André Filipe Oliveira Ramos

Eficiência energética em complexos de piscinas interiores: Medidas de eficiência energética e análise económica ao sistema de iluminação do COPMC

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente
na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente

Setembro 2015

· U C ·

Universidade de Coimbra

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Eficiência energética em complexos de piscinas interiores: Medidas de eficiência energética e análise económica ao sistema de iluminação do COPMC

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente

Autor

André Filipe Oliveira Ramos

Orientadores

Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar
Eng. Paulo Miguel Pessoa Rodrigues (CMC)

Júri

Presidente	**Professor Doutor José Manuel Baranda Moreira da Silva Ribeiro** **Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra**
Vogais	**Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar** **Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra** **Professor Doutor Ricardo António Lopes Mendes** **Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra**
Orientador	**Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar** **Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra**

Colaboração Institucional

Câmara Municipal de Coimbra

Coimbra, setembro, 2015

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível graças a um conjunto de pessoas que pretendo aqui prestar o meu agradecimento.

Aos meus professores, o Professor Doutor Adélio Gaspar e o Professor Doutor José Góis por toda a disponibilidade e orientação fornecida em etapas determinantes na elaboração da dissertação de mestrado.

À Câmara Municipal de Coimbra por permitir a realização deste trabalho. A todas as pessoas do Centro Olímpico de Piscinas Municipais de Coimbra, em particular ao Eng. Paulo Rodrigues e ao Eng. João Salustiano, por todo o auxílio, interesse, tempo e meios disponibilizados ao longo da realização do trabalho.

A todas as pessoas que fizeram parte deste meu percurso académico em Coimbra com as quais partilhei vivencias que sem dúvida perdurarão para sempre.

A todos os meus amigos pelos momentos que vivemos e iremos continuar a viver juntos, convosco tudo isto tem muito mais piada.

A toda a minha família, em especial à minha mãe, pai e irmão, por todo o amor e apoio incondicional ao longo das diferentes fases da minha vida.

Resumo

Os complexos desportivos com piscinas interiores requerem por norma um consumo elevado de energia térmica e elétrica, de modo a satisfazer as condições de conforto requeridas para o bem-estar dos seus utentes. A maioria destes complexos pertencem aos municípios e em Portugal estudos de eficiência energética a estes complexos são ainda raros, tornando-se assim de urgente importância a necessidade de promover estudos que contribuam para eliminar ou reduzir custos para as autarquias.

Este estudo irá incidir sobre o Centro Olímpico de Piscinas Municipais de Coimbra (COPMC), considerado um dos melhores e mais modernos em Portugal. Envolve uma caraterização do edifício e dos equipamentos da instalação. São analisados os consumos de energia e de água, os respetivos custos e construídos indicadores para comparação com valores de referência.

É feita a caraterização do sistema atual de iluminação e analisada a viabilidade económica da substituição por iluminação de tecnologia LED e a instalação de detetores de presença. O consumo anual total de energia elétrica obtido foi de 1083 MWh, sendo 415 MWh relativo à iluminação atual.

Com a implementação do sistema de iluminação LED em conjunto com os detetores de presença consegue-se uma diminuição de 31,3 % dos consumos de energia elétrica inerentes ao sistema de iluminação, resultando numa redução anual de 130 MWh.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Piscinas Interiores, Complexos Desportivos, Iluminação Eficiente, Iluminação LED, Custos de Energia.

Abstract

Sports complex with indoor pools normally require high consumption of thermal and electric energy in order to satisfy the comfort conditions required for the well-being of the users. Most of these complexes belong to municipalities and in Portugal energy studies to these complexes are still rare, thus making it of urgent importance the need to promote studies aimed at helping to eliminate or reduce costs to municipalities.

This study will focus on the Olympic Center of Municipal Swimming Pools of Coimbra (COPMC), considered one of the best and most modern in Portugal. It involves a characterization of the building and facility equipment. Consumption and costs of energy and water are analyzed and built indicators for comparison with reference values.

It is made a characterization of the current lighting system and analyzed the economic viability of substitution to LED lighting technology and the installation of presence detectors. The total electricity consumption obtained was 1083 MWh, 415 MWh belonging to the currently installed lighting.

With the implementation of the LED lighting system in conjunction with the presence detectors a decrease of 31,3 % in electricity consumption related to lighting is achieved, resulting in an annual reduction of 130 MWh.

Keywords Energy Efficiency, Indoor Pools, Sports Complex, Efficient Lighting, LED Lighting, Energy Costs.

Índice

Índice de Figuras vi

Índice de Tabelas vii

Simbologia e Siglas ix
Simbologia ix
Siglas ix

1. INTRODUÇÃO 1
1.1. Enquadramento 1
1.2. Objetivos 2
1.3. Estrutura da Dissertação 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4
2.1. Legislação comunitária e nacional sobre a eficiência energética de edifícios e complexos desportivos 4
2.2. Normas sobre eficiência energética, gestão de energia e iluminação interior em edifícios 5
2.3. Eficiência energética de complexos desportivos com piscinas – síntese da investigação 6
2.3.1. Iluminação 9
2.3.2. Energia elétrica 11
2.3.3. Consumos de energia 11
2.4. Medidas gerais para melhorar a eficiência energética de complexos desportivos com piscinas interiores 12

3. CASO DE ESTUDO 14
3.1. Caracterização do edifício, serviços e equipamentos do COPMC 14
3.2. Metodologia 17
3.3. Caraterização dos consumos e custos de energia no COPMC 18
3.3.1. Evolução anual do número de entradas no COPMC 18
3.3.2. Consumos de energia elétrica 19
3.3.3. Consumos de gás natural 21
3.3.4. Comparação dos consumos de energia elétrica e gás natural 22
3.3.5. Consumos de água 23
3.3.6. Rácios dos consumos de energia e água 24
3.3.7. Custos associados a consumos de energia e água 25
3.3.8. Comparação dos custos de energia elétrica e gás natural 27
3.3.9. Rácios de custos de energia e água 28

4. ESTUDO ECONÓMICO AO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DO COPMC 30
4.1. Caraterização da iluminação atualmente existente no COPMC 30
4.2. Proposta para instalação de um sistema de iluminação LED 32
4.3. Monotorização dos circuitos de iluminação 32
4.4. Análise de viabilidade económica ao sistema de iluminação LED 33

4.5. Proposta para instalação de detetores de presença 38
4.6. Análise de viabilidade económica para a instalação de detetores de presença 39
5. CONCLUSÕES 45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48
ANEXO A – Equivalência em tecnologia LED 50
ANEXO B – Preços por unidade de luminária atualmente instalada no COPMC 51
ANEXO C – Carateristicas dos detetores de presença 52
APÊNDICE A – Inventário dos equipamentos do COPMC 53
Grupo térmico 53
Outros grupos de bombagem 57
Grupo de climatização/ventilação e tratamento de ar 60
Filtros multimédia 65
Unidades de foto-oxidação por ultravioletas 65
Gerador de energia elétrica 66
Alimentação de energia elétrica 67
APÊNDICE B – Caraterização da iluminação atualmente presente 70
APÊNDICE C – Média de horas de funcionamento do sistema de iluminação e distribuição dos detetores de presença pelos diferentes locais do COPMC 75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Distribuição dos consumos de energia para um complexo desportivo típico com piscina interior (Carbon Trust, 2006). 7

Figura 2.2. Distribuição dos custos de energia para um complexo desportivo típico com piscina interior (Carbon Trust, 2006). 7

Figura 2.3. Distribuição percentual típica do consumo de energia para um complexo desportivo com piscina interior (DETREE, 2013). 8

Figura 2.4. Distribuição percentual típica dos custos médios de energia para um complexo com piscina interior (DETREE, 2013). 8

Figura 2.5. Análise dos consumos de energia primária no uso e na produção de 3 tipos diferentes de lâmpadas (OSRAM,2015). 11

Figura 3.1. Esquema de princípio do circuito térmico 16

Figura 3.2. Evolução anual do número de utilizações do COPMC de 2010 a 2014 18

Figura 3.3. Evolução mensal do número de utilizações de 2010 a 2014. 19

Figura 3.4. Variação anual do consumo de energia elétrica. 20

Figura 3.5. Variação mensal do consumo de energia elétrica. 20

Figura 3.6. Variação anual do consumo de gás natural. 21

Figura 3.7. Variação mensal do consumo de gás natural. 21

Figura 3.8. Análise percentual comparativa dos consumos de energia elétrica e gás natural entre 2012 e 2014. 22

Figura 3.9. Variação anual do consumo de água. 23

Figura 3.10. Variação mensal do consumo de água. 23

Figura 3.11. Variação anual dos custos de energia elétrica, gás natural e água. 25

Figura 3.12. Variação anual dos custos de energia elétrica, gás natural e água no ano de 2014. 26

Figura 3.13. Análise percentual comparativa dos custos de energia elétrica e gás natural entre 2012 e 2014. 27

Figura 4.1. Repartição do número de luminárias pelo tipo de tecnologia da lâmpada. 30

Figura 4.2. Luminárias existentes atualmente no COPMC. 31

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Normas sobre eficiência energética, gestão de energia e iluminação interior em edifícios. 6

Tabela 2.2. Desagregação dos consumos do edifício da Piscina Municipal de Silves com base no ano de 2011. 9

Tabela 2.3. Vantagens da aplicação da iluminação LED (OSRAM,2015). 10

Tabela 2.4. Valores de referência anuais de consumo de energia em centros de lazer, em 3 situações diferentes (Carbon Trust, 2006). 12

Tabela 2.5. Valores anuais do consumo de referência em complexos desportivos com piscina coberta, para três cenários de desempenho de energia (Department of the Environment, Transport and the Regions, (2013). 12

Tabela 2.6. Síntese de medidas gerais para melhorar a eficiência energética de complexos desportivos com piscinas interiores. 13

Tabela 3.1. Características das duas piscinas presentes no COPMC. 14

Tabela 3.2. Atividades do COPMC. Tabela 3.3. Horário de Funcionamento. 15

Tabela 3.4. Tarifário das entradas pontuais no COPMC. 15

Tabela 3.5. Características dos 5 pisos do COPMC. 15

Tabela 3.6. Áreas dos níveis do COPMC. 16

Tabela 3.7. Médias anuais do consumo específico de energia elétrica e gás natural por utilização. 23

Tabela 3.8. Médias anuais do consumo específico de água por utilização. 24

Tabela 3.9. Rácios de consumos de energia de energia elétrica e gás natural. 25

Tabela 3.10. Rácios de consumos de água. 25

Tabela 3.11. Médias anuais do custo específico de energia elétrica e gás natural por kWh. 27

Tabela 3.12. Médias anuais do custo específico de água por m^3. 28

Tabela 3.13. Médias anuais do custo específico de energia e água por utilização. 28

Tabela 3.14. Rácios de custos de energia de energia elétrica e gás natural. 29

Tabela 3.15. Rácios de custos de água. 29

Tabela 4.1. Caraterização da iluminação atualmente presente no nível 1. 31

Tabela 4.2. Média diária de horas de funcionamento do sistema de iluminação do COPMC. 32

Tabela 4.3. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED no nível 1. 34

Tabela 4.4. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED para os halogénios decorativos (nível 1)..... 34
Tabela 4.5. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED no nível 2. 35
Tabela 4.6. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED no nível 3. 36
Tabela 4.7. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED no nível 4. 36
Tabela 4.8. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED no nível 5. 37
Tabela 4.9. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED na nave da piscina de formação (nível 2). 37
Tabela 4.10. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED na nave da piscina olímpica (nível 2). 38
Tabela 4.11. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no nível 1. 40
Tabela 4.12. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no nível 2. 40
Tabela 4.13. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no nível 3. 41
Tabela 4.14. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no nível 4. 41
Tabela 4.15. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no sistema de iluminação LED proposto para o nível 1. 42
Tabela 4.16. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no sistema de iluminação LED proposto para o nível 2. 43
Tabela 4.17. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no sistema de iluminação LED proposto para o nível 3. 43
Tabela 4.18. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no sistema de iluminação LED proposto para o nível 4. 44

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

CO_2 - Dióxido de carbono

S - Superfície [m^2]

T - Temperatura [ºC]

V - Volume [m^3]

lm - Lúmen

€ - Euro

Siglas

COPMC - Centro Olímpico de Piscinas Municipais de Coimbra

LED - Light Emitting Diode

PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

TIR - Taxa Interna de Retorno

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

UE - União Europeia

VAL - Valor Atual Líquido

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

A nível mundial os países estão cada vez mais dependentes do consumo de energia para satisfazer as necessidades das suas populações, criando diversos desafios resultantes dos elevados custos das fontes de energia e das exigências ambientais.

Para responder aos desafios do Protocolo de Quioto, foi criada a Diretiva 2012/27/EU por parte do Parlamento Europeu e do Conselho, tendo por objetivo aumentar a eficiência energética e diminuir as emissões de gases com efeitos de estufa na União, através da redução do consumo de energia primária e diminuição da importação de energia. Também do ponto de vista económico se requer uma abordagem tecnologicamente mais inovadora e competitiva na procura de soluções energéticas mais eficientes.

É com este desafio que se decidiu abordar o tema da eficiência energética em complexos de piscinas interiores. Os complexos desportivos com piscinas interiores caracterizam-se por elevados consumos de energia, que incluem essencialmente energia elétrica e energia fóssil, particularmente gás natural.

Com efeito, nas últimas décadas a construção de complexos de piscinas interiores públicas tem vindo a aumentar significativamente a nível mundial. No caso de Portugal, este aumento deu-se principalmente na última década, motivado pela construção de estruturas desportivas para acolher eventos internacionais e para responder aos anseios das populações e projetos das autarquias.

Em Coimbra, o único complexo desportivo público com piscina interior existente antes do Euro 2004 era o Complexo de Piscinas de Celas. Com a realização do Euro 2004 construíram-se três novos complexos desportivos com piscinas, o da Pedrulha, o de S. Martinho e o Centro Olímpico de Piscinas Municipais de Coimbra situado na freguesia de Santo António dos Olivais.

Estes quatro complexos desportivos com piscinas estão atualmente na dependência da Câmara Municipal de Coimbra e representam no conjunto um encargo bastante elevado para o Município. Por isso, torna-se bastante interessante estudar medidas que visem aumentar a sua eficiência energética, e consequentemente reduzir os consumos e

custos de energia, sem por em causa as atividades desportivas e o conforto interior. Tanto mais que o cenário recente de crise económica mundial pela qual atravessamos assim o impõe, sob pena de as autarquias terem de penalizar os contribuintes.

O caso de estudo deste trabalho é o Centro Olímpico de Piscinas Municipais de Coimbra (COPMC), o que apresenta maior consumo de energia de entre os 4 complexos de piscinas interiores públicas geridos pelo Município de Coimbra.

1.2. Objetivos

Com o trabalho aqui desenvolvido pretende-se realizar uma análise em termos de desempenho energético ao COPMC. Esta tem por objetivo avaliar o funcionamento do complexo e propor medidas de carater tecnológico que visem aumentar a sua eficiência energética, contribuindo para reduzir tanto os consumos de energia como os custos correspondentes.

Nesse sentido e de forma a encontrar um termo de comparação deve proceder-se a uma análise de trabalhos, publicações e artigos científicos no domínio do tema deste caso de estudo, de modo a obter indicadores de referência para os consumos e custos de energia associados ao seu funcionamento. Estes dados irão ser depois comparados com os resultados dos consumos de água, energia (térmica e elétrica) e da ocupação ao longo do processo de análise do caso de estudo.

Como proposta de medidas de melhoria, pretende-se estudar com maior profundidade o sistema de iluminação do COPMC. O objetivo deste estudo será o de efetuar uma caraterização do sistema de iluminação atual de forma a elaborar e propor soluções mais eficientes em termos económicos e de consumos de energia.

Para isto realizar-se-á uma análise de viabilidade económica à instalação de um sistema de iluminação com base em tecnologia *Light Emitting Diode* (LED) e à instalação de detetores de presença no COPMC.

1.3. Estrutura da Dissertação

A dissertação está organizada em cinco capítulos, estando o primeiro capítulo responsável por introduzir o tema e a sua importância, bem como realizar o seu enquadramento e mostrar os objetivos que se pretendem com a realização da dissertação.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica do tema, aonde se ilustram as informações recolhidas durante o processo de pesquisa, no que toca à legislação comunitária e nacional, as normas sobre a gestão de energia e eficiência energética, os indicadores de eficiência energética e medidas para melhorar a eficiência energética nos complexos desportivos com piscinas interiores.

No terceiro capítulo descreve-se o caso de estudo, onde se realiza uma caracterização do edifício e dos seus equipamentos. Realiza-se também uma análise dos perfis de utilização, consumos de energia e água, custos associados e a construção de rácios energéticos.

No quarto capítulo é realizada uma caraterização do sistema de iluminação atualmente presente no COPMC e efetuada uma análise de viabilidade económica ao sistema de iluminação. Este com a proposta de uma substituição do sistema atual de iluminação por um sistema de iluminação com base na tecnologia de LED e detetores de presença.

Por fim no quinto capítulo apresentam-se as conclusões do trabalho realizado e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com a crescente preocupação nas últimas décadas do aumento dos consumos de energia no planeta e sobre-exploração dos combustíveis fósseis provenientes dos recursos naturais, a sociedade tem vindo a trabalhar no sentido de criar legislação no âmbito do aumento da eficiência energética e redução de custos. Também o aumento na aposta das energias renováveis tem vindo a emergir nos últimos anos, surgindo como uma alternativa bem mais compensadora a longo prazo que os combustíveis fosseis. Entre as medidas estabelecidas para melhoria da eficiência energética dirigidas ao caso de estudo encontramos a opção por equipamentos mais recentes e modernos, a adoção de medidas que visem uma remodelação ou alteração de determinadas caraterísticas do complexo e o recurso a energias renováveis.

2.1. Legislação comunitária e nacional sobre a eficiência energética de edifícios e complexos desportivos

A abordagem da legislação na União Europeia (UE) passa por medidas que estimulem o crescimento das energias renováveis, diminuindo assim a emissão dos gases de efeito de estufa e criando uma maior independência energética tornando assim o ciclo de energia mais autossustentável.

Em 2012 é aprovada a Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética. Esta diretiva estabelece um quadro comum de medidas de promoção da eficiência energética na União, a fim de assegurar a realização do grande objetivo da União que consiste em atingir uma melhoria de 20 % em matéria de eficiência energética até 2020, e de preparar caminho para novas melhorias nesse domínio para além dessa data.

