desenvolvimento de baixas emissões de GEE, de forma a não ameaçar a produção de alimentos, e ainda promover fluxos financeiros consistentes com um caminho de baixas emissões de GEE (Nações Unidas, 2015).

3 Sistemas de Monitorização e Gestão de Energia

A luta contra as alterações climáticas e contra o aquecimento global é, nos dias de hoje, um enorme desafio para os todos os governantes. Apesar de todos os esforços mundialmente realizados e apesar de todas as medidas e objetivos traçados, continuamos a viver numa sociedade consumista e poluidora.

Com a necessidade de utilizar a energia de forma mais racional e mais eficiente surge a necessidade de implementar sistemas que auxiliem nesses objetivos – Sistemas de Monitorização e Gestão de Energia.

3.1 Sistemas de Monitorização de Energia

Os Sistemas de Monitorização de Energia (SME) são equipamentos, geralmente contadores, responsáveis pela medição contínua dos consumos energéticos de um determinado edifício, enviando, posteriormente, a informação para um outro sistema que integra todos estes dados e que permite a sua análise.

A implementação de SME em edifícios apresenta várias vantagens, de entre as quais o conhecimento dos perfis de consumo de energia, o conhecimento das tendências dos consumos e dos custos, o acesso a informação de forma simples, rápida e eficaz, permitindo a identificação imediata de oportunidades e/ou ações de racionalização de energia e a possibilidade de compilar informação para análises de *benchmarking* (AIDA - Associação Industrial do Distrito de Aveiro, 2014).

Uma outra vantagem associada aos SME é que estes auxiliam na construção de um manual de Medição e Verificação (vulgarmente designado por Manual de M&V), sendo este uma ferramenta muito importante na gestão de energia.

3.1.1 Manual M&V

Um manual de M&V é uma ferramenta muito útil na tarefa de gestão dos consumos energéticos, uma vez que, este utiliza as medições determinadas pelos SME para calcular, de forma fiável, quais as poupanças reais de um edifício. Estas poupanças são, normalmente, obtidas pela comparação do uso da energia medida antes e após da implementação de um projeto, fazendo os ajustes apropriados para as medidas implementadas (EVO - Efficiency Valuation Organization, 2012).

Num manual de M&V devem constar, pelo menos, alguns dos seguintes tópicos:

- calibração e manutenção da instalação do contador;

- obtenção e triagem de dados;
- desenvolvimento de um método de cálculo e estimativas aceitáveis;
- cálculos com dados medidos;
- relatórios, garantia de qualidade e verificação de relatórios de terceiros (EVO - Efficiency Valuation Organization, 2012).

3.1.2 Regulamentação Portuguesa

Existe na Legislação Portuguesa inúmeros documentos que estabelecem regras e requisitos que os sistemas de monitorização de energia devem respeitar:

- **Decreto-Lei n.º 71/2011, de 16 de Junho**

O Decreto-Lei n.º 71/2011, de 16 Junho, representa a transposição da Directiva n.º 2009//137/CE, da Comissão, de 10 de Novembro.

Neste documento, é fixado o regime jurídico de vários tipos de contadores, de entre os quais, os contadores de energia eléctrica activa, e são definidos os requisitos que estes instrumentos de medição devem satisfazer, bem como os procedimentos de avaliação da conformidade com vista à aposição da marcação CE, fazendo incidir sobre os fabricantes a responsabilidade pela declaração de cumprimento dos requisitos dos instrumentos de medição para colocação no mercado ou em serviço (Diário da República, 1.ª série - N.º 115, 2011).

- **Portaria 231/2013, de 22 de Julho**

A presente Portaria, referente aos contadores inteligentes, aprova os requisitos técnicos e funcionais destes equipamentos, bem como as regras relativas à disponibilização de informação e faturação. Determina ainda a realização de uma avaliação económica de dois em dois anos dos custos e benefícios da instalação dos contadores inteligentes com base na qual será aprovada a implementação destes contadores, incluindo o respetivo calendário de instalação (Diário da República, 1.ª série - N.º 139, 2013).

3.2 Sistemas de Gestão de Energia

Um Sistema de Gestão de Energia (SGE) é entendido como o conjunto de elementos inter-relacionados que estabelecem uma política e objetivos energéticos, bem como todos os processos e procedimentos que são necessários para a concretização desses objetivos (ISO - International Organization for Standardization, 2011).

A implementação numa empresa ou organização de um SGE permite, para além da utilização da energia de uma forma mais eficiente e consequente redução da fatura energética, a poupança de recursos energéticos de origem fóssil, a redução das emissões de GEE para atmosfera, e o conhecimento mais profundo das instalações e do custo energético de cada fase, processo ou sistema. (DGEG - Direção-Geral da Energia e Geologia, 2000).

Para uma adequada gestão energética é essencial começar por conhecer detalhadamente as quantidades e formas de energia consumida e, é também necessário ter conhecimento sobre os equipamentos, seus rendimentos e perdas pelas quais são responsáveis. Todos estes aspetos permitem definir quais os fluxos de energia relevantes e permitem planejar uma intervenção

capaz de provocar uma redução dos consumos, sem afetar a qualidade e a segurança dos serviços (DGEG - Direção-Geral da Energia e Geologia, 2000).

Existem diversos protocolos que servem de base para uma eficiente gestão energética, de entre os quais se encontra a Norma Europeia ISO 50001 abordada na sub-capítulo que se segue.

3.2.1 Norma ISO 50001 - Sistemas de Gestão de Energia

A Norma ISO 50001 – Sistemas de Gestão de Energia – foi publicada em 2011 pela *International Organization for Standardization* (ISO).

A ISO é uma organização internacional, não governamental, que conta com membros de 163 países e 781 órgãos técnicos para cuidar do desenvolvimento de normas internacionais voluntárias, consensuais e relevantes para o mercado, que apoiem a inovação e ofereçam soluções para os desafios globais (ISO - International Organization for Standardization, 2017).

Até à data, a ISO publicou cerca de 21639 normas e documentos relacionados, que fornecem especificações de classe mundial para produtos, serviços e sistemas, para garantir qualidade, segurança e eficiência (ISO - International Organization for Standardization, 2017).

No que respeita à Norma ISO 50001, esta estabelece os requisitos para sistemas de gestão de energia, sobre os quais as organizações podem desenvolver e implementar uma política energética e estabelecer objetivos, metas e planos de ação que tenham em consideração as exigências legais e informações relacionadas com o uso de energia (ISO - International Organization for Standardization, 2011).

Esta Norma pode ser utilizada para certificação, registo e autodeclaração de SGE de uma organização e a sua aplicação mundial contribui para a utilização mais eficiente das fontes de energia disponíveis por forma a aumentar a competitividade e reduzir as emissões de GEE e outros impactos ambientais relacionados.

3.2.1.1 Metodologia

A Norma ISO 50001 é baseada numa metodologia conhecida como “*Plan-Do-Check-Act*” (PDCA) ou, em Português, Planear-Executar-Verificar-Actuar, que integra a gestão de energia nas práticas diárias das organizações, como demonstra a Figura 5.

Neste contexto, a abordagem PDCA pode ser descrita da seguinte forma:

- *Plan* (Planear) – realizar a avaliação energética e estabelecer a linha de base, os indicadores de desempenho energético (IDE), objetivos, metas e planos de ação necessários para produzir resultados que vão melhorar o desempenho energético de acordo com a política de energia da organização;
- *Do* (Executar) – implementar os planos de ação de gestão de energia;
- *Check* (Verificar) – monitorizar e medir os processos e as características chave das operações que determinam o desempenho energético face à política energética e aos objetivos, e relatar os resultados;

- *Act* (Atuar) – empreender ações que visem melhorar continuamente o desempenho do SGE (ISO - International Organization for Standardization, 2011).

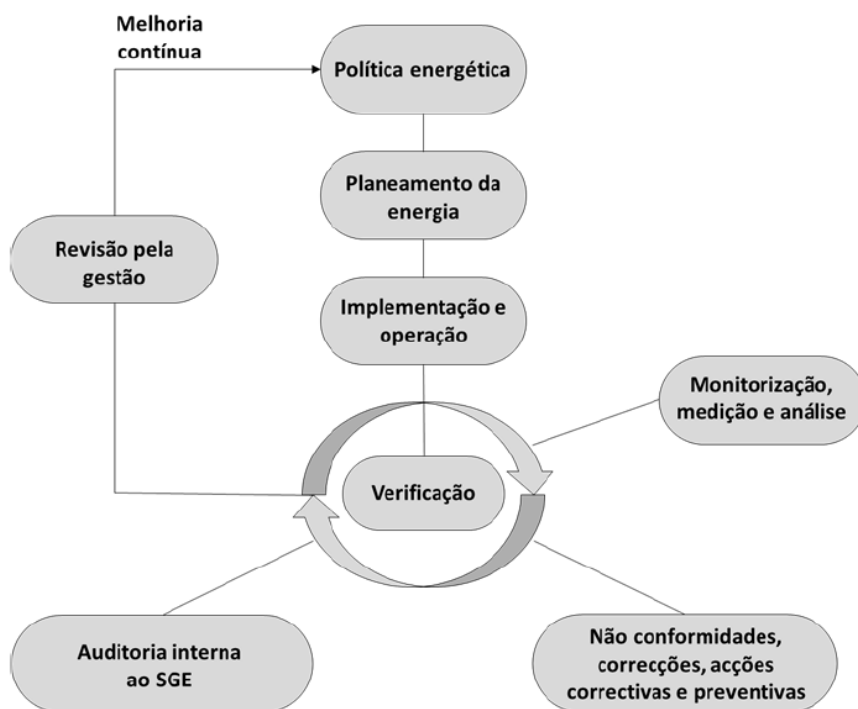


Figura 5 - Modelo de sistema de gestão de energia da Norma ISO 50001:2011 (ISO - International Organization for Standardization, 2011)

3.2.1.2 Organização

A versão Portuguesa da Norma ISO 50001, de 2011, está organizada em quatro secções principais, para além de preâmbulos, introdução, anexos e bibliografia:

1. **Objetivo e campo de aplicação:** nesta secção são referenciados os objetivos para a qual a norma foi desenvolvida e ainda é descrito os campos onde esta pode ser aplicada;
2. **Referências normativas:** esta segunda secção apenas tem lugar na norma para manter idêntica a numeração das secções com a das restantes normas de sistemas de gestão ISO, pois, é nele referido que não são citadas referências normativas;
3. **Termos e definições:** são apresentadas as definições dos vários termos apresentados ao longo da norma;
4. **Requisitos do sistema de gestão da energia:** são apresentados os requisitos necessários para a aplicação da norma e para o seu cumprimento (ISO - International Organization for Standardization, 2011).

3.2.1.3 Benefícios de Implementação

A implementação de um SGE baseado na Norma ISO 50001 pode resultar em inúmeras vantagens, de entre as quais se destacam:

- Redução da fatura energética;
- Aumento da produtividade das organizações;
- Aumento da competitividade nos mercados internos e externos;
- Conhecimento aprofundado das instalações e do custo dos processos;
- Redução dos impactos negativos decorrentes do consumo de energia, incluindo a redução da emissão de GEE;
- E a redução da exposição das entidades a fatores externos (AIDA - Associação Industrial do Distrito de Aveiro, 2014).

3.2.2 Regulamentação Portuguesa

Também na Legislação Portuguesa existem regulamentos que, de certo modo, auxiliam na implementação de um SGE, dos quais, alguns exemplos, serão abordados seguidamente.

- **SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia**

O SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia – foi inicialmente regulamentado pelo Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de Abril, no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia e resultou da revisão do RGCE – Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia. Posteriormente, este diploma foi alterado pela Lei n.º 7/2013, de 22 de Janeiro, e pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015 (SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, s.d.).

Neste quadro, o presente Decreto-Lei define quais as instalações consideradas com consumo intensivo de energia, estendendo a sua aplicação a um conjunto mais abrangente de empresas e instalações com vista ao aumento da sua eficiência energética tendo em atenção a necessidade de salvaguardar a respectiva base competitiva no quadro da economia global, ao mesmo tempo que estabelece um regime diversificado e administrativamente mais simplificado para as empresas que estão vinculadas a compromissos de redução de emissões de CO₂ definidos no PNALE (Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão) (Diário da República, 1.ª série - N.º 74, 2008).

O SGCIE prevê que as instalações consideradas como Consumidoras Intensivas de Energia (CIE) realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, a elaboração e execução de Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn) que contemplem objetivos mínimos de eficiência energética (SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, s.d.).

- **SCE - Sistema de Certificação Energética**

O Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) (Diário da República, 1.ª série - N.º 159, 2013).

Este diploma transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios e, nele são definidas as regras e requisitos para a instalação, condução e manutenção dos sistemas de climatização em edifícios de comércio e serviços, no sentido de promover o respetivo funcionamento otimizado em termos energéticos (Diário da República, 1.ª série - N.º 159, 2013).

- **Decreto-Lei n.º 319/2009, de 3 de Novembro**

Este Decreto-lei transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, e revoga a Directiva n.º 93/76/CE, do Conselho (Diário da República, 1.ª série - N.º 213, 2009).

Neste documento são estabelecidos os objectivos indicativos, mecanismos, incentivos e quadros institucionais, financeiros e jurídicos necessários para eliminar as actuais deficiências e obstáculos do mercado que impedem uma utilização final eficiente da energia. São ainda criadas as condições para o desenvolvimento e promoção de um mercado dos serviços energéticos e para o desenvolvimento de outras medidas de melhoria da eficiência energética destinadas aos consumidores finais (Diário da República, 1.ª série - N.º 213, 2009).

3.3 Gestão Técnica Centralizada

Em muitos edifícios, a gestão dos consumos de energia é realizada por Gestão Técnica Centralizada (GTC), pois esta é uma solução completa e que conduz à utilização racional de energia.

A GTC é um instrumento que permite, ao longo do tempo, estabelecer, adaptar e readaptar estratégias operacionais, monitorizar todos os os sistemas e órgãos vitais do edifício e ajudar o seu gestor técnico na condução diária, de modo a satisfazer, com eficiência, as suas reais necessidades. Adicionalmente, a GTC facilita o acesso e o armazenamento de dados, e desenvolve ferramentas para controlo, tais como balanços energéticos, níveis de reservatórios, consumos e emissões de CO₂ e pode ser aplicada em várias áreas como é exemplo a iluminação, o AVAC, permutadores e processos térmicos, etc (RNAE - Associação das Agências de Energia e Ambiente (Rede Nacional), 2014).

Os principais objetivos da GTC passam por:

- centralizar e visualizar a informação relevante dos consumos energéticos;
- comparar, de forma analítica e crítica, os consumos energéticos registados com valores de referência internos e externos - instalações com uso equivalente devem ter consumos energéticos semelhantes;
- avaliar os comportamentos energéticos estáticos e dinâmicos, e tendo em conta todos os custos inerentes;
- aplicar as fontes de energias renováveis, considerando os fatores ecológicos e económicos;
- minimizar as emissões de CO₂, assegurando uma proteção sustentável do ambiente para o futuro;

- utilizar equipamentos e materiais certificados com rendimentos garantidos e aplicar soluções tecnicamente inovadoras;
- interligar todas as instalações técnicas do edifício, através de sistemas de automação abertos e flexíveis;
- alertar os utentes para o uso racional e responsável das instalações, aumentando a sensibilidade pelos consumos de energia;
- assegurar a redução dos custos de exploração (RNAE - Associação das Agências de Energia e Ambiente, 2014).

