

Avaliação do Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior nos Paços do Concelho de Vila Nova de Gaia

Tiago Miguel Reitor Dias

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

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



30 de Julho de 2012

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

Candidato: Tiago Miguel Reitor Dias, N° 1050903, tiagoreitor@hotmail.com

Orientação Científica: Eng.º Christopher Sá, cas@isep.ipp.pt

Empresa: Projeto ELENA - Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia

Supervisão: Eng.º Jorge Almeida, jorge.almeida@cm-gaia.pt

Mestrado em Engenharia Energias Sustentáveis
Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



30 de Julho de 2012

Resumo

A dissertação teve como finalidade a realização de uma Auditoria Energética e da Qualidade do Ar Interior ao edifício de serviços da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia. No intuito de alcançar esta finalidade foram seguidos, em todo o processo, os regulamentos em vigor até à presente data da dissertação, de apoio à especialidade, nomeadamente o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios e Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios e da Qualidade do Ar Interior.

Na análise à Qualidade do Ar Interior foram verificados quase todos os parâmetros impostos por lei, exceto os das bactérias e dos fungos. Para as substâncias como dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3), formaldeído (HCOH) e radão, os valores em média foram iguais a 894 ppm, 1,23 ppm, 0,07 ppm, 0,01 ppm e 378 Bq/m^3 e estavam dentro dos limites regulamentares (984 ppm, 10,7ppm, 0,10 ppm, 0,08 ppm e 400 Bq/m^3). Para os compostos orgânicos voláteis (COVs) e partículas do tipo PM_{10} , os valores respetivos foram em média de 0,70 ppm e 0,16 mg/m^3 e estavam acima dos limites regulamentares (0,26 ppm, 0,15 mg/m^3). Admite-se que existem fontes emissoras de COVs dentro do edifício e que, para uma adequação ao tipo de tratamento ou sugestão de melhoria, seria necessário realizar uma análise por cromatografia de forma a identificar os compostos em causa. As concentrações de PM_{10} mais elevadas explicam-se porque existe uma abertura direta desses espaços ao exterior e em alguns casos esta é permanente.

A análise energética permitiu um levantamento de todos os consumos de energia elétrica do edifício, realizando deste modo a desagregação em percentagem de cada equipamento consumidor. Em paralelo e até para se poder realizar a certificação energética do edifício foi realizado um estudo de simulação térmica dinâmica recorrendo ao programa DesignBuilder v2. Criou-se um modelo do edifício que foi validado após simulação e comparação com o consumo elétrico do ano de referência (desvio de 2,78%). Pela simulação verificou-se que os maiores consumidores de energia são a iluminação interior e o sistema de arrefecimento e determinou-se os Indicadores de Eficiência Energética (IEE) Real (com correção climática) e Nominal com valores de 73,8 e 46,5 $\frac{\text{kg ep}}{\text{m}^2 \text{ ano}}$, respetivamente. Implementando as condições nominais de utilização e funcionamento no edifício, segundo o Regulamento dos Sistemas Energéticos de

Climatização em Edifícios (RSECE), concluiu-se que a classe energética deste edifício é do tipo D. O valor do IEE nominal foi superior ao IEE referência de $35,5 \frac{kg\text{ep}}{m^2\text{ano}}$, e o requisito legal não se verificou. Assim, foi necessário apresentar medidas para um plano de racionalização energética (PRE).

Nas medidas estudadas de melhoria da eficiência energética (aplicação de películas solares, compensação do fator de potência, instalação de um sistema de minigeração fotovoltaico e aplicação de iluminação eficiente tanto no interior como no exterior do edifício) destaca-se a correção do fator de potência, pois o valor pago de energia reactiva em 2011 foi de cerca de 1500 €. Admitindo ser necessário redimensionar os condensadores e que o custo é 1.840,00 €, ter-se-á um retorno do investimento em 1,2 anos. Outra medida é a aplicação de películas solares nos envidraçados com um custo de 5.046,00 €, esta terá um período de retorno de 1 ano e uma poupança de 37,90 MWh/ano. Finalmente refere-se a instalação de reguladores de tensão e substituição de determinadas lâmpadas por LEDs na iluminação interior, que prevê uma poupança anual de 25 MWh/ano e um período de retorno do investimento de 3,7 anos.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Auditoria Energética, QAI, Simulação Dinâmica

Abstract

The aim of this thesis was an Energy Audit and Indoor Air Quality Analysis in the Main building of Vila Nova de Gaia's City Hall. To reach this finality, all regulations were followed, namely RCCTE, RSECE and RSECE-QAI.

Most of the parameters in Indoor Air Quality study, except bacteria and fungus, were analyzed. Values for carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), ozone (O₃), formaldehyde (HCHO) and Radon were 894 ppm, 1.23 ppm, 0.07 ppm, 0.01 ppm and 378 Bq/m³, respectively, and were according with regulation levels (984 ppm, 10,7ppm, 0,10 ppm, 0,08 ppm e 400 Bq/m³). The average values for VOCs and PM₁₀ particles were 0,70 ppm and 0,16 mg/m³ which were beyond the regulations limits (0,26ppm, 0,15 mg/m³). It would be necessary to perform a chromatographic analysis to identify the compounds responsible for the emission of VOCs inside the building. The high PM₁₀ concentrations can be explained by a direct opening of those spaces to outdoor air.

An energetic analysis allowed us to know and to specify all consumers of the building, attributing a percentage for each equipment. In order to perform the certification of the building, a dynamic thermal simulation was made using *DesignBuilder v2* (release 2.9). The building model was created and validated after simulation and comparison with the electric bill (deviation of 2.78%). Simulations were done and it was possible to verify the highest energy consumers (interior illumination and cooling system) and to know the real energy efficiency indicator (IEE), $73.8 \frac{\text{kgep}}{\text{m}^2} \text{year}$, and the nominal IEE, $46,5 \frac{\text{kgep}}{\text{m}^2} \text{year}$. After applying the nominal conditions of the building and according to RSECE, it was concluded that the energetic class of the building is type D. The nominal IEE value was superior to the IEE reference value of $35,5 \frac{\text{kgep}}{\text{m}^2} \text{year}$ and the legal requirement wasn't verified so it was necessary to present measures for an energetic rationalization plan (PRE).

From study measures of energy efficiency improvement (solar films application, power factor compensation, installation of photovoltaic micro generation system and efficient illumination application on the inside and outside of the building) stands out the power factor compensation because reactive energy value in 2011 was 1500€. Assuming that it's necessary to redefine the capacitors and the cost is 1.840,00€, it's possible to have an investment return period of about

1.2 years. Other important measure is the solar film application on the glazing at a cost of 5.046,00€ with a financial return in one year and an estimated saving of 37.90 MWh/year. Finally, the proposed installation of voltage regulators and substitution of lamps by LEDs on the interior lighting is expected to have a financial return of 3.7 years and an annual savings of 25 MWh / year.

Keywords: Energy Efficiency, Energy Audit, IAQ, Dynamic Simulation

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Christopher Sá, um agradecimento muito especial pelo contributo, pela dedicação, pelos ensinamentos, pela orientação e pelas palavras de incentivo que muito ajudaram na realização desta dissertação. A confiança depositada em mim no desenrolar da dissertação foi sem qualquer dúvida determinante.

Agradeço também ao meu co-orientador e amigo Eng.º Jorge Almeida, diretor do projeto ELENA, pela disponibilidade imediata em me possibilitar um edifício para a minha dissertação e na ajuda intermediária, mas essencial, que efetuou ao longo dos trabalhos em campo. Não seria possível ter feito esta dissertação sem a sua ajuda.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, mais propriamente ao departamento de Engenharia Química, que disponibilizou os equipamentos necessários para a realização da auditoria à qualidade do ar interior.

À empresa Magnetic-Fields o meu muito obrigado pela imediata disponibilização do equipamento fulcral no desenvolvimento do trabalho e na ajuda com dicas essenciais prestadas pelo Eng.º Paulo Serdoura.

Aos meus pais, muito obrigado por tudo. Obrigado por investirem em mim, na minha formação e fundamentalmente nos meus valores como pessoa.

Ao meu irmão, um muito obrigado pelo apoio que me dá e que um dia me encha de orgulho e chegue a este patamar.

Aos meus verdadeiros amigos, e alguns em especial, que sempre me apoiaram e ajudaram ao longo do meu percurso de vida académica.

*"Se sabe o que fazer para atingir um dado
sonho, então não é um sonho suficientemente
grande."*

Bob Proctor

Índice

Capítulo 1	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Estado da Arte	7
1.3. Motivação	9
1.4. Objetivos	10
1.5. Estrutura	11
Capítulo 2	13
2.1 Dados Gerais do Edifício	13
Capítulo 3	19
3.1 Auditoria Energética e Enquadramento Legal	19
3.2 Análise dos Consumos de Energia Elétrica	21
3.3 Análise dos Principais Consumidores de Energia	29
Capítulo 4	49
4.1 Simulação Dinâmica	49
4.2 Modelação do Edifício	51
4.3 Implementação do Modelo em Situação Real	57
4.4 Implementação do Modelo em Situação Nominal	69
4.5 Classe Energética do Edifício	73
Capítulo 5	75
5.1 Definição e importância da QAI	75
5.2 Recolha de informação relativa ao edifício e espaços a auditar	76
5.3 Parâmetros de Qualidade do Ar interior	81
Capítulo 6	103
6.1 Considerações sobre o PRE	103
6.2 Propostas de Medidas para PRE	105
6.2.1 Diminuição do consumo de Energia Reativa	105
6.2.2 Sistema de geração de Energia Fotovoltaica	108

6.2.3	Substituição da Iluminação Interior e Exterior.....	114
6.2.4	Aplicação de Película de proteção solar	119
6.2.5	Recomendações para os utentes dos Equipamentos de Informática.....	122
6.2.6	Mudança do Sistema de Climatização	123
Capítulo 7	125
7.1	Conclusões.....	125
7.2	Perspetivas de desenvolvimentos futuros.....	128
Referências	130
ANEXOS	1
I.	Faturação de Energia Elétrica.....	1
II.	Analisador de Energia	1
III.	Simulação Dinâmica Real (DesignBuilder)	4
IV.	Simulação Dinâmica Nominal (DesignBuilder)	9
V.	Cálculo do IEE.....	11
VI.	Medidas de Eficiência Energética	14
	Bateria de Condensadores	14
	Película Solar	15
	Sistema de Minigeração Fotovoltaico	16

Lista de Figuras

FIGURA 1.1 - TAXA DE DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA PORTUGUESA DE 2000 A 2009. [8]	4
FIGURA 1.2 - PROGRAMAS DEFINIDOS PARA TODAS AS ÁREAS DE ATUAÇÃO NO PNAEE. [7]	4
FIGURA 1.3 - CONSUMO TOTAL DE ENERGIA FINAL POR SECTOR DE ACTIVIDADE [8].	5
FIGURA 1.4 – REPARTIÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA – ESTADO. [10]	6
FIGURA 2.1-ENTRADA PRINCIPAL DO EDIFÍCIO PAÇOS DE CONCELHO.	13
FIGURA 2.2 -FACHADA POSTERIOR DO EDIFÍCIO PAÇOS DE CONCELHO.	14
FIGURA 2.3 - FACHADA SUL DO EDIFÍCIO PAÇOS DE CONCELHO.	14
FIGURA 2.4 - VISTA AÉREA DO EDIFÍCIO E SUA ENVOLVENTE (2D). [FONTE:BING.COM]	15
FIGURA 2.5 -PLANTA DA CAVE.	16
FIGURA 2.6 - PLANTO DO PISO 0.	16
FIGURA 2.7 - PLANTA DO PISO 1.	17
FIGURA 2.8 - PISO DA COBERTURA.	17
FIGURA 3.1 – EVOLUÇÃO MENSAL DO CONSUMO DE ENERGIA ATIVA POR PERÍODOS HORÁRIOS NO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO - 2009.	21
FIGURA 3.2 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ATIVA MENSAL NO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO E DA VARIAÇÃO DO CUSTO ESPECÍFICO [€/KWH] – 2009.	22
FIGURA 3.3 - EVOLUÇÃO MENSAL DO CONSUMO DE ENERGIA ATIVA POR PERÍODOS HORÁRIOS NO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO - 2010.	22
FIGURA 3.4 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ATIVA MENSAL NO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO E DA VARIAÇÃO DO CUSTO ESPECÍFICO [€/KWH] – 2010.	23
FIGURA 3.5 - EVOLUÇÃO MENSAL DO CONSUMO DE ENERGIA ATIVA POR PERÍODOS HORÁRIOS NO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO – 2011.	23
FIGURA 3.6 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ATIVA MENSAL NO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO E DA VARIAÇÃO DO CUSTO ESPECÍFICO [€/KWH] – 2011.	24
FIGURA 3.7 - EVOLUÇÃO DOS CONSUMOS ANUAIS TOTAIS DE ENERGIA ELÉTRICA [KWH/ANO] NO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO DE 2009 A 2011.	24
FIGURA 3.8 - EVOLUÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA [€] NOS 3 ANOS EM ANÁLISE	25