Estabelece regras destinadas a eliminar os obstáculos no mercado da energia e a ultrapassar as deficiências do mercado que impedem a eficiência no aprovisionamento e na utilização da energia, e prevê o estabelecimento de objetivos nacionais indicativos em

matéria de eficiência energética para 2020. Esta diretiva é transposta para o sistema jurídico português pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril.

Numa perspetiva do horizonte 2020, em Portugal foi criado o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de abril. Este tem como objetivo geral a melhoria da eficiência energética com base na redução do consumo de energia primária.

Relativamente ao desempenho energético dos edifícios é aprovada em 2010 a Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010. O seu objetivo é o de promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios na União, tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como exigências em matéria de clima interior e de rentabilidade.

Esta diretiva é transposta para o ordenamento jurídico português através do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto. O presente diploma visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema 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).

2.2. Normas sobre eficiência energética, gestão de energia e iluminação interior em edifícios

Na Tabela 2.1 apresentam-se algumas normas sobre eficiência energética, gestão de energia e iluminação interior em edifícios com uma descrição dos objetivos de cada uma delas.

Tabela 2.1. Normas sobre eficiência energética, gestão de energia e iluminação interior em edifícios.

Nome	Assunto	Objetivos
EN ISO 50001:2011	"Energy management system"	Fornece um quadro de exigências para as organizações desenvolverem politicas para um uso de energia mais eficiente
EN ISO 14001:2004	"Environmental management systems - Requirements with guidance for use"	Traça um conjunto de diretrizes que uma empresa ou organização pode seguir para criar um sistema de gestão ambiental eficaz
EN ISO 16346:2013	"Energy performance of buildings"	Estabelece formas de expressar exigências quanto ao desempenho energético
EN ISO 12655:2013	"Energy performance of buildings"	Estabelece uma metodologia consistente para apresentar a utilização média de energia em edifícios
EN 12464-1:2002	"Light & Lighting – Lighting of Indoor Workplaces"	Especifica os requisitos dos sistemas de iluminação interior para a maioria dos locais de trabalho e áreas associadas para satisfazer as necessidades de conforto e desempenho visual
EN 12193:2007	"Light and lighting. Sports lighting"	Fornece recomendações e especifica requisitos para uma iluminação adequada em complexos desportivos

2.3. Eficiência energética de complexos desportivos com piscinas – síntese da investigação

Dentro do sector dos complexos desportivos e de lazer, os complexos desportivos com piscinas interiores são os que apresentam os consumos de energia mais elevados devido à sua tipologia e perfil de utilização.

Estes consumos de energia são repartidos principalmente pelo processo de ventilação do ar ambiente, aquecimento da água da piscina, iluminação e bombas hidráulicas. Entre os elementos que podem fazer variar estes consumos de energia estão também a localização geográfica, o tipo de estrutura e os espaços adjacentes à piscina.

É essencial que se tomem medidas para melhorar a eficiência energética nestes complexos. Um estudo realizado no Reino Unido prova que ao fazer apenas uma melhoria de 10 % na gestão de energia neste tipo de complexos desportivos e de lazer pode reduzir os custos em 96 milhões de euros todos os anos e reduzir as emissões de carbono em centenas de milhares de toneladas (Carbon Trust, 2006).

Na maior parte dos complexos desportivos com piscinas interiores a energia é fornecida de duas formas, combustíveis fósseis (gás natural, petróleo e carvão) e energia elétrica.

Normalmente na maioria dos locais o aquecimento do ar envolvente e da água é fornecida por combustíveis fósseis, apesar de existirem alguns centros que só têm acesso a energia elétrica ou usam-na mais amplamente para aquecimento do ar envolvente e ventilação. A energia elétrica é também usada para iluminação, equipamentos elétricos, bombas hidráulicas e ventiladores.

Na iluminação muita da utilização de energia elétrica está dependente da presença de utentes nos diferentes espaços dos complexos desportivos com piscinas interiores, o seu controlo deve assim assumir-se como prioridade na redução de custos inerentes aos consumos para evitar gastos desnecessários.

Na Figura 2.1 e Figura 2.2 são apresentados, respetivamente, a distribuição dos consumos e custos de energia para um complexo desportivo típico com piscina interior (Carbon Trust, 2006).

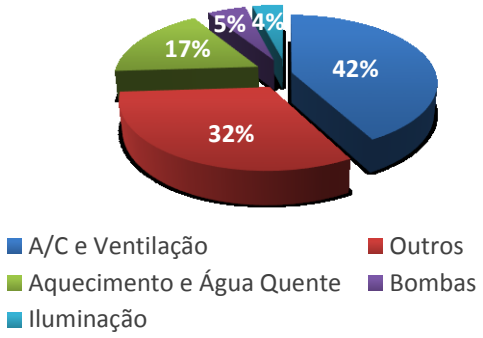

Figura 2.1. Distribuição dos consumos de energia para um complexo desportivo típico com piscina interior (Carbon Trust, 2006).

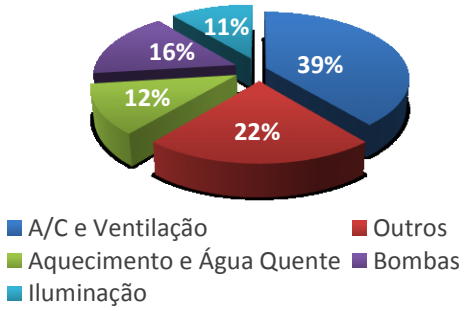

Figura 2.2. Distribuição dos custos de energia para um complexo desportivo típico com piscina interior (Carbon Trust, 2006).

Com a análise destas figuras pode-se verificar facilmente que os custos de energia elétrica são superiores aos custos de energia térmica. Por exemplo os custos da

energia elétrica para a iluminação apresentados na Figura 2.2 representam 11 % dos custos totais, contrastando com os 4 % de energia consumida apresentado na Figura 2.1.

Na Figura 2.3 é apresentada a distribuição dos consumos de energia em complexos com piscinas interiores, baseado num guia de boas práticas e estimado pelo Departamento do Ambiente, Transporte e Eficiência Energética, do Reino Unido. Com a análise da figura podemos verificar que a energia térmica representa 78 % e a energia elétrica por sua vez representa 22 %.

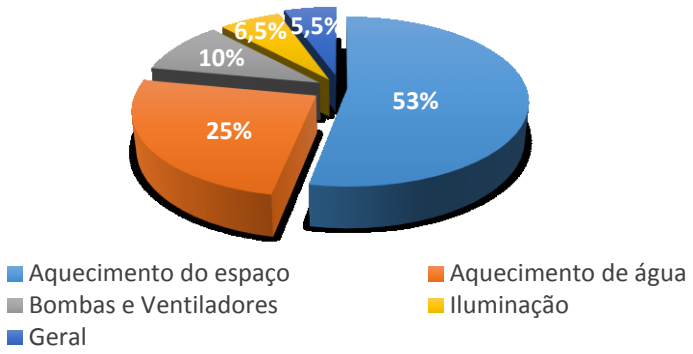

Figura 2.3. Distribuição percentual típica do consumo de energia para um complexo desportivo com piscina interior (DETREE, 2013).

No que se refere aos custos de energia a distribuição é diferente, aonde é a energia elétrica a ocupar 59% dos custos e a energia térmica 41 % como se pode observar na Figura 2.4 Verifica-se a importância na tomada de medidas que visem a diminuição dos custos com energia elétrica.

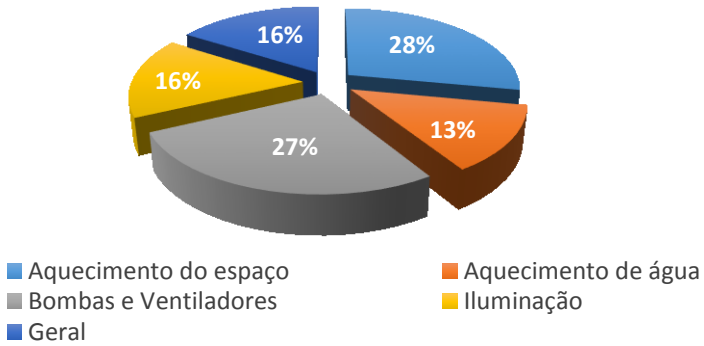

Figura 2.4. Distribuição percentual típica dos custos médios de energia para um complexo com piscina interior (DETREE, 2013).

Em Portugal Correia (2012), num estudo realizado para uma piscina municipal de Silves no Algarve, chegou à desagregação de consumos para o ano 2011 apresentados na Tabela 2.2, aonde se ilustra a separação dos consumos de energia do edifício por cada um dos processos e as respetivas percentagens. Verifica-se que o consumo do gás natural é superior ao consumo elétrico, numa relação de 53 % e 47 %.

Tabela 2.2. Desagregação dos consumos do edifício da Piscina Municipal de Silves com base no ano de 2011.

	Processo	[kWh/ano]	%	%
Energia elétrica	Iluminação do edifício	92824	6	43
	Bombagem de água	258875	16	
	Ventilação associada ao aquecimento/arrefecimento e desumidificação	326847	20	
	Outros	39961	2	
Gás propano	AQS	76948	5	57
	Aquecimento tanques das piscinas	453726	27	
	Aquecimento do ambiente	402856	24	
	TOTAL	1652037	100	100

2.3.1. Iluminação

A iluminação pode representar à volta de 10 % dos custos totais em complexos desportivos com piscinas interiores, permitindo a instalação de detetores de presença proporcionar uma redução na ordem dos 30% dos custos (Carbon Trust, 2006).

Soluções como a iluminação LED podem ser tidas em conta para reduzirem os gastos. Segundo a OSRAM que é um dos principais fabricantes de lâmpadas e artigos de iluminação do mundo, a iluminação LED apresenta as vantagens referidas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3. Vantagens da aplicação da iluminação LED (OSRAM,2015).

Vantagens
Extraordinária qualidade:
A luz branca com intensidade luminosa vai de boa a muito boa e constante ao longo de toda a vida útil A tonalidade branca quente é similar às lâmpadas incandescentes Resistência muito alta ao impacto e à vibração Disponível em muitas formas bem-conhecidos e com os casquilhos das lâmpadas standards para fácil substituição
Sustentabilidade definitiva
Até 90% menos de emissão de CO2 comparadas com as lâmpadas incandescentes convencionais e com as lâmpadas de halogéneo Excelente equilíbrio ecológico graças ao baixo gasto de energia durante a produção Baixo consumo de energia no funcionamento Sem mercúrio Menor desperdício e menor consumo de recursos graças à vida útil extremamente longa
Nível de eficiência alto
Até 90% de poupança energética em comparação com lâmpadas incandescentes convencionais ou lâmpadas de halogéneo similares Até 45.000 horas de vida útil, ganhando em comparação com as lâmpadas incandescentes que têm uma vida útil de 1.000 horas, as de halogéneo de 2.000 a 4.000 horas e as lâmpadas fluorescentes e as de baixo consumo que têm uma vida útil de 5.000 e 8.000 horas Sem necessidade de mudar as luminárias/sistema, graças à fácil substituição do sistema Redução dos custos de ar condicionado graças à baixa emissão térmica

Um estudo representativo da OSRAM em conjunto com os especialistas da *Siemens Corporate Technology*, cujos resultados podem ser analisados na Figura 2.5, mostrou que somente 2 % da energia é usada para produzir uma lâmpada LED.

O consumo de energia primária restante ocorre durante o funcionamento da lâmpada que é da mesma ordem do das lâmpadas florescentes compactas, mas com a vantagem de apresentar uma vida útil bastante superior. Em comparação com as lâmpadas incandescentes convencionais verifica-se que os LED´s são bastantes superiores tanto em termos de energia usada na sua produção como no seu funcionamento.

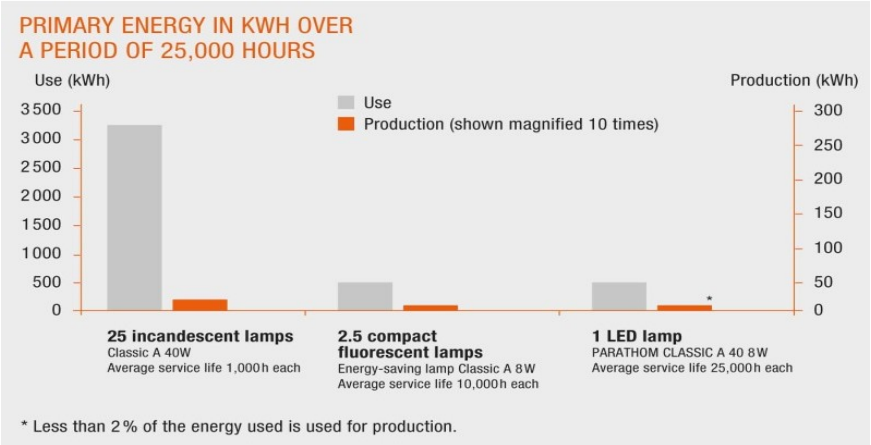

Figura 2.5. Análise dos consumos de energia primária no uso e na produção de 3 tipos diferentes de lâmpadas (OSRAM,2015).

2.3.2. Energia elétrica

Segundo o Carbon Trust, (2006), a gasto anual de energia elétrica em complexos desportivos e de lazer no Reino Unidade é responsável por aproximadamente 25-30 % do seu consumo total de energia. A energia elétrica é geralmente quatro a cinco vezes mais cara que o gás natural, fazendo com que a energia elétrica possa representar até 60 % dos custos totais de energia.

Alem disto a produção de energia elétrica tem inerente a libertação de diversos gases poluentes, entre eles o dióxido de carbono (CO_2), responsável pelo aumento do efeito de estuda. Outros gases libertados incluem o dióxido de enxofre (SO_2), que pode contribuir para as chuvas ácidas, e os óxidos de azoto (NO_x), que podem contribuir para fenómenos de nevoeiro fotoquímico e também deposições ácidas. São também libertadas partículas que, juntamente com o dióxido de enxofre, podem provocar problemas respiratórios (EDP, 2015).

O aumento do efeito de estufa contribui para o aquecimento global do planeta e as chuvas ácidas têm um impacto negativo na agricultura, nas florestas, nos animais, nas plantas que habitam lagos e rios, e na erosão de monumentos históricos (EDP, 2015).

Assim a redução dos consumos de energia elétrica tem benefícios tanto monetários como ambientais.

2.3.3. Consumos de energia

Na Tabela 2.4 apresenta-se os consumos médios anuais de energia térmica e elétrica para duas situações distintas, uma com consumos típicos e outra com consumos recorrendo a boas práticas. Na Tabela 2.5 apresenta-se os consumos médios anuais de

energia em complexos de piscinas interiores mas para três situações diferentes de eficiência energética.

Tabela 2.4. Valores de referência anuais de consumo de energia em centros de lazer, em 3 situações diferentes (Carbon Trust, 2006).

Tipo de piscina	Combustível fóssil (kWh/m^2.ano)		Energia elétrica (kWh/m^2.ano)	
	Típico	Boas práticas	Típico	Boas práticas
Centro com piscina de 25 m	1336	573	237	152
Centro com piscina de lazer	1321	573	258	164
Centro combinado (com mais de um tipo de instalação)	598	264	152	96

Tabela 2.5. Valores anuais do consumo de referência em complexos desportivos com piscina coberta, para três cenários de desempenho de energia (Department of the Environment, Transport and the Regions, (2013).

Bom	Normal	Mau
	(kWh/m^2.ano)	
<501	510 - 745	>745

Um estudo realizado por Trianti-Stourna, *et al.* (1998), para cinco complexos desportivos com piscinas interiores com mais de 20 anos de idade, situados em diferentes regiões da Grécia e sem sistemas de climatização, apresentam uma área de complexo desportivo de 3016 m^2 e 3527 m^2. Neste estudo conclui-se haver um consumo médio anual de energia por unidade de área coberta de 450,1 kWh/m^2.

Relativamente a consumos de água, segundo o Sports Coucil (1993) *apud* Trianti-Storna *et al*. (1998), o consumo médio anual típico de água para uma piscina com uma dimensão média é de cerca de 3100 m^3.ano.

2.4. Medidas gerais para melhorar a eficiência energética de complexos desportivos com piscinas interiores

Medidas para melhorar a eficiência energética e ajudar a reduzir os custos com energia podem ser efetuadas recorrendo a otimizações contratuais e de procedimentos, instalações de novos equipamentos mais eficientes e utilização de fontes de energia renovável. Estas medidas, sintetizadas na Tabela 2.6, são apresentadas por entidades

reguladoras do sector da energia e artigos científicos especializados (Carbon Trust, 2006) e (BRESCU,DETRRE).

Tabela 2.6. Síntese de medidas gerais para melhorar a eficiência energética de complexos desportivos com piscinas interiores.

Edifício e Iluminação	Climatização
Adequada orientação e localização do edifício	Baixar as renovações mecânicas de ar para os mínimos exigidos
Isolamento térmico adequado do edifício	Recuperação de calor residual nos sistemas de ventilação
Implantação de zonas de iluminação natural	Controlo adequado da humidade relativa e temperaturas da água e do ar envolvente das piscinas
Evitar gastos desnecessários com iluminação artificial	Instalação de ventiladores de alto rendimento
Instalação de detetores de presença no sistema de iluminação	Regulação do caudal de extração dos ventiladores
Uso de lâmpadas de alto rendimento	Aplicar uma cobertura na piscina nas horas de não-funcionamento, o que evita perdas por evaporação
Controlo dos circuitos de iluminação por zonas	Instalação de variadores eletrónicos de velocidade nas bombas e ventiladores, reduzindo os consumos de energia elétrica
Instalação de redutores de caudal e sistemas de temporização em todas as torneiras de água e chuveiros	Deteção de anomalias e fugas nos equipamentos
Instalação de sistemas de gestão técnica centralizados	Ajuste automático da temperatura em todas as torneiras de água e chuveiros

3. CASO DE ESTUDO

3.1. Caracterização do edifício, serviços e equipamentos do COPMC

O Centro Olímpico de Piscinas Municipais de Coimbra (COPMC) foi inaugurado no 21 de julho de 2005, tendo sido preparado para natação de formação e competição (incluindo provas internacionais de alta competição em piscina de 50 m). Tem capacidade para 670 espectadores em bancada e para albergar 505 nadadores. Dispõe de uma sala com diversas máquinas para preparação física uma zona de convívio e um bar, bem como várias salas para os técnicos reunirem e planearem as diversas atividades e salas para a imprensa e arbitragem.