4 Caso de Estudo - Metodologia

O desenvolvimento da presente dissertação parte da análise e do estudo de um caso real, mais concretamente, de um edifício de comércio e serviços. Este edifício encontra-se situado em Itália e é composto por um centro comercial, com 4 pisos e uma área de 48 196 m², e por um parque de estacionamento, com 5 pisos e uma área de 51 840 m².

Em 2016, a fatura de electricidade deste edifício foi de 3,2 GWh, representando um total de 500 k€. Com o desenvolvimento desta dissertação, pretende-se que a mesma venha a contribuir para a redução destes valores já em 2017.

No que respeita a este projeto, apenas foi considerado o indicador iluminação sendo que, o método aqui seguido pode ser adaptado aos restantes indicadores, como o AVAC, transporte vertical, ventilação, etc.

O indicador iluminação encontra-se dividido em três sub-indicadores - Iluminação interior do centro comercial, Iluminação exterior e Iluminação dos parques de estacionamento – sendo que destes, apenas foram analisadas as iluminações do interior do centro comercial e dos parques de estacionamento, uma vez que a iluminação exterior era maioritariamente composta por fotocélulas e a sua análise não iria conduzir a poupanças significativas.

Neste capítulo será apresentada toda a metodologia seguida para a elaboração deste projeto sendo que, a sua estruturação será efetuada com base na cronologia das tarefas realizadas e já descritas no ponto 1.4 desta dissertação.

4.1 Manual de Iluminação

O Manual de Iluminação é um documento que apresenta todas as informações que são relevantes e que podem auxiliar em todas as atividades relacionadas com a iluminação. No que respeita a esta dissertação, o Manual de Iluminação vai ser uma ferramenta muito útil no que toca ao cumprimento daquele que é o objetivo principal.

Desta forma, foram desenvolvidas duas versões de um Manual de Iluminação em que, uma delas, destinada ao cliente, apresentava menos informação e, a outra, mais completa, ficaria apenas para a empresa.

4.1.1 Manual de Iluminação - Versão da empresa

A primeira etapa para a construção do Manual de Iluminação foi efetuar o levantamento, por piso e por zona, de todos os circuitos e, para tal, foi necessário recorrer aos projetos de iluminação do edifício, cujo exemplo de uma planta se encontra ilustrado na Figura 6.

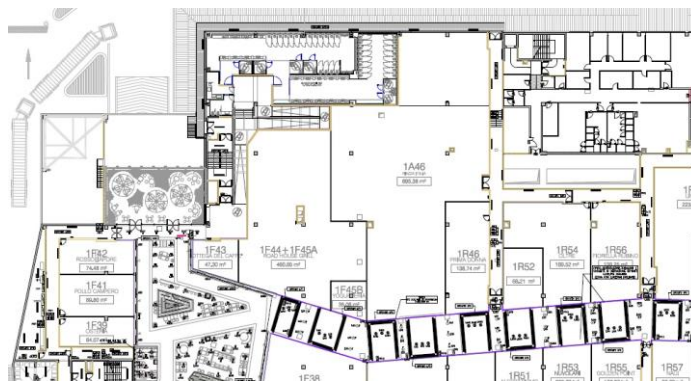


Figura 6 - Exemplo de uma planta dos projetos de iluminação do edifício

Para além do levantamento dos circuitos, os projetos de iluminação foram ainda utilizados para definir qual o tipo de zona em que cada circuito se localizava (praça de alimentação, corredores técnicos, WCs, etc) e para obter a potência de cada um deles. Para a obtenção da potência total de cada circuito foi necessário proceder à contagem do número de lâmpadas e verificar qual a tipologia das mesmas.

Posteriormente, e com auxílio da GTC, cujo aspecto se encontra apresentado na Figura 7, foi estabelecida a correspondência entre a designação dos circuitos retirados dos projetos e os botões de controlo dessa plataforma. Adicionalmente, foi também verificado o tipo de controlo de cada circuito, isto é, se o controlo era realizado por relógio, por fotocélula ou por uma combinação dos dois.



Figura 7 - GTC do edifício

Posto isto, e com recurso ao Manual de M&V do edifício e a uma plataforma *online*, foi determinado qual o quadro elétrico que alimenta cada um dos circuitos, bem como qual o contador que está responsável pela medição da energia consumida por cada um destes.

Por último, foi associado a cada circuito um horário de funcionamento e, a este, um número sequencial. Os horários foram definidos com base no cruzamento dos vários eventos (como por exemplo, abertura e fecho dos restaurantes) com os circuitos que servem essas zonas e ainda com algumas condições de segurança normalmente exigidas. No que respeita à numeração atribuída, esta serve apenas para identificar circuitos com o mesmo horário, isto é, horários iguais são identificados com o mesmo número.

Na Figura 8 é apresentada uma página do Manual de Iluminação, onde consta toda a informação anteriormente descrita.

2. MONDAY — FRIDAY

Lighting Manual	ZONES	FIDUCIAL LINE	TYPE	DESIGN LABEL		LAMP	EVENTS		CONTROL TYPE	SCHEDULING	
				Label	SubLabel		Event	Event			
1. Road Mts	S	FIDUCIAL LINE	LED	LED10	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED11	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED12	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED13	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED14	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED15	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED16	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED17	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED18	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED19	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED20	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED21	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED22	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED23	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED24	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED25	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED26	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED27	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED28	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED29	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10
				LED30	UPMILL-B01-R	100	10	10	10	10	10

Figura 8 - Manual de Iluminação: Horários semanais (“Monday to Friday”)

Uma vez que os horários dos eventos de sábado e domingo/feriado diferem dos dias da semana, foi necessário criar mais duas páginas, idênticas à anteriormente apresentada, em que a única diferença apenas se encontra na parametrização destes horários.

Para além das páginas anteriormente mencionadas, o Manual de Iluminação conta ainda com uma página inicial, na qual é explicado o propósito deste manual e onde são apontadas algumas notas importantes para o leitor, uma página de nome “Schedules” onde são apresentados os diferentes horários com a correspondente numeração (Figura 9) e uma página denominada “Zones” onde são apresentadas as plantas de cada piso (Figura 10).

5. SCHEDULES

Lighting Manual

Page 10 of 11

1. Road Mts

Ref	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
1 Monday to Friday																									
2 Monday to Friday																									
3 Monday to Friday																									
4 Monday to Friday																									
5 Monday to Friday																									
6 Monday to Friday																									
7 Monday to Friday																									
8 Monday to Friday																									
9 Monday to Friday																									
10 Monday to Friday																									
11 Monday to Friday																									
12 Monday to Friday																									
13 Monday to Friday																									
14 Monday to Friday																									
15 Monday to Friday																									
16 Monday to Friday																									
17 Monday to Friday																									
18 Monday to Friday																									
19 Monday to Friday																									
20 Monday to Friday																									
21 Monday to Friday																									
22 Monday to Friday																									

Figura 9 - Manual de Iluminação: Schedules



Figura 10 - Manual de Iluminação: Zones

4.1.2 Manual de Iluminação - Versão cliente

A versão cliente do Manual de Iluminação é composta pelas mesmas páginas da versão interna, sendo que, a única diferença entre estes dois manuais reside no facto de a versão cliente apresentar menos informação nas páginas onde são descritos todos os circuitos de iluminação do edifício. Na versão cliente, o aspeto destas páginas é igual ao representado na Figura 11.

[illegible]

Figura 11 – Versão Cliente do Manual de Iluminação: Horários Semanais (*Monday to Friday*)

4.2 Validação dos Contadores

Um dos objetivos intermédios desta dissertação passou pela validação dos contadores, isto é, pela verificação do modo de funcionamento destes equipamentos. Para isso, foram, inicialmente, determinados os perfis teóricos de consumo de cada um dos contadores para que estes pudessem, posteriormente, ser comparados com os perfis reais.

Para a determinação dos perfis teóricos de consumo foram analisados todos os contadores da iluminação e verificado, com o auxílio do Manual de Iluminação, anteriormente descrito, quais os quadros elétricos por estes medidos e os respectivos circuitos a estes ligados.

Assim, foi construída uma folha de Excel, ilustrada na Figura 12, em que cada página representa um contador e onde, dentro de cada uma delas, são especificados quais os quadros elétricos e quais os circuitos por estes medidos.

Q-MALL - DDx-xx									
REF. ZONE	Design Label	BMS Label (Buttons)	Lamp			Power	Switch Label	X-mas	
			Type	Number	Un. Power				
S0A	LEXTI1	LEXTI1	MH	11	70	770	Circolo LEXTI1 - ILLUMINEX INGRESSO DX	N	
S0B	LNIT	LNIT	MH	12	70	840	Circolo LNIT - ILLUM spogliato c/o corridoio S	N	
S0CD	LN41	LN41	LED	6	5	30	Circolo LN41 - ILLUM INSEGNA NEGOZI	N	
S0CL	LN71	LN71	LED	2	5	10	Circolo LN71 - ILLUM INSEGNA TOTEM MALL	N	
S0D	LN31	LN31	LED	1	5	5	Circolo LN31 - ILLUM INSEGNA NEGOZI	N	
S0D	LN11	LN11	TF	26	35	910	Circolo LN11 - ILLUM MALL	Y	
S0E	LN15	LN15	TF	26	35	910	Circolo LN12 - ILLUM MALL	Y	
S0D	LN13	LN13	TF	26	35	910	Circolo LN12 - ILLUM MALL	Y	
S0CE	LN14	LN14	TF	21	35	735	Circolo LN14 - ILLUM MALL	Y	
S0D	LN16	LN16	MH	3	70	210	Circolo LN16 - ILLUM MALL	Y	
S0D	LN16	LN16	TF	7	35	245	Circolo LN16 - ILLUM MALL	Y	
S0CE	LN61	LN61	LED	2	5	10	Circolo LN61 - ILLUM INSEGNA TOTEM MALL	N	
S0E	LN15	LN15	TF	26	35	910	Circolo LN15 - ILLUM MALL	N	
S0ET	LN31	LN31	LED	6	5	40	Circolo LN31 - ILLUM INSEGNA NEGOZI	N	
S0E	LN5	LN5	TF	22	35	770	Circolo LN5 - ILLUM MALL CONTROSPEDOTTO IN	N	
S0HN	LN11	LN11	MH	10	70	700	Circolo LN11 - ILLUM FIORIERE PARK 12.00	N	
S0ILM	LN12	LN12	MH	12	70	840	Circolo LN12 - ILLUM FIORIERE PARK 12.00	N	
TOTAL LAMPS			221						
Vh kWh									
Vh kWh									

Monday to Friday																													
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	25:00	26:00	27:00	28:00	29:00

Figura 12 – Exemplo de uma página de Excel para um contador

Com o conhecimento do horário e da potência de cada circuito ($P_{cir,i}$) é possível, através da Equação 4.1, obter qual a energia consumida por cada um deles ($E_{cir,i}$), num dado intervalo de tempo.

$$E_{\text{cir},i} = P_{\text{cir},i} \times \Delta t \quad (4.1)$$

Para cada contador, a energia medida é obtida pelo somatório da energia consumida por cada circuito, como mostra a Equação 4.2.

$$E_{\text{contador}} \Delta t = \sum E_{\text{circuit}} \Delta t \quad (4.2)$$

No Anexo A é demonstrado, com um exemplo de cálculo para um contador, como é possível determinar um perfil teórico, estando este ilustrado na Figura 13 que se segue.

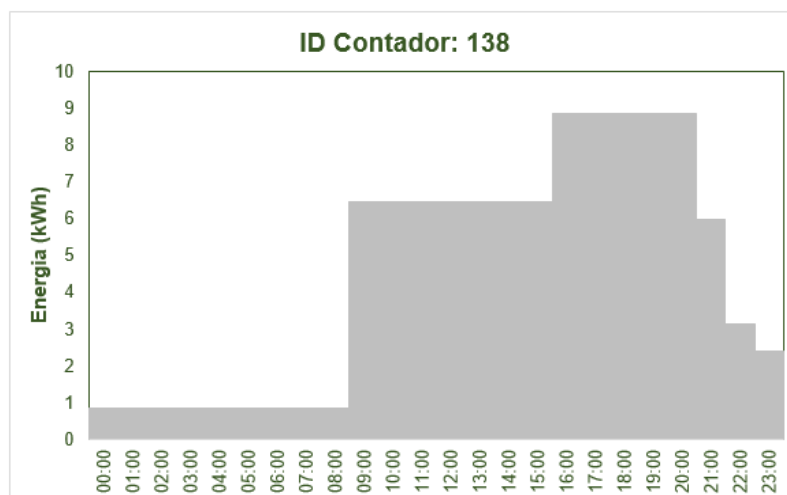


Figura 13 - Exemplo de um perfil teórico de consumo de energia de um contador

Os perfis reais de consumo são obtidos através de uma plataforma *online* de gestão técnica de edifícios que exporta, da GTC deste caso de estudo, as leituras dos contadores, de 15 em 15 minutos, e importa-os na sua base de dados. Estas leituras são, posteriormente, convertidas em valores de energia e são disponibilizados na plataforma para que possam ser consultados e exportados.

Na Figura 14 é apresentado um exemplo de um perfil real obtido conforme referido anteriormente.

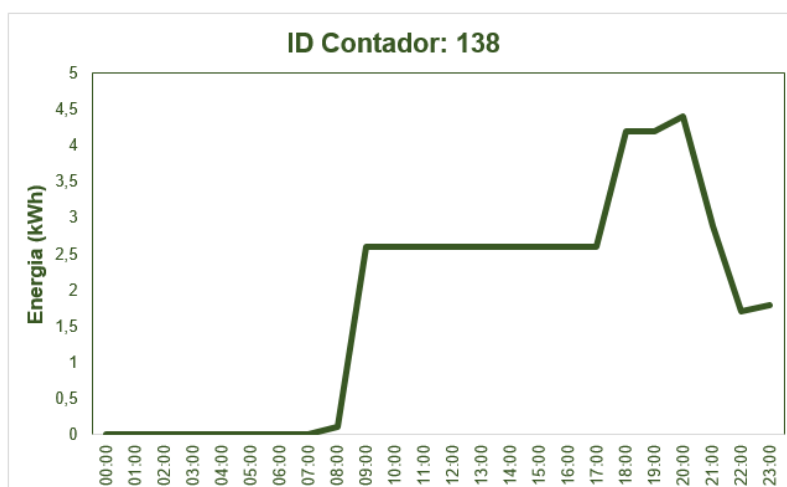


Figura 14 - Exemplo de um perfil real de consumo de energia de um contador

O cruzamento entre o perfil teórico e o perfil real de um mesmo contador pode levar, ou não, à sua validação. Assim, são considerados validados todos aqueles contadores em que os perfis teórico e o real se assemelham de alguma forma. Na Figura 15 é apresentado um exemplo de um contador validado e, na Figura 16, um exemplo de um contador não validado.