FIGURA 3.9 - EXEMPLO DE COMPENSAÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA. [FONTE: ADENE]	27
FIGURA 3.10 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA REATIVA NOS ÚLTIMOS 3 ANOS DO EDIFÍCIO DOS PAÇOS DO CONCELHO.	28
FIGURA 3.11 - ANALISADOR DE ENERGIA MARCA HTS MODELO VEGA 76.	29
FIGURA 3.12 - ESQUEMA ELÉTRICO DO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO.	30
FIGURA 3.13 - ESQUEMA DE LIGAÇÃO DO ANALISADOR DE ENERGIA ELÉTRICA AO QUADRO GERAL.	30
FIGURA 3.14 - ANALISADOR DE ENERGIA ELÉTRICA LIGADO.	31
FIGURA 3.15 - ANALISADOR DE ENERGIA LIGADO AO QUADRO GERAL.	31
FIGURA 3.16 - DIAGRAMA DE ENERGIA CONSUMIDA NO DIA 24 FEVEREIRO (SEXTA-FEIRA).	32
FIGURA 3.17 - DIAGRAMA DE ENERGIA CONSUMIDA NO DIA 25 FEVEREIRO (SÁBADO).	32
FIGURA 3.18 – PERFIL DO CONSUMO SEMANAL DE ENERGIA ELÉTRICA DO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO EM DIAGRAMA.	33
FIGURA 3.19 - PERFIL DE CONSUMO DIÁRIO DE ENERGIA ELÉTRICA DO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO.	33
FIGURA 3.20 - ESTIMATIVA DA REPARTIÇÃO ENERGÉTICA ENTRE OS DOIS EDIFÍCIOS.	34
FIGURA 3.21 - APARELHO MARCA UNI-T MODELO UT232 UTILIZADO NAS MEDIÇÕES LOCAIS.	34
FIGURA 3.22- QUADRO GERAL DESMANTELADO COM O APARELHO DE MARCA UNI-T MODELO UT232 A EFETUAR UMA MEDIÇÃO.	35
FIGURA 3.23 - REPARTIÇÃO ENERGÉTICA PELOS PRINCIPAIS CONSUMIDORES DE ENERGIA DO QUADRO GERAL.	36
FIGURA 3.24 - DIVISÃO ENERGÉTICA POR TIPO DE CONSUMO NO EDIFÍCIO.	36
FIGURA 3.25 - REPARTIÇÃO DA ILUMINAÇÃO INTERIOR - POR TIPO.	37
FIGURA 3.26 – REPARTIÇÃO POR TIPO NA ILUMINAÇÃO EXTERIOR - POR TIPO	37
FIGURA 3.27 – LUXIMETRO	38
FIGURA 3.28 - ESQUEMA DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DO NÍVEL DE LUMINÂNCIA - PISO 0.	38
FIGURA 3.29 - ESQUEMA DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DO NÍVEL DE LUMINÂNCIA - PISO 1.	39
FIGURA 3.30 - NÍVEL DE LUMINÂNCIA NOS GABINETES DO PISO 0.	40
FIGURA 3.31 - NÍVEL DE LUMINÂNCIA NOS GABINETES DO PISO 1.	40
FIGURA 3.32 - NÍVEL DE LUMINÂNCIA NOS CORREDORES DO PISO 0 E 1.	41

FIGURA 3.33 - DIVISÃO POR TIPO DE ILUMINAÇÃO E POTÊNCIA INSTALADA NO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO.	43
FIGURA 3.34 - DIVISÃO POR TIPO DE ILUMINAÇÃO EXTERIOR E POTÊNCIA INSTALADA NO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO.	44
FIGURA 4.1 - VISTA AÉREA DA FACHADA PRINCIPAL DO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO CRIADO EM <i>DESIGNBUILDER</i> .	51
FIGURA 4.2 - FACHADA PRINCIPAL DO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO CRIADO EM <i>DESIGNBUILDER</i> .	51
FIGURA 4.3 - FACHADA POSTERIOR DO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO CRIADO EM <i>DESIGNBUILDER</i> .	52
FIGURA 4.4 - FACHADA LATERAL DO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO CRIADO EM <i>DESIGNBUILDER</i> .	52
FIGURA 4.5 - FACHADA POSTERIOR DO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO CRIADO EM <i>DESIGNBUILDER</i> .	52
FIGURA 4.6 - VISTA AÉREA DO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO CRIADO EM <i>DESIGNBUILDER</i> .	53
FIGURA 4.7 - DIVISÃO POR ZONAS - PISO 1.	54
FIGURA 4.8 - DIVISÃO POR ZONAS - PISO 0.	55
FIGURA 4.9 - DIVISÃO POR ZONAS - PISO CAVE.	55
FIGURA 4.10 - PERFIL REAL DIÁRIO CONSIDERADO PARA OCUPAÇÃO E CONSUMO DOS <i>SPLITS</i> .	57
FIGURA 4.11 - PERFIL REAL DIÁRIO CONSIDERADO PARA CONSUMO DA ILUMINAÇÃO E DOS EQUIPAMENTOS DE ESCRITÓRIO.	57
FIGURA 4.12 - PERFIL REAL DE CONSUMO CONSIDERADO PARA O <i>DATA CENTER</i> .	58
FIGURA 4.13 – VALORES DOS GANHOS PELOS EQUIPAMENTOS INFORMÁTICOS CONSIDERADOS PELA ASHRAE [FONTE: ASHRAE HANDBOOK – FUNDAMENTALS]	60
FIGURA 4.14 - DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA.	63
FIGURA 4.15 - GANHOS INTERNOS ANUAIS DO EDIFÍCIO.	63
FIGURA 4.16 -NECESSIDADES TÉRMICAS DE AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO.	64
FIGURA 4.17 – PERFIL OCUPAÇÃO PARA ESCRITÓRIOS. [FONTE: RSECE]	69
FIGURA 4.18 – PERFIL DE USO DE ILUMINAÇÃO PARA ESCRITÓRIOS. [FONTE: RSECE]	69
FIGURA 4.19 –PERFIL DE USO DE EQUIPAMENTOS PARA “ESCRITÓRIOS”. [FONTE: RSECE]	70
FIGURA 4.20 - DESAGREGAÇÃO ENERGÉTICA DO MODELO NOMINAL.	71
FIGURA 4.21 - NÍVEIS DA CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA. [FONTE: OFICINA CIVIL]	73
FIGURA 5.1 -FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DO AR INTERIOR. [FONTE: EMPRESA A.RAMALHÃO]	76

FIGURA 5.2 -PROCEDIMENTOS NUMA FASE INICIAL DA AVALIAÇÃO À QAI.	77
FIGURA 5.3 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO EM PLANTA, PISO 0.	79
FIGURA 5.4 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO EM PLANTA, PISO 1.	79
FIGURA 5.5 - EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA A MEDIÇÃO DE CO ₂ ,CO,O ₃ , TEMPERATURA, HUMIDADE RELATIVA E COVS.	83
FIGURA 5.6- VALORES DA MEDIÇÃO DA HUMIDADE RELATIVA PARA OS DIVERSOS LOCAIS DO PISO 0.	84
FIGURA 5.7 - VALORES DA MEDIÇÃO DA HUMIDADE RELATIVA PARA OS DIVERSOS LOCAIS DO PISO 1.	84
FIGURA 5.8 - VALORES DE TEMPERATURA OBTIDOS PARA OS LOCAIS DE MEDIÇÃO - PISO 0.	85
FIGURA 5.9 - VALORES DE TEMPERATURA OBTIDOS PARA OS LOCAIS DE MEDIÇÃO - PISO 1.	85
FIGURA 5.10 - RELAÇÃO ENTRE A HUMIDADE RELATIVA [%] E TEMPERATURA [°C] EM CADA LOCAL - PISO 0.	86
FIGURA 5.11 - RELAÇÃO ENTRE A HUMIDADE RELATIVA [%] E TEMPERATURA [°C] EM CADA LOCAL - PISO 1.	86
FIGURA 5.12 - CONCENTRAÇÕES DE CO ₂ OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 0.	87
FIGURA 5.13 - CONCENTRAÇÕES DE CO ₂ OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 1.	88
FIGURA 5.14 - CONCENTRAÇÕES DE CO OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 0.	89
FIGURA 5.15 - CONCENTRAÇÕES DE CO OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 1.	90
FIGURA 5.16 - CONCENTRAÇÕES DE O ₃ OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 0.	92
FIGURA 5.17 - CONCENTRAÇÕES DE O ₃ OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 1.	92
FIGURA 5.18 – CONCENTRAÇÕES DE COVS OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 0.	93
FIGURA 5.19 - CONCENTRAÇÕES DE COVS OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 1.	94
FIGURA 5.20 – APARELHO DE MEDIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FORMALDEÍDO.	95
FIGURA 5.21 - CONCENTRAÇÕES DE FORMALDEÍDO OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 0.	96
FIGURA 5.22 - CONCENTRAÇÕES DE FORMALDEÍDO OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 1.	96
FIGURA 5.23 – DISTRIBUIÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ANUAIS DE RADÃO EM PORTUGAL. [FONTE: INSTITUTO TECNOLÓGICO E NUCLEAR (HTTP://WWW.ITN.PT/)]	97
FIGURA 5.24 - FONTES DE RADÃO E ROTAS DE ENTRADA EM CASAS. [FONTE: HOMEPROCANADA]	98
FIGURA 5.25 – EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE RADÃO.	98

FIGURA 5.26 - CONCENTRAÇÕES DAS PARTÍCULAS PM ₁₀ OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 0.	100
FIGURA 5.27 - CONCENTRAÇÕES DAS PARTÍCULAS PM ₁₀ OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DOS ESPAÇOS NO PISO 1.	101
FIGURA 6.1 - EXEMPLO DE INSTALAÇÃO LIGADA À REDE. [FONTE: FF SOLAR – ENERGIAS RENOVÁVEIS]	108
FIGURA 6.2 - RESULTADO ACUMULADO [€].	113
FIGURA 6.3 - ANÁLISE DA POUPANÇA ENERGÉTICA.	118
FIGURA 6.4 - DEMONSTRAÇÃO DO EFEITO DA PELÍCULA SOLAR. [FONTE: EMPRESA LLUMAR]	119
FIGURA 6.5 - NECESSIDADE TÉRMICAS DE AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO APÓS APLICAÇÃO DA PELÍCULA SOLAR.	120
FIGURA I.1 - FATURAÇÃO DESCRIMINADA DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM 2009.	1
FIGURA I.2 – FATURAÇÃO DESCRIMINADA DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM 2010.	2
FIGURA I.3 – FATURAÇÃO DESCRIMINADA DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM 2011.	2
FIGURA I.4 – DESCRITIVO DA ILUMINAÇÃO INTERIOR.	3
FIGURA III.5 – COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA INTERIOR AO LONGO DO ANO.	4
FIGURA II.6 – PERFIL DE TEMPERATURAS.	4
FIGURA III.7 – PERFIL DE TEMPERATURAS.	5
FIGURA III.8 – COMPORTAMENTO NO ARREFECIMENTO.	5
FIGURA III.9 – PRODUÇÃO DE CO ₂ .	5
FIGURA III.10 - PRODUÇÃO DE CO ₂ .	6
FIGURA III.11 – CONSUMO TOTAL DE ENERGIA.	6
FIGURA III.12 – CONSUMO TOTAL DE ENERGIA.	6
FIGURA III.13 – DESCRIMINAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA POR SECTORES.	7
FIGURA III.14 – VENTILAÇÃO.	7
FIGURA III.15 – GANHOS INTERNOS TRIMESTRAL.	7
FIGURA III.16 – GANHOS INTERNOS MENSAL.	8
FIGURA III.17 – GANHOS INTERNOS ANUAL.	8
FIGURA IV.2 – CONSUMO TOTAL DE ENERGIA.	9

Lista de Tabelas

TABELA 1.1 - VALOR DAS EMISSÕES DE CO ₂ EM PORTUGAL E NOS UE-15 [7]	3
TABELA 1.2- LEGISLAÇÃO PORTUGUESA PARA O DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS.	5
TABELA 2.1 - ÁREAS QUE COMPÕE OS 4 PISOS DO EDIFÍCIO.	18
TABELA 3.1 - CONSUMO MENSAL DE ELETRICIDADE EM KGEP E POR EMISSÃO DE CO ₂	26
TABELA 3.2 - ESTIMATIVA DE CONSUMO PARA O EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO	33
TABELA 3.3 - MEDIÇÕES REALIZADAS NO QUADRO GERAL	35
TABELA 3.4 - NÍVEL DE ILUMINAÇÃO - PISO 0	41
TABELA 3.5 -NÍVEL DE ILUMINAÇÃO - PISO 0 (CONT.)	42
TABELA 3.6 -NÍVEL DE ILUMINAÇÃO - PISO 1	42
TABELA 3.7 - ILUMINAÇÃO INTERIOR POR PISO NO EDIFÍCIO DOS PAÇOS DO CONCELHO	42
TABELA 3.8 - ILUMINAÇÃO INTERIOR POR PISO NO EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO (CONTINUAÇÃO) ...	43
TABELA 3.9 - ESTIMATIVA DO CONSUMO ENERGÉTICO E RESPECTIVO CUSTO DA ILUMINAÇÃO INTERIOR - 2011	43
TABELA 3.10- QUANTIDADE E TIPO DE ILUMINAÇÃO EXTERIOR.....	44
TABELA 3.11 - CONSUMO ENERGÉTICO DA ILUMINAÇÃO EXTERIOR EM KWH/ANO	44
TABELA 3.12 – ESTIMATIVA DOS CONSUMOS E CUSTOS DA ILUMINAÇÃO EXTERIOR - 2011.	45
TABELA 3.13 -DESCRITIVO DOS EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO INSTALADOS.....	46
TABELA 4.1 - DESCRIÇÃO DE CADA TIPO DE IEE	50
TABELA 4.2 -VALOR DE $U [W/M^2eC]$ CONSIDERADO PARA A PAREDE EXTERIOR.....	56
TABELA 4.3 -VALOR DE $U [W/M^2eC]$ CONSIDERADO PARA A PAREDE INTERIOR	56
TABELA 4.4 - VALOR DE $U [W/M^2eC]$ CONSIDERADO PARA OS ENVIDRAÇADOS	56
TABELA 4.5 -OCUPAÇÃO POR ZONAS E POR METRO QUADRADO – PISO 0	58
TABELA 4.6 - OCUPAÇÃO POR ZONAS E POR METRO QUADRADO – PISO 1	59
TABELA 4.7 - VALOR DE $[W/M^2]$ PARA OS EQUIPAMENTOS INFORMÁTICOS – PISO 0	60
TABELA 4.8 - VALOR DE $[W/M^2]$ PARA OS EQUIPAMENTOS INFORMÁTICOS – PISO 1	61
TABELA 4.9 - VALOR DE $[W/M^2]$ PARA A ILUMINAÇÃO INTERIOR – PISO 0	61