Existem duas naves com uma piscina em cada uma. As características das duas piscinas estão presentes na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Características das duas piscinas presentes no COPMC.

Caraterísticas	Piscina Olímpica	Piscina Formação
Dimensões (m)	50x25	25x12,5
Área do plano de água (m^2)	1250	312,5
Profundidade máxima (m^2)	2,25	1,8
Profundidade mínima (m^2)	2	1,2
Média da profundidade (m)	2,125	1,5
Volume (m^3)	2656,25	468,75
Temperatura média da água (°C)	26	28,5

As atividades regulares do COPMC podem ser vistas na Tabela 3.2 e o seu horário de funcionamento na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Atividades do COPMC.

Atividades do COPMC
Natação Hidroginástica Hidrobike "Programa de Animação Desportiva Para a 3ª Idade", que decorre de janeiro a dezembro, interrompendo-se no mês de agosto.

Tabela 3.3. Horário de Funcionamento.

Dias da Semana	Horário de Funcionamento
2ª a 6ª Feira	6h45min às 23h15min
Sábados	8h00 às 19h00
Domingos e Feriados	8h00 às 13h15min

O COPMC encontra-se aberto durante todo o ano, com exceção de um período de 15 dias de paragem para manutenção que decorre normalmente no mês de agosto.

Na Tabela 3.4 apresentam-se os tarifários das entradas pontuais atualmente praticadas no COPMC.

Tabela 3.4. Tarifário das entradas pontuais no COPMC.

Crianças (6-12 anos)	Adultos	Sénior/C. Jovem/C. Estudante	Famílias Numerosas
1,50 €	2,50 €	2,00 €	1,50 €

As caraterísticas dos 5 pisos que constituem o COPMC são apresentadas na Tabela 3.5.

Tabela 3.5. Características dos 5 pisos do COPMC.

Nível 1	Localiza-se no nível abaixo das piscinas e é constituído pela chamada área técnica, aonde se encontra a maquinaria para o funcionamento da piscina. Permutadores de calor, tanques de compensação, tanques de armazenamento de água quente para os balneários, filtros ultravioletas, bombas doseadoras e bombas de pressurização. Duas antecâmaras de descarga e duas arrecadações.
Nível 2	Piscina olímpica, piscina de formação e respetivos balneários femininos e masculinos, salas de apoio, gabinete médico, arrecadação e diversos corredores de circulação.
Nível 3	Átrio, zona de observações, cafetaria e restaurante, corredores de circulação, instalações sanitárias públicas, sala de arbitragem e organização de provas e sala reuniões.
Nível 4	Átrio da entrada, receção, sala de controlo, gabinetes da direção e secretariados, sala de espera, instalações sanitárias, corredores de circulação e bancada para o público.
Nível 5	Área técnica aonde se situam as caldeiras e as unidades de tratamento de ar (UTA´s), circulação das bancadas superiores e gabinete das associações.

A partir das plantas dos cinco níveis do COPMC, retiram-se os valores das suas áreas. Estas são dadas em termos de área bruta que se refere à superfície edificada nos diferentes pisos, e em área útil que trata da superfície utilizável por pessoa. Estas áreas são apresentadas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6. Áreas dos níveis do COPMC.

Níveis	Área bruta (m^2)	Área útil (m^2)
1	1912,20	1824,00
2	5221,90	4906,33
3	1084,71	976,91
4	841,10	552,20
5	798,59	649,77

O sistema de aquecimento a gás natural da instalação é apresentado na Figura 3.1, através de um esquema simplificado, de forma a se perceber o funcionamento do circuito realizado pela água.

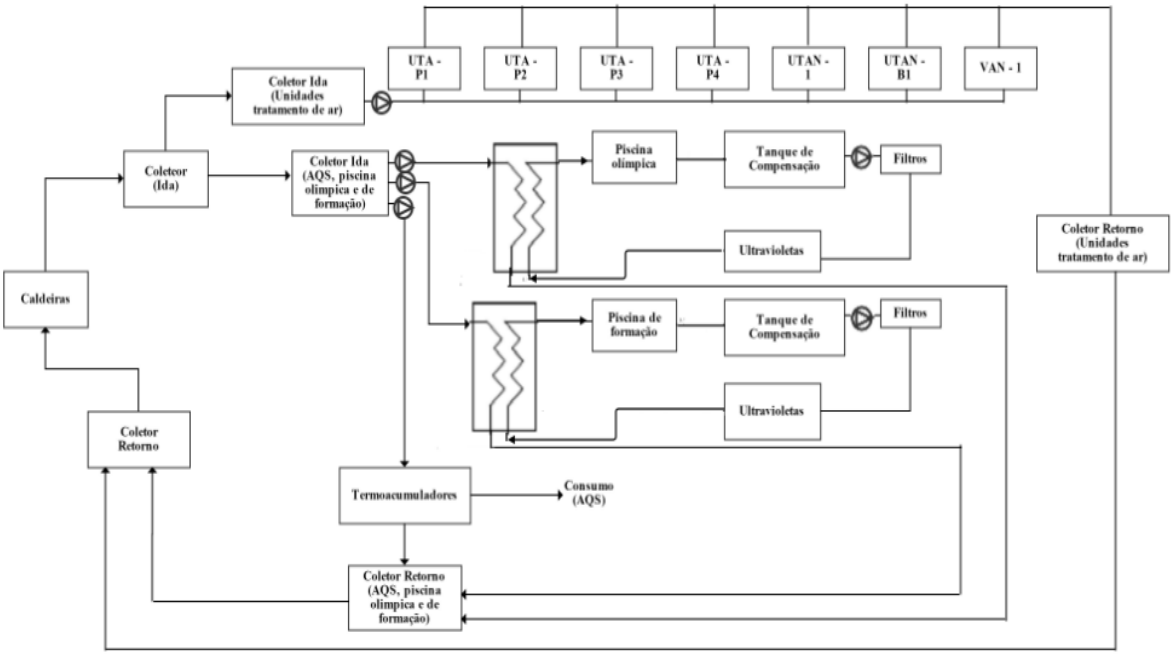

Figura 3.1. Esquema de princípio do circuito térmico.

Para uma análise mais pormenorizada da instalação foi realizado um inventário dos equipamentos presentes no COPMC que pode ser consultado no Apêndice A.

3.2. Metodologia

O estudo e a investigação do tema aqui apresentado foi progredindo ao longo de várias etapas.

Primeiro começou por se realizar uma visita às instalações do COPMC para reconhecimento dos circuitos principais do sistema térmico, ventilação, de água e dos restantes equipamentos. Várias visitas, trabalhos e estadias se seguiram com frequência na instalação. Primeiramente foi proposta a realização de um inventário dos equipamentos do complexo com a catalogação das suas caraterísticas recolhidas no próprio local. Com a recolha destas informações pretende-se obter o conhecimento sobre o correto funcionamento e respetivas funções dos diferentes equipamentos existentes no COPMC.

De seguida foi realizada uma recolha de dados em papel junto da instalação, referente ao número de utilizações, a consumos e custos de energia, nomeadamente de energia elétrica, gás natural e água ao longo dos anos. Estes posteriormente foram analisados e tratados em formato digital para detetar eventuais erros e compreender a sua evolução ao longo do tempo.

Depois realizou-se uma análise crítica a partir da comparação entre os dados obtidos ao longo do estudo e os indicadores de referência.

Com base nestes dados recolhidos foram também calculados diversos rácios de energia com vista a entender melhor a repartição dos consumos e custos de energia.

De seguida com a consulta das plantas de iluminação, consulta das caraterísticas dos modelos das lâmpadas e monotorização dos circuitos de iluminação foi realizada uma caracterização do sistema de iluminação atualmente existente no COPMC a fim de determinar os seus consumos e custos inerentes.

Com vista a propor medidas que visem a diminuição destes consumos e custos com a iluminação foi realizada uma análise de viabilidade económica ao sistema de iluminação, propondo como alternativa a substituição da iluminação atual por uma com base na tecnologia LED e a instalação de detetores de presença. Para isto foram contatadas duas empresas fornecedoras da área às quais foi enviada uma lista bastante pormenorizada das caraterísticas da iluminação atualmente presente no COPMC e pedido que nos enviassem um orçamento com os modelos e preços por unidade para as respetivas equivalências em LED e para os modelos dos detetores de presença.

Com as caraterísticas destes modelos e os seus preços foram assim calculados os seus consumos e custos de energia bem como os seus custos de investimento.

Permitindo assim por fim realizar o estudo de viabilidade económica ao sistema de iluminação do COPMC.

3.3. Caraterização dos consumos e custos de energia no COPMC

Depois de recolhidos e analisados os dados disponíveis junto da instalação referentes ao número de entradas de utentes no complexo, consumos de energia elétrica, gás natural e água foram construídos gráficos e tabelas que ilustram a sua evolução anual e mensal. Desta forma pretende-se procurar entender os níveis de consumos e gastos de energia existentes no COPMC.

3.3.1. Evolução anual do número de entradas no COPMC

Tendo por base os registos existentes da entrada de utentes no complexo a partir do ano 2010 até ao ano 2014 podemos analisar a sua evolução na Figura 3.2.

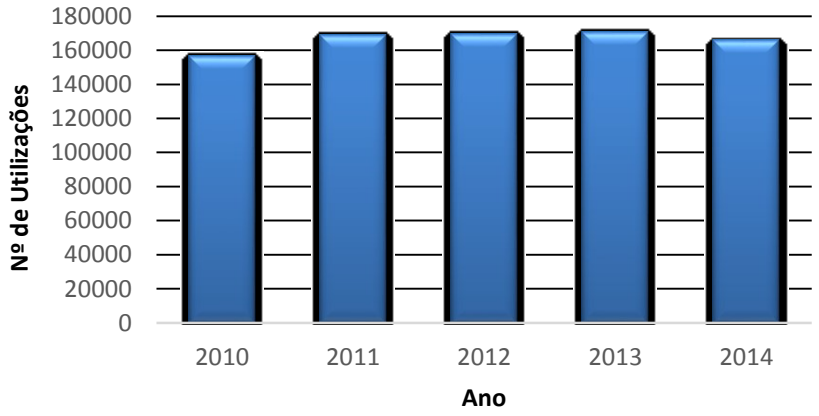

Figura 3.2. Evolução anual do número de utilizações do COPMC de 2010 a 2014.

Analisando os resultados verifica-se um crescimento no número de utilizações de 2010 até 2013, sendo mais acentuado de 2010 para 2011 e mais estável de 2011 a 2013.

De 2013 para 2014 verifica-se uma queda moderada.

Na Figura 3.3 pode-se observar a evolução mensal do número de utilizações no complexo entre o mesmo período de anos.

.

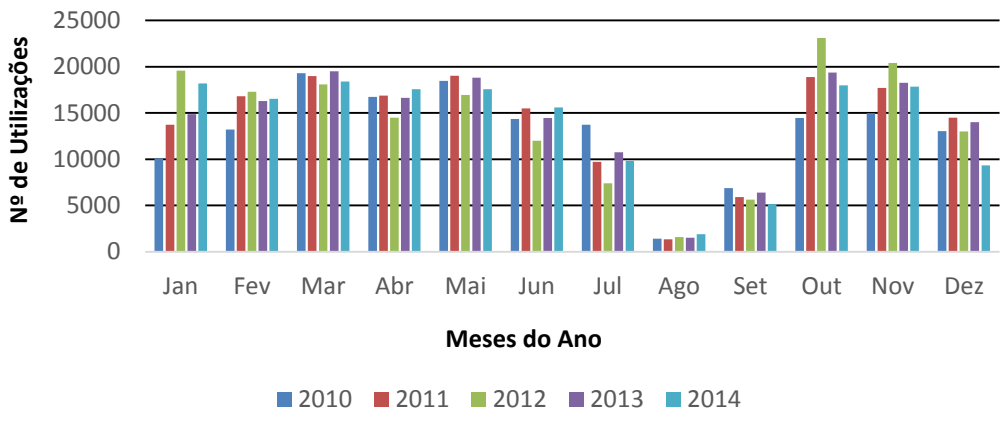

Figura 3.3. Evolução mensal do número de utilizações de 2010 a 2014.

Com a observação do gráfico da Figura 3.3 é bastante identificável a diminuição existente no número de utilizações nos meses de verão e no mês de dezembro em relação ao resto do ano. Isto deve-se ao período de férias. No mês de agosto este decréscimo é ainda mais acentuado devido a conciliar a época de férias de verão com o período de manutenção da piscina. Neste período o funcionamento da piscina é interrompido por cerca de duas semanas e a água da piscina é totalmente substituída.

3.3.2. Consumos de energia elétrica

O COPMC é alimentado pela rede de distribuição de Média Tensão da EDP com uma tensão de serviço de 15 kV. Esta energia é convertida em energia de Baixa Tensão (220 V), através de um posto de transformação (PT) privado. Depois de convertida a energia é usada para alimentar os diversos quadros elétricos parciais do complexo a partir de um quadro geral de baixa tensão (QGBT).

De referir que o contador geral é apenas um e refere-se ao COPMC e ao Pavilhão Mário Mexia em conjunto. Assim para efeitos de cálculos para os consumos, e segundo os responsáveis do COPMC, admitiu-se que o COPMC tem uma percentagem de consumo de energia elétrica na ordem dos 80% e o Pavilhão Mário Mexia de 20%.

Esta análise foi realizada a partir das faturas do consumo de energia elétrica referente aos últimos três anos, para que de seguida se procedesse à construção de gráficos ilustrativos destes consumos.

Na Figura 3.4 pode-se analisar a variação destes consumos ao longo dos anos, e na Figura 3.5 a sua variação ao longo dos meses.

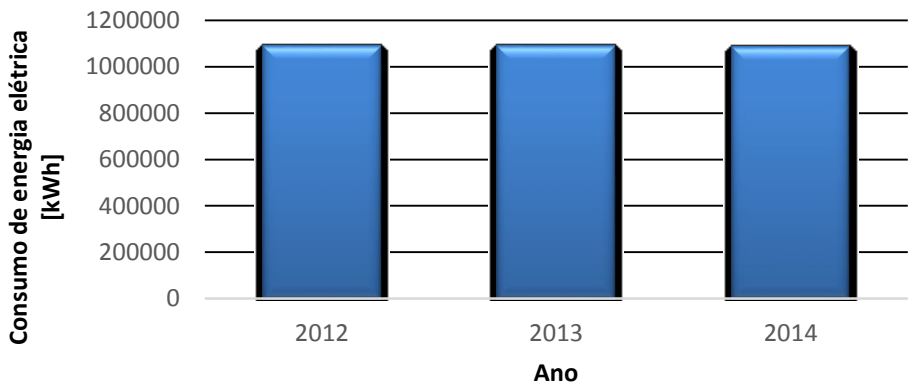

Figura 3.4. Variação anual do consumo de energia elétrica.

Verifica-se que o consumo anual de energia elétrica não apresenta grandes variações ao longo dos últimos três anos, tendo-se mantido os consumos muito semelhantes.

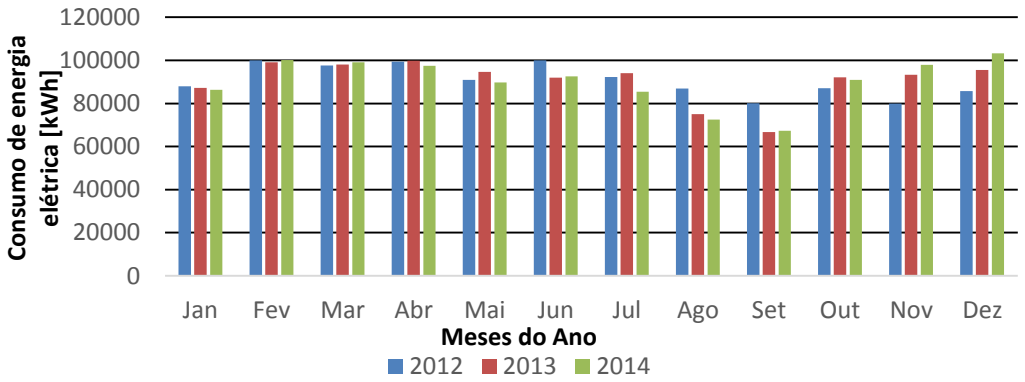

Figura 3.5. Variação mensal do consumo de energia elétrica.

Tal como na Figura 3.4, também aqui se verifica que as variações, neste caso mensais, não são muito evidentes ao longo dos meses do ano. Com exceção dos meses de agosto e setembro, isto devido a existir uma redução do número de utilizações e também pela paragem para manutenção das piscinas em agosto. O aumento do número de horas com iluminação natural nos meses de verão tem também um efeito na redução dos consumos de energia elétrica.

3.3.3. Consumos de gás natural

Pela análise das faturas de gás natural do COPMC dos últimos três anos, verificamos que estes vêm expressos na unidade de m^3, mas neste tópico iremos converter esta unidade para kWh de forma a posteriormente podermos realizar uma comparação percentual entre os consumos de energia elétrica e gás natural. Para isto usamos o fator de conversão de que 1 m^3 de gás natural equivale em média a 10,76 kWh (EDP, 2015).

Na Figura 3.6 está apresentada a evolução do consumo de gás natural ao longo dos últimos três anos e na Figura 3.7 a sua evolução mensal.

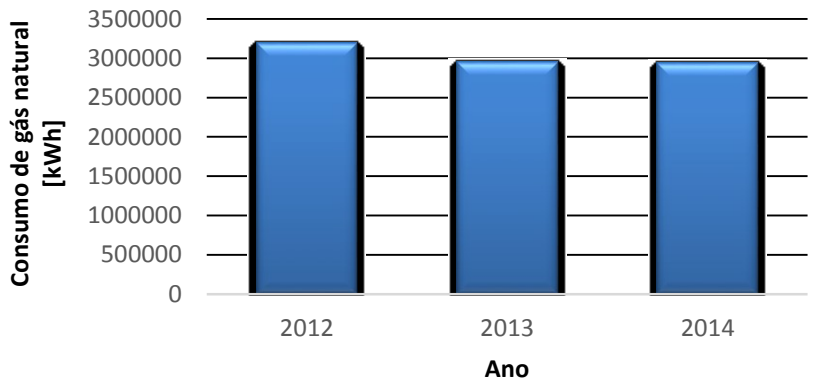

Figura 3.6. Variação anual do consumo de gás natural.