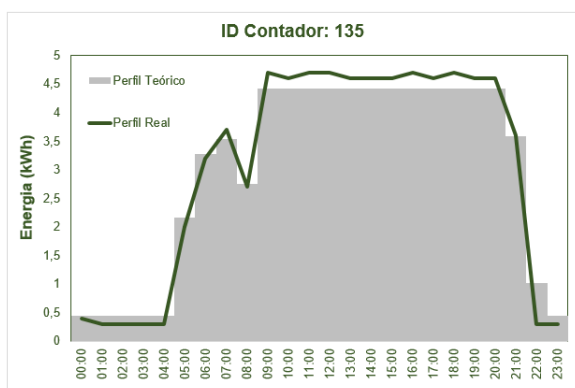


Figura 15 - Exemplo de um contador validado

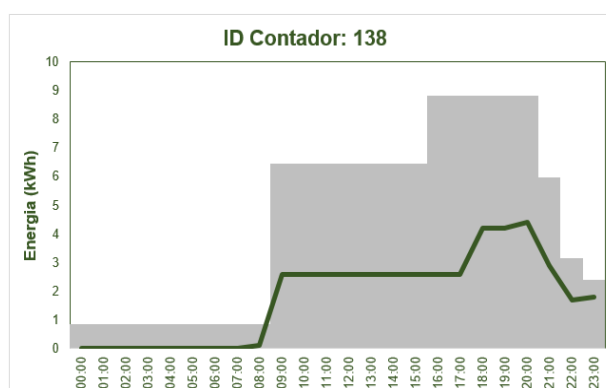


Figura 16 - Exemplo de um contador não validado

No que respeita aos contadores não validados, existem várias razões para que essa validação não aconteça por este método aqui seguido. Uma dessas razões é, talvez a mais importante, é que, para além dos circuitos de iluminação, os contadores podem ainda estar a medir outro tipo de cargas que não são contabilizadas no perfil teórico. Estas cargas podem dizer respeito a um outro indicador, as chamadas cargas de ruído, ou podem simplesmente ser reservas que podem ser utilizadas para ligar, por exemplo, equipamentos. Outra das razões passa pelo não cumprimento dos horários estabelecidos ou pelo controlo manual que pode estar a ser feito por terceiros.

Desta forma, para estes contadores não validados, foi seguido um outro método baseado, apenas, em perfis reais. Este novo método consiste em fazer uma análise dos perfis reais de vários dias e verificar se existe alguma tendência de consumo. Na Figura 17 é apresentado um exemplo de uma análise deste tipo para um contador.

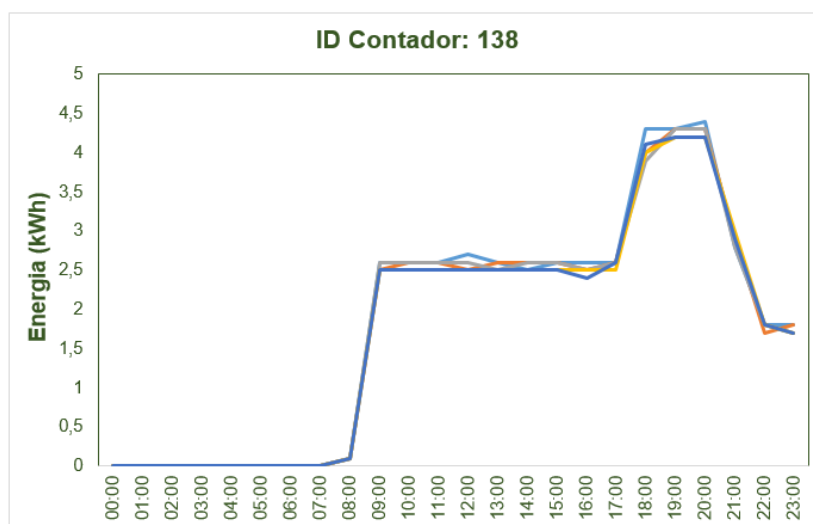


Figura 17 - Exemplo de validação de contadores com base em perfis reais

Como se pode observar pela análise da Figura 17, é verificada uma tendência de consumo deste contador. Assim, o novo perfil teórico é calculado com base na média dos consumos de energia de vários dias representativos. Na Figura 18 é apresentado o novo perfil teórico do contador aqui tomado como exemplo.

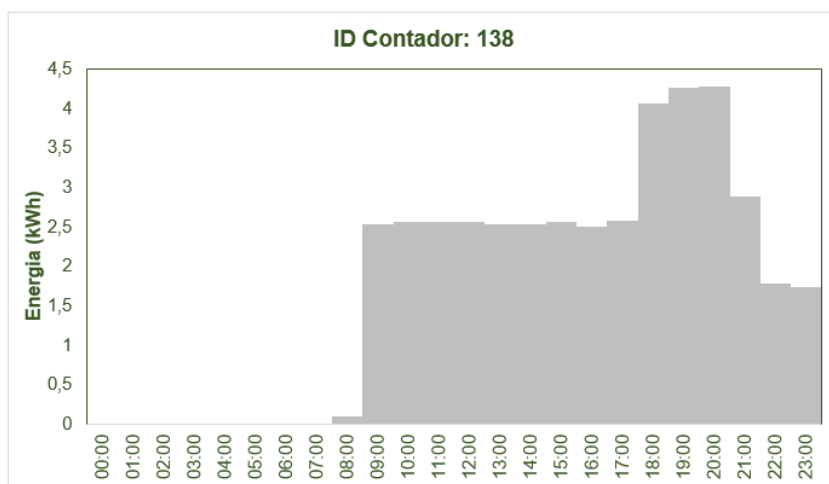


Figura 18 - Novo perfil teórico do contador exemplo

Após a validação de todos os contadores, encontram-se reunidas as condições para que sobre eles se comecem a aplicar os alarmes para os vários períodos do dia.

4.3 Sistema de Alarmes e Alertas

Com a determinação dos perfis teóricos de todos os contadores foi feita, numa primeira abordagem, a divisão desses perfis em vários períodos que poderiam representar abertura ou fecho dos serviços, limpezas, horas de funcionamento dos serviços, horas de almoço ou jantar, etc. Na Figura 19 é apresentado um exemplo prático dessa divisão.

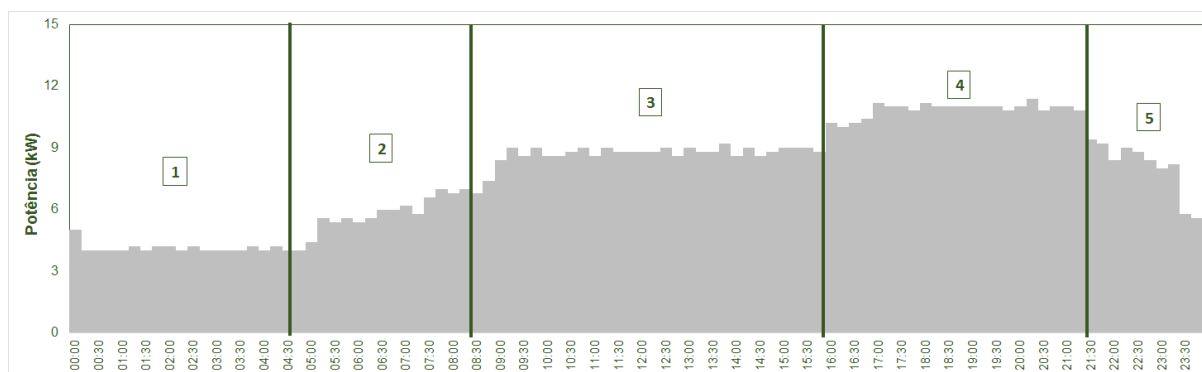


Figura 19 - Divisão do perfil teórico de consumo em períodos

Para cada um dos períodos estabelecidos foram definidos valores de alarme, em energia, e de alerta, em potência. Assim, sempre que, para cada um dos períodos, o valor de energia exceda o valor definido, haverá um sinal de alarme. No caso de o valor de energia não exceder o valor estabelecido mas, em qualquer momento, o valor da potência for superior ao valor definido resultará num alerta.

O valor de alarme, definido para cada período, é calculado com base na soma da energia consumida nesse mesmo período ($\Sigma E_{\text{período},i}$), acrescentando um factor de margem de 10% desse valor, como mostra a Equação 4.3.

$$\text{Alarme (kWh)}_{\text{período},i} = \Sigma E_{\text{período},i} + 0,1 \times \Sigma E_{\text{período},i} = 1,1 \times \Sigma E_{\text{período},i} \quad (4.3)$$

No entanto, para valores de alarme muito baixos (inferiores a 1 kWh), este valor calculado não será adotado, considerando-se, para estes casos, 1 kWh.

Na figura 20 é apresentado um exemplo de alarme definido para um contador sendo que, o perfil de alarme representado é obtido pelo quociente entre o valor definido como alarme e o intervalo de tempo de cada período (em minutos) dividido por 15 minutos.

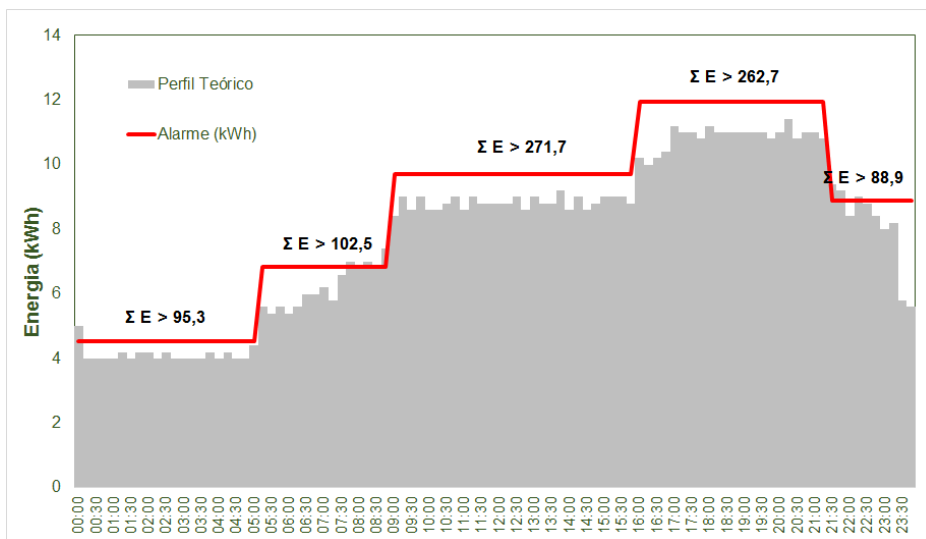


Figura 20 - Exemplo de um alarme definido para um contador

Relativamente ao valor de alerta, este é calculado com base no valor máximo de potência que ocorre durante cada período ($\text{MAX}(P_{\text{período},i})$), acrescentando um factor de margem de 30%, tal como mostra a Equação 4.4. Na Figura 21 é ilustrado um exemplo de um alerta definido para um contador.

$$\text{Alerta (kW)}_{\text{período},i} = \text{MAX}(P_{\text{período},i}) + 0,3 \times \text{MAX}(P_{\text{período},i}) = 1,3 \times \text{MAX}(P_{\text{período},i}) \quad (4.4)$$

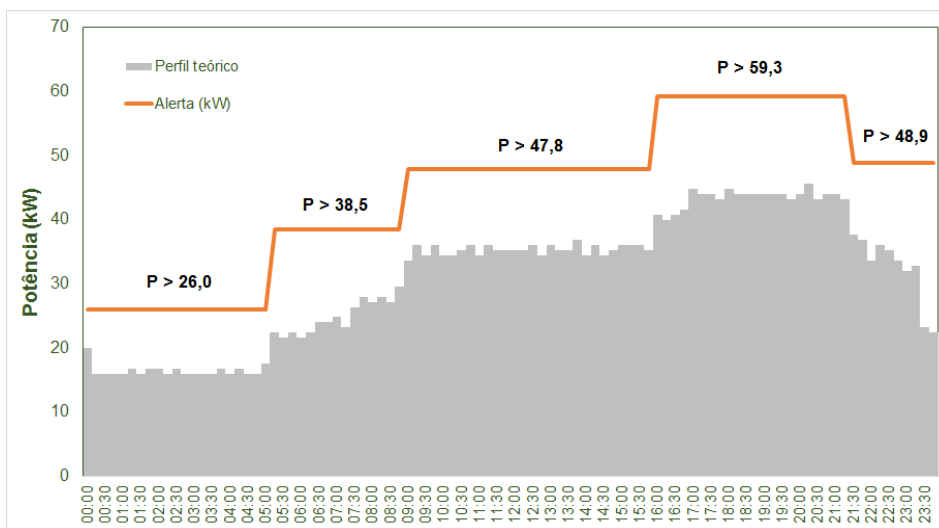


Figura 21 - Exemplo de um alerta definido para um contador

Contudo, ao cruzar o perfil de alarme com um perfil real observou-se que, o facto de os períodos de análise serem, por vezes, demasiado longos, faria com que houvesse desperdício de energia em algumas ocasiões, não havendo sinal de alarme. Na Figura 22 é apresentado um exemplo dessa situação.

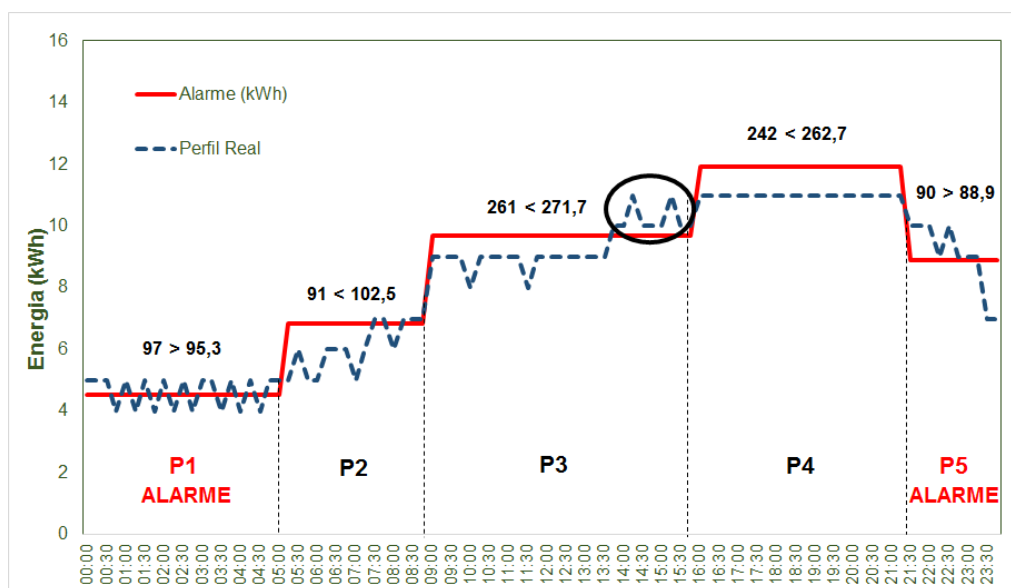


Figura 22 – Cruzamento entre o perfil de alarme e um perfil real

Como se pode observar pela Figura 22, no período definido como “P3” verifica-se que, entre as 13:30h e as 15:30h, o consumo de energia é superior ao perfil de alarme não tendo ocorrido, no entanto, nenhum sinal de alarme. Esta situação acontece, uma vez que nas restantes horas deste mesmo período, os valores de consumo foram mais baixos, havendo assim uma compensação no valor de energia nesse período.

Por forma a evitar desperdícios, como o anteriormente exemplificado, optou-se por fazer uma divisão dos perfis teóricos em vinte e quatro períodos de uma hora.

No que respeita aos valores de alarme e de alerta, estes são, de igual forma, calculados com base nas Equações 4.3 e 4.4 e, os novos perfis são apresentados nas Figuras 23 e 24, respetivamente.