TABELA 4.10 - VALOR DE $[W/M^2]$ PARA A ILUMINAÇÃO INTERIOR – PISO 1	62
TABELA 4.11 - CONSUMOS EM CONDIÇÕES REAIS DO EDIFÍCIO EM ESTUDO	62
TABELA 4.12 - NECESSIDADES MÁXIMAS DE ARREFECIMENTO	65
TABELA 4.13 - NÚMERO DE GRAUS-DIAS	66
TABELA 4.14 - ÁREAS DA ENVOLVENTE EXTERIOR	67
TABELA 4.15 - ÁREAS DA ENVOLVENTE INTERIOR.....	67
TABELA 4.16 - NECESSIDADES MÁXIMAS DE AQUECIMENTO NAS DUAS SITUAÇÕES	67
TABELA 4.17 - DENSIDADES NOMINAIS DE OCUPAÇÃO E EQUIPAMENTO PARA ESCRITÓRIOS	70
TABELA 4.18 - CAUDAL NOMINAL DE AR.....	70
TABELA 4.19 - CONSUMOS NOMINAIS DO EDIFÍCIO EM ESTUDO.....	71
TABELA 4.20 - DADOS CLIMÁTICOS DO EDIFÍCIO EM ESTUDO.....	72
TABELA 4.21 - INDICADORES UTILIZADOS CONFORME O TIPO DE EDIFÍCIO.....	73
TABELA 4.22 - CLASSE ENERGÉTICA.....	74
TABELA 4.23 - DADOS EXPORTADOS DA SIMULAÇÃO NOMINAL.....	74
TABELA 5.1 - ODORES INDICATIVOS DA PRESENÇA DE POLUENTES NO EDIFÍCIO	77
TABELA 5.2 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS DE REFERÊNCIA PARA OS POLUENTES DEFINIDOS PELO RSECE- QAI	81
TABELA 5.3 - EFEITOS OU CONSEQUÊNCIAS QUE OS COMPOSTOS ANALISADOS PODEM TER NA SAÚDE HUMANA	82
TABELA 5.4 - VALORES DE CO ₂ APÓS A APLICAÇÃO DO CRITÉRIO DE CONFORMIDADE	88
TABELA 5.5 - COVS E FONTES DE EMISSÃO NOS AMBIENTES INTERIORES	93
TABELA 5.6 - VALOR DA CONCENTRAÇÃO DE RADÃO POR LOCAL.....	99
TABELA 5.7 - VALORES DAS CONCENTRAÇÕES MEDIDAS NO EXTERIOR.....	102
TABELA 6.1- VERIFICAÇÃO DO COEFICIENTE F	106
TABELA 6.2 - ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS NA SIMULAÇÃO.....	110
TABELA 6.3 -RESULTADO ACUMULADO [€].....	112
TABELA 6.4 - POTÊNCIA INSTALADA POR TIPO DE LÂMPADA E PISO.....	114
TABELA 6.5 - ANÁLISE DA ENERGIA E CUSTO DA PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DA ILUMINAÇÃO	115
TABELA 6.6 - PRESSUPOSTOS CONSIDERADOS NO CÁLCULO DA POUPANÇA ENERGÉTICA PELA SUBSTITUIÇÃO DA ILUMINAÇÃO INTERIOR.	115

TABELA 6.7 - INVESTIMENTO PREVISTO NA APLICAÇÃO DOS REGULADORES DE TENSÃO E LEDS.....	115
TABELA 6.8 - INVESTIMENTO E CUSTO POUPADO PREVISTO NA APLICAÇÃO DOS REGULADORES DE TENSÃO.....	115
TABELA 6.9 - INVESTIMENTO DE PROJETORES COM LEDS NA ILUMINAÇÃO EXTERIOR	117
TABELA 6.10 - ENERGIA ANUAL CONSUMIDA COM PROJETORES DE LEDS NA ILUMINAÇÃO EXTERIOR.	117
TABELA 6.11 - COMPARAÇÃO ENTRE ENERGIA E CUSTO POUPADOS.....	117
TABELA 6.12 - DIFERENÇA ENERGÉTICA ANTES E APÓS COLOCAÇÃO DA PELÍCULA SOLAR	120
TABELA 6.13 - ÁREA DOS ENVIDRAÇADOS QUE COMPÕE O EDIFÍCIO PAÇOS DO CONCELHO	121

Nomenclatura

Lista de Abreviaturas

AE – Auditoria Energética

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado

COP – Coeficiente Operacional de Performance

COVs – Compostos Orgânicos Voláteis

DGEG - Direcção-Geral de Energia e Geologia

Eco.AP - Programa de Eficiência Energética na Administração Pública

IEEI - Indicador de Eficiência Energética de Aquecimento

IEEV - Indicador de Eficiência Energética de Arrefecimento

ENE 2020 - Estratégia Nacional para a Energia com o horizonte de 2020

ESE – Empresas de Serviços de Energia

IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

REN – Rede Elétrica Nacional.

RESP - Rede Elétrica de Serviço Público.

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.

RSECE-QAI - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios e da Qualidade do Ar Interior.

QAI – Qualidade do Ar Interior

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética.

UE – União Europeia.

UPS – *Uninterruptible Power Supply*

UE-15 - 15 Membros da União Europeia

UTA – Unidade de Tratamento de Ar.

PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PRE – Plano de Racionalização Energética

PIB - Produto Interno Bruto

PM₁₀ - Partículas Suspensas no Ar com diâmetro inferior a 10 micrómetros (µm)

Lista de Símbolos

FCI - Fator de correção do consumo de energia de aquecimento

FCV - Fator de correção do consumo de energia de arrefecimento

kW - Kilowatt

kWp - Kilowatt - pico

NI - Necessidades nominais de energia útil para aquecimento

NI1 - Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1;

Nli - Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício;

NV1 - Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1-V1;

NVi - Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício;

NV - Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento

NVC - Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para arrefecimento

kg_{pe} – Quilograma equivalente de petróleo.

t – tonelada.

tep – tonelada equivalente de petróleo.

W – Watt

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo é realiza-se a descrição energética de Portugal e da Europa que motiva a presente dissertação, bem como uma identificação dos objetivos e estrutura do presente trabalho.

1.1. Enquadramento

A energia é um bem fundamental para o desenvolvimento das sociedades. “No entanto, a maior parte da energia usada no mundo provém de combustíveis fósseis como o carvão, o gás ou o petróleo, cujas reservas têm vindo a diminuir” [1]. Em consequência, a utilização destes combustíveis de forma intensiva faz aumentar a concentração de dióxido carbono na atmosfera, contribuindo largamente para o aquecimento global do planeta.

A presente situação energética em Portugal e no Mundo, levou a que a gestão dos recursos de energia seja hoje, um dos principais desafios que a sociedade moderna enfrenta a nível mundial [2].

Sendo a energia um bem escasso, é urgente que governos, empresas e todos os cidadãos adotem medidas de eficiência energética com mais regularidade. Neste seguimento a Comissão Europeia adotou um plano de ação cujo objetivo é reduzir 20% do consumo de energia até 2020. O plano elaborado têm como objetivo melhorar o rendimento energético, sendo que este seria obtido a partir de todos os quadrantes de consumo de energia com a finalidade de melhorar: o rendimento energético dos produtos, edifícios e serviços, a produção e distribuição de energia, o impacto dos transportes no consumo energético, a facilidade de financiamento e a realização de investimentos, o comportamento racional em matéria de consumo de energia e a consolidação da ação internacional em matéria de eficiência

energética [3]. Assim, as medidas adotadas pela Comissão Europeia e apresentadas no plano de ação são as que apresentam a melhor relação custo - eficácia, e são as seguintes:

- Melhorar o desempenho energético;
- Melhorar a transformação de energia;
- Limitar a fatura ligada aos transportes;
- Financiamentos, incentivos e tarifação;
- Alterar os comportamentos;
- Adaptar e desenvolver parcerias internacionais.

A **Estratégia 20-20-20** para 2020 tem como objetivos reduzir 20% do consumo de energia através da eficiência, reduzir 20% das emissões e gases de efeito de estufa e que 20% da energia consumida provenha de fonte renovável [4]. O desenvolvimento do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e a Estratégia Nacional para a Energia até 2020 (ENE 2020) assim como o **Programa de Eficiência Energética na Administração Pública** (Eco.AP), visam obter nos serviços públicos e nos organismos da Administração Pública um nível de **aumento de eficiência energética na ordem dos 20%** [5]. A estes objetivos juntam-se também a utilização racional de energia e a eficiência energético-ambiental em equipamentos de iluminação pública [4].

O programa ECO.AP, que é um programa evolutivo que se traduz num conjunto de medidas de eficiência energética para execução a curto, médio e longo prazos nos serviços, organismos e equipamentos públicos e que visa alterar comportamentos e promover uma gestão racional dos serviços energéticos nomeadamente através da contratação de empresas de Serviços de Energia (ESE) [5].

As ESE fornecem serviços de energia e outras medidas de melhoria da eficiência energética nas instalações de um utilizador, podendo assumir um certo grau de risco financeiro, sendo que a sua remuneração pelos serviços prestados se baseia, total ou parcialmente, no grau de concretização da melhoria da eficiência energética e na satisfação de outros critérios de desempenho energético, que possam ser fixados contratualmente [5].

O processo de concurso é composto pelas fases que se apresentam de seguida:



Analisando o ano de 2010, o peso do consumo final de energia nos principais sectores de atividade económica era de 30,1% na Indústria, 37,4% nos Transportes, 17,0% no Doméstico, 11,7% nos Serviços e 3,8% nos outros sectores (onde se inclui a Agricultura, Pescas,

Construção e Obras Públicas). Cerca de 2/3 do consumo de energia provinha dos setores de Indústria e Transportes e, em Portugal, os **edifícios** tinham também um consumo elevado, que era cerca de 40% de energia total consumida. Os edifícios são uma fonte potencial de redução energética e, para tal, a UE criou e pôs em prática alguma legislação. O desempenho energético dos edifícios (**Diretiva EPBD**) obriga a que todos os países da UE melhorem os seus regulamentos de construção e a introduzam **sistemas de certificação energética** [6].

Balanço Energético em Portugal

A economia portuguesa caracteriza-se por possuir intensidades, energética e carbónica, elevadas e uma forte dependência da importação energética no que concerne ao consumo de energia primária com forte predominância no petróleo e gás natural.

A nível ambiental, a emissão excessiva de dióxido de carbono (CO₂) e de outros gases com efeito de estufa é uma das principais consequências da falta de eficiência no consumo de energia obtida da queima de combustíveis fósseis [7].

Na Tabela 1.1 apresenta-se, para os anos de 2003 a 2005, o valor das emissões de CO₂ em Portugal e de 15 países da UE. Observa-se que a quantidade de CO₂ libertado para a atmosfera aumentou em contraste com a ligeira diminuição nos países da UE. A mesma tabela mostra que em 2005, Portugal encontrava-se **12,3% acima da meta de Quioto** e que este valor é claramente superior ao registado no conjunto dos 15 países europeus (6,8%) [7].

Tabela 1.1 - Valor das Emissões de CO₂ em Portugal e nos UE-15 [7]

	Emissões CO ₂ (Mt)				% acima da meta de Quioto (em2005)
	2003	2004	2005	Meta Quioto 2012	
Portugal	33,7	34,6	85,5	76,2	12,3
EU-15	4215	4227	4192	3925	6,8

Contudo, nos últimos anos e segundo a Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), Portugal tem conseguido inverter a tendência dos acontecimentos, embora ainda apresente uma forte **dependência energética face ao exterior (81,2%)**, nomeadamente nas importações de fontes primárias de origem fóssil (ver Figura 1.1.).

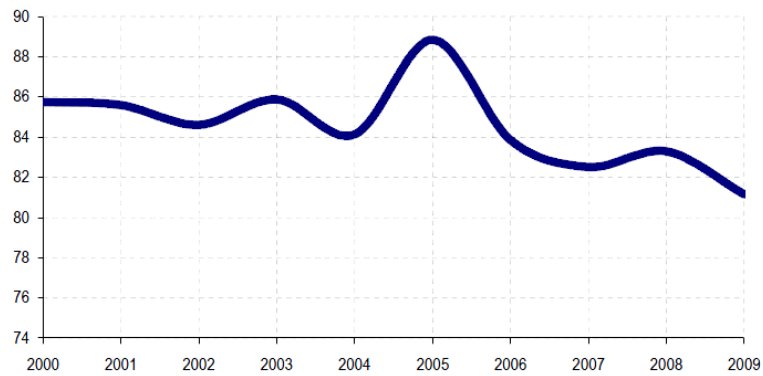


Figura 1.1 - Taxa de dependência energética portuguesa de 2000 a 2009 [8].

A taxa de dependência energética tem vindo a diminuir desde 2005, verificando-se apenas um ligeiro agravamento em 2008 face aos valores registados em 2007. Neste propósito, é necessário continuar a apostar no aumento da contribuição das energias renováveis e nas diretivas da ENE2020 e do PNAEE.

O PNAEE é um documento que engloba um conjunto alargado de programas e medidas consideradas fundamentais para que Portugal possa alcançar e suplantar os objetivos fixados no âmbito da Diretiva n.º 2006/32/CE [9]. Este plano abrange quatro áreas específicas (ver Figura 1.2), objeto de orientações de cariz predominantemente tecnológico: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado. Adicionalmente, estabelece **três áreas transversais** de atuação - **Comportamentos, Fiscalidade, Incentivos e Financiamentos** - sobre as quais incidiram análises e orientações complementares. Todas as áreas referidas anteriormente agregam um conjunto de programas que de uma forma coerente têm um vasto leque de medidas de eficiência energética orientadas para a procura [7].