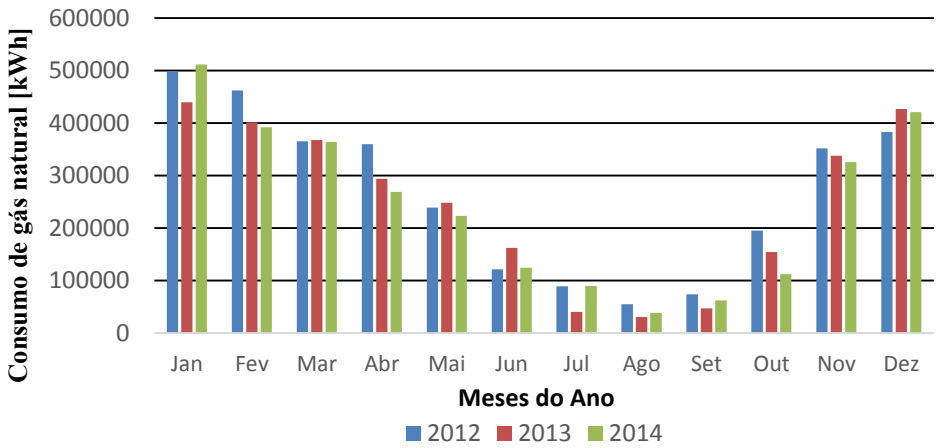

Figura 3.7. Variação mensal do consumo de gás natural.

Na Figura 3.6 verifica-se que os consumos de gás natural têm pequenas oscilações ao longo dos últimos três anos, isto deve-se às variações nas temperaturas exteriores nos diferentes anos, que requerem diferentes necessidades de gás natural para

efeitos de aquecimento e climatização. Este facto é ainda melhor interpretado na Figura 3.7, aonde se pode analisar as grandes variações nos consumos de gás natural ao longo dos meses devido ao efeito das diferentes estações do ano e respetivas temperaturas exteriores. Nos meses de verão estes consumos são particularmente baixos associados ainda ao facto de existir uma diminuição no número de utentes no complexo.

3.3.4. Comparação dos consumos de energia elétrica e gás natural

Com base nos consumos de energia elétrica e de gás natural (energia térmica) dos últimos três anos realizou-se uma análise percentual comparativa destes consumos. Estes são apresentados na Figura 3.8.

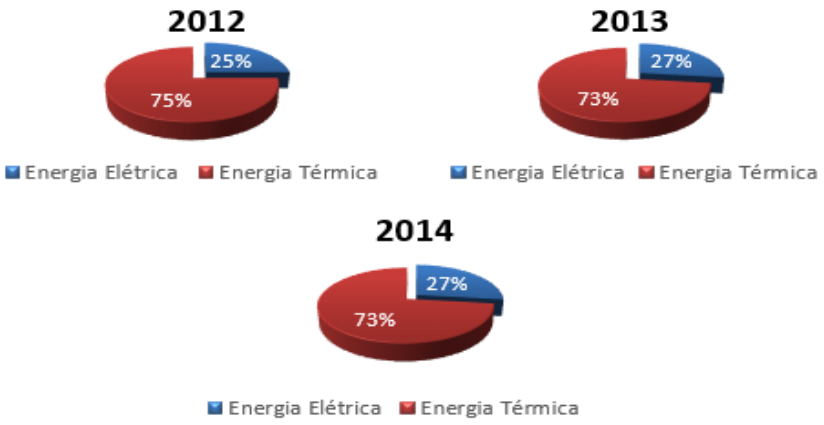

Figura 3.8. Análise percentual comparativa dos consumos de energia elétrica e gás natural entre 2012 e 2014.

Pela análise da Figura 3.8 verifica-se que o gás natural apresenta os maiores consumos, ocupando uma parcela de cerca $\frac{3}{4}$ ao longo dos últimos três anos, justificado pelas grandes necessidades de energia térmica na climatização.

Na Tabela 3.7 são apresentadas as médias anuais do consumo específico de energia elétrica e gás natural por cada utilização das instalações nos últimos três anos, aonde se pode verificar que estes não apresentam grandes variações. Com um pequeno decréscimo no consumo específico de gás natural por utilização, justificado pelos menores números no consumo deste tipo de energia nos últimos dois anos.

Tabela 3.7. Médias anuais do consumo específico de energia elétrica e gás natural por utilização.

	Consumo específico de energia elétrica [kWh/Utilização]	Consumo específico de gás natural [kWh/Utilização]
2012	6,418	18,827
2013	6,366	17,252
2014	6,527	17,664

3.3.5. Consumos de água

No que respeita aos consumos de água no COPMC são apresentados na Figura 3.9 os consumos de água para os últimos três anos e na Figura 3.10 a sua evolução mensal no mesmo período.

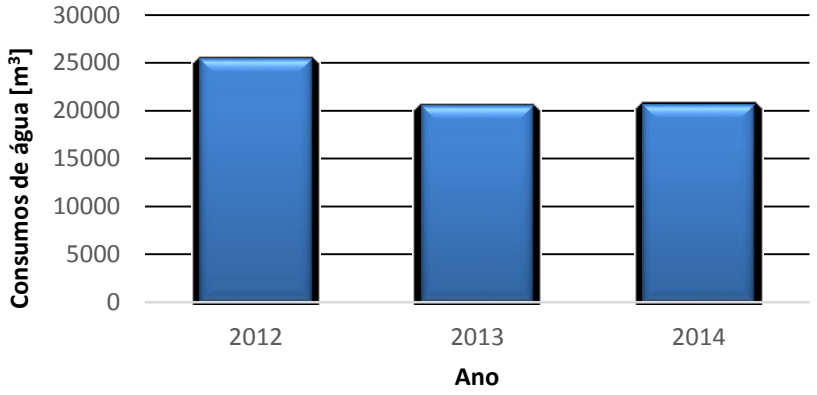

Figura 3.9. Variação anual do consumo de água.

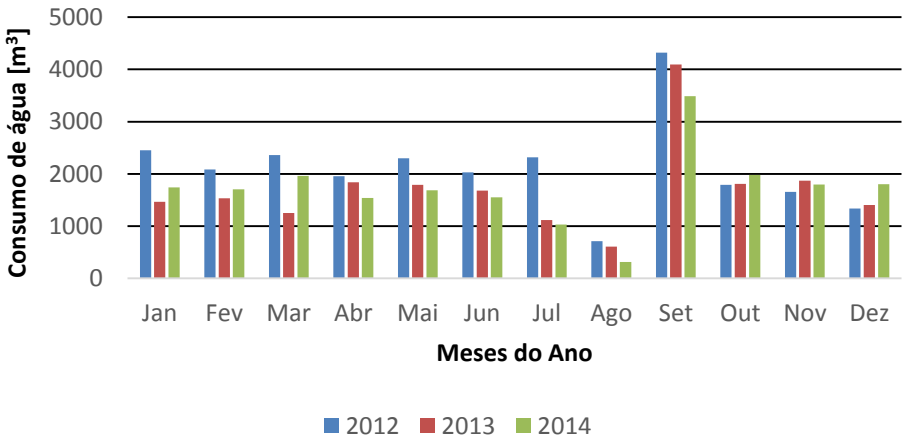

Figura 3.10. Variação mensal do consumo de água.

Na Figura 3.9 observa-se uma diminuição considerável nos consumos de água nos anos de 2013 e 2014, isto deve-se a medidas implementadas pelos responsáveis do COPMC no que toca a uma diminuição do número de renovações de água dos tanques das piscinas para os mínimos legais e adoção de técnicas mais eficientes na lavagem dos filtros.

Na Figura 3.10 verifica-se que não existe uma variação muito acentuada nos consumos ao longo dos meses. Exceção feita aos meses de julho e agosto devido ao menor número de utentes e um aumento significativo do consumo no mês de setembro devido a existir uma substituição total da água das piscinas no final do período de manutenção das mesmas.

Na Tabela 3.8 são apresentadas as médias anuais do consumo específico de água por cada utilização das instalações nos últimos três anos, aonde se pode verificar que estes não apresentam grandes variações.

Tabela 3.8. Médias anuais do consumo específico de água por utilização.

	Consumo específico de água [m^3/Utilização]
2012	0,15
2013	0,12
2014	0,12

3.3.6. Rácios dos consumos de energia e água

Por fim realizou-se uma análise anual aos rácios de energia e água para os últimos três anos. Estes têm como finalidade obter uma caraterização dos consumos de energia e água por área útil frequentada pelos utentes que é constituída pelos níveis 2, 3 e 4, por área útil total do COPMC e por área da superfície das duas piscinas. Na Tabela 3.9 encontram-se os rácios de energia para os consumos de energia elétrica e gás natural, e na Tabela 3.10 os rácios para o consumo de água.

Tabela 3.9. Rácios de consumos de energia de energia elétrica e gás natural.

	2012	2013	2014
Energia elétrica/Área útil frequentada pelos utentes [kWh/m^2]	169	169	168
Gás natural/Área útil frequentada pelos utentes [kWh/m^2]	496	458	455
Energia elétrica/Área útil total COPMC [kWh/m^2]	122	122	122
Gás natural/Área útil total COPMC [kWh/m^2]	358	331	329
Energia elétrica/Área superfície piscinas [kWh/m^2]	696	696	693
Gás natural/Área superfície piscinas [kWh/m^2]	2043	1886	1876

Tabela 3.10. Rácios de consumos de água.

	2012	2013	2014
Água/Área útil frequentada pelos utentes [m^3/m^2]	3,93	3,18	3,20
Água/Área útil total COPMC [m^3/m^2]	2,84	2,30	2,31
Água/Área superfície piscinas [m^3/m^2]	16,2	13,09	13,7

3.3.7. Custos associados a consumos de energia e água

Com base nos dados recolhidos junto do complexo, relativos aos custos com a energia elétrica, gás natural e água para os últimos três anos de faturação foi elaborado em termos anuais o gráfico comparativo que se apresenta na Figura 3.11.

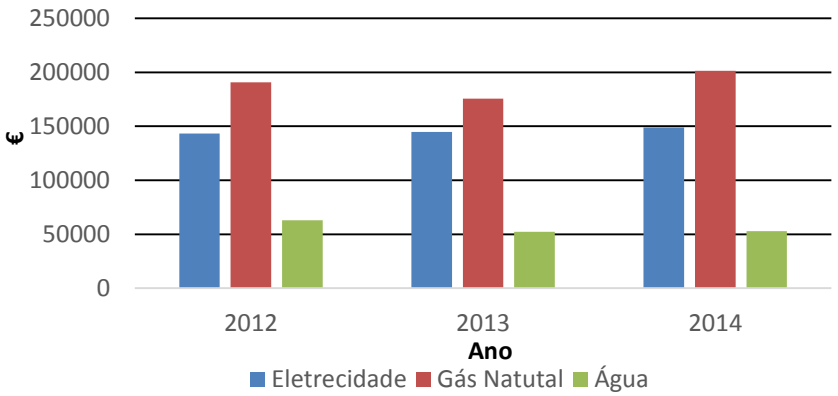

Figura 3.11. Variação anual dos custos de energia elétrica, gás natural e água.

Verifica-se que os custos com gás natural e energia elétrica assumem o principal destaque, seguidos pela água.

Com a análise da evolução anual observavam-se algumas variações nos custos de gás natural, justificados pela influência das temperaturas exteriores nos anos analisados que provocam diferentes necessidades de climatização e pela variação do custo específico da energia. No consumo de água há um decréscimo nos custos do ano de 2012 para os anos de 2013 e 2014, isto deve-se às medidas de melhoria implementadas pelos responsáveis do COPMC e mencionadas no subcapítulo 3.3.5. A energia elétrica apresenta custos totais muito significativos e semelhantes ao longo dos anos, com um ligeiro aumento no ano de 2014 devido à variação do custo específico da energia elétrica.

Na Figura 3.12 apresentam-se os custos para a energia elétrica, gás natural e água para o ano de 2014, mas com uma análise mais pormenorizada ao nível da sua variação mensal.

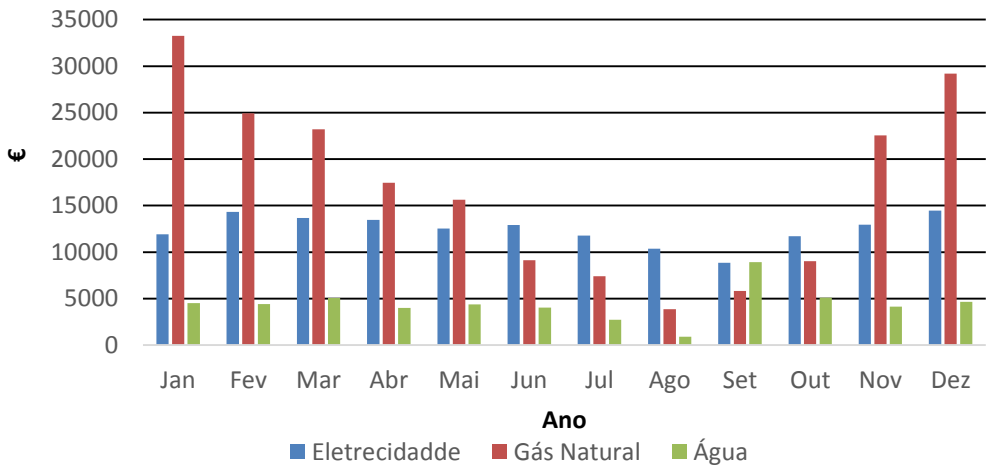

Figura 3.12. Variação anual dos custos de energia elétrica, gás natural e água no ano de 2014.

Pela análise da Figura 3.12 pode-se verificar que os custos com gás natural apresentam grandes variações ao longo do ano associadas principalmente às diferentes necessidades de climatização nos diferentes meses do ano. Os custos com água mantêm-se bastante similares ao longo do ano, com exceção do mês de agosto aonde se dá uma redução devido à paragem para manutenção e renovação da água total dos dois tanques das duas piscinas e no mês de setembro aonde se dá uma subida nos custos devido à contabilização dos custos da água necessária na renovação.

Nos custos da energia elétrica não existem grandes variações ao longo do ano, com os meses de inverno a apresentarem custos superiores devido ao menor número de horas

de iluminação natural e consequente maior utilização de iluminação artificial, enquanto que nos meses de verão há uma redução dos custos devido ao maior número de horas de iluminação natural e menor número de utentes.

3.3.8. Comparação dos custos de energia elétrica e gás natural

Com base nos custos de energia elétrica e de gás natural dos últimos três anos realizou-se uma análise percentual comparativa que é apresentada na Figura 3.13.

Na Tabela 3.11 são apresentadas as médias anuais dos custos específicos de energia elétrica e gás natural para os últimos três anos.

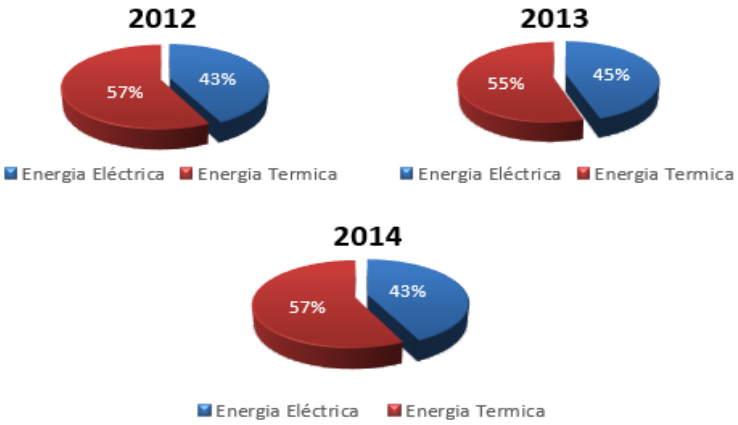

Figura 3.13. Análise percentual comparativa dos custos de energia elétrica e gás natural entre 2012 e 2014.

Pela análise da Figura 3.13 pode-se constatar que mesmo sendo os custos totais do gás natural superiores aos da energia elétrica, a sua parcela percentual diminui significativamente em relação à dos seus consumos que ocupava cerca de $\frac{3}{4}$ em relação à energia elétrica. Isto sugere que o custo específico por kWh da energia elétrica é superior ao do gás natural como se pode verificar pela análise da Tabela 3.11.

Tabela 3.11. Médias anuais do custo específico de energia elétrica e gás natural por kWh.

	Custo específico da energia elétrica [€/kWh]	Custo específico do gás natural [€/kWh]
2012	0,132	0,060
2013	0,133	0,060
2014	0,138	0,069

Na Tabela 3.12 apresenta-se ainda o custo específico por m^3de água para os últimos três anos, aonde se pode constatar que este tem vindo a aumentar todos os anos.

Tabela 3.12. Médias anuais do custo específico de água por m^3.

	Custo específico de água [€/m^3]
2012	2,48
2013	2,55
2014	2,57

Por fim na Tabela 3.13 apresenta-se o custo específico de energia elétrica, gás natural e água por cada utilização da instalação para os últimos três anos. Aonde se pode verificar que o custo total de energia e água por utilização apresenta o valor mais elevado no ano de 2014, com o custo de energia elétrica por utilização a aumentar todos os anos.

Tabela 3.13. Médias anuais do custo específico de energia e água por utilização.

	Custo específico da energia elétrica [€/Utilização]	Custo específico do gás natural [€/Utilização]	Custo específico de água [€/Utilização]	Custo especifica total de energia e água [€/Utilização]
2012	0,845	1,125	0,371	2,341
2013	0,848	1,029	0,306	2,183
2014	0,898	1,214	0,319	2,431

3.3.9. Rácios de custos de energia e água

De forma análoga ao subcapítulo 3.3.6 apresenta-se a Tabela 3.14 os rácios anuais de energia agora para os custos de energia elétrica e gás natural, e na Tabela 3.15 os rácios anuais para os custos de água.

Tabela 3.14. Rácios de custos de energia de energia elétrica e gás natural.

	2012	2013	2014
Energia elétrica/Área útil frequentada pelos utentes [€/m^2]	22,26	22,51	23,15
Gás/Área útil frequentada pelos utentes [€/m^2]	29,64	27,30	31,30
Energia elétrica/Área útil total COPMC [€/m^2]	16,08	16,26	16,72
Gás/Área útil total COPMC [€/m^2]	21,41	19,72	22,61
Energia elétrica/Área superfície piscinas [€/m^2]	91,69	92,73	95,34
Gás natural/Área superfície piscinas [€/m^2]	122,09	112,45	128,91

Tabela 3.15. Rácios de custos de água.