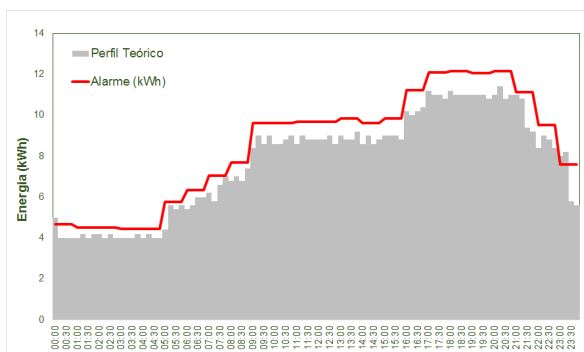


Figura 23 – Exemplo de um novo perfil de alarme

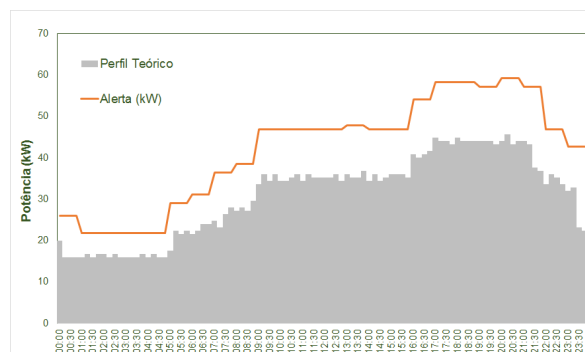


Figura 24 - Exemplo de um novo perfil de alerta

Nesta fase, pensou-se que seria de certa forma útil que, para além dos alarmes e alertas de custo, isto é, por excedência de consumo de energia, houvesse, no mesmo sistema, um sinal de alarme e de alerta que detetasse falhas no serviço, ou seja, falta de consumo devido a avarias, falhas no sistema de controlo, etc.

Os alarmes e alertas de serviço são calculados com base nos alarmes e alertas de custo definidos para cada contador, cujas formas de cálculo se encontram apresentadas nas Equações 4.5 e 4.6.

$$\text{Alarme Serviço (kWh)}_{\text{período},i} = 0,10 \times \text{Alarme Custo (kWh)}_{\text{período},i} \quad (4.5)$$

$$\text{Alerta Serviço (kW)}_{\text{período},i} = 0,05 \times \text{Alerta Custo (kWh)}_{\text{período},i} \quad (4.6)$$

Uma vez que, e como já referido anteriormente, os horários de funcionamento dos circuitos de iluminação diferem aos sábados e aos domingos, todo este processo de definição de alarmes e alertas teve de ser repetido, para cada contador, para estes dois dias.

Após finalizado o processo de definição de alarmes e de alertas de custo e de serviço para todos os contadores, foi necessário criar um sistema que permitisse, de modo simples e eficaz, analisar os consumos reais de energia do edifício em estudo e determinar potenciais desperdícios. Para o desenvolvimento deste sistema, optou-se por utilizar como ferramenta de trabalho o *Microsoft Excel*, onde se construiu um ficheiro mensal.

A primeira etapa de desenvolvimento deste ficheiro passou pela construção de uma página, onde se encontram configurados os alarmes e os alertas de todos os contadores, para os dias da semana, sábado e domingo. Esta página serve como base para a análise dos consumos reais do edifício pois permite, através de comparação, determinar a existência de potenciais desperdícios. Na Figura 25 é ilustrado um exemplo de configuração para um contador, para os dias da semana, e na Figura 26 é apresentado a aspeto de parte desta página aqui referida.

IND.	ID	REF	Segunda a Sexta-feira							
			Período				Custo		Serviço	
			REF	Início	Fim	Duração	Alerta (kW)	Alarme (kWh)	Alerta (kW)	Alarme (kWh)
no 0	37	ILLUMINAZIONE LOCALI, RAMPE, ECC...ILL. PARK	1	0:00	1:00	1:00	4,9	4,1	0,2	0,4
			2	1:00	2:00	1:00	5,1	4,1	0,3	0,4
			3	2:00	3:00	1:00	4,9	4,1	0,2	0,4
			4	3:00	4:00	1:00	5,0	4,1	0,2	0,4
			5	4:00	5:00	1:00	4,9	4,1	0,2	0,4
			6	5:00	6:00	1:00	5,0	4,1	0,2	0,4
			7	6:00	7:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			8	7:00	8:00	1:00	6,4	5,4	0,3	0,5
			9	8:00	9:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			10	9:00	10:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			11	10:00	11:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			12	11:00	12:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			13	12:00	13:00	1:00	6,2	5,3	0,3	0,5
			14	13:00	14:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			15	14:00	15:00	1:00	6,2	5,3	0,3	0,5
			16	15:00	16:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			17	16:00	17:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			18	17:00	18:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			19	18:00	19:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			20	19:00	20:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			21	20:00	21:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			22	21:00	22:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			23	22:00	23:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			24	23:00	23:45	0:45	4,9	4,0	0,2	0,4

Figura 25 - Exemplo de configuração dos alarmes e alertas para um contador nos dias da semana

IND.	ID	REF	Segunda a Sexta-feira							
			Período				Custo		Serviço	
			REF	Início	Fim	Duração	Alerta (kW)	Alarme (kWh)	Alerta (kW)	Alarme (kWh)
no 0	37	ILLUMINAZIONE LOCALI, RAMPE, ECC...ILL. PARK	1	0:00	1:00	1:00	4,9	4,1	0,2	0,4
			2	1:00	2:00	1:00	5,1	4,1	0,3	0,4
			3	2:00	3:00	1:00	4,9	4,1	0,2	0,4
			4	3:00	4:00	1:00	5,0	4,1	0,2	0,4
			5	4:00	5:00	1:00	4,9	4,1	0,2	0,4
			6	5:00	6:00	1:00	5,0	4,1	0,2	0,4
			7	6:00	7:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			8	7:00	8:00	1:00	6,4	5,4	0,3	0,5
			9	8:00	9:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			10	9:00	10:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			11	10:00	11:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			12	11:00	12:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			13	12:00	13:00	1:00	6,2	5,3	0,3	0,5
			14	13:00	14:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			15	14:00	15:00	1:00	6,2	5,3	0,3	0,5
			16	15:00	16:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			17	16:00	17:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			18	17:00	18:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			19	18:00	19:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			20	19:00	20:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			21	20:00	21:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			22	21:00	22:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			23	22:00	23:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5
			24	23:00	23:45	0:45	4,9	4,0	0,2	0,4

Figura 26 - Aspeto da página de configuração dos alarmes e dos lertas

Seguidamente, foi necessário criar uma página de dados, para cada um dos dias do mês, na qual podem ser introduzidos os valores de energia que são exportados da plataforma online de gestão técnica de edifícios, já mencionada neste capítulo. Na Figura 27 é apresentada parte dessa página de dados.

[illegible]

Figura 27 - Aspeto de uma página de dados diária

Para cada página de dados criada, foi necessário desenvolver uma página de análise, onde são lidos, e posteriormente comparados, os valores de alarme e de alerta que constam na página de configuração e os valores dos perfis reais de cada contador, apresentados na página de dados. Na Figura 28 encontra-se representado parte desta página de análise de dados.

IND.	ID	CONTADOR		PERÍODO			CUSTO		SERVIÇO		REAL			DESPERDÍCIO (kWh)	DESPERDÍCIO (€)
		REF	REF	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO	ALERTA (kW)	ALARME (kWh)	ALERTA (kW)	ALARME (kWh)	ALERTA (CUSTO)	ALERTA (SERVIÇO)	ALARME (kWh)		
0.0	97	ILLUMINAZIONE LOCALI, RAMPE, ECC...ILL. PARK	1	0:00	1:00	1:00	4,9	4,1	0,2	0,4	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			2	1:00	2:00	1:00	5,1	4,1	0,3	0,4	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			3	2:00	3:00	1:00	4,9	4,1	0,2	0,4	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			4	3:00	4:00	1:00	5,0	4,1	0,2	0,4	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			5	4:00	5:00	1:00	4,9	4,1	0,2	0,4	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			6	5:00	6:00	1:00	5,0	4,1	0,2	0,4	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			7	6:00	7:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			8	7:00	8:00	1:00	6,4	5,4	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			9	8:00	9:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			10	9:00	10:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			11	10:00	11:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			12	11:00	12:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			13	12:00	13:00	1:00	6,2	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			14	13:00	14:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			15	14:00	15:00	1:00	6,2	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			16	15:00	16:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			17	16:00	17:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			18	17:00	18:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			19	18:00	19:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			20	19:00	20:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			21	20:00	21:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			22	21:00	22:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			23	22:00	23:00	1:00	6,3	5,3	0,3	0,5	0%	100%	0,00	0	0,00 €
			24	23:00	23:45	0:45	4,9	4,0	0,2	0,4	0%	100%	0,00	0	0,00 €

Figura 28 - Aspeto de uma página diária de análise de dados

Como se pode verificar na Figura 28, nesta página são apresentadas as percentagens de ocorrência de alertas, tanto de custo como de serviço, para cada um dos períodos. No caso dos alertas de custo, estas percentagens representam a totalidade de vezes que, num dado período, o valor real excedeu o valor definido para alerta. No caso dos alertas de serviço, as percentagens de ocorrência representam a totalidade das vezes que, num período de análise, os valores de potência não ultrapassaram os valores mínimos definidos.

Ainda nesta página é verificado, na coluna definida como “Alarme (kWh)”, dentro do indicador “Real”, se há ou não sinal de alarme em cada um dos períodos. Nesta coluna, é feita uma formatação condicional em que, se o consumo de energia exceder o valor máximo

estabelecido a célula ficará em tom vermelho, o que indica que há desperdício de energia; se o consumo ficar entre o limite máximo do alarme de custo e o limite máximo do alarme de serviço a célula ficará verde, indicando que o consumo é apropriado; e se o consumo ficar abaixo do limite máximo do alarme de serviço, a célula ficará com cor amarela, indicando que há falta de serviço. Nos casos em que a célula fica a vermelho, é calculado, nas colunas seguintes qual o desperdício que representa, em kWh e em euros. Na Figura 29 é apresentado um exemplo prático onde se verifica a ocorrência de alertas e de alarmes.

64	IL UFFICIO E Z. AFRESCO NELLA FOOD COURT	1	0:00	1:00	1:00	13,2	5,1	0,7	0,5	100%	0%	13,32	8,194	1,08 €
		2	1:00	2:00	1:00	4,1	3,2	0,2	0,3	100%	0%	13,48	10,246	1,35 €
		3	2:00	3:00	1:00	4,0	3,2	0,2	0,3	50%	0%	5,80	2,588	0,34 €
		4	3:00	4:00	1:00	1,1	0,5	0,1	0,1	0%	0%	0,50	0,1	0,00 €
		5	4:00	5:00	1:00	2,6	0,9	0,1	0,1	0%	0%	0,40	0	0,00 €
		6	5:00	6:00	1:00	5,0	2,9	0,2	0,3	0%	0%	0,40	0	0,00 €
		7	6:00	7:00	1:00	6,1	4,9	0,3	0,5	0%	0%	0,60	0	0,00 €
		8	7:00	8:00	1:00	6,0	4,2	0,3	0,4	0%	0%	0,50	0	0,00 €
		9	8:00	9:00	1:00	2,2	1,6	0,1	0,2	0%	0%	1,30	0	0,00 €
		10	9:00	10:00	1:00	3,5	2,6	0,2	0,3	0%	0%	1,40	0	0,00 €
		11	10:00	11:00	1:00	3,4	2,8	0,2	0,3	0%	0%	1,40	0	0,00 €
		12	11:00	12:00	1:00	3,3	2,8	0,2	0,3	0%	0%	1,50	0	0,00 €
		13	12:00	13:00	1:00	3,4	2,8	0,2	0,3	0%	0%	1,20	0	0,00 €
		14	13:00	14:00	1:00	3,2	2,5	0,2	0,2	0%	0%	1,20	0	0,00 €
		15	14:00	15:00	1:00	3,2	2,3	0,2	0,2	0%	0%	1,10	0	0,00 €
		16	15:00	16:00	1:00	4,3	3,0	0,2	0,3	0%	0%	1,20	0	0,00 €
		17	16:00	17:00	1:00	13,9	8,2	0,7	0,8	0%	0%	1,20	0	0,00 €
		18	17:00	18:00	1:00	23,3	16,4	1,2	1,6	0%	25%	1,20	0	0,00 €
		19	18:00	19:00	1:00	28,8	24,3	1,4	2,4	0%	50%	2,90	0	0,00 €
		20	19:00	20:00	1:00	28,8	24,0	1,4	2,4	0%	0%	12,30	0	0,00 €
		21	20:00	21:00	1:00	28,1	23,7	1,4	2,4	0%	0%	21,50	0	0,00 €
		22	21:00	22:00	1:00	28,0	23,6	1,4	2,4	0%	0%	21,50	0	0,00 €
		23	22:00	23:00	1:00	27,7	23,3	1,4	2,3	0%	0%	21,30	0	0,00 €
		24	23:00	23:45	0:45	22,4	17,8	1,1	1,8	0%	0%	6,30	0	0,00 €

Figura 29 - Exemplo de ocorrência de alarmes e alertas

Por último, foi ainda desenvolvida uma página que permite olhar de forma direta para os desperdícios de energia, ao longo do mês, para todos os contadores. Na Figura 30 é apresentado o esquema dessa página.

[illegible]

Figura 30 - Página de visão geral dos alarmes que ocorreram ao longo do mês

4.4 Relatório Diário de Alarmes - “Operational Report”

Construído todo o sistema de análise dos consumos reais do edifício, foi necessário desenvolver um relatório onde, de forma simplificada, fossem reportados, diariamente, os alarmes mais relevantes, ao cliente.

A definição de alarmes relevantes é muito relativa, tendo sido necessário definir alguns critérios para reporte desses alarmes, os quais se encontram apresentados na Tabela 1 que se segue.

Tabela 1 - Critérios para classificação de alarmes

Critérios de classificação de alarmes	
Alarmes de Magnitude	Alarmes cuja magnitude seja superior a 50 kWh
Alarmes de Ocorrência	- Alarmes cuja magnitude seja superior a 10 kWh e que ocorram em, pelo menos, 3 dias consecutivos - Alarmes cuja magnitude seja superior a 10 kWh e que ocorram mais de 50% no espaço de uma semana.

O relatório diário de alarmes é constituído por uma primeira página, ilustrada na Figura 31, onde é apresentado um sumário global da quantidade de alarmes obtidos, em cada mês, desde a data de início de análise.

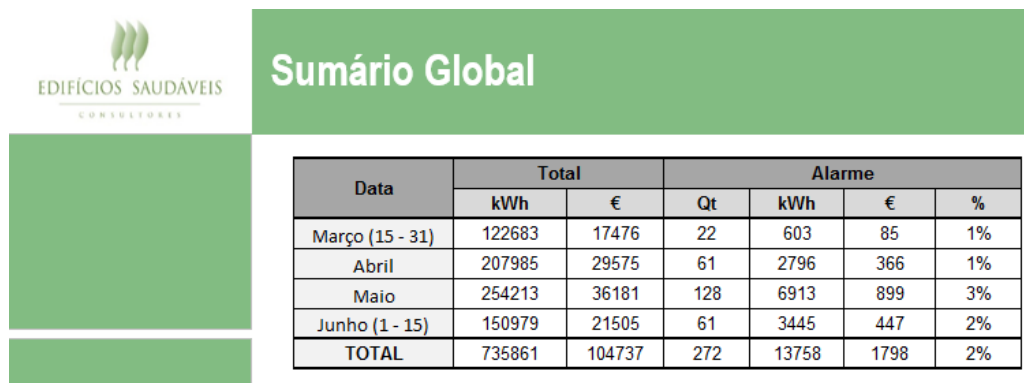


Figura 31 - Sumário Global do Relatório Diário de Alarmes

Para além do sumário global, existe ainda um sumário mensal (Figura 32), mais pormenorizado, onde é permitido analisar, durante o mês corrente, a quantidade de alarmes reportados em cada um dos dias.