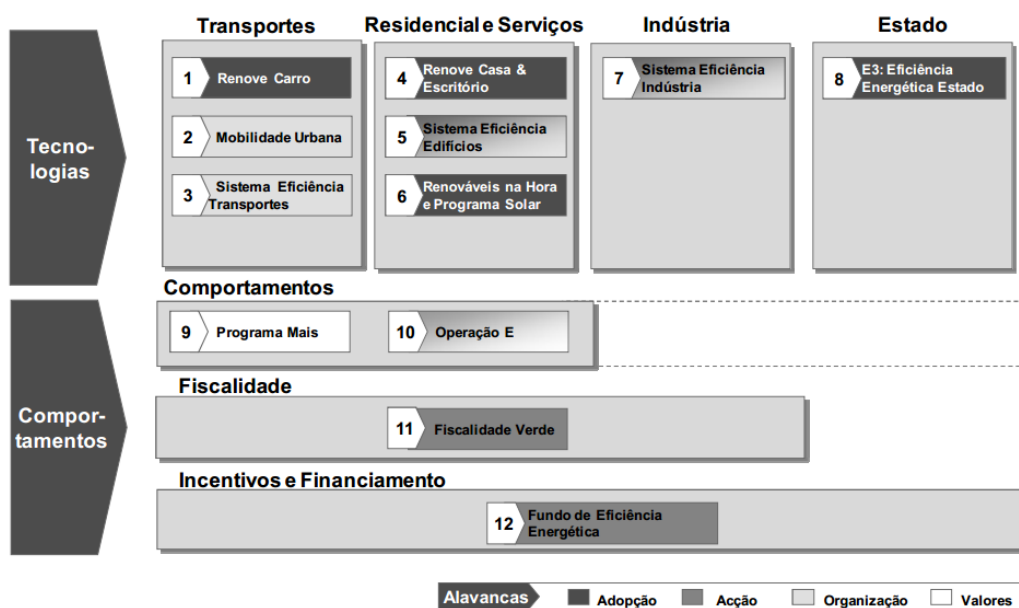


Figura 1.2 - Programas definidos para todas as áreas de atuação no PNAEE [7].

Estes programas levarão a que, em 2015, se obtenha uma **poupança** significativa e que consigamos ultrapassar a meta definida pela UE de cerca de **20% em contributos de eficiência**. Estes contributos, distribuídos pelos vários sectores de atividade, terão o **Estado** a liderar em termos de eficiência com uma **economia induzida em cerca de 12%**. Os transportes terão a maior expressão anual de aumento eficiência energética e a área Residencial mais de Serviços conseguirá 330 e 150 mil tep de redução, respetivamente [7].

O Programa de Certificação Energética de Edifícios, referido anteriormente, estará de acordo com as orientações que regulam o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (SCE). [9] Os Decretos-Lei que transpuseram a Diretiva n.º 2002/91/CE para Portugal foram o Decreto-Lei n.º 78/2006 (que contém o regulamento RCCTE) acompanhado pelo Decreto-Lei n.º 79/2006 (que contém o regulamento RSECE) e o Decreto-Lei n.º 80/2006 (que contém o regulamento SCE) conforme Tabela 1.2 [9].

Tabela 1.2- Legislação Portuguesa para o desempenho energético de edifícios.

Legislação Portuguesa

DL n.º 78 2006	RCCTE
DL n.º 79 2006	RSECE
DL n.º 80 2006	SCE

Em Portugal, o consumo de energia por sector de atividade mostra que o setor doméstico contribui com cerca de 12% do consumo total e os domésticos e públicos com cerca de 30% (ver Figura 1.3 e 1.4). Por sua vez, os edifícios do Estado representam cerca de 6% da energia elétrica total e, por tal, apresentam um potencial de poupança demasiado importante e justificam uma aposta na gestão eficiente da energia. Além disso, o Estado deve ser o primeiro a dar o exemplo aos seus cidadãos e promover o conceito de eficiência energética.

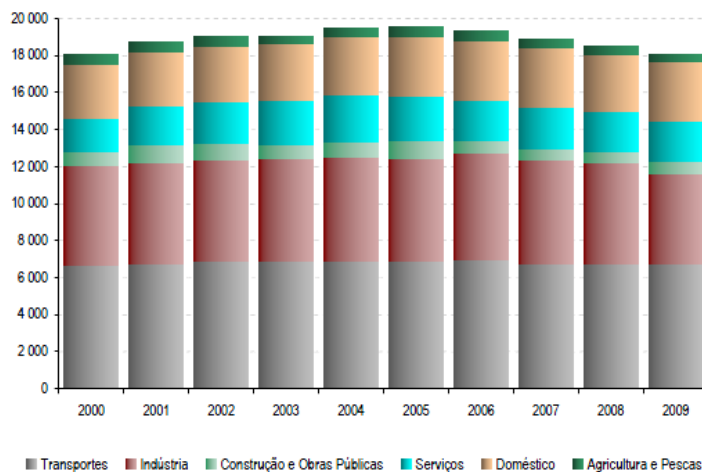


Figura 1.3 - Consumo total de Energia Final por Sector de Actividade [8].

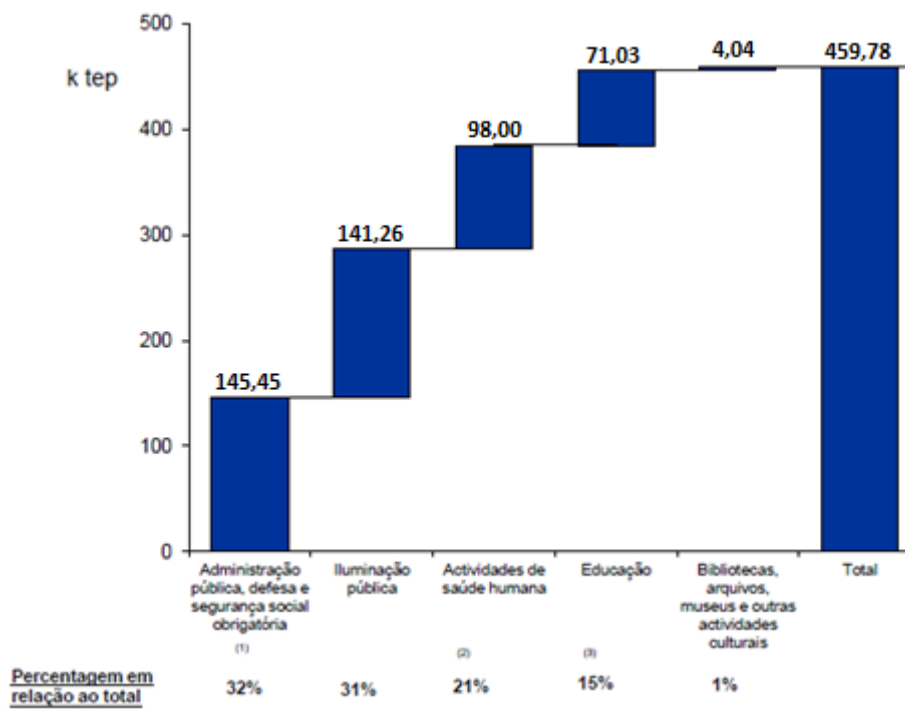


Figura 1.4 – Repartição do consumo final de energia – Estado [10].

1.2. Estado da Arte

O consumo energético Europeu revela que o sector dos edifícios é responsável por aproximadamente 40% do total [11]. Por este motivo, a UE têm vindo a promover um conjunto de medidas com vista à promoção da melhoria do desempenho energético e das condições de conforto. Neste contexto surgiu a Diretiva n.º 2002/91/CE, em 16 de Dezembro de 2002. Esta diretiva foi transposta em 2006 para a ordem jurídica nacional através de um pacote legislativo que inclui o Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril referente ao SCE (sistema nacional certificação energética, o Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril referente ao RSECE (em e o Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril referente ao Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) promovendo a etiquetagem energética dos edifícios de acordo com a sua eficiência energética e qualidade do ar interior [12] [13] [14].

A utilização de energia primária em Portugal tem maior expressão nos edifícios, 36%, seguindo-se os transportes, 30%, e a indústria, 29%. Na Região do Norte a cota dos edifícios é ainda maior, em cerca de 3%, colocando um enfoque prioritário de atuação. Por outro lado, sendo a eletricidade a energia final mais usada, é aqui que reside o maior potencial de diminuição das emissões de CO₂ [11]. Esta atuação requer um trabalho de análise e certificação de acordo com a lei referida.

A auditoria energética (AE) é um exame detalhado das condições de utilização de energia de uma determinada instalação, permitindo conhecer onde, quando e como a energia é utilizada, qual a eficiência dos equipamentos e onde se verificam desperdícios de energia, indicando igualmente soluções para as anomalias detetadas [15]. De uma forma resumida, poder-se-á dizer que uma auditoria energética tem por objetivos:

- Quantificar os consumos e custos por forma de energia;
- Examinar o modo como a energia é utilizada na instalação;
- Relacionar o consumo de energia com a produção, determinando um indicador energético de grande relevância, o consumo específico de energia;
- Determinar os consumos de energia por sector, processo ou equipamento;
- Identificar situações de desperdício de energia;
- Propor medidas corretivas e analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Propor, no caso de ainda não existir, um sistema organizado de gestão de energia.

O âmbito da auditoria à qualidade do ar interior assenta em dois pontos fundamentais, a amostragem e medição da concentração de todos os poluentes definidos no D.L. n.º 79/2006; e a avaliação das condições de higiene, manutenção e da capacidade de filtragem dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) [16].

Da auditoria, além da etiqueta energética, pode resultar um Plano de Racionalização Energética (PRE). Este compreende um conjunto de medidas de racionalização energética, organizadas e seriadas na base da sua exequibilidade e da sua viabilidade económica, tendo em vista a melhoria do desempenho energético-ambiental do edifício. Pode resultar, também, um Plano de Ações Corretivas da Qualidade do Ar Interior (PACQAI) com um conjunto de medidas destinadas a reduzir as concentrações de poluentes mais perniciosos para a saúde.

Atendendo às mais-valias descritas na literatura pode-se afirmar que certificar energeticamente um edifício existente representa um importante investimento, cujo retorno está assegurado pelas mais-valias alcançadas. É, portanto, um momento privilegiado para delinear as potencialidades do edifício, contextualizando-o com os novos desígnios ambientais.

1.3. Motivação

A crescente necessidade de diminuir o consumo energético através de uma maior eficiência para cumprir metas europeias, faz com que seja crucial a existência de empresas de serviços energéticos de modo a auxiliar os vários sectores a diminuir o seu consumo energético através de uma boa gestão.

Com o paradigma que se vive na Europa, as motivações para a eficiência energética tornam-se cada vez mais económicas do que ambientais. A eficiência energética é já vista como um fator de competitividade por muitas empresas, uma vez que pode afetar diretamente os seus lucros. Um caso flagrante disso é a crescente importância dada pela indústria, identificando os equipamentos de consumo intensivo de energia e investindo em estratégias de gestão.

No que toca ao sector do estado, a administração pública apresenta um enorme potencial de aumento de eficiência energética, e tem vindo a dar o exemplo ao promover o conceito de eficiência energética replicando as boas práticas e ao induzir comportamentos ambientalmente sustentáveis na economia e sociedade.

1.4. Objetivos

O objetivo geral da presente dissertação passa por realizar uma auditoria energética no âmbito do RSECE e uma auditoria à qualidade interior (RSECE-QAI) ao edifício dos Paços de Concelho de Vila Nova de Gaia.

Sob o ponto de vista energético pretende-se analisar com detalhe técnico e financeiro medidas de eficiência energética a implementar assim como verificar os valores dos parâmetros de QAI.

O objetivo geral é assente em 4 pontos fundamentais, abaixo discriminados:

1. Análise e discriminação dos consumos de Energia;
2. Análise à qualidade do ar interior;
3. Certificação energética do Edifício (indicação da classe energética);
4. Propostas de implementação de medidas de eficiência energética.

Esta dissertação pretende também sensibilizar o comum dos leitores para a importância e necessidade de aumentar as eficiências energéticas nas empresas públicas.

1.5. Estrutura

A estrutura da dissertação assenta em 7 capítulos principais.

Assim a estrutura deste trabalho resume-se ao presente capítulo, Introdução, e aos seguintes:

Capítulo 2 – Caracterização do Edifício em Estudo – é descrita a estrutura do edifício, são descritos alguns dos seus componentes, nomeadamente do sistema de AVAC ,bem como o seu funcionamento;

Capítulo 3 – Caracterização Energética do Edifício – é descrito os consumos energéticos associados ao edifício Paços do Concelho;

Capítulo 4 – Simulação Dinâmica Térmica do Edifício – a simulação é realizada com o intuito de classificar energeticamente o edifício e obter o valor de IEE_{real} e o IEE_{nominal};

Capítulo 5 – Análise da Qualidade do ar Interior – são realizadas análises no edifício aos parâmetros de qualidade do ar interior impostos pelo regulamento (RSECE);

Capítulo 6 – Proposta e Análise de Medidas Energeticamente Eficientes – são apresentados algumas propostas de melhoria de desempenho energético do edifício e a sua viabilidade financeira;

Capítulo 7 – Conclusões e Sugestões de trabalhos futuros – Análise das principais conclusões deste trabalho.

Capítulo 2

Caracterização do Edifício

Neste capítulo é caracteriza-se o edifício em estudo, a sua história, a importância que ele teve e tem na sociedade bem como relevar os seus aspetos arquitetónicos.