	2012	2013	2014
Água/Área frequentada pelos utentes [€/m^2]	9,77	8,12	8,23
Água/Área Total COPMC [€/m^2]	7,06	5,86	5,94
Água/Área superfície piscinas [€/m^2]	40,24	33,44	33,88

4. ESTUDO ECONÓMICO AO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DO COPMC

4.1. Caraterização da iluminação atualmente existente no COPMC

De forma a realizar um estudo da iluminação atualmente presente no COPMC, foram consultadas e analisadas as plantas de iluminação dos seus cinco níveis. Com esta análise foi permitido contabilizar o número de luminárias presentes em cada local e a partir do seu modelo catalogar as suas caraterísticas.

Este levantamento conclui a existência de 808 luminárias, repartidas por diferentes tipos de tecnologia, entre elas, lâmpadas fluorescentes compactas (CFL), fluorescentes tubulares (T8), iodetos metálicos (IM) e halogéneos (H).

Na Figura 4.1 pode-se analisar a repartição do número de luminárias pelo tipo de tecnologia e na Figura 4.2 as luminárias referentes aos diferentes tipos de lâmpada.

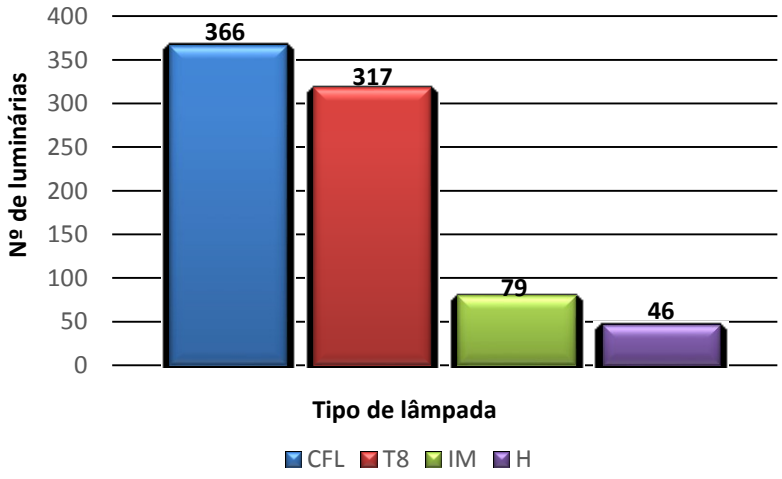

Figura 4.1. Repartição do número de luminárias pelo tipo de tecnologia da lâmpada.

Figura 4.2. Luminárias existentes atualmente no COPMC.

De seguida foram registadas as classes das lâmpadas existentes nos diferentes níveis do COPMC, a quantidade de luminárias, o número de lâmpadas por luminária e as potências das lâmpadas com as respetivas correções consoante o tipo de balastro. Estas correções foram realizadas com base nos catálogos dos fabricantes de balastros e nos índices de eficiência energética para balastros de fontes de iluminação fluorescente (Regulamento (UE) nº 347/2010 da Comissão Europeia). Na Tabela 4.1 apresenta-se esta caraterização para o nível 1 do COPMC. A caracterização dos outros níveis encontra-se no Apêndice B.

Tabela 4.1. Caraterização da iluminação atualmente presente no nível 1.

Designação do local	Classe da lâmpada	Quantidade de luminárias	Nº lâmpadas/ Unidade luminária	Potência teórica/ Unidade de lâmpada [W]	Balastro	Potência corrigida/ Unidade de lâmpada [W]
Área Técnica	T8	87	1	58	Eletrónico	55
Ante Camara de Descarga 1	T8	2	2	58	Eletrónico	55
Ante Camara de Descarga 2	T8	2	2	58	Eletrónico	55
Balneário de Pessoal Masculino	T8	2	2	58	Eletrónico	55
	T8	1	1	58	Eletrónico	55
	CFL	2	2	10	Ferromagnético	17
Balneário de Pessoal Feminino	T8	2	1	58	Eletrónico	55
	T8	1	2	58	Eletrónico	55
	CFL	2	2	10	Ferromagnético	17
Sala de Pessoal	T8	2	2	58	Eletrónico	55
Arrecadação 1	T8	3	2	58	Eletrónico	55
Arrecadação 2	T8	3	2	58	Eletrónico	55

4.2. Proposta para instalação de um sistema de iluminação LED

Em teoria os consumos de energia da tecnologia LED são consideravelmente mais baixos quando comparados com o tipo de iluminação atualmente presente no COPMC. Foi assim proposta a realização de uma análise económica ao sistema de iluminação para averiguar a viabilidade da substituição da iluminação presente atualmente no complexo por um sistema de iluminação com base na tecnologia LED.

De forma a obtermos um orçamento para luminárias com base na tecnologia LED, foram registados todos os modelos das armaduras, lâmpadas atualmente instaladas e os valores das respetivas potências e fluxos luminosos na unidade de medida lúmen (lm). Com esta informação, foram contactadas duas empresas fornecedoras de equipamentos de iluminação LED, para que nos fornecessem uma lista de equivalências em tecnologia LED e os respetivos preços de mercado de cada unidade. A síntese desta informação pode ser consultada no Anexo A.

4.3. Monotorização dos circuitos de iluminação

Com recurso ao sistema de gestão centralizado do COPMC, foi realizada uma monotorização dos circuitos de iluminação dos seus diferentes locais, no período de (04-06-2015 a 25-06-2015), com vista a averiguar a média de horas de funcionamento por dia do sistema de iluminação de cada nível.

A média de horas de funcionamento da iluminação de cada piso pode ser consultada na Tabela 4.2**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**.A análise mais pormenorizada da média de horas de funcionamento por dia dos diferentes locais de cada nível pode ser consultada no Apêndice C.

Tabela 4.2. Média diária de horas de funcionamento do sistema de iluminação do COPMC.

Espaço	Média de horas funcionamento [h/dia]
Nível 1	13,6
Nível 1 - Halogénios decorativos	2
Nível 2	13,1
Nível 2 - Nave da piscina de formação	16
Nível 2 - Nave da piscina olímpica	12
Nível 3	9
Nível 4	14,8

Nível 5	5

Com esta informação e sabendo que o COPMC se encontra em funcionamento 350 dias por ano foi possível contabilizar o número de horas de funcionamento por ano da iluminação dos diferentes locais de cada nível do COPMC.

4.4. Análise de viabilidade económica ao sistema de iluminação LED

Para efeitos de cálculo contabilizando-se as horas de funcionamento por ano dos diferentes locais cada nível, as potências das lâmpadas atualmente instaladas e das de tecnologia LED propostas, um custo específico da energia elétrica de 0,138 [€/kWh] com um crescimento anual de 3,62 %, o custo anual de manutenção considerando a vida útil inerente aos balastros (40000 h) e às lâmpadas atualmente instaladas (1000 h para os halogénios e 9000 h para as restantes e cujos preços por unidade podem ser consultados no Anexo B), a vida útil estimada para as lâmpadas de tecnologia LED (50000 h) e os custos de investimento da tecnologia LED.

Realizou-se a análise económica da iluminação individualmente para cada nível do COPMC. Esta é apresentada nas tabelas Tabela 4.3 a Tabela 4.10.

De referir também que para o cálculo do valor atual líquido usou-se uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 7 %. Para efeitos de contabilização das emissões anuais de gases com efeito de estufa associados ao consumo de energia elétrica do COPMC considera-se um fator de emissão de 0,352 kgCO_2 eq/kWh. Este valor foi calculado através da análise das faturas de energia elétrica referentes ao ano de 2014, relacionando os valores dos consumos de energia elétrica em kWh, com os correspondentes valores das emissões de CO_2 em kg.

Tabela 4.3. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED no nível 1.

Tipo de iluminação	Atual	Proposta
	T8 e CFL	LED
Proposta de investimento [€]		2844
Consumos [kWh/ano]	30874	14105
Consumo [kWh/ano/m^2]	203	95
Custos [€/ano]	4504	1947
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	10868	4965

Reduções		Avaliação da viabilidade económica	
Consumos [kWh/ano]	16769	Valor atual líquido (VAL)	18 341,56 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	108	Taxa interna de retorno (TIR)	96,00%
Custos [€/ano]	2557	*Payback* (anos)	1,07
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]]	5903		

Pela análise da Tabela 4.3 conclui-se que o investimento na substituição da iluminação atual no nível 1 por tecnologia LED é bastante vantajoso, mostrando uma descida muito significativa nos consumos e nos custos anuais de energia elétrica. Os indicadores económicos mostram um Valor Atual Líquido (VAL) positivo e uma Taxa Interna de Retorno (TIR) bastante superior à TMA, resultando num *payback* que cobre o investimento ao fim de aproximadamente 1 ano, sendo que relacionado as horas de funcionamento por ano da iluminação e a vida útil de 50000 h da tecnologia LED, estima-se uma vida útil para as lâmpadas LED deste nível de 10,5 anos.

Também de referir uma queda bastante acentuada nas emissões anuais de CO_2 eq.

Tabela 4.4. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED para os halogénios decorativos (nível 1).

Tipo de iluminação	Atual	Proposta
	Halogénios	LED
Proposta de investimento [€]		3607
Consumos [kWh/ano]	7980	5586
Consumo [kWh/ano/m^2]	12	9
Custos [€/ano]	1593	771
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]]	2809	1966

Reduções		Avaliação da viabilidade económica	
Consumos [kWh/ano]	2394	Valor atual líquido (VAL)	3 539,33 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	4	Taxa interna de retorno (TIR)	22,18%
Custos [€/ano]	822	*Payback* (anos)	4,22
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	843		

Na Tabela 4.4 é apresentada a análise económica dos halogénios decorativos das duas piscinas, nesta análise foram calculados os valores dos consumos, custos e emissões de CO_2 para a iluminação atual tendo por base o valor de 2 h de funcionamento diário atualmente registados. Este valor é bastante reduzido devido aos altos consumos que a tecnologia de halogénios atualmente instalada apresenta e a sua vida útil bastante reduzida, por isto foram tomadas decisões por parte dos responsáveis do COPMC que visam desligar estes halogénios decorativos o maior número de horas possível. Para a solução LED foram calculados os valores com base em 12 h de funcionamento diário.

Verifica-se que mesmo com esta diferença no número de horas de funcionamento entre as duas tecnologias, a tecnologia LED apresenta-se como uma alternativa viável com reduções nos consumos, custos e emissões de CO_2. Os indicadores económicos sugerem um VAL positivo, uma TIR superior à TMA e um retorno ao fim de aproximadamente 4 anos numa vida útil de 12 anos.

Tabela 4.5. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED no nível 2.

Tipo de iluminação	**Atual**	**Proposta**
	CFL, T8 e IM	LED
Proposta de investimento [€]		22400
Consumos [kWh/ano]	97877	43452
Consumo [kWh/ano/m^2]	1276	562
Custos [€/ano]	14948	5996
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	34453	15295

Reduções		**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]	54424	Valor atual líquido (VAL)	56 898,05 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	714	Taxa interna de retorno (TIR)	43,15%
Custos [€/ano]	8951	*Payback* (anos)	2,37
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	19157		

Para a análise económica do nível 2, Tabela 4.5, verifica-se que apesar de um investimento inicial relativamente alto este compensa rapidamente devido a uma redução nos custos bastante alta. Os indicadores económicos apresentam um VAL positivo e uma TIR superior à TMA concluindo um investimento com boa margem de retorno, cobrindo o investimento ao fim de cerca de 2 anos e meio numa vida útil de aproximadamente 11 anos.

Tabela 4.6. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED no nível 3.

Tipo de iluminação	Atual CFL, T8 e Halogénios	Proposta LED		
Proposta de investimento [€]		7422		
Consumos [kWh/ano]	18587	8669		
Consumo [kWh/ano/m^2]	728	375		
Custos [€/ano]	2881	1196		
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	6542	3051		
Reduções			**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]	9918		Valor atual líquido (VAL)	12 411,53 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	353		Taxa interna de retorno (TIR)	25,37%
Custos [€/ano]	1684		*Payback* (anos)	4,09
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	3491			

Também no nível 3, Tabela 4.6, a análise económica mostra reduções significativas nos consumos, custos e emissões de CO_2 e os indicadores económicos com um VAL positivo, uma TIR superior à TMA e um retorno que cobre o investimento ao fim de cerca de 4 anos numa vida útil de quase 16 anos.

Tabela 4.7. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED no nível 4.

Tipo de iluminação	Atual CFL, T8 e Halogénios	Proposta LED		
Proposta de investimento [€]		5586		
Consumos [kWh/ano]	22771	8891		
Consumo [kWh/ano/m^2]	773	325		
Custos [€/ano]	3519	1227		
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	8015	3130		
Reduções			**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]	13879		Valor atual líquido (VAL)	13 180,83 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	448		Taxa interna de retorno (TIR)	43,83%
Custos [€/ano]	2292		*Payback* (anos)	2,32
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	4886			

No nível 4, Tabela 4.7, mostra uma solução LED viável ao apresentar reduções em todos os parâmetros, um VAL positivo uma TIR superior à TMA e uma retorno do investimento inicial ao fim de aproximadamente 2 anos e meio numa vida útil de cerca de 9 anos e meio.

Tabela 4.8. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED no nível 5.

Tipo de iluminação	Atual	Proposta
	T8	LED
Proposta de investimento [€]		805
Consumos [kWh/ano]	3250	1496
Consumo [kWh/ano/m^2]	17	8
Custos [€/ano]	474	206
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	1144	527

Reduções		Avaliação da viabilidade económica	
Consumos [kWh/ano]	1754	Valor atual líquido (VAL)	3 908,41 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	9	Taxa interna de retorno (TIR)	37,67%
Custos [€/ano]	268	*Payback* (anos)	2,82
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	617		

Na Tabela 4.8 observa-se que para o nível 5 o investimento no sistema de iluminação com base na tecnologia LED é bastante viável com as reduções nos consumos e custos a assegurarem um VAL positivo e uma TIR bastante superior à TMA, vendo o investimento inicial ser coberto ao fim de aproximadamente 3 anos numa vida útil de cerca de 28 anos.

Tabela 4.9. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED na nave da piscina de formação (nível 2).

Tipo de iluminação	Atual	Proposta
	IM	LED
Proposta de investimento [€]		18420
Consumos [kWh/ano]	30912	20160
Consumo [kWh/ano/m^2]	42	27
Custos [€/ano]	5110	2782
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	10881	7096

Reduções		Avaliação da viabilidade económica	
Consumos [kWh/ano]	10752	Valor atual líquido (VAL)	-1 761,86 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	15	Taxa interna de retorno (TIR)	4,77%
Custos [€/ano]	2328	*Payback* (anos)	7,28
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	3785		

Pela análise da Tabela 4.9 observa-se que apesar das reduções nos consumos, custos e emissões de CO_2, os indicadores económicos não são muito favoráveis para a implementação do sistema de iluminação LED da nave da piscina de formação. O VAL é negativo e a TIR apresenta um valor abaixo da TMA. Estimando um retorno do investimento de aproximadamente 7 anos e meio, muito perto da sua vida útil de aproximadamente 9 anos.

Isto deve-se aos custos bastante elevados para a iluminação LED de alta potência praticados atualmente. Sendo a iluminação LED uma tecnologia ainda relativamente recente e em constante evolução estes custos deverão diminuir nos próximos anos, sendo que posteriormente poderá tornar-se viável esta substituição para tecnologia LED para a nave da piscina de formação.

Tabela 4.10. Análise da viabilidade económica do sistema de iluminação LED na nave da piscina olímpica (nível 2).

Tipo de iluminação	Atual	Proposta
	IM	LED
Proposta de investimento [€]		167160
Consumos [kWh/ano]	202860	141120
Consumo [kWh/ano/m^2]	65	45
Custos [€/ano]	31618	19475
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	71407	49674

Reduções		Avaliação da viabilidade económica	
Consumos [kWh/ano]	61740	Valor atual líquido (VAL)	-55 701,16 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	20	Taxa interna de retorno (TIR)	0,42%
Custos [€/ano]	12143	*Payback* (anos)	11,71
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	21732		

Na Tabela 4.10 apresenta-se a análise económica do sistema de iluminação da nave da piscina olímpica. Esta apresenta reduções nos consumos, custos e emissões de CO_2, mas os indicadores económicos são desfavoráveis. O VAL é negativo e a TIR bastante inferior à TMA, apresentando um retorno do investimento apenas ao fim de aproximadamente 12 anos numa vida útil de também 12 anos. Isto torna o investimento não viável atualmente, muito devido aos elevados custos da tecnologia de iluminação LED de alta potência, tal como na situação da Tabela 4.9, posteriormente com a redução dos custos desta tecnologia, esta substituição poderá vir a ser viável para a nave da piscina olímpica.

4.5. Proposta para instalação de detetores de presença

De forma a encontrar soluções que permitissem baixar a média de horas de funcionamento diário da iluminação, sugeriu-se a instalação de detetores de presença em determinados locais do COPMC.

Para testar a viabilidade económica da instalação destes equipamentos, foi contactada uma empresa fornecedora que sugeriu três diferentes tipos de detetores de presença com as caraterísticas apresentadas no Anexo C.

Esta informação foi posteriormente relacionada com a análise das plantas de iluminação.

A partir das áreas dos diferentes locais do COPMC e do alcance máximo de deteção de cada detetor, foi realizada uma distribuição adequada dos detetores pelos locais que se consideraram mais críticos e aonde a implantação de detetores de presença poderia ter maiores efeitos na diminuição do número de horas de funcionamento da iluminação.

Em conjunto com os responsáveis do COPMC e tendo em conta os perfis de utilização dos diferentes locais do complexo, foi estimado o impacto que a instalação de detetores de presença teria na diminuição no número de horas de funcionamento da iluminação de cada local. A síntese desta informação pode ser consultada no Apêndice C.

4.6. Análise de viabilidade económica para a instalação de detetores de presença

Para efeitos de cálculo de viabilidade económica, além dos mesmos parâmetros adotados no subcapítulo 4.4, considerou-se uma vida útil de 50000 horas de funcionamento para os detetores de presença, que relacionada com o horário de funcionamento do COPMC resulta numa vida útil estimada de 10 anos.

Primeiramente decidiu-se realizar a análise económica comparando o impacto que a instalação dos detetores de presença teria na iluminação atualmente instalada no COPMC. Esta é apresentada nas tabelas Tabela 4.11 a Tabela 4.14.

Tabela 4.11. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no nível 1.