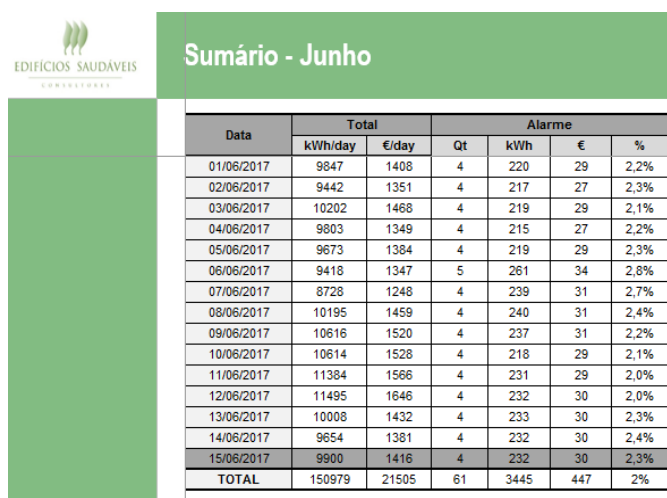


Figura 32 - Sumário Mensal do Relatório Diário de Alarmes

Por último, na terceira página são apresentados, em forma de tabelas, os alarmes do dia em análise, divididos em alarmes de magnitude e em alarmes de ocorrência, como mostra a Figura 33.

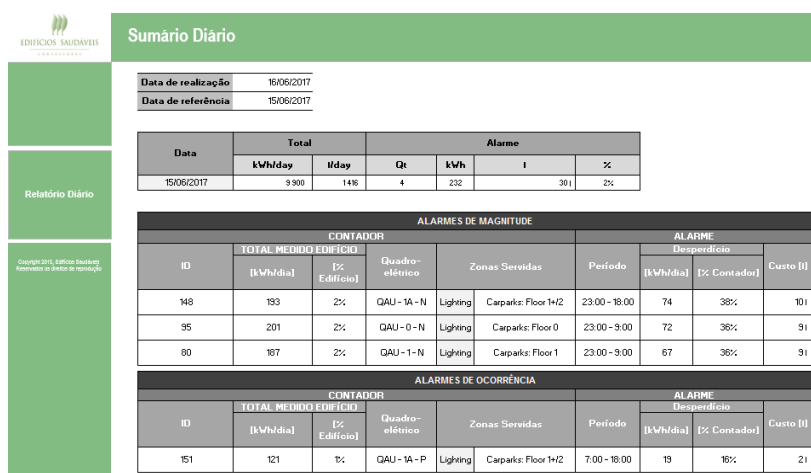


Figura 33 – Análise Diária do Relatório Diário de Alarmes

Nas tabelas de alarmes, tanto de magnitude como de ocorrência, para além do consumo de energia total de cada contador e do desperdício, em kWh, em percentagem e euros, é apresentado a percentagem que esse contador representa no total do edifício, o quadro-elétrico que este mede, a zona que serve e o período onde ocorre esse alarme. Na Figura 34 é apresentado um exemplo para um contador.

CONTADOR						ALARME			
ID	TOTAL MEDIDO EDIFÍCIO		Quadro-elétrico	Zonas Servidas		Período	Desperdício		Custo [€]
	[kWh/dia]	[% Edifício]					[kWh/dia]	[% Contador]	
148	193	2%	QAU - 1A - N	Lighting	Carparks: Floor 1+2	23:00 - 18:00	74	38%	10 €

Figura 34 – Parâmetros mencionados no reporte de alarmes (exemplo)

Por forma a facilitar ainda mais a compreensão destes alarmes por parte do leitor, são produzidos gráficos onde são comparados os perfis teóricos estabelecidos e o perfil real do dia de análise. Nesses gráficos, para além do dia de análise, é sempre analisado o dia anterior. Na Figura 35 é apresentado um gráfico como exemplo.

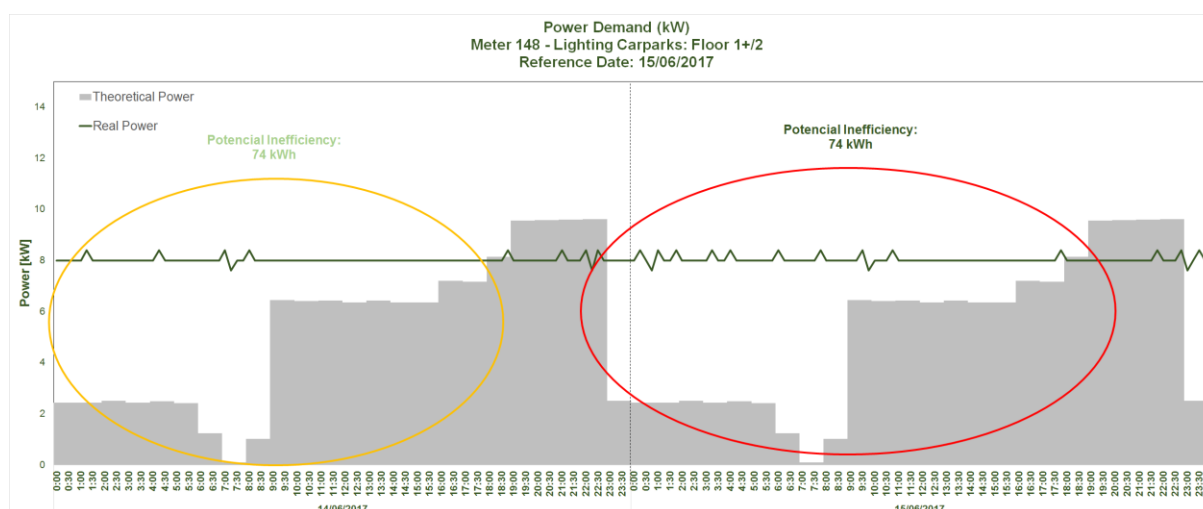


Figura 35 – Gráfico de reporte de alarmes (exemplo)

4.5 Relatório Semanal de Consumo de Energia - “Energy Management Report”

O “Energy Management Report” - em português “Relatório de Gestão de Energia” – é um documento semanal, onde são apresentados os consumos energéticos totais do edifício, e por indicador (iluminação dos parques de estacionamento, iluminação interior, AVAC, ventilação, etc) em forma de tabelas e de gráficos. Este relatório mostra qual a evolução destes consumos ao longo do ano e, compara-os, ainda, com os consumos energéticos de cada um dos meses face aos homólogos do ano anterior.

Este relatório serve, fundamentalmente, como um apoio, quer para os gestores quer para o cliente, para que estes possam perceber se a evolução dos consumos energéticos, face aos consumos do ano anterior, correspondem, ou não, às medidas de redução implementadas no edifício.

Na Figura 36 é apresentado o aspeto de uma das páginas do *Energy Management Report*.

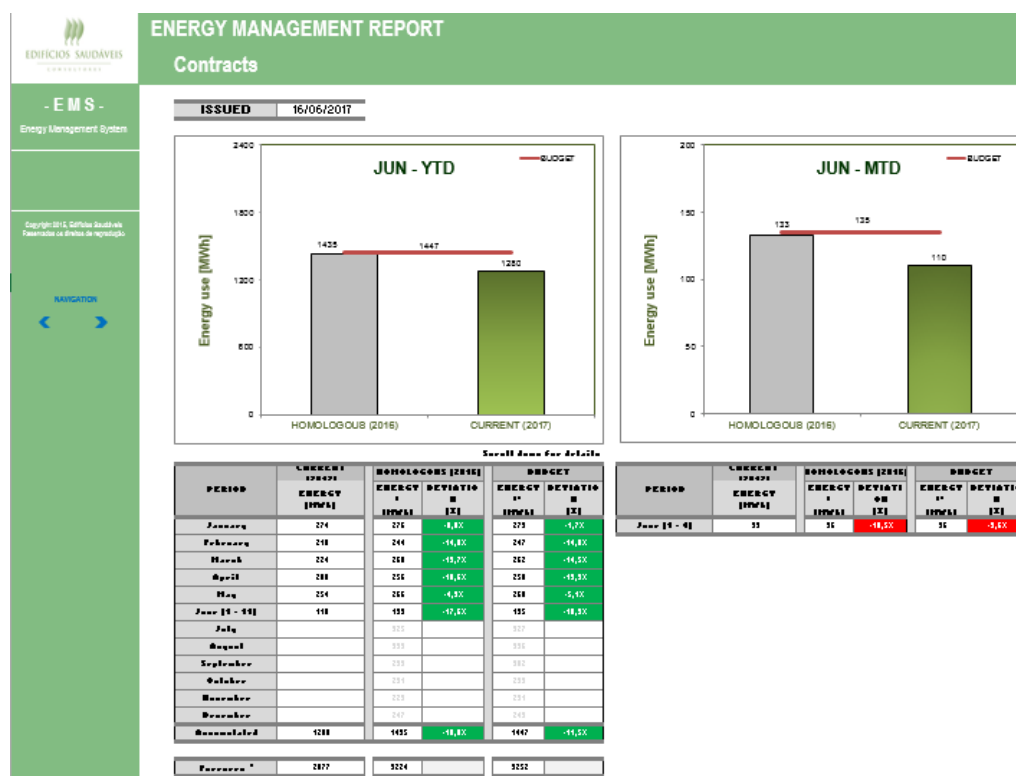


Figura 36 – “Energy Management Report” (página exemplo)

5 Caso de Estudo - Resultados

Após concluída a etapa de desenvolvimento de todo o sistema de monitorização de energia, deu-se início à etapa de análise dos “consumos” reais do edifício em estudo. A palavra “consumo” vai ser empregue ao longo desta dissertação como forma de expressar a quantidade de energia elétrica que é transformada em energia útil pelo edifício.

Relativamente à análise, esta começou a ser realizada no dia 15 de março e, no âmbito desta dissertação, teve a duração de 3 meses. Nos sub-capítulos que se seguem são apresentados os principais resultados obtidos nessa análise.

5.1 Iluminação interior do centro comercial

A iluminação interior do centro comercial é monitorizada por 15 contadores onde foram contabilizados, durante o tempo de análise, cerca de 223 MWh, dos quais 4,2 MWh correspondem à quantidade de energia desperdiçada. Deste desperdício, apenas foram reportados ao cliente 1,8 MWh, o que corresponde a um excesso de 238 € na fatura e uma emissão de mais 830 kg CO₂. Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos durante os 3 meses.

Tabela 2 - Resultados obtidos na análise da iluminação interior do centro comercial

Período	Energia medida (kWh)	Emissão CO ₂ (t CO ₂)	Desperdício					
			Total		Reportado			
			kWh	t CO ₂	nº	kWh	€	t CO ₂
Março (15-31)	43523	20	815	0,38	22	603	85	0,28
Abril	73426	34	2079	0,97	30	1004	131	0,47
Maio	71832	34	996	0,47	6	145	19	0,07
Junho (1-15)	34076	16	293	0,14	1	24	3	0,01
TOTAL	222857	104	4183	1,96	59	1776	238	0,83

Como se pode observar pela análise da Tabela 2, a quantidade de energia desperdiçada pelo edifício, neste indicador, tem vindo a diminuir significativamente desde o início do reporte dos alarmes ao cliente. Esta redução significa que, de certa forma, os desperdícios que foram sendo reportados diariamente nos relatórios de alarmes, conduziram a poupanças nos gastos energéticos.

No que respeita aos gastos energéticos deste indicador, a média diária de consumo de energia também tem vindo a diminuir desde o início da análise, como mostra a Figura 37. Apesar da redução do desperdício energético que se fez sentir, a principal causa para esta redução é o

efeito da luz do dia que, nos meses de verão, tem uma maior duração e faz com que a iluminação que, até estes meses se ligava a partir das 16h, fosse ligada cada vez mais tarde.

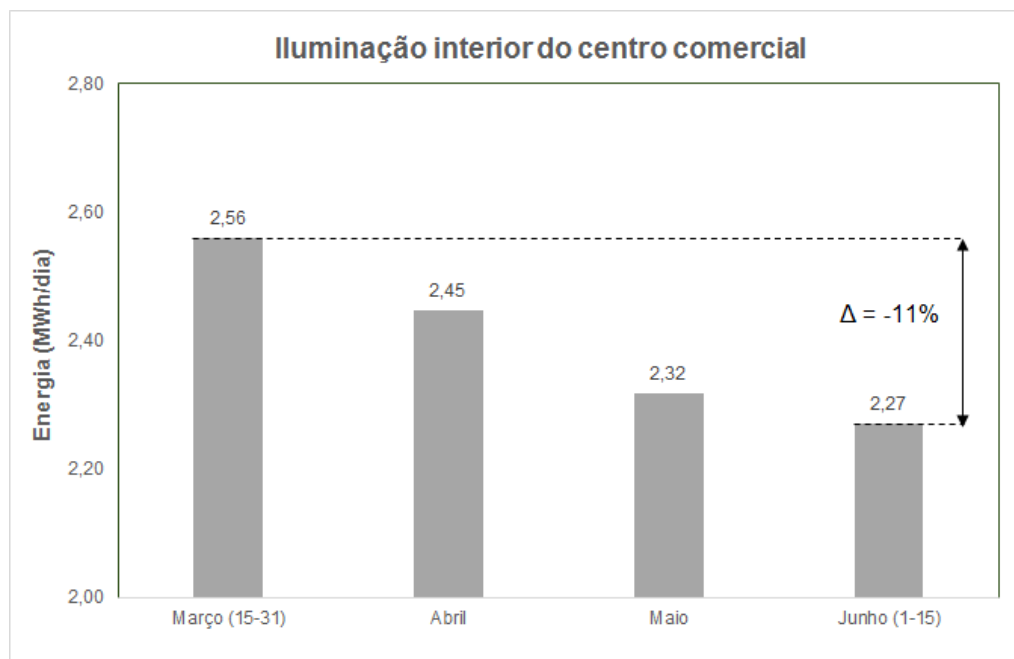


Figura 37 – Evolução dos consumos energéticos da iluminação interior do centro comercial, nos meses de análise

Na Tabela 2 são ainda apresentadas as emissões de CO₂ correspondentes à quantidade de energia medida pelo contador e à quantidade de energia desperdiçada. Para o cálculo da quantidade de CO₂ emitida utilizou-se como fator de emissão, para Itália, o valor de 2,18 tCO₂/tep, ou seja, 0,47 tCO₂/MWh (IEA - International Energy Agency, s.d.).

Na Figura 38 é ilustrada a variação da emissão de CO₂, em média diária, ao longo do tempo de análise.

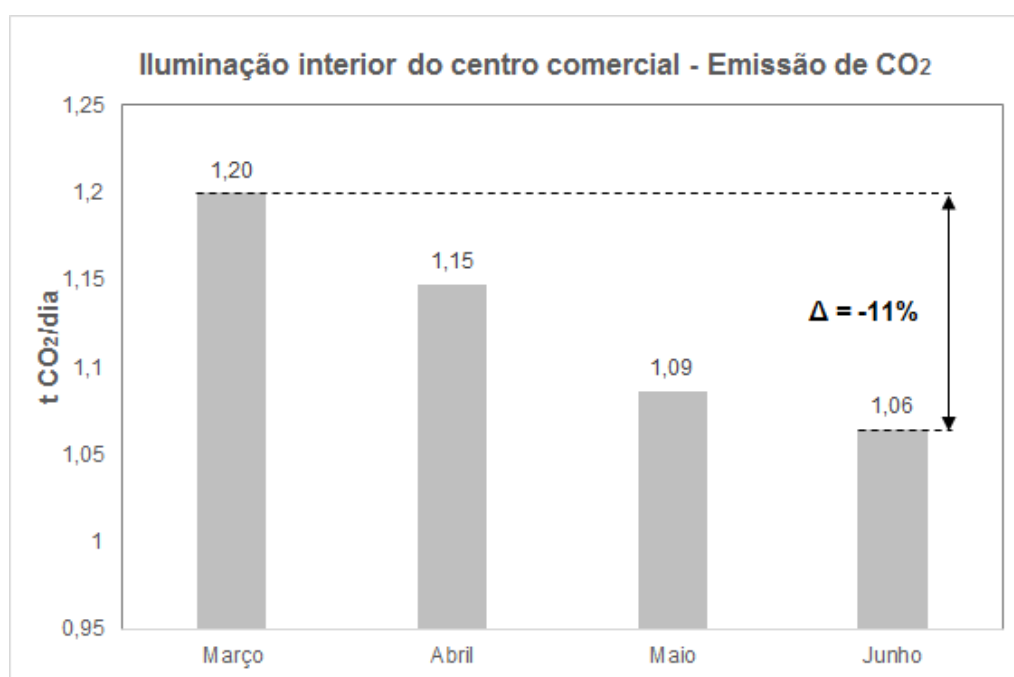


Figura 38 – Evolução das emissões de CO₂ da iluminação interior do centro comercial, nos meses de análise

Como já seria de esperar, a diminuição do uso de energia levou, por sua vez, a uma diminuição das emissões de CO₂. Como se pode ver na Figura 38, esta redução foi de 11% o que corresponde a uma diminuição da média diária, entre março e junho, de 135 kg CO₂ emitido.