2.1 Dados Gerais do Edifício

O Edifício dos Paços do Concelho situa-se no concelho de Vila Nova de Gaia e integra a Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia. O edifício foi mandado construir em 1915 pelo presidente da altura com o intuito de empreender a construção de algo que estivesse à altura da categoria de tão importante terra: Vila Nova de Gaia. Todavia, devido à eclosão da guerra 1914-1918, assim como ao encarecimento de materiais e mão-de-obra, somente, no dia 29 de Janeiro de 1925, é que, sob a presidência do prestigioso gaiense nato, Sr. Dr. Joaquim Francisco Pedrosa Júnior, se celebrou a primeira sessão Municipal. Na Figura 2.1 encontra-se identificada a entrada principal do edifício Paços do Concelho, com a fachada orientada a Sudeste.



Figura 2.1-Entrada Principal do Edifício Paços de Concelho.

A fachada posterior encontra-se orientada a Oeste e a Norte, tendo como envolvente um jardim e passeios pedestres, conforme se pode observar na Figura 2.2.



Figura 2.2 -Fachada Posterior do Edifício Paços de Concelho.

No rés-do-chão desta zona do edifício situava-se a Policia de Segurança Pública e o Arquivo Municipal e neste momento está somente em atividade a Cruz Vermelha com entrada pela fachada Este.

A fachada Sul encontra-se voltada para um parque subterrâneo e o jardim que compõe a área de circulação de peões fazendo a ligação entre a Avenida da República e a Rua General Torres. Na Figura 2.3 podemos verificar a orientação Sul do edifício com a sua envolvente.



Figura 2.3 - Fachada Sul do Edifício Paços de Concelho.

Na vista aérea da Figura 2.4 pode-se verificar que ao lado do edifício Paços do Concelho existe um edifício vizinho onde se localiza os correios.



Figura 2.4 - Vista aérea do Edifício e sua envolvente (2D). [Fonte: Bing.com]

Nas Figuras 2.5, 2.6 e 2.7 apresenta-se as plantas que compõem cada piso do edifício em análise. O piso da cave encontra-se ocupado apenas nas zonas delimitadas a cor. A zona vermelha corresponde ao *Data Center*, a verde à denominada Sala dos Motoristas, enquanto a azul ainda se encontra em funcionamento a Cruz Vermelha.

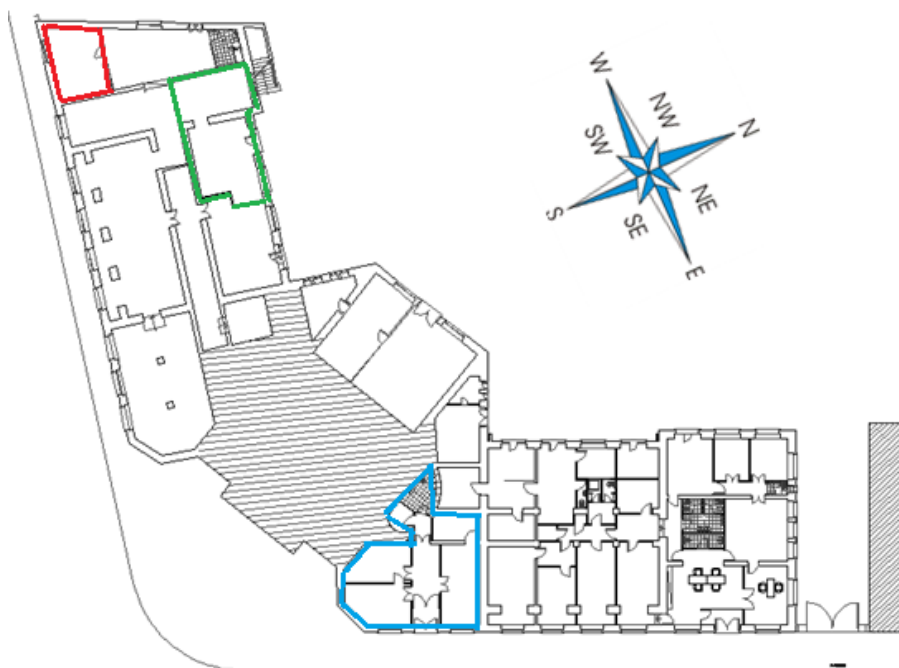


Figura 2.5 -Planta da Cave.

Na Figura 2.6 pode observar-se a planta do Piso 0 que contém a entrada principal. O piso 0 é maioritariamente composto por gabinetes, e por uma sala de atendimento aos Municípios.

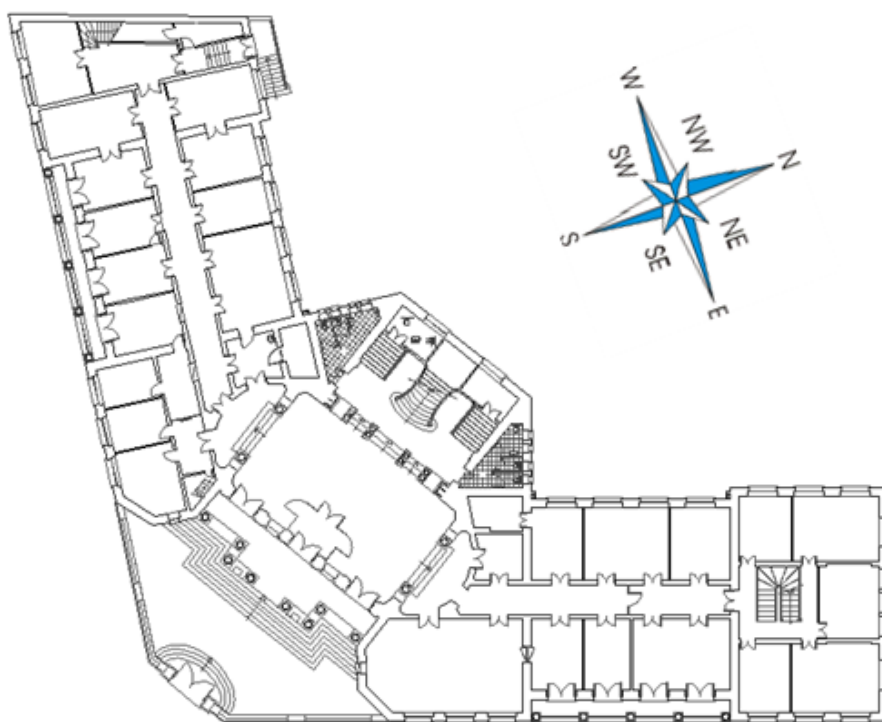


Figura 2.6 - Plano do Piso 0.

Na Figura 2.7 encontra-se a respetiva planta do Piso 1, que é uma zona mais reservada aos gestores da autarquia. O piso é composto pelos gabinetes de vereadores e presidência, sendo

de salientar o Salão Nobre, que é um espaço amplo para acolher os acontecimentos importantes do Município.

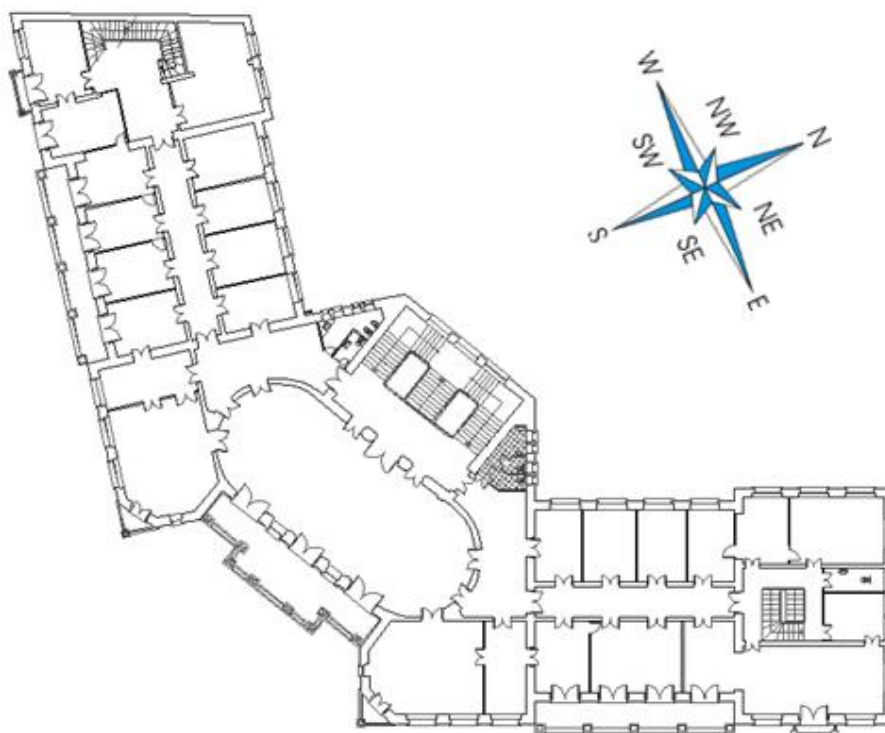


Figura 2.7 - Planta do Piso 1.

Por último, na Figura 2.8, encontra-se o último e mais alto piso do edifício, actualmente desactivado embora tenha chegado a ser utilizado com gabinetes.

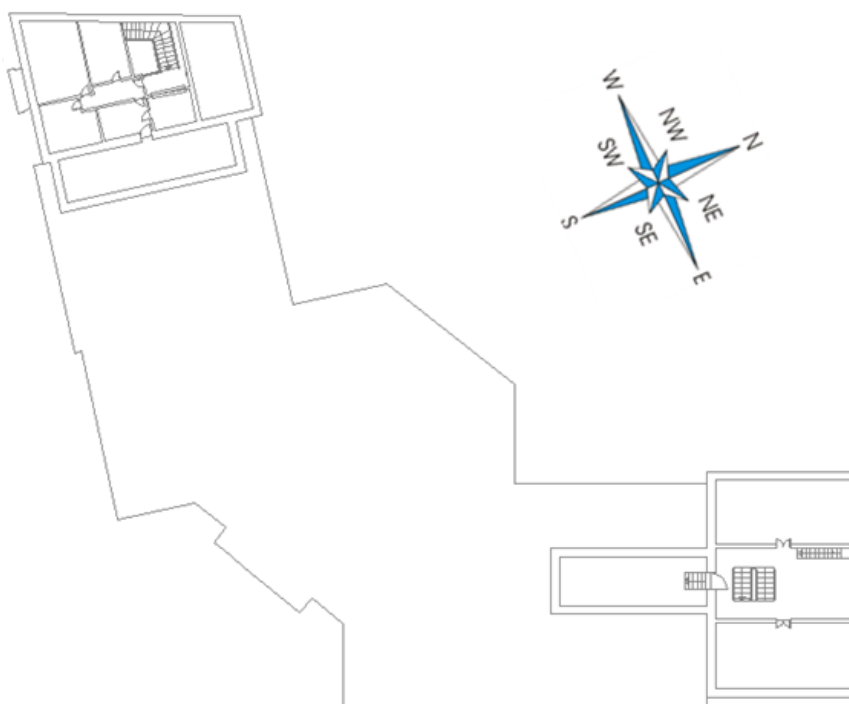


Figura 2.8 - Piso da Cobertura.

Na Tabela 2.1 encontra-se de forma sucinta as áreas totais de cada piso. No total são 2600 m² de área útil.

Tabela 2.1 - Áreas que compõe os 4 pisos do edifício.

Piso	Área (m²)
<i>Cobertura</i>	320,5
<i>1</i>	915,4
<i>0</i>	865,9
<i>Cave</i>	818,9
Total	2.600

Capítulo 3

Caracterização Energética do Edifício

Neste Capítulo irá se realizar a discriminação de todo o tipo de consumos energéticos agregados ao Edifício Paços do Concelho.

3.1 Auditoria Energética e Enquadramento Legal

Para atingir os objetivos do presente trabalho foi necessário cumprir o atual Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) aprovado no decreto-lei 79/2006 de 4 de Abril, que surgiu na sequência da criação do Sistema de Certificação de Edifícios (SCE) e que inclui o Regulamento das Características do Comportamento Térmico em Edifícios (RCCTE). Estes documentos tiveram origem na tomada de consciência do impacto energético que os edifícios de serviços refletem no consumo geral de energia.

O processo de certificação energética deste edifício está de acordo com a alínea a) do nº 1 do Artigo 2º do RSECE, que diz o seguinte:

- a) **Grandes edifícios ou frações autónomas de serviços, existentes e novos com área útil superior a 1.000 m²**, ou no caso de edifícios do tipo centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, com área superior a 500 m².

A auditoria energética a este edifício¹, com área superior a 1000 m², deverá ser realizada com uma periodicidade de 6 em 6 anos e efetuada até ao final do 6º ano. A auditoria energética (AE) tem por norma associada a si, um trabalho de campo destinado a caracterizar consumos e o estado de funcionamento das instalações. No geral, uma AE permite descrever os consumos do edifício durante o período da sua “vida”. Assim, pode-se identificar e quantificar os fluxos de energia no edifício (eletricidade, combustíveis fósseis, etc.), caracterizar os sistemas energéticos existentes para a conversão destas formas de energia em energia final, verificar se estão satisfeitas as condições de conforto térmico pretendidas, discriminar os consumos

energéticos específicos, calcular o IEE (indicador de eficiência energética) e por fim identificar medidas de racionalização energética por forma a melhorar o desempenho energético.

Na execução de uma AE, a Simulação Dinâmica Térmica é instrumento fundamental, pois permite definir os consumos dos usos finais não constantes no tempo (por exemplo: AVAC), quantificar impactos resultantes das potenciais medidas de Utilização Racional de Energia (URE) a implementar e calcular o valor do IEE bem como outras informações/valores.

De acordo com o RSECE uma auditoria energética prevê as seguintes fases:

- a) Planeamento;
- b) Caracterização do edifício, suas infraestruturas energéticas e regimes de exploração e caracterização das condições de conforto térmico;
- c) Construção dos modelos preliminar e detalhado de simulação;
- d) Balanço Energético;
- e) Identificação de medidas de URE e a elaboração do PRE.