Tipo de iluminação	Atual	Proposta		
	T8 e CFL	Detetores de presença		
Proposta de investimento [€]		1280		
Consumos [kWh/ano]	30874	27709		
Consumo [kWh/ano/m^2]	203	105		
Custos [€/ano]	4504	4047		
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	10868	9753		
Reduções			**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]		3165	Valor atual líquido (VAL)	2 568,28 €
Consumo [kWh/ano/m^2]		98	Taxa interna de retorno (TIR)	38,6%
Custos [€/ano]		457	*Payback* (anos)	2,62
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]		1115		

A análise da Tabela 4.11 mostra uma viabilidade económica favorável para o nível 1. Os indicadores económicos também são favoráveis com um VAL positivo e um TIR superior à TMA, resultando num retorno do investimento ao fim de pouco mais de 2 anos e meio numa vida útil de 10 anos.

Tabela 4.12. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no nível 2.

Tipo de iluminação	Atual	Proposta		
	CFL, T8 e IM	Detetores de presença		
Proposta de investimento [€]		6333		
Consumos [kWh/ano]	97877	47072		
Consumo [kWh/ano/m^2]	1276	695		
Custos [€/ano]	14948	7203		
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	34453	16569		
Reduções			**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]		50805	Valor atual líquido (VAL)	58 858,81 €
Consumo [kWh/ano/m^2]		581	Taxa interna de retorno (TIR)	130,3%
Custos [€/ano]		7745	*Payback* (anos)	0,79
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]		17884		

A Tabela 4.12 mostra uma análise económica muito positiva para o nível 2. Existem grandes reduções nos consumos, custos e emissões CO_2. Isto deve-se à grande redução no número de horas de funcionamento da iluminação em locais críticos, como os balneários da piscina olímpica e da piscina de formação, corredores de circulação e diversas instalações sanitárias.

Os indicadores económicos também são favoráveis com um VAL positivo e um TIR bastante superior à TMA, com num retorno do investimento inicial em menos de 1 ano.

Tabela 4.13. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no nível 3.

Tipo de iluminação	Atual CFL, T8 e Halogénios	Proposta Detetores de presença		
Proposta de investimento [€]		2027		
Consumos [kWh/ano]	18587	11911		
Consumo [kWh/ano/m^2]	728	457		
Custos [€/ano]	2881	1828		
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	6542	4193		
Reduções			**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]	6676		Valor atual líquido (VAL)	6 839,52 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	271		Taxa interna de retorno (TIR)	56,60%
Custos [€/ano]	1053		*Payback* (anos)	1,83
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	2349			

Observam-se na Tabela 4.13 reduções significativas nos custos para o nível 3, resultando num retorno do investimento ao fim de aproximadamente 2 anos. Assim mostram os indicadores económicos com um VAL positivo e uma TIR superior à TMA.

Tabela 4.14. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no nível 4.

Tipo de iluminação	Atual CFL, T8 e Halogénios	Proposta Detetores de presença		
Proposta de investimento [€]		1699		
Consumos [kWh/ano]	22771	10886		
Consumo [kWh/ano/m^2]	773	425		
Custos [€/ano]	3519	1658		
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	8015	3832		
Reduções			**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]	11885		Valor atual líquido (VAL)	13 962,16 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	348		Taxa interna de retorno (TIR)	117,03%
Custos [€/ano]	1861		*Payback* (anos)	0,88
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	4183			

Para o nível 4, Tabela 4.14, a análise económica mostra um projeto de investimento bastante viável com grandes reduções nos custos. Isto deve-se às grandes reduções no número de horas de funcionamento da iluminação de locais como instalações sanitárias muito pouco utilizadas e em zonas de circulação à entrada do edifício. Nos

indicadores económicos o VAL é positivo e a TIR muito superior à TMA, com um retorno do investimento em menos de 1 ano.

Posteriormente foi também realizada uma outra análise de viabilidade económica para o impacto da instalação dos detetores de presença no sistema de iluminação LED anteriormente proposto.

Esta análise é apresentada nas tabelas Tabela 4.15 a Tabela 4.18.

Tabela 4.15. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no sistema de iluminação LED proposto para o nível 1.

Tipo de iluminação	**Proposta 1**	**Proposta 2**
	LED	Detetores de presença
Proposta de investimento [€]	2844	1280
Consumos [kWh/ano]	14105	12631
Consumo [kWh/ano/m^2]	95	49
Custos [€/ano]	1947	1743
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	4965	4446

Reduções		**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]	1475	Valor atual líquido (VAL)	403,67 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	46	Taxa interna de retorno (TIR)	13,05%
Custos [€/ano]	203	*Payback* (anos)	5,64
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	519		

Pela análise da Tabela 4.15 pode-se verificar que a instalação de sensores de presença a funcionar em conjunto com o sistema de iluminação LED anteriormente proposto ajuda a reduzir ainda mais os consumos, custos anuais e emissões de CO_2.

A análise económica para a instalação dos detetores de presença para o nível 1 é relativamente viável. Os indicadores económicos mostram um VAL positivo, uma TIR relativamente superior à TMA e um retorno do investimento ao fim de aproximadamente 5 anos e meio.

Tabela 4.16. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no sistema de iluminação LED proposto para o nível 2.

Tipo de iluminação	Proposta 1	Proposta 2		
	LED	Detetores de presença		
Proposta de investimento [€]	22400	6333		
Consumos [kWh/ano]	43452	20920		
Consumo [kWh/ano/m^2]	562	304		
Custos [€/ano]	5996	2887		
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	15295	7364		
Reduções			**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]	22532		Valor atual líquido (VAL)	18 035,02 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	258		Taxa interna de retorno (TIR)	51,39%
Custos [€/ano]	3109		*Payback* (anos)	1,97
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	7931			

Na Tabela 4.16 verifica-se que a análise económica para o nível 2 é bastante positiva. Com grandes reduções nos consumos, custos e emissões de CO_2. Isto resulta num retorno do investimento ao fim de aproximadamente 2 anos, com os indicadores económicos a apresentarem um VAL positivo e uma TIR bastante superior à TMA.

Tabela 4.17. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no sistema de iluminação LED proposto para o nível 3.

Tipo de iluminação	Proposta 1	Proposta 2		
	LED	Detetores de presença		
Proposta de investimento [€]	7422	2027		
Consumos [kWh/ano]	8669	5901		
Consumo [kWh/ano/m^2]	375	246		
Custos [€/ano]	1196	814		
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	3051	2077		
Reduções			**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]	2768		Valor atual líquido (VAL)	993,52 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	129		Taxa interna de retorno (TIR)	16,26%
Custos [€/ano]	382		*Payback* (anos)	4,95
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	974			

No nível 3, Tabela 4.17, a proposta de investimento apresenta resultados relativamente positivos. Com os indicadores económicos a mostrarem um VAL positivo, uma TIR algo superior à TMA e um retorno do investimento ao fim de aproximadamente 5 anos.

Tabela 4.18. Análise da viabilidade económica para a instalação de detetores de presença no sistema de iluminação LED proposto para o nível 4.

Tipo de iluminação	**Proposta 1**	**Proposta 2**		
	LED	Detetores de presença		
Proposta de investimento [€]	5586	1699		
Consumos [kWh/ano]	8891	4712		
Consumo [kWh/ano/m^2]	325	195		
Custos [€/ano]	1227	650		
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	3130	1659		
Reduções			**Avaliação da viabilidade económica**	
Consumos [kWh/ano]	4180		Valor atual líquido (VAL)	2 776,02 €
Consumo [kWh/ano/m^2]	130		Taxa interna de retorno (TIR)	34,44%
Custos [€/ano]	577		*Payback* (anos)	2,83
Emissões de CO_2 [kg CO_2eq/ano]	1471			

Para o nível 4, Tabela 4.18, a análise económica é positiva, apresentando reduções significativas nos consumos, custos e emissões de CO_2. Os indicadores económicos mostram um VAL positivo e uma TIR bastante superior à TMA. Resultando num retorno do investimento ao fim de aproximadamente 3 anos.

5. CONCLUSÕES

No presente trabalho foram analisados os consumos e custos de energia associados ao funcionamento do COPMC nos anos de 2012 a 2014. Foi igualmente analisada a viabilidade económica da instalação de um sistema de iluminação LED e de detetores de presença como medidas de melhoria para um aumento da eficiência energética e redução de custos.

O consumo de energia elétrica e de energia térmica (gás natural) no COPMC apresenta valores anuais de 1083 MWh, e 2931 MWh, respetivamente, representando assim a energia elétrica 27 % do consumo total de energia. O consumo médio de energia por área útil total do complexo apresenta um valor de 451 kWh/m^2, o que o coloca na ordem dos indicadores de referência encontrados na bibliografia.

O consumo anual de água é de 20583 m^3,o que fica abaixo dos valores de referência encontrados. Isto deve-se às medidas tomadas pelos responsáveis do COPMC a partir de 2013 com a lavagem de filtros e renovações de água das piscinas.

No que se refere aos custos anuais o gás natural apresenta um valor de 201417 €, e a energia elétrica 148970€, representando assim a energia elétrica 43% dos custos totais de energia. Isto demostra um custo especifico superior para a energia elétrica, com um valor de 0,138 €/kWh face aos 0,069 €/kWh do gás natural, comprovando a mesma tendência encontrada nos indicadores de referência.

Os custos de água, com 52935 € anuais, representam o valor mais baixo em comparação com os custos de gás natural e energia elétrica no COPMC.

O custo especifico total com energia e água por utilização apresenta o valor de 2,431 €/utilização, sendo um valor superior a três dos quatro tarifários pontuais praticados no complexo. De referir que a este custo falta ainda acrescentar os custos de manutenção e de recursos humanos do complexo. Este facto comprova a urgência na necessidade da diminuição dos consumos de energia e redução de custos no COPMC.

O consumo anual com iluminação apresenta um valor de 415 MWh, representando 38,3 % dos consumos de energia elétrica e 10,3% dos consumos totais de energia. Quanto aos custos com energia elétrica a iluminação atual é responsável por 57285

€ anuais. Este valor representa 38,3 % dos custos de energia elétrica e 16,3% dos custos totais de energia. O sistema de iluminação atual é responsável pela emissão de cerca de 146 t CO_2eq/ano inerentes ao consumo de energia elétrica.

Estes valores de consumos e custos com energia elétrica revelam-se superiores aos dos indicadores de referência encontrados o que demonstra a necessidade da implantação de medidas de melhoria ao sistema de iluminação atualmente instalado.

Para o estudo de viabilidade económica teve-se ainda em consideração os custos de manutenção dos balastros e das lâmpadas do sistema de iluminação, ao que acresce os custos do sistema de iluminação atual para um valor de 64 647 € anuais.

Com efeito para a instalação de um sistema de iluminação LED em substituição do sistema atual demonstrou uma diminuição de 23,9 % nos consumos, e emissões de CO_2 inerentes à iluminação com uma redução anual de 99 MWh e 35 t CO_2eq/ano respetivamente. Quanto aos custos com a iluminação obteve-se uma diminuição de 25,6 % com uma redução anual de 16575 €.

Este estudo provou ainda ser economicamente viável em todos os níveis do complexo, com um período de retorno do investimento inicial bastante satisfatório, dentro do tempo de vida útil dos equipamentos. No caso das duas naves das piscinas este investimento provou não ser economicamente viável devido aos custos ainda demasiado elevados da tecnologia de iluminação LED de alta potência.

Com a instalação de detetores de presença no sistema de iluminação atual nos locais mais críticos identificados no COPMC consegue-se uma redução anual de 72 MWh nos consumos, 11115 € nos custos e 25 t CO_2eq/ano nas emissões. Resultando numa diminuição de 17,1 % nos três parâmetros e com um retorno do investimento bastante favorável em todos os níveis nos quais foram aplicados os detetores de presença.

Posteriormente foi também realizada uma outra análise de viabilidade económica para o impacto da instalação dos detetores de presença no sistema de iluminação LED anteriormente proposto.

A instalação dos detetores de presença a funcionar em conjunto com o sistema de iluminação LED resulta numa redução anual de 130 MWh e 46 t CO_2eq/ano nos consumos de energia elétrica e emissões de CO_2, respetivamente, resultando numa diminuição de 31,3% nestes dois parâmetros. Nos custos com a iluminação consegue-se uma diminuição de 32,3 %, o que resulta numa redução anual de 20847 €.

Com este estudo provou-se que a instalação de um sistema de iluminação com base em tecnologia LED e a instalação de detetores de presença se apresentam como soluções bastante viáveis para melhorar a eficiência energética, reduzir os custos e diminuir a pegada de carbono.

Como forma de proposta para soluções alternativas ao sistema de iluminação de alta potência das naves das duas piscinas seria interessante estudar a viabilidade da instalação de claraboias tubulares na cobertura do COPMC que diminuiriam em muito os consumos de energia elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRESCU, (1998). Good practice case study 76, "Energy efficiency in sports and recreation buildings: swimming pool covers". Acedido a 21 de fevereiro de 2015 em: http://www.forgeleisure.co.uk/Case%20Study.pdf.

BRESCU, (1998). Energy Consumption Guide 78, "Energy use in sports and recreation buildings". Acedido a 28 de fevereiro de 2015 em: http://targ.co.uk/other/guide78.pdf.

Carbon Trust, (2006). "Sports and leisure: Introducing energy saving opportunities for business". Acedido a 21 de fevereiro de 2015 em: www.thecarbontrush.co.uk/energy.

Correia, V. (2012). "Influência das áreas transparentes no balanço energético em piscinas interiores aquecidas". Tese de Mestrado em Energia e Climatização de Edifícios, Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Algarve, Faro.

Department of the Environment, Transport and the Regions, (2013). "Energy efficiency in sports and recreation buildings: a guide for owners and energy managers". Acedido a 5 de março de 2015 em: Guide51,http://www.intelmeter.com/output/carbon%20trust/ecg051_recreation%20centres.pdf.

DETREE, (2013). Good practice guide 219, "Energy efficiency in swimming pools - for centre managers and operators". Acedido a 20 de fevereiro de 2015 em: http://www.swimming.org/assets/uploads/library/Energy_Efficiency_in_Swimming_Pools_219.pdf.

EDP Gás Distribuição, (2015). "Equivalências energéticas" Acedido a 6 de abril de 2015 em : http://www.edpgasdistribuicao.pt/index.php?id=484.

EDP Serviço Universal, (2015). "Origens da Eletricidade" Acedido a 23 de abril de 2015 em: http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx.

OSRAM, (2015). " Lâmpadas LED: inovação numa nova classe de iluminação" Acedido a 23 de abril de 2015 em: http://www.osram.pt/osram_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/tecnologias/lâmpadas-led/índex.jsp.

Sports Council (1993). "The Small Pools Project", Environmental Services Monitoring Report, WS Atkins Consultants, Dot. Ref. N.º.B6122/B/CD024.

Trianti-Stourna, E., Spyropoulou, K., Theofylakto, C., Droutsa, K., Balaras, C.A., Santamouris, M., Asimakopoulos, D.N., Lazaropoulou, G.e Papanikolaou, N., (1998). "Energy conservation strategies for sports centers: Part B. Swimming pools", Energy and Buildings 27, 123-135.

ANEXO A – EQUIVALÊNCIA EM TECNOLOGIA LED

Tabela A. 1. Equivalência em tecnologia LED para o sistema de iluminação atualmente instalada.

Tecnologia Atual			Equivalência em tecnologia LED			
Modelo	**Potência teórica/Unidade de luminária [W]**	**Fluxo luminoso/ Unidade luminária [lm]**	**Modelo**	**Potência/ Unidade de luminária [W]**	**Fluxo luminoso/ Unidade luminária [lm]**	**Preço Unidade de luminária [€]**
Paralux FLE 200 T8 1/58 (T8)	58	5200	106 QUERATE LED	25	5100	23,30
Paralux FLE 200 T8 2/58 (T8)	116	10400	106 QUERATE LED	50	10200	41,28
Paralux PL-806/300 (CFL)	20	1200	ELERI9 Downlight LED Ultra Fino IRC>80 125mm	24	1760	32,00
SBP-UWF 22 PAR 56/12-300W (Halogénio)	300	16000	LED Pisc.Par56 35W 6000K 501leds	35	2300	94,92
Paralux PL517/54 FDD (CFL)	26	1800	TROMILUX GX53 LED 7W IP67	14	1600	70,30
PLRE 4*18 (T8)	72	4800	103 QUEARE 840	40	4200	41,40
SBP 5STARS 1*70W (IM)	70	5800	SECOM 4125 01 50 85 PROTEK LED White	50	6332	161,70
PHILIPS Aluline (Halogénio)	50	530	LED 5W GU10 SMD 60LED SMD	5	425	5,65
Paralux PL-696/165 (CFL)	26	1800	SECOM SUPOR PL 004C 01 13 BE 4200k White	26	2000	56,71
SBP 5STARS 1*400W (IM)	400	32000	STADIUM-P-300W	300	28500-31500	1535,00
SBP 5STARS 1*1000W (IM)	1000	80000	STADIUM-P-800W	800	80000-88000	3980,00

ANEXO B – PREÇOS POR UNIDADE DE LUMINÁRIA ATUALMENTE INSTALADA NO COPMC

Tabela B.1 – Preços por unidade de luminária.

Modelo	Preço unidade [€]
PARALUX FLE 200 T8 1/58w (T8)	1,6
PARALUX FLE 200 T8 2/58w (T8)	3,2
Paralux FLE 200 T8 4/18 (T8)	6,4
PLRE 4X18w (T8)	4,8
PARALUX PL-806/300 (CFL)	6
SBP-UWF 22 PAR 56/12 (Halogénio)	18,5
PARALUX PL517/54 FDD (CFL)	5
SBP 5STARS 1X70w (IM)	10
SBP 5STARS 1X400w (IM)	29,5
SBP 5STARS 1X1000w (IM)	101,3
PHILIPS ALULINE (Halogénio)	1,2
PARALUX PL-696/165 (CFL)	6
Balastro SBP 5STARS 1X400w (IM) e BP 5STARS 1X1000w (IM)	348
Balastro (Outras)	10
Caixa reatância SBP 5STARS 1X400w (IM) e BP 5STARS 1X1000w (IM)	23,4

ANEXO C – CARATERISTICAS DOS DETETORES DE PRESENÇA

Tabela C.1 – Caraterísticas dos detetores de presença.