Na Figura 39 é apresentada a comparação do consumo de energia, em média diária, dos meses homólogos, de março a junho, entre 2016 e 2017.

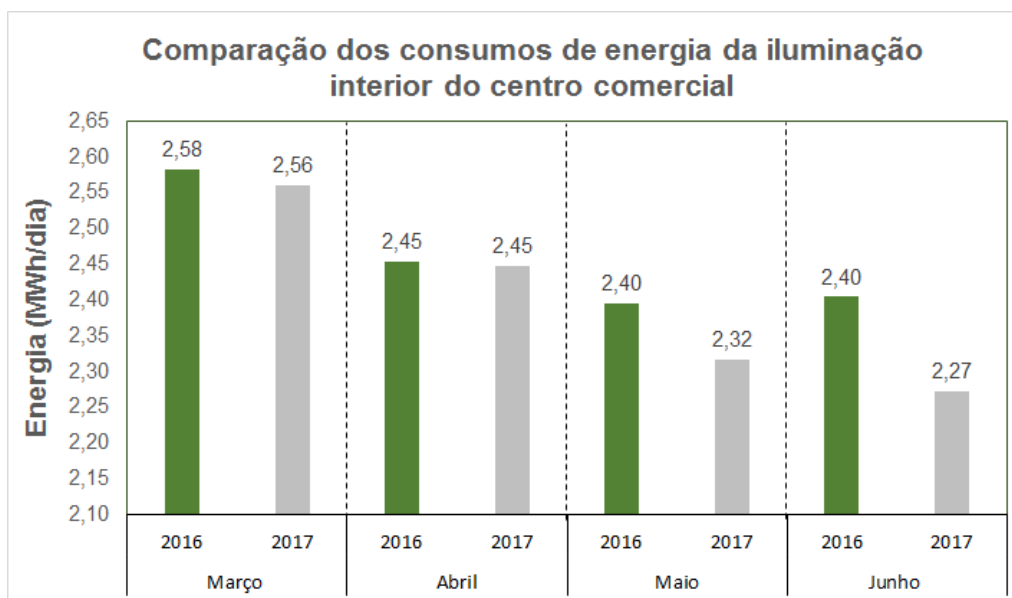


Figura 39 - Comparação dos consumos energéticos da iluminação interior do centro comercial de Março a Junho entre 2016 e 2017

Como se pode ver pela análise da Figura 39, há uma tendência de redução dos consumos de energia na iluminação interior do centro comercial em 2017, o que significa que as intervenções feitas com o reporte dos alarmes conduziram, de facto a uma poupança de energia neste ano.

No Anexo B são apresentados alguns exemplos de alarmes obtidos na análise da iluminação interior do centro comercial.

5.2 Iluminação dos parques de estacionamento

Relativamente à iluminação dos parques de estacionamento, a sua monitorização é realizada por 8 contadores onde foram medidos, durante os 3 meses de análise, 86,7 MWh de energia consumida. Destes, foram desperdiçados, na totalidade, 12,9 MWh de energia, tendo sido reportados para cliente cerca de 12 MWh o que representa um acréscimo de 1560 € na fatura da eletricidade e a uma emissão de 5,6 t CO₂. Na Tabela 3 são apresentados os resultados obtidos para este indicador.

Tabela 3 - Resultados obtidos na análise da iluminação dos parques de estacionamento

Período	Energia medida (kWh)	Emissão CO ₂ (t CO ₂)	Desperdício					
			Total		Reportado			
			kWh	t CO ₂	nº	kWh	€	t CO ₂
Março (15-31)	12979	6	6	0,0	0	0	0	0,00

Período	Energia medida (kWh)	Emissão CO ₂ (t CO ₂)	Desperdício					
			Total		Reportado			
			kWh	t CO ₂	nº	kWh	€	t CO ₂
Abril	25339	12	1885	0,9	31	1792	235	0,84
Maio	32867	15	7517	3,5	122	6768	881	3,17
Junho (1-15)	15473	7	3535	1,7	60	3421	444	1,60
TOTAL	86657	41	12942	6,1	213	11981	1560	5,62

Pela análise da Tabela 3 verifica-se que, ao contrário daquilo que acontece na iluminação interior do centro comercial, têm havido um aumento considerável do desperdício energético ao longo destes 3 meses. Este aumento deve-se, na totalidade, ao facto de, a partir de meados de abril, ter sido iniciado nos parques de estacionamento um teste que incluía manter toda a iluminação ligada 24 sob 24 horas. Até ao dia 15 de junho este teste ainda não tinha terminado. Na Figura 40 são apresentados os consumos de energia, em média diária, entre março e junho de 2017.

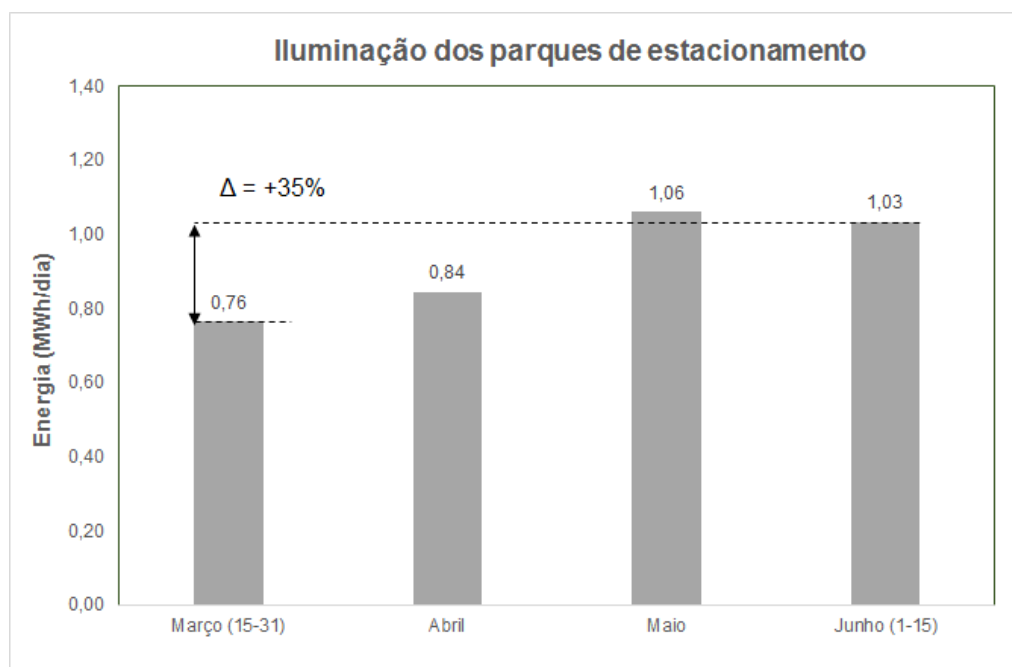


Figura 40 - Evolução dos consumos energéticos da iluminação dos parques de estacionamento, nos meses de análise

Como se pode observar pela análise da Figura 40, os consumos de energia aumentaram cerca de 35% entre março e junho sendo que, o pico do consumo foi no mês de maio. Este aumento deve-se fundamentalmente ao teste, já anteriormente mencionado, que se realizou nos parques de estacionamento.

Como consequência do aumento do consumo de energia está associado o aumento das emissões de CO₂. Na Figura 41 é apresentada a evolução destas emissões, em média diária. Como se pode perceber por esta Figura, o aumento entre março e junho foi de 35% o que representa um aumento na média diária de 130 kg de CO₂ emitido.

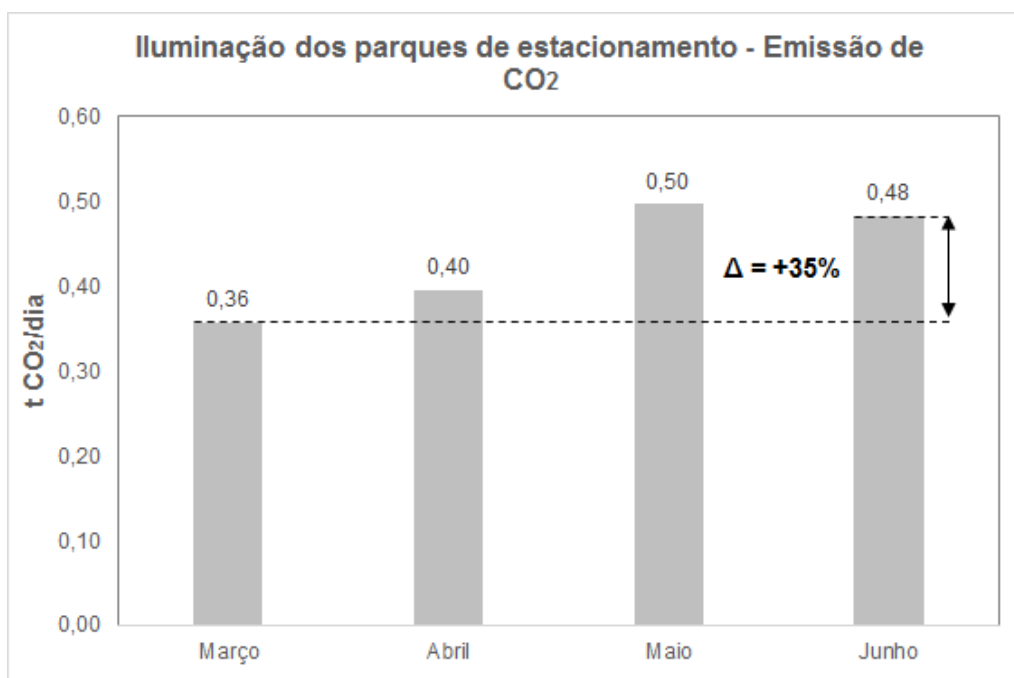


Figura 41 – Evolução das emissões de CO₂ da iluminação dos parques de estacionamento, nos meses de análise

A comparação dos valores de consumo de energia no tempo de análise com os valores de consumo de energia em 2016 encontra-se apresentada na Figura 42.

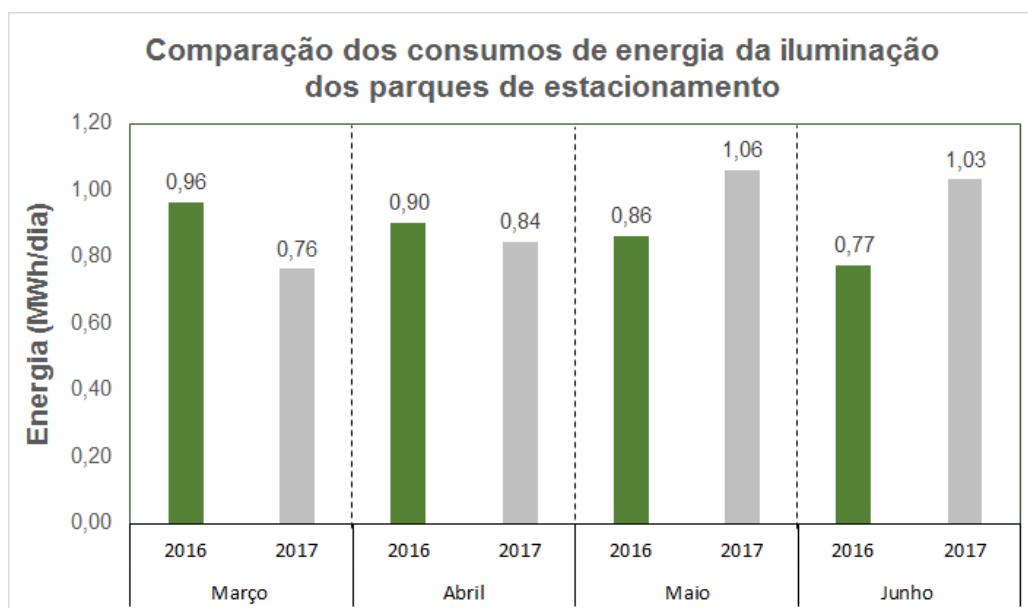


Figura 42 - Comparação dos consumos energéticos da iluminação dos parques de estacionamento de Março a Junho entre 2016 e 2017

Como se pode observar na Figura 42, houve uma redução do consumo de energia de 2016 para 2017 nos meses de março e abril. Apesar do teste realizado nos parques de estacionamento ter sido iniciado em abril, verificou-se que ainda neste mês há uma redução de consumo face a 2016. Nos meses de maio e junho esta tendência inverte-se havendo, desta forma, um aumento do consumo quando comparado com o de 2016.

No Anexo C são apresentados alguns exemplos de alarmes obtidos na iluminação dos parques de estacionamento.

5.3 Iluminação

Analisando os consumos da iluminação por completo, isto é, juntando os consumos dos dois indicadores anteriormente referidos, pode dizer-se que, no total, houve um desperdício de 17,1 MWh no edifício, dos quais foram reportados 13,8 MWh correspondentes a 1798€ e a 6,5 t CO₂.

Na Figura 43 é apresentada a evolução dos consumos totais da iluminação, em média diária, para estes meses de análise. Nesta figura pode-se verificar que há uma redução de março para abril com posterior aumento no mês de maio devido, essencialmente, ao aumento do consumo nos parques de estacionamento. Contudo, no mês de junho volta a haver uma redução em relação ao mês de maio, que pode ser explicada pela diminuição dos consumos da iluminação interior do centro comercial devido à maior duração da luz do dia.