¹*Edifício cujo procedimento de licenciamento ou autorização de edificação deu entrada na entidade licenciadora até ao dia 4 de julho de 2006.*

3.2 Análise dos Consumos de Energia Elétrica

Após a primeira visita ao Edifício dos Paços do Concelho de Vila Nova de Gaia verificou-se que este apenas utiliza energia elétrica como fonte de energia. Esta energia é utilizada para a alimentação dos circuitos de tomadas, iluminação, aquecimentos de águas quentes sanitárias (em apenas uma casa de banho) e no acionamento dos equipamentos de climatização.

Nos três anos analisados, 2009, 2010 e 2011, o fornecimento de energia elétrica foi feito a partir de uma alimentação em Baixa Tensão Especial (B.T.E). A faturação da energia é feita pela EDP – Distribuição de Energia, S.A de acordo com o regime de tarifário de “longas utilizações” e segundo um ciclo de contagem tri ou tetra-horário. Assim, esta alimentação com uma potência contratada de 416 kVA, no ano de 2011, abasteceu os Edifícios dos Paços do Concelho e dos Serviços Técnicos. Embora a alimentação principal (posto de transformação) seja dividida entre os dois edifícios, a faturação é conjunta. As Figuras representativas da faturação mensal de energia elétrica por parte da empresa EDP – Distribuição de Energia, S.A. são apresentadas em seguida.

A Figura 3.1 apresenta a evolução mensal do consumo de energia com a variação do custo específico da energia elétrica ao longo do ano de 2009. Na legenda da figura HSV, HVN e HP são períodos horários que correspondem a horas de super vazio, vazio normal e ponta. Verifica-se que o consumo de energia (kWh) em determinado mês é mais elevado se o preço específico (€/kWh) tende a baixar e vice-versa. Esta relação está ligada ao facto de ter sido consumido mais energia em horário vazio normal, que é um período em que o preço por kWh é mais barato.

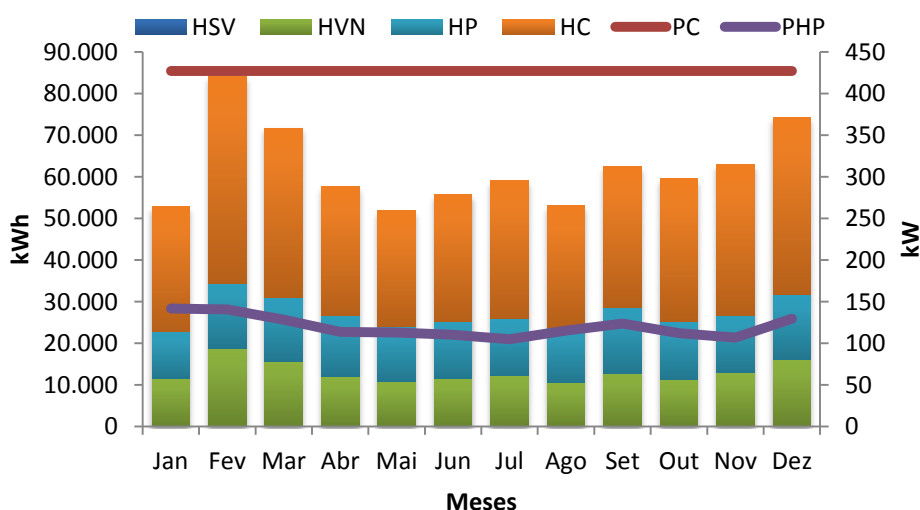


Figura 3.1 – Evolução mensal do consumo de energia ativa por períodos horários no edifício Paços do Concelho - 2009.

Analisando a figura verifica-se que há repartição do consumo de energia por três períodos horários considerados, com a consequente variação da potência em horas de ponta. A tarifa contratada e em vigor foi BTE-Longas utilizações em Tri-Horário. Observa-se ainda que os picos de consumo se realizaram no mês de fevereiro e dezembro, eventualmente por serem meses mais frios e em que provavelmente foram acionados os meios de aquecimento.

A Figura 3.2 apresenta a evolução mensal do consumo de energia com a variação do custo específico da energia elétrica ao longo do ano de 2009.

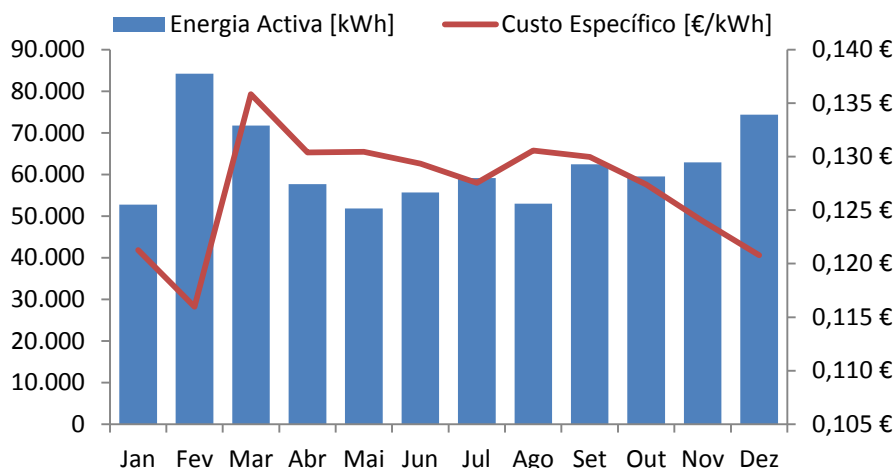


Figura 3.2 – Evolução do consumo de Energia Activa mensal no Edifício Paços do Concelho e da variação do custo específico [€/kWh] – 2009.

No ano de 2010 a tarifa contratada foi a BTE-Longas utilizações regime Tetra-Horário e a repartição do consumo de energia pelos quatro períodos horários é apresentada na Figura 3.3. Também à imagem do que aconteceu no ano anterior, o mês de dezembro foi o que obteve maior consumo de energia e supõe-se pelas mesmas razões.

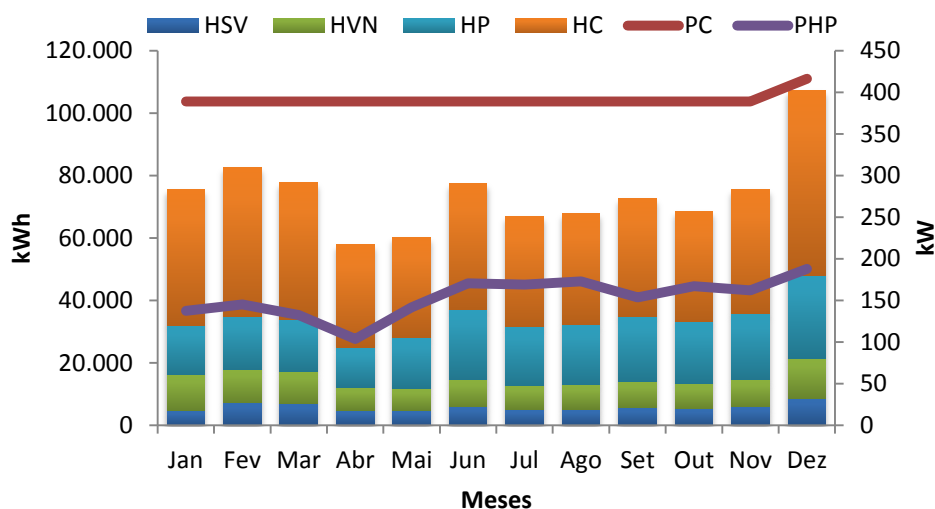


Figura 3.3 - Evolução mensal do consumo de energia ativa por períodos horários no Edifício Paços do Concelho - 2010.

A Figura 3.4 apresenta a evolução mensal do consumo de energia no edifício Paços do Concelho e a variação do custo específico da energia elétrica, ao longo do ano de 2010. Destaca-se o facto de o consumo ser mais baixo em alguns meses em que o preço específico [€/kWh] aumenta, explicando o consumo horário de ponta quando este tem uma tarifa muito mais elevada.

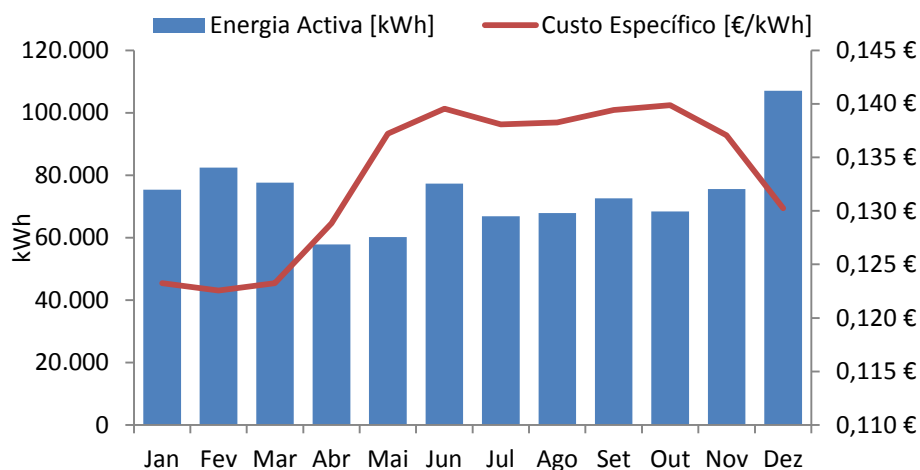


Figura 3.4 - Evolução do consumo de Energia Ativa mensal no Edifício Paços do Concelho e da variação do custo específico [€/kWh] – 2010.

Analisando o ano de 2011, na Figura 3.5, verifica-se a repartição do consumo de energia segundo os quatro períodos horários pela observação da variação de potência em horas de ponta. A tarifa contratada foi a de BTE-Longas utilizações em Tetra-Horário e os meses de janeiro, fevereiro e março verificaram os maiores consumos energéticos devido à baixa temperatura ambiente.

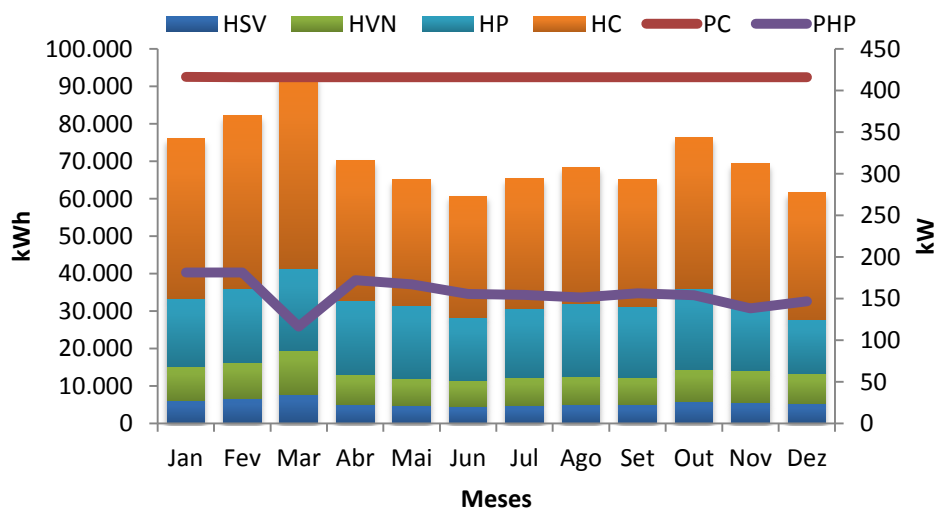


Figura 3.5 - Evolução mensal do consumo de energia ativa por períodos horários no Edifício Paços do Concelho – 2011.

A Figura 3.6 apresenta a evolução mensal do consumo de energia com a variação do custo específico da energia elétrica ao longo do ano de 2010. Como se pode observar há um pico do custo específico em maio e a partir do mês de Outubro o IVA [%] passou de 6 para os 23%. Por este motivo, houve um aumento efetivo no consumo energia relativamente aos meses anteriores e por conseguinte o consumo específico [€/kWh] baixou.

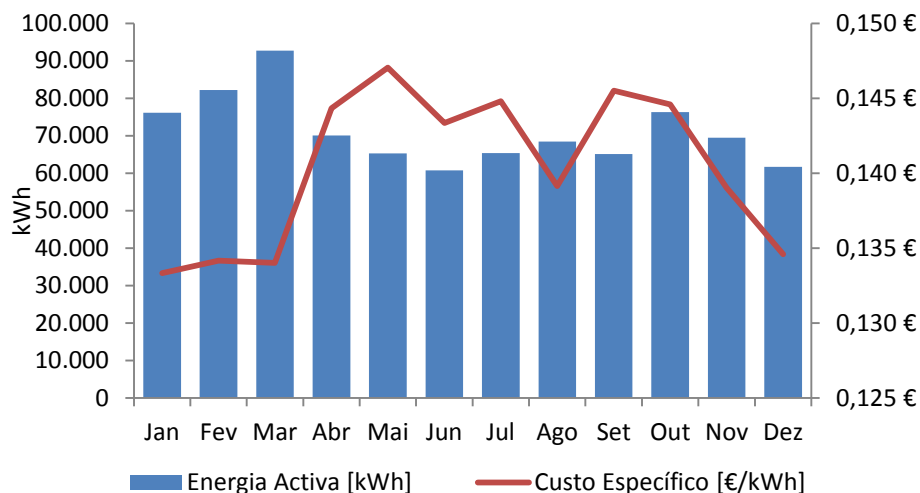


Figura 3.6 - Evolução do consumo de Energia Activa mensal no Edifício Paços do Concelho e da variação do custo específico [€/kWh] – 2011.

A Figura 3.7 realiza a comparação da evolução anual do consumo de energia [kWh/ano] ao longo dos 3 anos em análise, através da razão do valor do consumo energia anual pela soma do consumo de energia nos 3 anos. Como se pode observar, do ano 2009 para o ano 2010, existe um aumento significativo no consumo de energia elétrica em cerca de 6%. Por outro lado, do ano de 2010 para o ano 2011 existe uma diminuição em cerca de 2%.