Modelo	IR Quattro	IR Quattro HD	Dual HF
Marca	Steinel Professional	Steinel Professional	Steinel Professional
Altura montagem [m]	2,5 - 8	2,5 - 10	2,5 - 3,5
Alcance máximo de deteção [m]	4*4	8*8	3*20
Angulo de deteção	360º	360º	360º
Locais de aplicação	Diversos no interior de prédios	Diversos no interior de prédios	Corredores de circulação
Preço por unidade [€]	115	164	156

APÊNDICE A – INVENTÁRIO DOS EQUIPAMENTOS DO COPMC

Grupo térmico

O aquecimento das águas da piscina olímpica, da piscina de formação e das águas quentes sanitárias é realizado principalmente com recurso a quatro tipos de equipamentos, caldeiras, bombas, permutadores e termoacumuladores.

Caldeiras

Existem 3 caldeiras, cada uma equipada com 1 queimador, aonde se realiza a queima do gás natural.

Na Tabela A.1 e Tabela A.2 apresentam-se as características das caldeiras de água quente e dos queimadores, respetivamente. Na Figura A.1 são exibidas as três caldeiras e os respetivos queimadores.

Tabela A.1 – Caracterização das caldeiras.

Designação	C1, C2, e C3
Nº de unidades	3
Nível do complexo	5
Marca	Roca
Modelo	CPA 800
Código do centro custos	0230104
Potência consumida [kW]	1023,3
Potência útil [kW]	930,2
Rendimento [%]	92,4
Tipo de combustível	Gás natural
Temperatura máxima [ºC]	85
Sobrepressão câmara de combustão [mm.c.a]	58
Perda pressão circuito de água t=15 ºC [mm.c.a]	320
Nº de queimadores	1
Peso do equipamento [kg]	1460
Capacidade de água [l]	966
Número de série	160137203,160137204 e 160137201
Data de fabrico	09/2004

De referir que todos os equipamentos que serão mencionados no inventário apresentam o mesmo código de custos, acima enunciado, referente ao complexo.

Tabela A.2 – Caraterização dos queimadores.

Designação	Queimador
Nº de unidades	3
Nível do complexo	5
Marca	Roca
Modelo	Tecno 100 GM
Potência consumida [kW]	1,8
Tipo de combustível	Gás natural
Peso do equipamento [kg]	73
Emissões Sonoras [dBA]	77
Data de fabrico	09/2004

Figura A.1 – Caldeiras a gás e respetivos queimadores.

Termoacumuladores e bombas circuladoras AQS

Os cinco termoacumuladores de 2000 litros de capacidade cada armazenam a água quente sanitária (AQS) para posteriormente ser bombeada para os destinos de consumo, como os balneários e instalações sanitárias. Na Figura A.2 são apresentados os termoacumuladores e as bombas circuladoras. Na Tabela A.3 e Tabela A.4 apresentam-se, respetivamente, as caraterísticas dos termoacumuladores e das bombas circuladores de AQS.

Tabela A.3 – Caraterização dos termoacumuladores.

Designação	TA
Nº de unidades	5
Nível do complexo	1
Marca	MECALIA S.L.
Modelo	DPI316/I
Capacidade [l]	2 000
Fluído	Água quente
Pressão máx. água quente [Mpa]	0,7
Temperatura máx. água quente [°C]	90-70
Pressão máx. água de consumo [Mpa]	0,6
Temperatura máx. água de consumo [°C]	80
Número de série	FAQ-3922
Data fabrico	10/2004

Tabela A.4 – Caraterização das bombas circuladoras de AQS.

Designação	Bomba Circuladora AQS
Nº de unidades	5
Nível do complexo	1
Marca	GRUNDFOS
Modelo	MAGNA3 40-120 F N 250
Motor [V]	1 × 230
Potência [kW]	0,44
In [A]	1,9
rpm	1451
Número de série	10000691
Data fabrico	10/2004

Figura A.2 – Termoacumuladores e bombas circuladoras.

Permutadores e bombas recirculadoras das piscinas

No sistema de aquecimento dos dois tanques de piscina existem dois permutadores de placas, um para a piscina olímpica e outro para a piscina de formação que

permitem o aquecimento da água. Estes podem ser observados na Figura A.3 estando as caraterísticas na Tabela A.5. Depois de aquecida a água é bombeada para os tanques de piscina através das bombas recirculadoras. Existem cinco bombas recirculadoras para a piscina olímpica e três para a piscina de formação. Na Figura A.4 são exibidas as bombas recirculadoras das duas piscinas e na Tabela A.6 as suas caraterísticas.

Tabela A.5 – Caraterização dos permutadores.

Designação	Permutador de placas da piscina olímpica	Permutador de placas da piscina de formação
Nº de unidades	1	1
Nível do complexo	1	1
Marca	ARSOPI-THERMAL	ARSOPI-THERMAL
Modelo	FHL 10-HJ-21	FHL 00-HJ-6
Nº de placas	21	6
Volume [m^3]	11,2	1,125
Potência máxima [kW]	890,6	120,1
Material tubagem principal	PVC	PVC
Material tubagem primária	Inox	Inox
Material tubagem secundária	PVC	PVC
Diâmetro principal [mm]	300	200
Diâmetro secundário [mm]	110	63
Nº de série	5279 TH	5280 TH
Data fabrico	2005	2005

Figura A.3 – Permutador da piscina olímpica e de formação.

Tabela A.6 – Caracterização dos motores e das bombas recirculadoras.

Designação	Motor da bomba de circulação da piscina olímpica	Bomba de circulação da piscina olímpica	Motor da bomba de circulação da piscina de formação	Bomba de circulação da piscina de formação
Nº de unidades	5	5	3	3
Nível do complexo	1	1	1	1
Marca	SIEMENS	EFAFLU	WEG	EFAFLU
Modelo	1LA7166-4AA60	NJM 100-250	BF5100L42E	NJM 65-250
Motor	3~mot		3~mot	
Potência [kW]	15	15	7,5	7,5
Caudal [m^3/h]		100		65
In [A]	28,5		14,6	
rpm	1460	1500	1460	1500
Cos φ	0,84		0,88	
Número de série		410563003		4100562001
Data fabrico	07/2004	07/2004	07/2004	07/2004

Figura A.4 – Bombas de recirculação da piscina olímpica e de formação.

Outros grupos de bombagem

Bombas hidropressoras

Toda a água destinada ao consumo no COPMC, com exceção da dirigida às piscinas e ao sistema de emergência de combate a incêndios, passa pelas bombas hidropressoras instaladas no nível 1 do complexo. Estas regulam a pressão de funcionamento do sistema de abastecimento de água em função dos diferentes níveis de utilização da água e consequentes variações de caudal.

No COPMC existem quatros bombas hidropressores instaladas, como podem ser observadas na Figura A.5 e as suas caraterísticas na Tabela A.7.

Tabela A.7 – Caracterização dos motores, bombas e variadores da hidropressora.

Designação	Motor da bomba de recirculação da hidropressora	Bomba de recirculação da hidropressora	Variador da hidropressora
Nº de unidades	4	4	4
Nível do complexo	1	1	1
Marca	EFACEC	EFAFLU	Xylem Inc
Modelo	BF5100L42E	EVM163F	HV 4030 M3-5 B-100-G-1-V014
Motor	3~mot		
Potência [kW]	3	3	3
Caudal [m^3/h]		9,24	
In [A]	6		
rpm	2880	2850	
Cos φ	0,88		
Número de série		30800623	
Data fabrico	07/2004	07/2004	07/2004

Figura A.5 – Bombas hidropressoras.

Bombas de combate a incêndio

Encontram-se instaladas duas bombas de combate a incêndio, que podem ser observadas na Figura A.6 e as suas características na Tabela A.8.

Tabela A.8 – Caracterização das bombas de combate a incêndio.

Designação	Bomba de incêndio
Nº de unidades	2
Nível do complexo	1
Marca	EFLAFLU
Modelo	NNJ 50-200
Motor	3~mot
Potência [kW]	18,5
Qn [m^3]	380,00
rpm	2950
Número de série	410338003
Data fabrico	2005

Figura A.6 – Bombas de combate a incêndio.

Bombas de águas residuais

Existem seis bombas responsáveis pela bombagem das águas residuais do COPMC para as estações de esgoto. Na Figura A.7 pode-se observar uma destas unidades e na Tabela A.9 as suas caraterísticas.

Tabela A.9 – Caracterização das bombas de águas residuais.

Designação	Bombas de águas residuais
Nº de unidades	6
Nível do complexo	1
Marca	EFACEC
Modelo	MCFF410R-4276
Motor [V]	400
Potência [kW]	4,2
Caudal [m^3/h]	94,6
In [A]	8,1
rpm	1450
Número de série	062004-4204
Data fabrico	2004

Figura A.7 – Bombas de águas residuais.

Grupo de climatização/ventilação e tratamento de ar

A climatização/ventilação e tratamento de ar é realizado com o funcionamento dos seguintes equipamentos:

- Unidades de tratamento de ar (UTA´s)
- Unidades de tratamento de ar novo (UTAN´s)
- Ventiladores de extração (VEX´s)
- Ventilador de ar novo (VAN)

Unidades de Tratamento de ar (UTA´s)

No COPMC estão presentes quatro UTAS´s para o processo de climatização de quatro níveis diferentes do complexo, realizando a insuflação e desumidificação do ar.

Na Tabela A.10 encontra-se a caraterização das UTAS´s que podem ser observadas na Figura A.8.

Tabela A.10 – Caraterização das UTA´s.

Designação	UTA - P1	UTA - P2	UTA - P3	UTA - P4
Nº de unidades	1	1	1	1
Nível do complexo	5	5	5	1
Marca	CIATESA	CIATESA	EVAC	CIATESA
Modelo	BCP-610	BCP-610	UTA 100 st	BCP-315
Potência Frigorifica [kW]	179,9	179,9		95,2
Potência Absorvida [kW]	45	45	11,8	22,9
Potência de desumidificação [kg/h]	126,5	126,5		65,5
Caudal de insuflação de ar nominal [m³/h]	30000	30000	60000	16000
Tipo de gás	R407C	R407C		R407C
Quantidade [kg]	34,3	34,3		18,7
Peso equipamento [kg]	4050	4050		1155
Data de Fabrico	09/2005	09/2005	09/2005	09/2005
Número de série	050706653E	050706654E	678.060	050706655E

Figura A.8 – Unidades de tratamento de ar (UTA´S).

Unidades de Tratamento de ar novo (UTAN´s) e Ventiladores

O sistema de tratamento de ar novo é constituído por duas UTAN responsáveis pela insuflação de ar novo proveniente do exterior para o interior do complexo, sendo que ao contrário das UTA´s anteriormente referidas, as UTAN´s não fazem a desumidificação do ar. Estas funcionam em conjunto com dois VEX responsáveis pela extração do ar.

Para além destas unidades existem também mais quatro VEX e um VAN. A todas estas unidades estão atribuídas zonas térmicas de atuação diferentes, como pode ser analisado na Tabela A.11. Na Figura A.9 pode-se observar uma UTAN e um VEX.

Tabela A.11 – Caraterização das UTAN´s.

Designação	UTAN - 1	VEX - 1	UTAN - B1	VEX-B1	VAN - 1	VEX - TA	VEX - CT	VEX - CB
Nº de unidades	1	1	1	1	1	1	1	1
Nível do complexo	5	5	2	3	1	1	1	1
Marca	EVAC	EVAC	EVAC	EVAC	EVAC	EVAC	EVAC	EVAC
Modelo	UTA 20	UV 103 st	UTA 40 st	CA 800	UTA 4 st	CA 600	CA 700	CA 450
Zona Térmica	Instalações sanitárias e balneários da piscina de formação	Instalações sanitárias e balneários da piscina de formação	Instalações sanitárias e balneários da piscina olímpica	Instalações sanitárias e balneários da piscina olímpica	Zonas técnicas	Zona dos produtos químicos	Central técnica	Cozinha e Balneários
Potência Térmica [kW]	48,0		51,0		6			
Caudal de insuflação [m³/h]	4650		8450		1000			
Caudal de extração [m³/h]		5180		7490		3000	4700	1320
Potência do motor [kW]	2,2	2,2	2,2	1,5	0,25	0,37	1,1	0,37
Recuperador	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Número de série	678.060	678.060	678.061	678.060	678.060	678.060	678.060	678.060
Data de Fabrico	09/2005	09/2005	09/2005	07/2005	09/2005	09/2005	09/2005	09/2005

Figura A.9 – UTAN-1 e VEX-1.

Unidades de ar condicionado

As unidades de ar condicionado do edifício são controladas por dez unidades exteriores Multi-splits, cinco delas situadas no nível 5 e as outras cinco no nível 1 do complexo. Estas fazem a ligação com as unidades interiores de ar condicionado das diferentes zonas do edifício, permitindo o seu controlo.

Estas unidades podem ser observadas na Figura A.10 e na Tabela A.12 apresentam-se as suas caraterísticas.

Tabela A.12 – Caraterização das unidades exteriores Multi-splits.

Designação	UE 5	UE 3.4	UE 3.5	UE 4.4	UE 4.3	UE 1.1	UE 1.2	UE 2.3	UE 2.4	UE 2.5
Nº de unidades	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nível do complexo	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1
Marca	Daikin	Daikin	Daikin	Daikin	Daikin	Daikin	Daikin	Daikin	Daikin	Daikin
Modelo	RXYQ14 M8W1B	4MXS80 DVMB	4MXS80 DVMB	4MXS80 DVMB	4MXS68 DVMB	RXS25D 2VMB	2MXS40 G2V1B	RXS25D2 VMB	RXS25D2V MB	2MXS50 G2V1B
Capacidade total de arrefecimento [kW]	40	8	8	8	6,8	3,8	4	3,8	3,8	5
Capacidade total de aquecimento [kW]	45,00	9,6	9,6	9,6	9	4,7	4,4	4,7	4,7	5,7
Alimentação elétrica [V]	3N 400	~230	~230	~230	~230	~230	~230	~230	~230	~230
Índice de proteção	IP 24	IP 24	IP 24	IP 24	IP 24	IP 24	IPX4	IP 24	IP 24	IPX4
Fusível [A]	50	20	20	20	20	15	16	15	15	16
PMO [MPa]	3,8	4,14	4,14	4,14	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17
Tipo de gás	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Quantidade [kg]	12,9	3,1	3,1	3,1	2,6	0,8	1,2	0,8	0,8	1,6
Ton equivalente de CO_2	26,94	6,47	6,47	6,47	5,43					
Peso [kg]	300	73	73	73	73	30	38	30	30	42
Número de série	1500744	6E+06	6E+06	6406783	5E+06	6E+06	J032369	6404885	6405285	J022259
Data fabrico	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2008	2005	2005	2009

Figura A.10 – Unidades exteriores Multi-splits (UE´s).

Filtros multimédia

A filtração da água dos tanques das duas piscinas realiza-se com o apoio de filtros multimédia, com areia como meio filtrante. O meio filtrante remove as partículas e sólidos em suspensão presentes na água para que esta possa ser reencaminhada para os tanques das duas piscinas em condições apropriadas para o seu uso.

Existem quatro unidades destes equipamentos para a piscina olímpica e dois para a piscina de formação, como se pode observar na Figura A.11. Na Tabela A.13 apresentam-se as suas caraterísticas.

Tabela A.13 – Caraterização dos filtros multimédia de areia.

Designação	Filtro multimédia da piscina olímpica	Filtro multimédia da piscina de formação
Nº de unidades	4	2
Nível do complexo	1	1
Marca	Culligan	Culligan
Modelo	HMS A-M 180	HMS A-M 80
Diâmetro (mm)	2200	1500
Pressão (bar)	Max (2,5) ; Min (0,5)	Max (2,5) ; Min (0,5)
Temperatura (°C)	Max (40) ; Min (5)	Max (40) ; Min (5)
Número de série	50451953	50451972
Data fabrico	2004	2004

Figura A.11 – Filtros multimédia de areia.

Unidades de foto-oxidação por ultravioletas

As unidades de foto-oxidação por ultra violetas têm como função a desinfeção da água das piscinas. São constituídas por tubos de quartzo com lâmpadas de mercúrio de baixa pressão no seu interior que têm ação germicida. Estas unidades localizam-se entre os filtros multimédia e os permutadores de calor das respetivas piscinas.

Na Figura A.12 podemos observar estas unidades e na Tabela A.14 as suas caraterísticas.

Tabela A.14 – Caraterização das unidades de foto-oxidação por ultravioletas.

Designação	UV 1 da piscina olímpica	UV2 da piscina olímpica	UV da piscina de formação
Nº de unidades	1	1	1
Nível do complexo	1	1	1
Marca	WEDECO PURO s.r.l.	WEDECO PURO s.r.l.	WEDECO PURO s.r.l.
Modelo	PURO 16LHO	PURO 16LHO	PURO 10LHO
Alimentação [V]	230 UΔC	230 UΔC	230 UΔC
Nº de lâmpadas	16*200 W	16*200 W	10*200 W
Número de série	7983	7984	4985
Data fabrico	05/2004	05/2004	05/2004

Figura A.12 – Unidades de foto-oxidação por ultravioletas.

Gerador de energia elétrica

No caso de existirem interrupções no abastecimento de energia elétrica no complexo, existe uma unidade geradora de energia no nível 2 que garante o abastecimento de energia elétrica à parte socorrida do complexo. Este pode ser observado na Figura A.13 e encontra-se caraterizada na Tabela A.15.

Tabela A.15 – Caraterização do gerador de calor.

Designação	Gerador
Nº de unidades	1
Nível do complexo	2
Marca	HIMOINSA
Modelo	HPW-400 STD 400KVA 1500/G "CE" V400/230/50HZ 2306CE14TAG3 P/AUT
Peso [kg]	3544
Potência (kW)	320
Cos (f)	0,8
Corrente (A)	577/1004
Dimensões [m]	4,00*1,30*2,32
Altitude referência [m]	1000
Temperatura referência [°C]	27
Número de série	510001645
Data fabrico	03/2005

Figura A.13 – Gerador de energia elétrica.

Alimentação de energia elétrica

O COPMC é alimentado pela rede de distribuição de Média Tensão da EDP com uma tensão de serviço de 15 kV. Esta energia é posteriormente convertida em energia de Baixa Tensão (220 V), através de um Posto de Transformação (PT) privado existente no nível 2 do complexo. Depois de convertida a energia é usada para alimentar os diversos quadros elétricos parciais do complexo a partir de um quadro geral de baixa tensão (QGBT).

A compensação do fator de potência (cos ϕ) é realizada no complexo a partir de uma unidade de baterias de condensadores, fazendo assim diminuir o consumo de energia reativa e consequentemente evitar custos desnecessários de energia nas faturas.