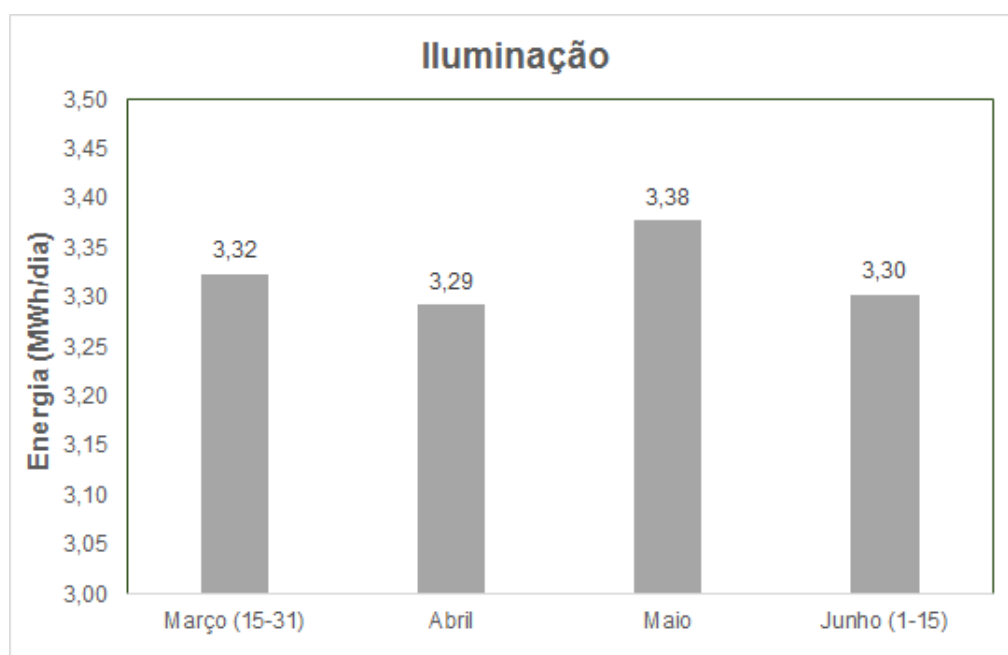


Figura 43 - Evolução dos consumos energéticos da iluminação, nos meses de análise

Na Figura 44 é apresentada a evolução das emissões de CO₂ da iluminação. Como se pode perceber pela análise desta Figura, as emissões de CO₂ têm se mantido relativamente constantes havendo, entre o mês de março e de junho, uma redução muito pouco significativa de cerca de 1%.

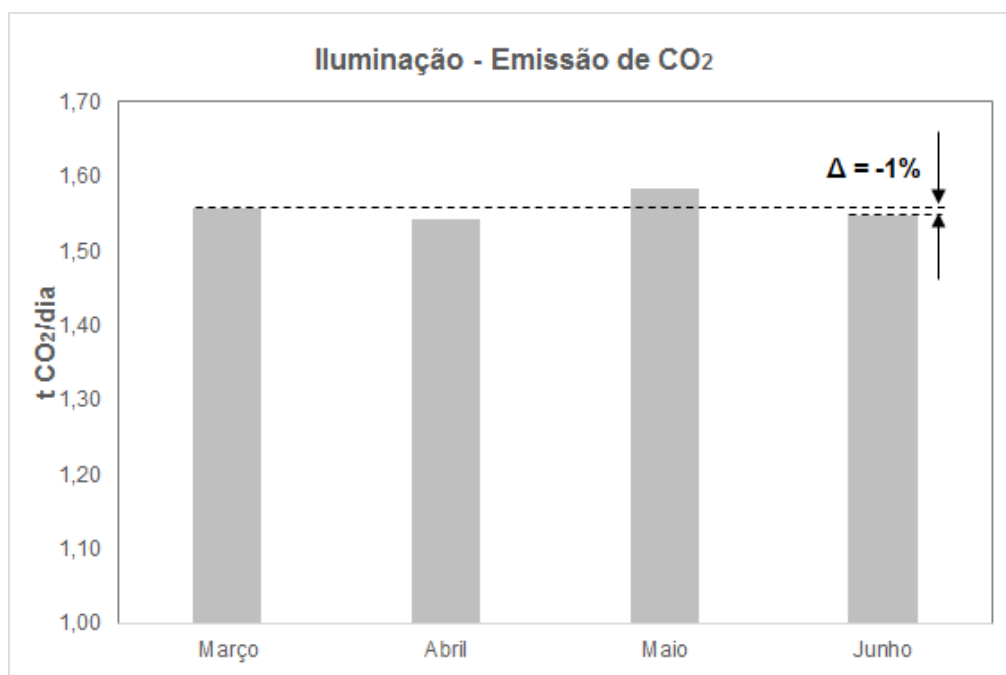


Figura 44 - Evolução das emissões de CO₂ da iluminação, nos meses de análise

A comparação da evolução dos consumos em 2017 com os consumos de 2016 encontra-se apresentada na Figura 45 que se segue.

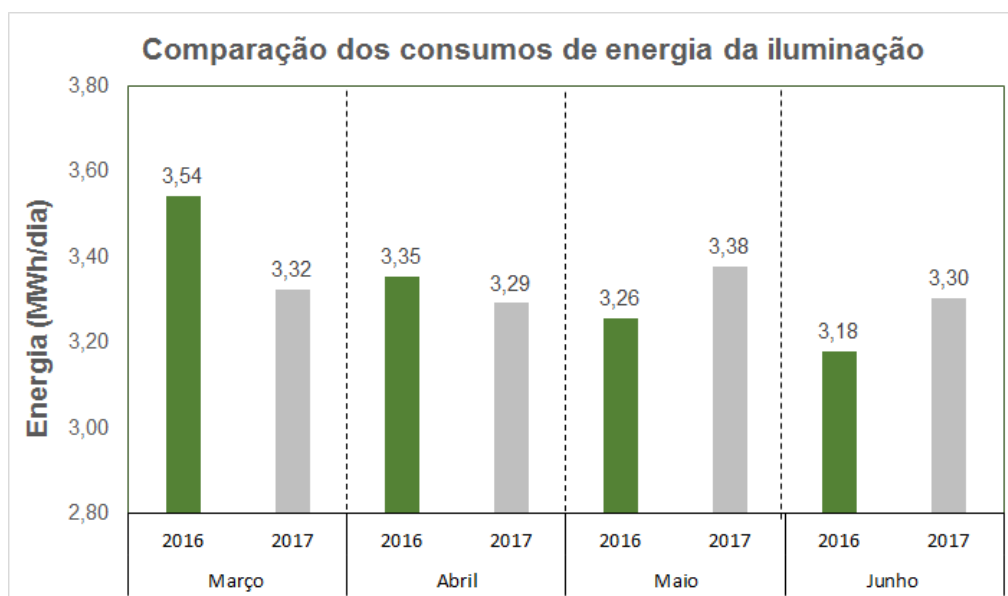


Figura 45 - Comparação dos consumos energéticos da iluminação de Março a Junho entre 2016 e 2017

Analisando a Figura 45, pode verificar-se que, relativamente ao ano de 2016, há uma redução dos consumos em março e abril de 2017, a partir do qual há uma inversão desta tendência. Como já explicado anteriormente, este aumento deve-se principalmente ao aumento do consumo verificado nos parques de estacionamento.

5.4 Edifício

Para além da análise ao indicador estudado ao longo do desenvolvimento desta dissertação, é também importante saber qual o impacto destes consumos no total do edifício uma vez que a

iluminação é um dos maiores contribuintes para os gastos energéticos do mesmo, com um peso de, aproximadamente, 50%. Na Figura 46 é apresentada a evolução, de março a junho, desses consumos energéticos.

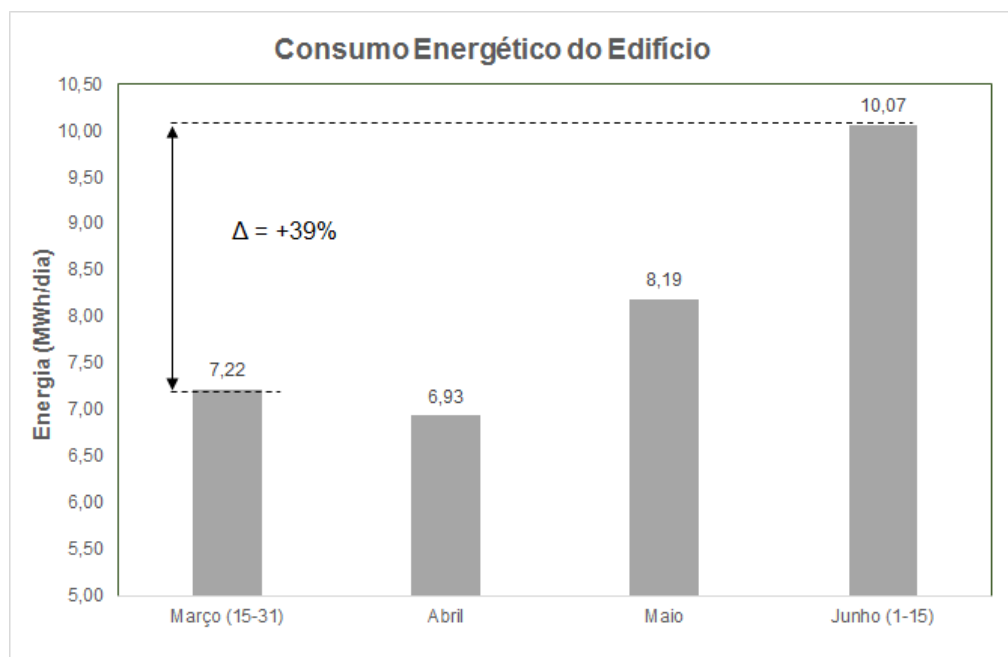


Figura 46 - Evolução dos consumos energéticos do edifício, nos meses de análise

Da análise da Figura 46 retira-se que, com a excepção do mês de abril, tem havido um constante aumento dos consumos de energia. A iluminação é uma pequena fração deste aumento sendo que este se deve, sobretudo, ao aumento da temperatura ambiente, com consequente aumento do consumo por parte dos equipamentos de AVAC. Associado a este aumento está, também, o aumento das emissões de CO₂, ilustrado na Figura 47, em média diária.

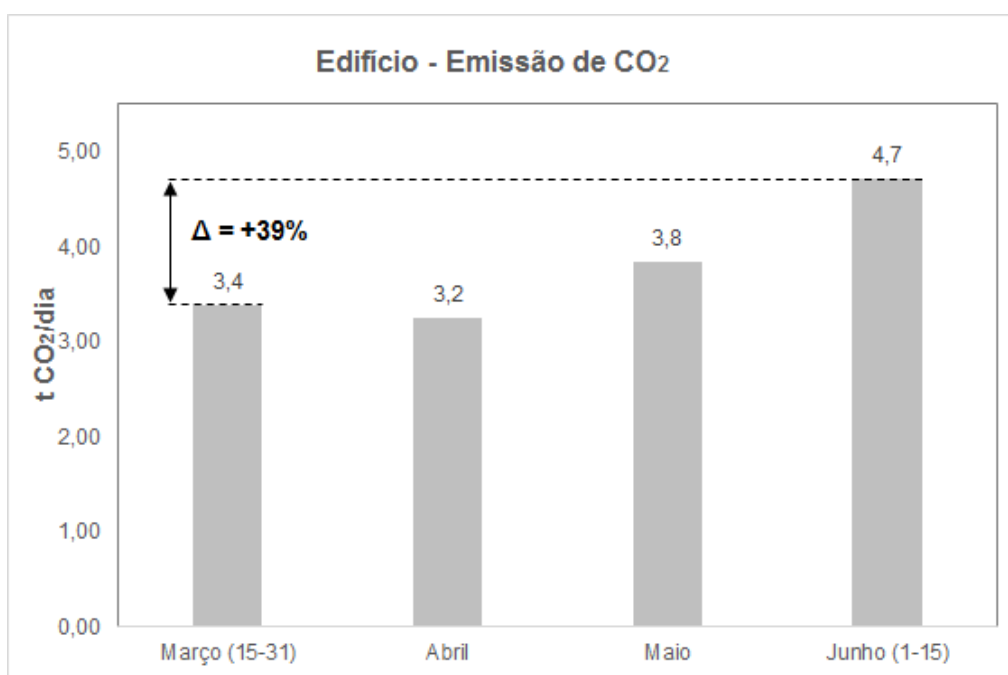


Figura 47 - Evolução das emissões de CO₂ do edifício, nos meses de análise

Na Figura 48 são comparados estes consumos com os de 2016.

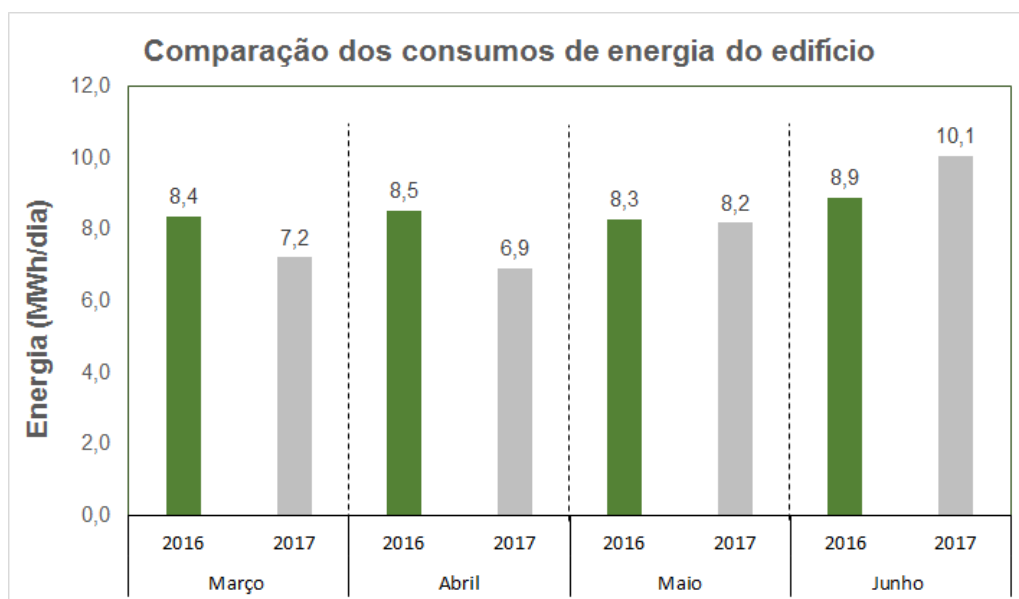


Figura 48 - Comparação dos consumos energéticos do edifício de Março a Junho entre 2016 e 2017

Na Figura 48 pode verificar-se que, com a exceção do mês de junho, há sempre uma diminuição do consumo de energia em 2017 face aos consumos de 2016. Esta diminuição era já esperada uma vez que foram implementadas medidas de redução, não só na iluminação, mas também em outros indicadores como é o caso do AVAC. Relativamente ao aumento verificado no mês de junho, uma possível explicação para que tenha acontecido, para além do aumento do consumo verificado na iluminação, é um aumento da temperatura desta mês em 2017 quando comparado com o de 2016.

6 Conclusões e Trabalhos Futuros

Com vista ao cumprimento dos objetivos impostos nesta dissertação, foram planeadas várias tarefas, de entre as quais o desenvolvimento de um manual de iluminação, a validação dos contadores da iluminação e o desenvolvimento de um sistema de alarmes e alertas de custo e de serviço. Para além disso foram ainda desenvolvidos dois relatórios, um relatório diário de reporte de alarmes, e um semanal onde se apresenta a evolução dos consumos ao longo do ano e onde estes são comparados com os consumos energéticos do ano anterior.

Após conclusão de todas as tarefas impostas, deu-se início à análise dos consumos de energia do edifício que aqui serviu como caso de estudo. Esta análise teve a duração de 3 meses e foi realizada para o indicador iluminação, mais concretamente para a iluminação interior do centro comercial e para a iluminação dos parques de estacionamento.

Da análise realizada conclui-se que, relativamente à iluminação interior do centro comercial, os contadores contabilizaram um consumo total de 233 MWh sendo que destes, cerca de 4,2 MWh correspondiam a um desperdício equivalente a cerca de 2,0 t CO₂ emitido. Durante o tempo de análise verificou-se que o número de alarmes foi diminuindo o que indica que os reportes diários de alarmes que foram sendo entregues ao cliente conduziram a uma poupança. Comparando a média diária de consumo deste indicador, em cada um dos meses analisados em 2017, com a média diária em 2016 verifica-se que há uma clara redução destes valores.