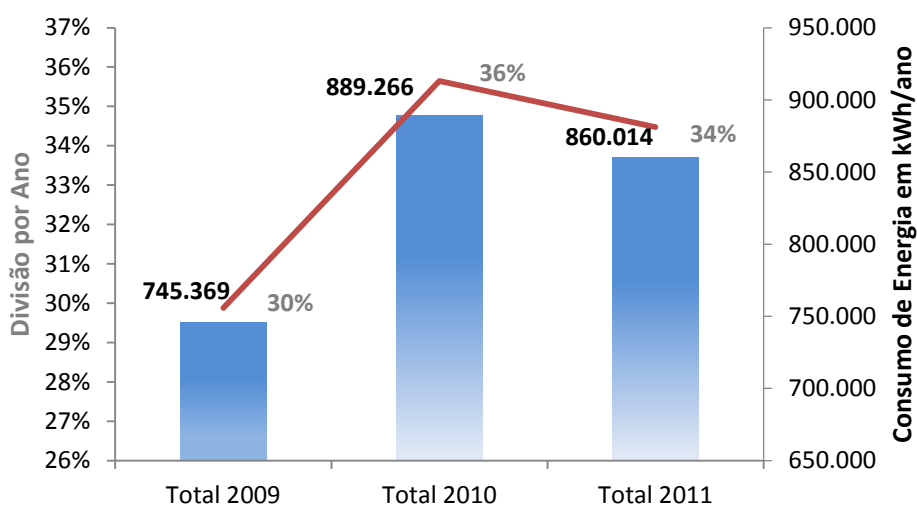


Figura 3.7 - Evolução dos Consumos anuais totais de Energia Elétrica [kWh/ano] no edifício Paços do Concelho de 2009 a 2011.

Embora haja diminuição do consumo de energia elétrica entre o ano de 2010 e 2011, não se verificou uma diminuição da fatura energética por causa de dois fatores: a subida do IVA para os 23% e o aumento do consumo de energia reativa [€], conforme se pode verificar na Figura 3.8.

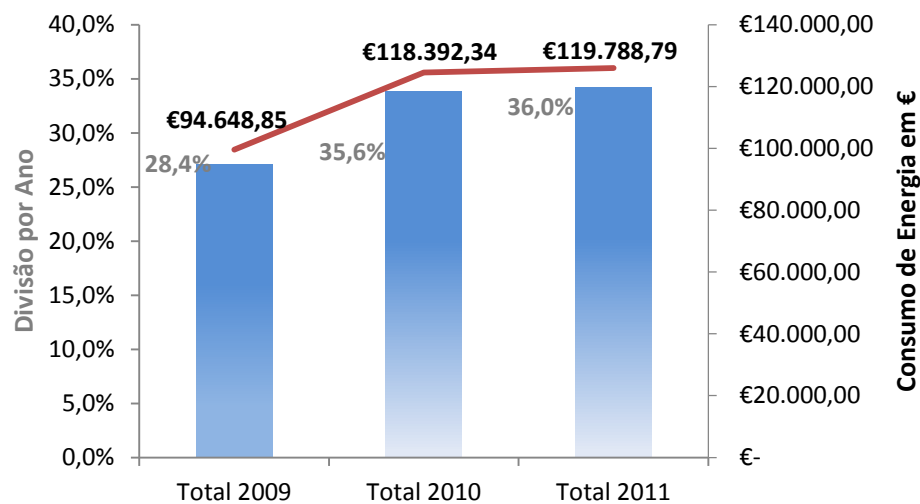


Figura 3.8 - Evolução dos Consumos de Energia Elétrica [€] nos 3 anos em análise

3.2.1 Energia Total Consumida

Na Tabela 3.1 apresentam-se os valores dos consumos registados mensalmente em 2011, expressos nas seguintes unidades: MWh e kgep (quilograma equivalente de petróleo). O fator de conversão entre energias útil e primária foi de $F_{pu}=0,290 \text{ kgep/kWh}$, valor que se encontra em vigor pelo RCCTE.

Tabela 3.1 - Consumo mensal de eletricidade em kgep e por emissão de CO₂.

	[MWh]	[kgep]	CO ₂ [kg]
Janeiro	76	22	35.775
Fevereiro	82	24	38.640
Março	93	27	43.575
Abril	70	20	32.952
Mai	65	19	30.668
Junho	61	18	28.536
Julho	65	19	30.732
Agosto	68	20	32.168
Setembro	65	19	30.622
Outubro	76	22	35.848
Novembro	74	22	34.904
Dezembro	63	18	29.789
Total	854	248	401.173
Média	72	21	33.684

Nota : $F_{pu} = 0,290 \text{ kgep/kWh}$

3.2.2 Consumo de Energia Reactiva

A energia ativa é necessária para produzir trabalho, por exemplo, na rotação do eixo de um motor, a energia reativa é necessária para produzir o fluxo magnético indispensável ao funcionamento dos motores, transformadores, etc. No entanto esta energia reativa "ocupa espaço", que poderia ser usado por mais energia ativa e, aumenta as perdas nas redes de distribuição e instalações de utilização, pelo que o seu consumo deveria ser controlado (ver Figura 3.9).

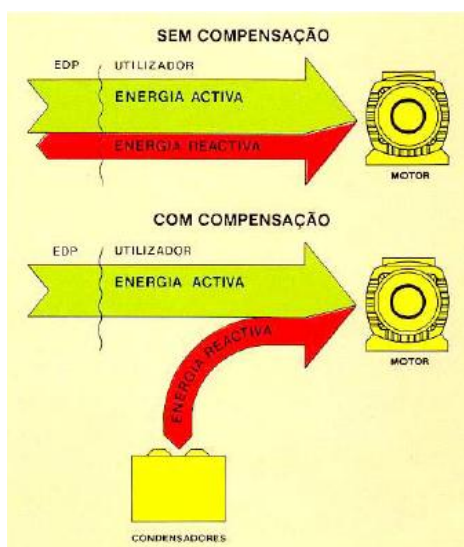


Figura 3.9 - Exemplo de Compensação do fator de potência. [fonte: ADENE]

Os consumos de energia reativa, determinados com baixos valores de fator de potência, apresentam diversos inconvenientes que se traduzem geralmente em piores condições de exploração da instalação tais como: o aumento das perdas na rede, redução da vida útil dos equipamentos, substituição da capacidade instalada, necessidade de transformadores de maior potência e cabos de maior secção. Assim, para satisfazer os pedidos de energia reativa, a empresa produtora tem de proceder a investimentos suplementares ao nível da produção e distribuição, que necessariamente vão refletir condições tarifárias mais gravosas para os consumidores.

Na Figura 3.10 apresentam-se os valores de energia reativa consumida nos 3 anos em análise no edifício Paços do Concelho.

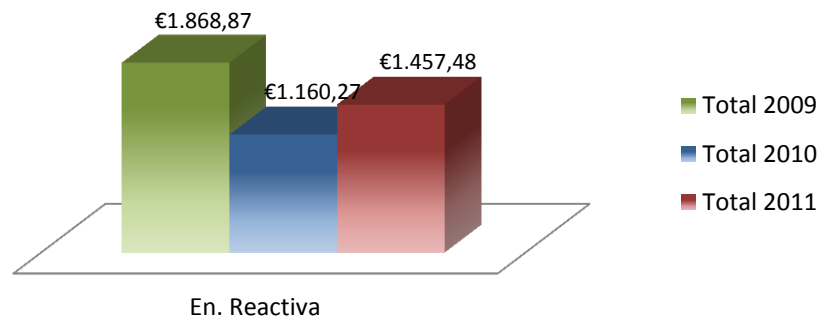


Figura 3.10 - Evolução do consumo de energia reativa nos últimos 3 anos do edifício dos Paços do Concelho.

Embora hajam condensadores instalados no posto de transformação que faz o fornecimento de energia elétrica para os dois edifícios, verificou-se que estes não estão a fazer eficazmente a compensação do fator de potência ou estão mesmo inoperantes.

3.3 Análise dos Principais Consumidores de Energia

Na identificação dos principais consumos de energia foi necessário separar a energia consumida nos 2 edifícios, Paços do Concelho e Serviços Técnicos. Em seguida instalou-se um analisador de energia elétrica e realizaram-se medições no edifício principal. O analisador de energia elétrica é um equipamento que permite medir um conjunto de parâmetros que definem um sistema elétrico. Na Figura 3.11 observa-se o analisador da marca HTS modelo Vega 76.



Figura 3.11 - Analisador de Energia marca HTS modelo Vega 76.

Na Figura 3.12 está o esquema elétrico dos quadros gerais e parciais do edifício desde o ponto de fornecimento de energia o Q.G.B.T. (Quadro Geral de Baixa Tensão).

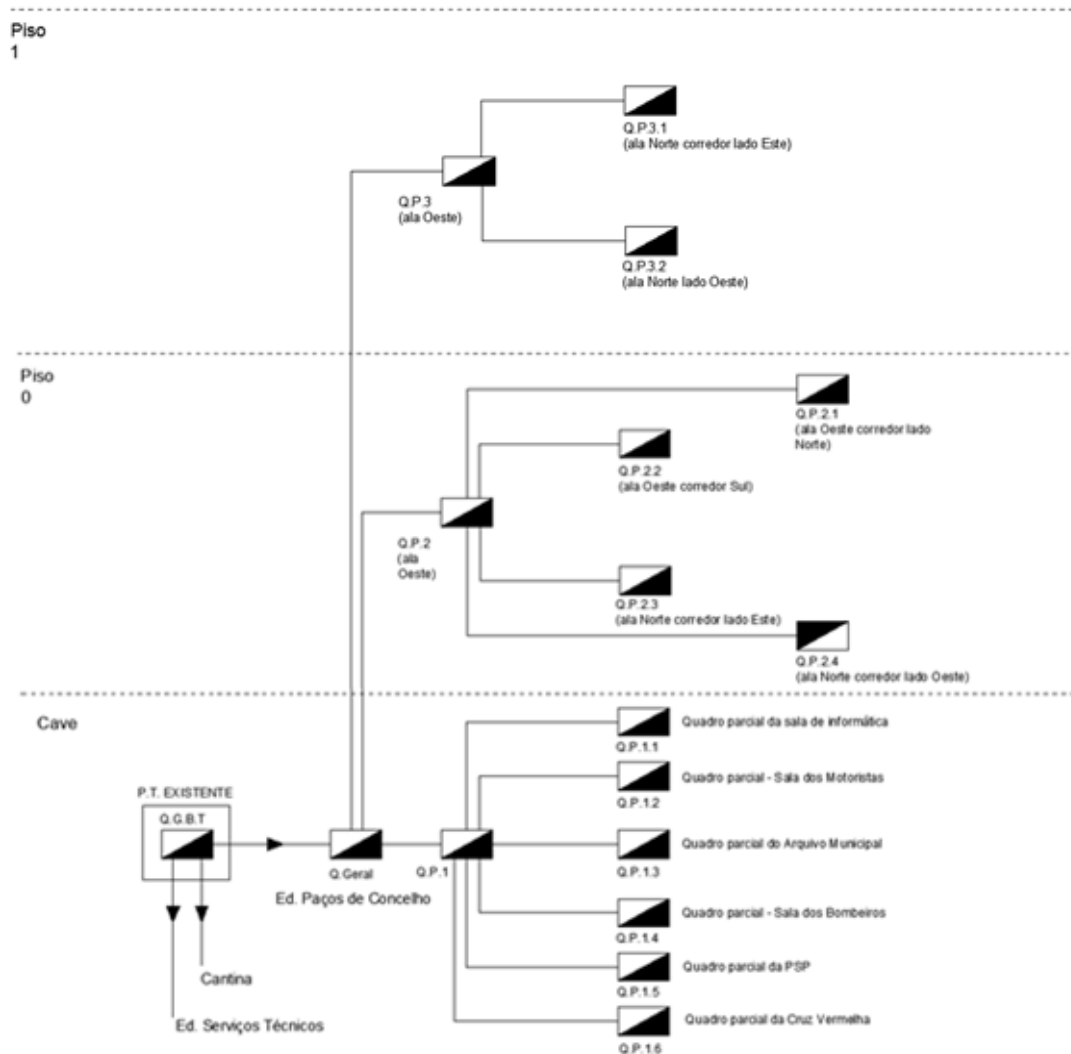


Figura 3.12 - Esquema Elétrico do Edifício Paços do Concelho.

O analisador de energia foi colocado imediatamente antes da alimentação que advém do Q.G.B.T. e que liga ao quadro geral do edifício em estudo. Como mostra a Figura 3.13, o analisador encontra-se ligado imediatamente depois do corte geral.

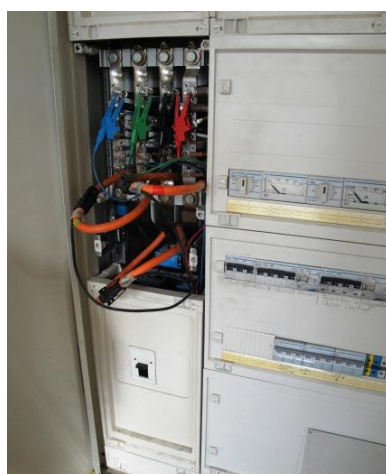


Figura 3.13 - Esquema de ligação do analisador de energia elétrica ao quadro geral.

Nesta ligação teve-se o cuidado de em primeiro lugar verificar a corrente que passa em cada uma das fases de modo a selecionar a escala. Os “pernos de crocodilo” foram colocados no barramento e no analisador, e verificou-se a correção da sequência das fases. As pinças amperimétricas foram ligadas às 3 fases com o sentido de medição das pinças coincidente ao da corrente, assim fez-se coincidir a pinça da corrente 1 com a da tensão 1. Posteriormente colocou-se o aparelho em gravação e este permaneceu no local durante 7 dias (ver Figura 3.14).