De referir que o contador geral é apenas um e refere-se ao COPMC e ao Pavilhão Mário Mexia em conjunto, sendo que segundo os responsáveis o COPMC tem uma

percentagem de consumo de energia elétrica na ordem dos 80% e o Pavilhão Mário Mexia de 20%.

Na Figura A.14 apresenta-se o diagrama de distribuição dos quadros elétricos do COPMC.

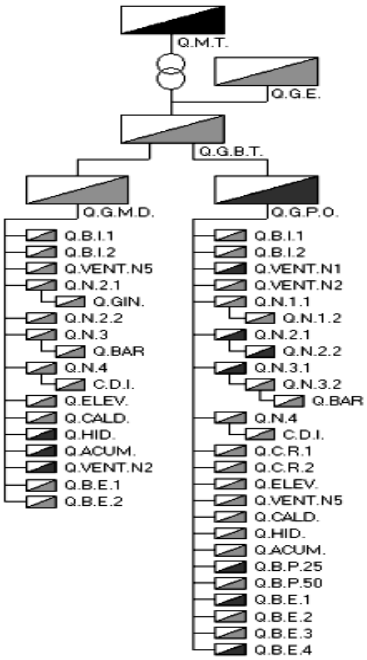

Figura A.14 – Diagrama da rede de distribuição elétrica do COPMC e Pavilhão Mário Mexia.

Na Figura A.15 podemos observar o PT, e na Figura A.16 o QGBT e a bateria dos condensadores. Na Tabela A.16 apresentam-se as caraterísticas do PT.

Tabela A.16 – Caraterização do Posto de Transformação.

Designação	PT
Nº de unidades	1
Nível do complexo	1
Marca	Schneider Electric
Modelo	AP1011374443
Potência aparente [kVA]	1000
Potência contratada [kVA]	465
Fator de potência Cos ϕ	0,97
Número de série	4340200
Data fabrico	2004

Figura A.15 – Posto de transformação.

Figura A.16 – QGBT e bateria dos condensadores.

APÊNDICE B – CARATERIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO ATUALMENTE PRESENTE

Tabela B.1 – Caraterização da iluminação dos halogénios decorativos atualmente presente no nível 1.

Designação do local	Classe da Lâmpada	Quantidade de Luminárias	Nº Lâmpadas	Potência teórica/Unidade de lâmpada (W)	Balastro	Potência corrigida (W)
Tanque 50	Halogénio	26	1	300	Transformador	300
Tanque 25	Halogénio	12	1	300	Transformador	300

Tabela B.2 – Caraterização da iluminação atualmente presente no nível 2.

Designação do local	Classe da Lâmpada	Quantidade de Luminárias	Nº Lâmpadas	Potência teórica/Unidade de lâmpada (W)	Balastro	Potência corrigida (W)
Átrio	CFL	13	2	13	Ferromagnético	20
Arrecadação	T8	3	1	58	Eletrónico	55
Balneários Femininos P25	CFL	18	2	13	Ferromagnético	20
Circulação-Acesso a P25	CFL	10	2	13	Ferromagnético	20
Balneários Masculinos P25	CFL	28	2	13	Ferromagnético	20
Sala de Monitores e Vigilantes	CFL	4	2	13	Ferromagnético	20
I.S.-Monitores e Vigilantes	CFL	8	2	13	Ferromagnético	20
Circulação 2	CFL	4	2	13	Ferromagnético	20
Posto Médico-Sala de Espera	CFL	4	2	13	Ferromagnético	20
Gabinete Médico/ Observações	T8	4	4	18	Eletrónico	19
Sala de Recolha de Análises	T8	5	4	18	Eletrónico	19
Instalação Sanitária Feminino	CFL	2	2	13	Ferromagnético	20

Tabela B.2 – Caraterização da iluminação atualmente presente no nível 2 (Continuação).

Sala de Primeiros Socorros	T8	8	4	18	Eletrónico	19
Instalação Sanitária Masculino	CFL	1	2	13	Ferromagnético	20
Sala de Aulas Teóricas	T8	6	4	18	Eletrónico	19
Sala de Massagem	T8	6	4	18	Eletrónico	19
Gabinete dos Cronometristas	T8	2	4	18	Eletrónico	19
Antecâmara-Gabinete Cronometristas	CFL	1	2	13	Ferromagnético	20
Gabinete dos Cronometristas 2	T8	2	4	18	Eletrónico	19
Circulação Acesso Balneários P50	CFL	23	2	13	Ferromagnético	20
	IM	10	1	70	Caixa Reactância	81
Balneário Masculino P50	T8	24	2	58	Eletrónico	55
	CFL	3	2	13	Ferromagnético	20
	CFL	32	2	13	Ferromagnético	20
Balneário Feminino P50	T8	35	2	58	Eletrónico	55
	CFL	17	2	13	Ferromagnético	20
Corredor de Circulação	CFL	4	2	10	Ferromagnético	17
I.S. Feminino-Monitores	CFL	4	2	13	Ferromagnético	20
	CFL	5	2	10	Ferromagnético	17
I.S. Masculino-Monitores	CFL	5	2	13	Ferromagnético	20
	CFL	4	2	10	Ferromagnético	17
Sala de Monitores - Vigilantes	T8	9	4	18	Eletrónico	19
Sala de Imprensa	CFL	12	2	13	Ferromagnético	20
Circulação de Serviço	T8	2	1	58	Eletrónico	55
	CFL	9	2	13	Ferromagnético	20
Arrecadação	T8	9	1	58	Eletrónico	55
Cais de Carga e Descarga	T8	2	2	58	Eletrónico	55
Antecâmara Técnica	T8	1	2	58	Eletrónico	55
Sala de Grupo Gerador	T8	2	2	58	Eletrónico	55
Sala QGBT	T8	2	2	58	Eletrónico	55
Sala do PST Privativo	T8	1	2	58	Eletrónico	55
Sala do PST Publico-EDP	T8	1	2	58	Eletrónico	55
Antecâmara dos Elevadores	CFL	2	2	10	Ferromagnético	17

Tabela B.3 – Caraterização da iluminação atualmente presente nas naves das duas piscinas no nível 2.

Designação do local	Classe da Lâmpada	Quantidade de Luminárias	Nº Lâmpadas	Potência teórica/Unidade de lâmpada (W)	Balastro	Potência corrigida (W)
Piscina de formação	IM	12	1	400	Caixa Reactância	460
Piscina olímpica	IM	42	1	1000	Caixa Reactância	1150

Tabela B.4 – Caraterização da iluminação atualmente presente no nível 3.

Designação do local	Classe da Lâmpada	Quantidade de Luminárias	Nº Lâmpadas	Potência teórica/Unidade de lâmpada (W)	Balastro	Potência corrigida (W)
Átrio-Zona Observação	CFL	6	2	10	Ferromagnético	17
	CFL	15	2	13	Ferromagnético	20
Zona de Cafetaria/Restaurante	CFL	6	2	10	Ferromagnético	17
Balcão/Cafetaria	CFL	3	2	13	Ferromagnético	20
	Halogénio	4	1	50	Transformador	50
Zona de Apoio ao Bar	CFL	3	2	13	Ferromagnético	20
Circulação-zona de cafetaria	CFL	3	2	13	Ferromagnético	20
I.S. Publica-Deficientes	CFL	1	2	13	Ferromagnético	20
I.S. Publica-Feminino	CFL	6	2	13	Ferromagnético	20
I.S. Publica-Masculino	CFL	5	2	13	Ferromagnético	20
Circulação-acesso gabinetes	CFL	9	2	18	Ferromagnético	27
Sala Organização Provas	T8	9	4	18	Ferromagnético	19
Sala Comunicação Social	T8	6	4	18	Ferromagnético	19
Sala de Arbitragem	T8	6	4	18	Ferromagnético	19
Sala Sec. Competição	T8	3	4	18	Ferromagnético	19
Sala Reunião Delegados	T8	6	4	18	Ferromagnético	19
Circulação	CFL	9	2	13	Ferromagnético	20
I.S. Publica-Deficientes Motores Público	CFL	1	2	13	Ferromagnético	20
I.S. Publica-Masculino Público	CFL	7	2	13	Ferromagnético	20

Tabela B.4 – Caraterização da iluminação atualmente presente no nível 3 (Continuação).

I.S. Publica-Feminino Público	CFL	8	2	13	Ferromagnético	20
Circulação/Acesso à escada PO2	CFL	5	2	13	Ferromagnético	20
Circulação de Serviço	CFL	5	2	10	Ferromagnético	17
Antecâmara de Serviço	T8	1	1	58	Eletrónico	55
Antecâmara Circulação	CFL	3	2	13	Ferromagnético	20
Antecâmara para Bancadas	CFL	2	2	10	Ferromagnético	17

Tabela B.5 – Caraterização da iluminação atualmente presente no nível 4.

Designação do local	Classe da Lâmpada	Quantidade de Luminárias	Nº Lâmpadas	Potência teórica/Unidade de lâmpada (W)	Balastro	Potência corrigida (W)
Átrio Entrada/Receção/Circulação	CFL	25	2	13	Ferromagnético	20
	Halogénio	4	1	50	Transformador	50
Apoio a Receção	CFL	2	2	13	Ferromagnético	20
Circulação/Entrada	CFL	17	2	13	Ferromagnético	20
Antecâmara	CFL	2	2	13	Ferromagnético	20
Sala de Controlo	T8	6	4	18	Ferromagnético	19
Gabinete (Direção)	T8	6	4	18	Ferromagnético	19
Sala de Espera	T8	6	4	18	Ferromagnético	19
Gabinete (Secretariado)	T8	6	4	18	Ferromagnético	19
Circulação	CFL	5	2	13	Ferromagnético	20
I.S. Deficientes Motores	CFL	1	2	13	Ferromagnético	20
Instalação Sanitária Feminina	CFL	7	2	13	Ferromagnético	20
Instalação Sanitária Masculina	CFL	6	2	13	Ferromagnético	20

Tabela B.6 – Caraterização da iluminação atualmente presente no nível 5.

Designação do local	Classe da Lâmpada	Quantidade de Luminárias	Nº Lâmpadas	Potência teórica/Unidade de lâmpada (W)	Balastro	Potência corrigida (W)
Terraço Técnico	T8	12	1	58	Eletrónico	55
Circulação Bancadas Superiores	T8	19	1	58	Eletrónico	55
Gabinete de Associações	T8	2	4	18	Eletrónico	19

APÊNDICE C – MÉDIA DE HORAS DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DOS DETETORES DE PRESENÇA PELOS DIFERENTES LOCAIS DO COPMC

Tabela C.1 – Média de horas de funcionamento da iluminação do nível 1.

Designação do local	Área do Local (m^2)	Média de horas funcionamento/dia	Modelo de detetores de presença a aplicar	Nº de detetores	Média de horas funcionamento/dia (com a instalação de detetores de presença)
Área Técnica	974,73	15	—	—	—
Ante Camara de Descarga 1	43,18	5	IR Quattro HD	1	2
Ante Camara de Descarga 2		5	IR Quattro HD	1	2
Balneário de Pessoal Masculino	25,98	6	IR Quattro	2	3
		6			3
		6			3
Balneário de Pessoal Feminino	25,98	6	IR Quattro	2	3
		6			3
		6			3
Sala de Pessoal	27,95	10	IR Quattro HD	1	3
Arrecadação 1	35,83	15	IR Quattro HD	1	7
Arrecadação 2	35,83	10	IR Quattro HD	1	5

Tabela C.2 – Média de horas de funcionamento da iluminação dos halogénios decorativos do nível 1.

Designação do local	Área do Local (m^2)	Média de horas funcionamento/dia
Tanque 50	1250	2
Tanque 25	312,5	2

Tabela C.3 – Média de horas de funcionamento da iluminação do nível 2.

Designação do local	Área do Local (m^2)	Média de horas funcionamento/dia	Modelo de detetores de presença a aplicar	Nº de detetores	Média de horas funcionamento/dia (com a instalação de detetores de presença)
Átrio	77,25	15,9	—	—	—
Arrecadação	18,36	15,9	IR Quattro	1	2
Balneários Femininos P25	90,83	15,9	IR Quattro HD	3	8
Circulação-Acesso a P25	61,2	15,9	Dual HF	2	8
Balneários Masculinos P25	86,45	15,9	IR Quattro HD	3	8
Sala de Monitores e Vigilantes	13,07	15,9	IR Quattro	1	5
I.S.-Monitores e Vigilantes	17,07	15,9	IR Quattro	1	3
Circulação 2	77	15,9	—	—	—
Posto Médico-Sala de Espera	7,5	3	—	—	—
Gabinete Médico/ Observações	10,93	3	—	—	—
Sala de Recolha de Análises	12,06	3	—	—	—
Instalação Sanitária Feminino	20,04	10	IR Quattro HD	1	4
Sala de Primeiros Socorros	49,04	6	IR Quattro HD	1	3
Instalação Sanitária Masculino	20,04	10	IR Quattro HD	1	4
Sala de Aulas Teóricas	30,86	8	IR Quattro HD	1	4
Sala de Massagem	30,86	8	IR Quattro HD	1	4
Gabinete dos Cronometristas	8,88	1	—	—	—
Antecâmara-Gabinete Cronometristas	4.12	1	—	—	—
Gabinete dos Cronometristas 2	8,88	1	—	—	—
Circulação Acesso Balneários P50	130,21	16,8	Dual HF	4	8,5
		16,8			8,5
Balneário Masculino P50	311,22	16,6	IR Quattro HD	6	7
		16,6			7
		16,6			7
Balneário Feminino P50	301,72	16,6	IR Quattro HD	6	7
		16,6			7

Tabela C.3 – Média de horas de funcionamento da iluminação do nível 2 (Continuação).

Designação do local	Área do Local (m2)	Média de horas funcionamento/dia	Modelo de detetores de presença a aplicar	Nº de detetores	Média de horas funcionamento/dia (com a instalação de detetores de presença)
Corredor de Circulação	13,60	8	Dual HF	1	2
I.S. Feminino-Monitores	20,04	10	IR Quattro HD	1	4
		10			4
I.S. Masculino-Monitores	20,04	10	IR Quattro HD	1	4
		10			4
Sala de Monitores - Vigilantes	40,57	5	—	—	—
Sala de Imprensa	36,81	1	—	—	—
Circulação de Serviço	103,32	10,8	Dual HF	3	5
		10,8			5
Arrecadação	77,51	10,8	IR Quattro HD	2	4
Cais de Carga e Descarga	21,79	5	—	—	—
Antecâmara Técnica	11,51	10,8	—	—	—
Sala de Grupo Gerador	14,92	0,5	—	—	—
Sala QGBT	16,62	0,5	—	—	—
Sala do PST Privativo	10,87	0,5	—	—	—
Sala do PST Publico-EDP	12,10	0,5	—	—	—
Antecâmara dos Elevadores	8,75	10,8	—	—	—

Tabela C.4 – Média de horas de funcionamento da iluminação das naves das duas piscinas no nível 2.

Designação do local	Área do Local (m2)	Média de horas funcionamento/dia
Piscina Polivalente	740,25	16
Piscina Olímpica	3136	12

Tabela C.5 – Média de horas de funcionamento da iluminação do nível 3.

Designação do local	Área do Local (m^2)	Média de horas funcionamento/dia	Modelo de detetores de presença a aplicar	Nº de detetores	Média de horas funcionamento/dia (com a instalação de detetores de presença)
Átrio-Zona Observação	190,43	12	IR Quattro HD	3	6
		12			6
Zona de Cafetaria/Restaurante	45,51	10,8	—	—	—
Balcão/Cafetaria	17,85	10,8	—	—	—
		10,8	—	—	—
Zona de Apoio ao Bar	16,29	10,8	—	—	—
Circulação-zona de cafetaria	14,04	10,8	—	—	—
I.S. Publica-Deficientes	4,84	15,8	IR Quattro	1	4
I.S. Publica-Feminino	15,64	15,8	IR Quattro	1	4
I.S. Publica-Masculino	14,5	15,8	IR Quattro	1	4
Circulação-acesso gabinetes	59,44	10,8	Dual HF	1	3
Sala Organização Provas	42,65	10,8	—	—	—
Sala Comunicação Social	21,34	5	—	—	—
Sala de Arbitragem	22,5	10,8	—	—	—
Sala Sec. Competição	13,6	2	—	—	—
Sala Reunião Delegados	20,03	2	—	—	—
Circulação	42,75	5	Dual HF	1	1
I.S. Publica-Deficientes Motores Público	5,67	3	IR Quattro	1	1
I.S. Publica-Masculino Público	18,49	3	IR Quattro HD	1	1
I.S. Publica-Feminino Público	18,49	3	IR Quattro HD	1	1
Circulação/Acesso à escada PO2	20,26	1	—	—	—
Circulação de Serviço	25,41	3	Dual HF	1	1
Antecâmara de Serviço	7,08	3	IR Quattro	1	1
Antecâmara Circulação	12,86	12	IR Quattro HD	1	3
Antecâmara para Bancadas	6,96	1	—	—	—

Tabela C.6 – Média de horas de funcionamento da iluminação do nível 4.

Designação do local	Área do Local (m2)	Média de horas funcionamento/dia	Modelo de detetores de presença a aplicar	Nº de detetores	Média de horas funcionamento/dia (com a instalação de detetores de presença)
Átrio Entrada/Receção/Circulação	104,07	16,8 16,8	Dual HF	2	7
Apoio a Receção	7,17	16,8	—	—	—
Circulação/Entrada	123,21	16,8	Dual HF	2	3
Antecâmara	10,69	10,8	Dual HF	1	3
Sala de Controlo	19,93	10,8	IR Quattro HD	1	4
Gabinete (Direção)	22,25	10,8	—	—	—
Sala de Espera	21,09	10,8	—	—	—
Gabinete (Secretariado)	22,01	10,8	—	—	—
Circulação	55,56	10,8	Dual HF	2	4
I.S Deficientes Motores	4,84	16,8	IR Quattro	1	3
Instalação Sanitária Feminina	15,56	16,8	IR Quattro HD	1	3
Instalação Sanitária Masculina	16,2	16,8	IR Quattro HD	1	3

Tabela C.7 – Média de horas de funcionamento da iluminação do nível 5.

Designação do local		Área do Local (m^2)	Média de horas funcionamento/dia
5	Terraço Técnico	352,52	5
5	Circulação Bancadas Superiores	149	5
5	Gabinete de Associações	240,45	5