No que respeita à iluminação dos parques de estacionamento, os contadores contabilizaram um total de 87 MWh, dos quais 13 MWh representam a quantidade de energia desperdiçada e uma emissão de 6,1 t CO₂. Para este indicador verificou-se um aumento do número de alarmes ao longo dos meses devido à realização de um teste nos parques de estacionamento. Quando comparadas as médias diárias entre 2016 e 2017 verifica-se que até abril a tendência era de redução dos consumos, havendo, a partir deste mês uma inversão desta tendência.

Analisando a iluminação no seu total verifica-se que a média diária, de consumo e de emissão de CO₂, baixa até abril, aumentando em maio devido ao aumento do consumo verificado nos parques de estacionamento. Também no total deste indicador as médias diárias em 2017 foram mais baixas do que em março e abril de 2016 e mais altas do que em maio e junho de 2016.

Olhando para o edifício na sua totalidade, conclui-se que tem havido um aumento do consumo de energia e da emissão de CO₂ nos meses de análise causado, fundamentalmente, pelo aumento da temperatura e consequente aumento do consumo dos equipamento de AVAC.

Com a excepção do mês de junho, tem-se verificado uma diminuição da média diária de consumo em 2017 face a 2016.

Como trabalhos futuros poderia adaptar-se todo o sistema aqui desenvolvido aos restantes indicadores do edifício (como é exemplo o AVAC, transporte vertical, ventilação, etc.) e, desta forma, ter uma visão acerca dos gastos energéticos totais do mesmo, conduzindo-o a poupanças ainda mais significativas.

Como nota final, pode ainda acrescentar-se que foi obtida uma resposta muito positiva por parte do cliente que pretende dar continuidade ao trabalho que até aqui foi feito.

Referências

- AIDA - Associação Industrial do Distrito de Aveiro. (2014). Sistema de Gestão de Energia - Guia Prático.
- CIBSE. (2004). *Energy Efficiency in Buildings Guide F*.
- Comissão Europeia. (2015). Compreender as políticas da União Europeia: Energia.
- Conselho da União Europeia. (s.d.). *Acordo de Paris sobre as alterações climáticas*.
- DGEG - Direção-Geral da Energia e Geologia. (2000). *Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (R.G.C.E.)*. Lisboa.
- Diário da República I Série-A - N.º 71. (2002). Decreto n.º 7/2002.
- Diário da República, 1.ª série - N.º 115. (2011). Decreto-Lei n.º 71/2011, de 16 de Junho.
- Diário da República, 1.ª série - N.º 139. (2013). Portaria n.º 231/2013, de 22 de Julho.
- Diário da República, 1.ª série - N.º 159. (2013). Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto.
- Diário da República, 1.ª série - N.º 213. (2009). Decreto-Lei n.º 319/2009, de 3 de Novembro.
- Diário da República, 1.ª série - N.º 74. (2008). Decreto-Lei n.º 71/2008, 15 de Abril.
- EVO - Efficiency Valuation Organization. (2012). IPMVP - International Performance Measurement and Verification Protocol. Em *Concepts and options for Determining Energy and Water Savings (Volume 1)*.
- IEA - International Energy Agency. (s.d.). Obtido de <http://www.iea.org/statistics/statisticsearch/report/?year=2014&country=ITALY&product=Indicators>. Consultado em 25 de junho de 2017.
- ISO - International Organization for Standardization. (s.d.). Obtido de ISO: <https://www.iso.org/about-us.html>. Consultado em 8 de junho de 2017.
- ISO - International Organization for Standardization. (2011). *EN ISO 50001:2011 Sistemas de gestão de energia - Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização*.
- Nações Unidas. (2015). Conferência das Partes: Vigésima primeira sessão. Paris.
- PORDATA. (s.d.). Obtido de <http://www.pordata.pt/DB/Portugal/Ambiente+de+Consulta/Tabela>. Consultado em 31 de maio de 2017.
- Quercus - Associação Nacional de Conservação da Natureza. (24 de Outubro de 2014). Metas de energia e clima para 2030: líderes europeus estabelecem objetivos pouco ambiciosos.

Lisboa. Obtido de <http://www.quercus.pt/comunicados/2014/outubro/3957-metas-de-energia-e-clima-para-2030-lideres-europeus-estabelecem-objetivos-pouco-ambiciosos>. Consultado em 7 de junho de 2017.

RNAE - Associação das Agências de Energia e Ambiente. (2014). Sistemas de Gestão de Energia: Eficiência Energética na Empresa.

SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia. (s.d.). Obtido de SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/Enquadramento.aspx>. Consultado em 12 de junho de 2017.

ANEXO A: Validação dos Contadores - Exemplo de Cálculo

Neste anexo é exemplificado o método de cálculo da energia consumida por um contador, para uma hora do dia (entre as 9 e as 10 horas). Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 4 onde são apresentados todos os circuitos, e respetiva potência, de um contador. Ainda na Tabela 4, para cada 15 minutos, o “0” indica que o circuito está desligado e o “1” indica que o circuito se encontra ligado.

Tabela 4 - Exemplo de cálculo da energia consumida por um contador

Circuito	Potência (kW)	9:00 – 9:15	9:15 – 9:30	9:30 – 9:45	9:45 – 10:00	Energia 9h – 10h (kWh)
LEXT11	0,770	0	0	0	0	0,000
LN17	0,840	1	1	1	1	0,840
LN4I	0,030	0	0	0	0	0,000
LN7I	0,010	1	1	1	1	0,010
LN3I	0,05	0	0	0	0	0,000
LN11	0,910	1	1	1	1	0,910
LN12	0,910	1	1	1	1	0,910
LN13	0,910	1	1	1	1	0,910
LN14	0,735	1	1	1	1	0,735
LN16	0,210	1	1	1	1	0,210
LN16	0,245	1	1	1	1	0,245
LN6I	0,010	1	1	1	1	0,010
LN15	0,910	1	1	1	1	0,910
LN3I	0,040	1	1	1	1	0,040
LN5	0,770	1	1	1	1	0,770
LNF1	0,700	0	0	0	0	0,000
LNF2	0,840	0	0	0	0	0,000
Energia medida pelo contador (kWh)						6,5

ANEXO B: Exemplo de Alarmes - Iluminação interior do centro comercial

Neste anexo são ilustrados alguns exemplos de alarmes obtidos na análise da iluminação interior do centro comercial.

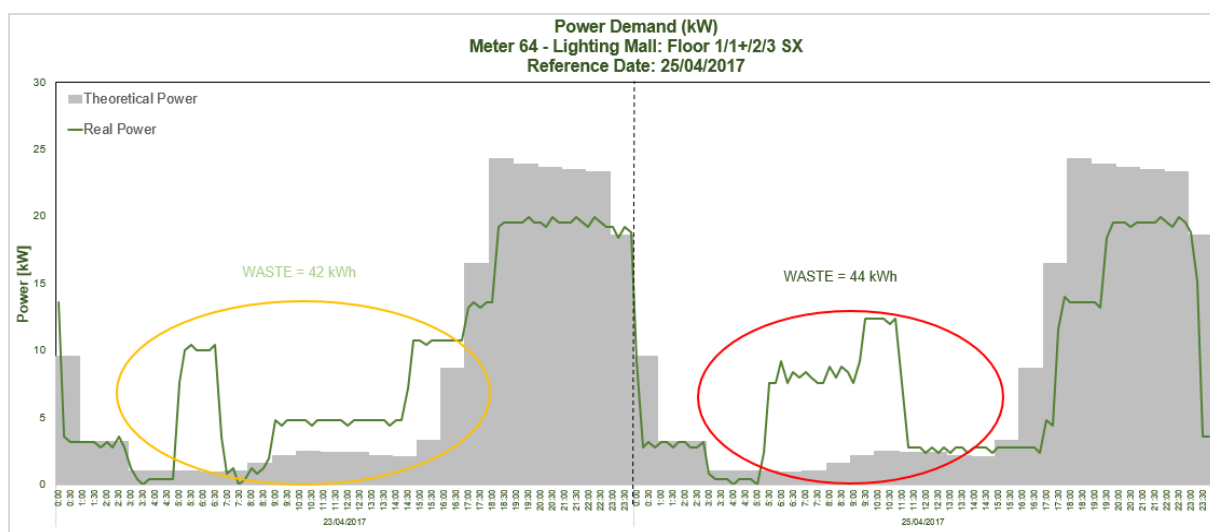


Figura 49 - Exemplo de alarme por controlo manual

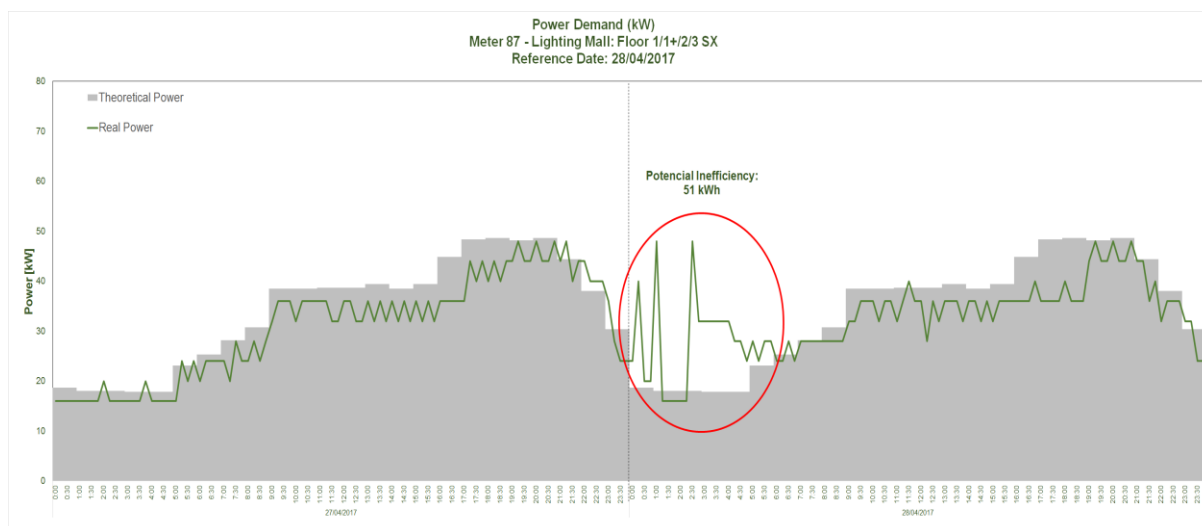


Figura 50 - Exemplo de alarme de magnitude

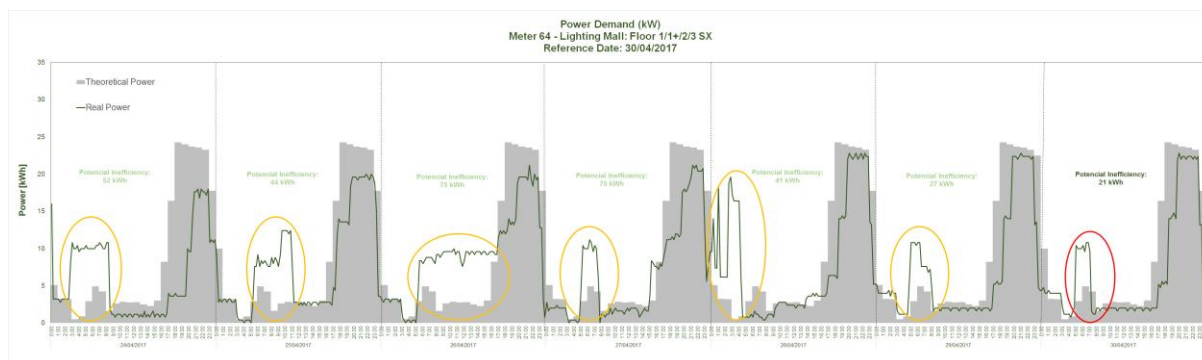


Figura 51 - Exemplo de alarme de ocorrência

ANEXO C: Exemplo de Alarmes - Iluminação dos parques de estacionamento

Neste anexo são ilustrados alguns exemplos de alarmes obtidos na análise da iluminação dos parques de estacionamento.

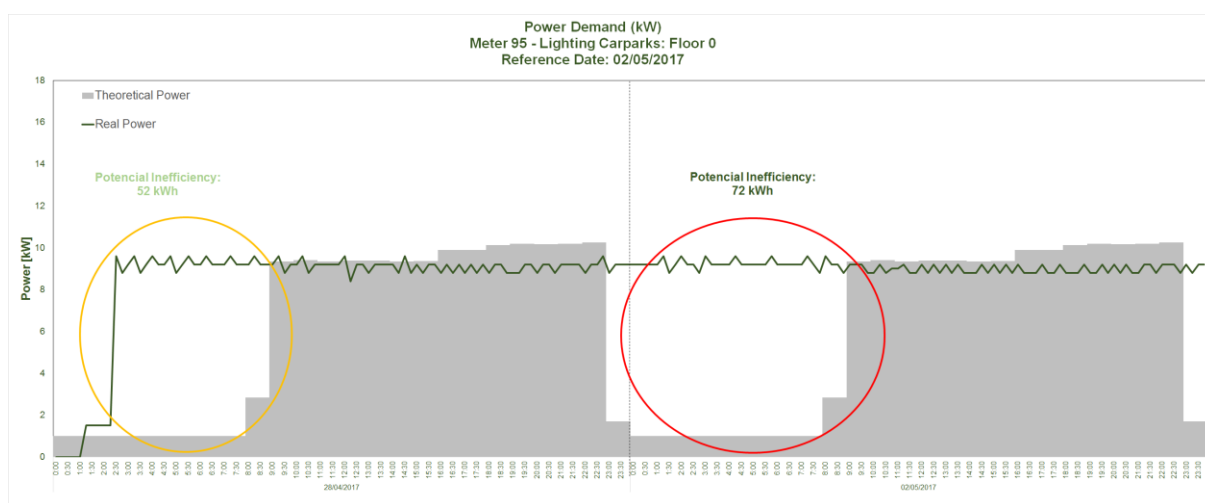


Figura 52 - Exemplo de alarme de magnitude na iluminação dos parques de estacionamento

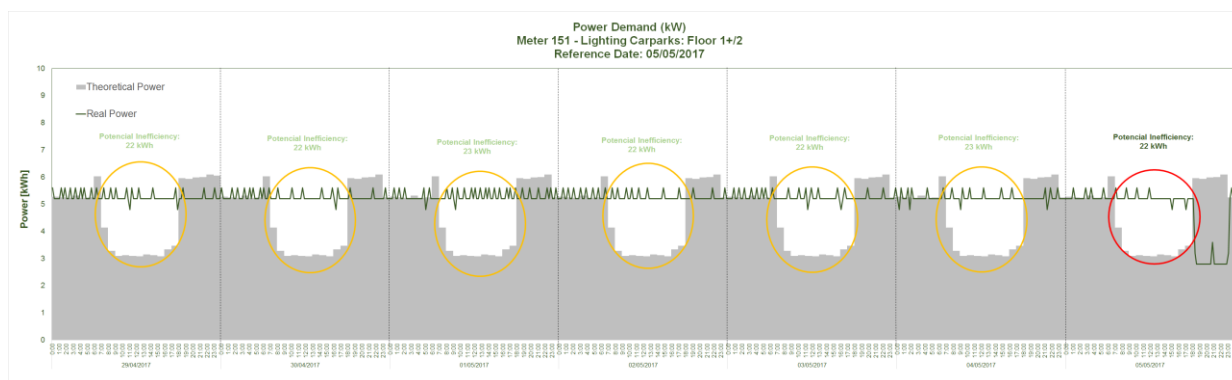


Figura 53 - Exemplo de alarme de ocorrência na iluminação dos parques de estacionamento