Figura 3.14 - Analisador de energia elétrica ligado.

Na Figura 3.15 apresenta-se o modo como ficou o analisador de energia ligado ao quadro geral do edifício.



Figura 3.15 - Analisador de Energia ligado ao Quadro Geral.

No final dos 7 dias, compreendidos entre o dia 23 de Fevereiro e 2 de Março de 2012, obtiveram-se os diagramas de energia diários do edifício sendo possível desta forma estimar o seu consumo mensal e anual. Nas Figuras 3.16 e 3.17 encontram-se os diagramas de carga para uma sexta-feira e sábado de modo a analisar os comportamentos energéticos do edifício ao longo de um dia trabalho e outro de descanso, respetivamente. Os restantes diagramas diários encontram-se no Anexo I.

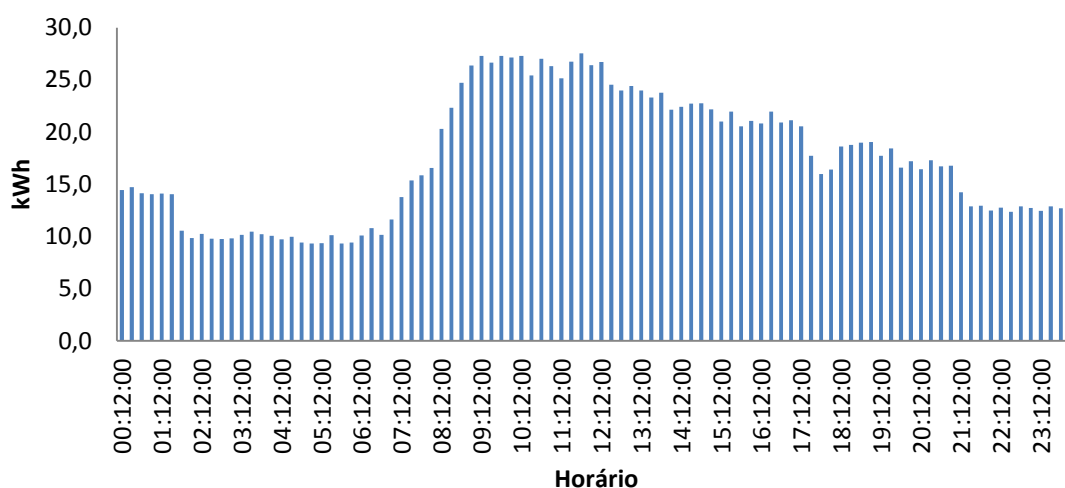


Figura 3.16 - Diagrama de Energia Consumida no dia 24 Fevereiro (Sexta-Feira).

Através da análise do perfil de consumo para o dia 24 Fevereiro de 2012 (sexta-feira) pode-se desde logo destacar o horário de funcionamento do edifício sensivelmente entre as 8:00 e as 18:00-20:00. O aumento de consumo de energia a partir das 8:00 matinais é evidente, já no fecho do edifício deveria aparecer um abaixamento no consumo mais acentuado só que este coincide com a entrada em funcionamento da iluminação exterior (das 18:00 até 1:00 am).

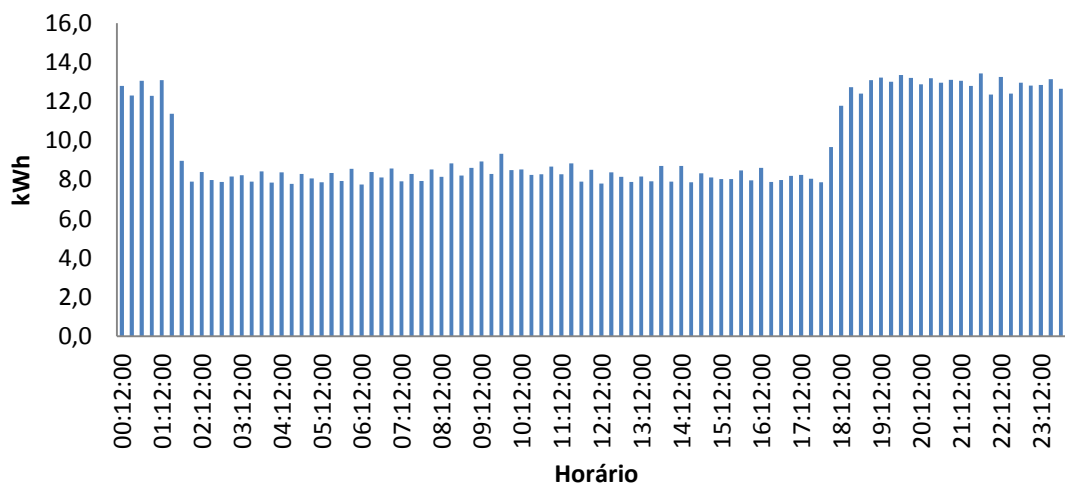


Figura 3.17 - Diagrama de Energia Consumida no dia 25 Fevereiro (Sábado).

No dia 25 Fevereiro de 2012 (sábado) o edifício não está em funcionamento, sendo que o seu diagrama é mais regular, destacando-se o consumo evidente da iluminação exterior pelo seu horário de funcionamento (das 18:00 à 1:00). Nas Figuras 3.18 a 3.19 apresentam-se os consumos semanais do edifício desde sexta-feira (24 fevereiro) a quinta-feira (1 Março). Conforme se pode observar o consumo de energia do edifício é regular com valores diários muito aproximados.

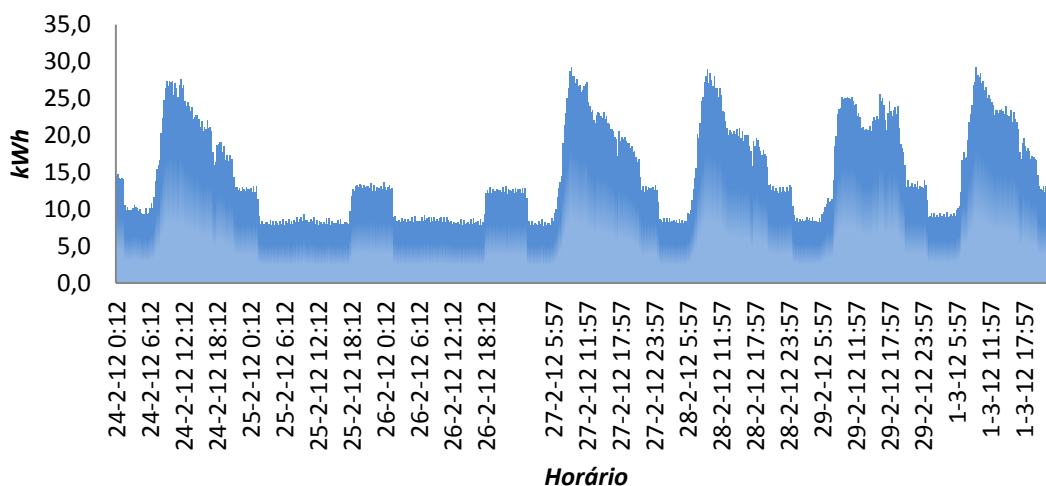


Figura 3.18 – Perfil do consumo semanal de energia elétrica do Edifício Paços do Concelho em Diagrama.

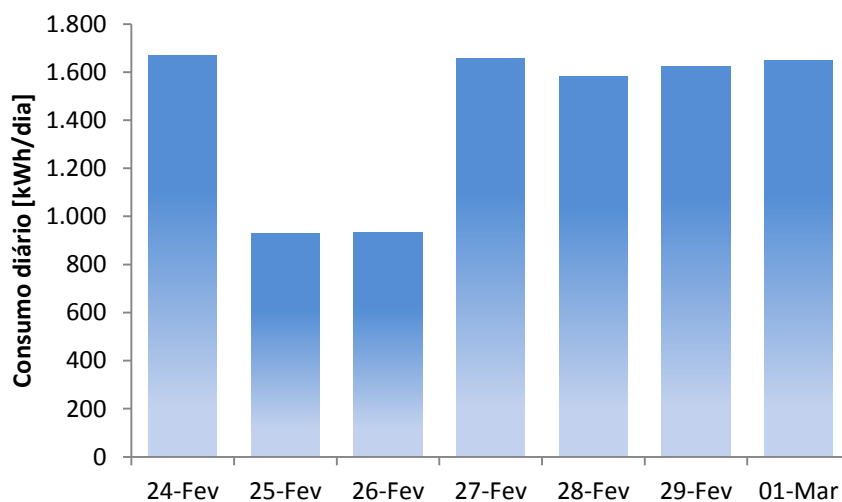


Figura 3.19 - Perfil de Consumo diário de energia elétrica do Edifício Paços do Concelho.

Na Tabela 3.2 é indica-se a estimativa de consumos de energia elétrica para o edifício dos Paços de Concelho durante uma semana, um mês e um ano.

Tabela 3.2 - Estimativa de Consumo para o Edifício Paços do Concelho

<i>Estimativa de Consumo</i>	
Total Semanal	10.046 kWh
Total Mensal	40.185 kWh
Total Anual	482.218 kWh

Na Figura 3.20 está esquematizada a divisão em termos de consumos de energia elétrica entre o edifício Paços do Concelho e o edifício dos Serviços Técnicos. Pode-se concluir que o edifício Paços do Concelho é o maior consumidor de energia elétrica com 56% do total.

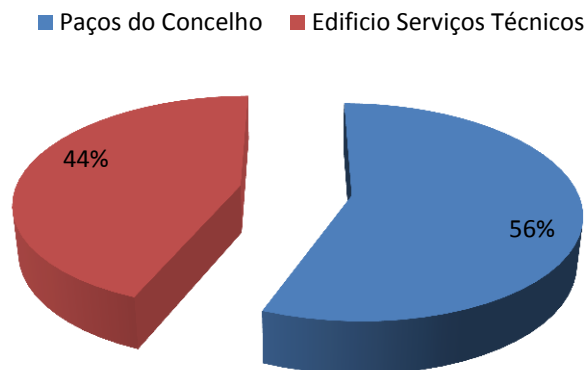


Figura 3.20 - Estimativa da repartição energética entre os dois Edifícios.

Mais tarde realizaram-se medições de corrente e potência nas saídas do quadro geral com o analisador de energia da marca UNI-T modelo UT232. As Figuras 3.21 e 3.22 apresentam o aparelho e a ligação deste ao quadro geral.



Figura 3.21 - Aparelho marca UNI-T modelo UT232 utilizado nas medições locais.

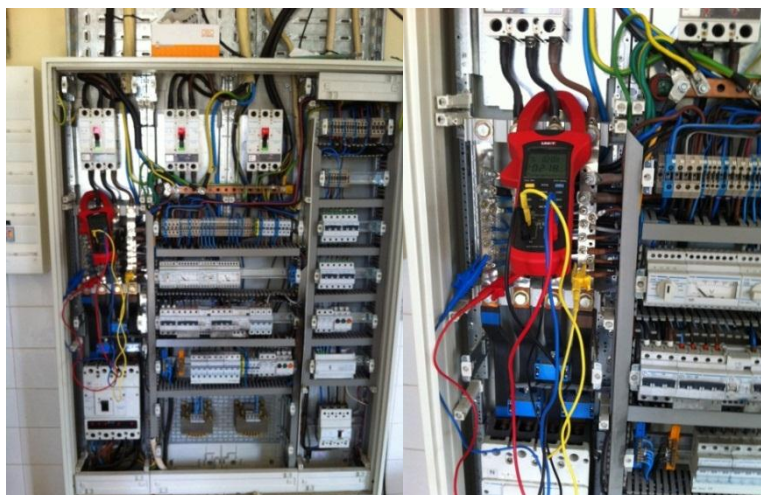


Figura 3.22- Quadro Geral desmontado com o aparelho de marca UNI-T modelo UT232 a efetuar uma medição.

O aparelho de medição foi ligado em cada fase para se saber a intensidade de corrente e potência e na Tabela 3.3 apresentam-se os resultados obtidos para os restantes pontos do edifício.

Tabela 3.3 - Medições realizadas no Quadro Geral

Localização	Fase			
	Ø1	Ø2	Ø3	
Quadro Parcial Piso 1	0,716	0,446	0,56	<i>kWh</i>
	232	232	232	<i>V</i>
	37,0	23,1	29,0	<i>A</i>
	8,59	5,35	6,72	<i>kW</i>
Quadro Parcial Piso 0	0,658	0,884	0,625	<i>kWh</i>
	233	232	232	<i>V</i>
	36,3	55,2	32,5	<i>A</i>
	7,36	12,27	6,12	<i>kW</i>
DATA CENTER	0,273	0,16	0,05	<i>kWh</i>
	232	231	233	<i>V</i>
	14,7	12,1	11,7	<i>A</i>
	3,19	1,95	0,67	<i>kW</i>
UPS 1	0,055	0,127	0,1	<i>kWh</i>
	231	231	231	<i>V</i>
	8,6	8,7	8,6	<i>A</i>
	0,66	1,97	1,28	<i>kW</i>
Iluminação Exterior	0,343	0,358	0,49	<i>kWh</i>
	232	231	231	<i>V</i>
	25,0	20,7	29,9	<i>A</i>
	3,88	4,26	5,85	<i>kW</i>

As medições realizaram-se em períodos consecutivos de 5 minutos em cada fase. Um aspeto a revelar é que o valor da intensidade oscilou em cada fase e os seus valores médios entre fases são diferentes. Na Figura 3.23 pode-se verificar o consumo energético por divisão. O *Data*

Center e a UPS (*Uninterruptible Power Supply*) correspondem a uma percentagem de cerca de 30% no consumo total, bem como a iluminação exterior, 12%, sendo que ambos correspondem quase a metade do consumo energético

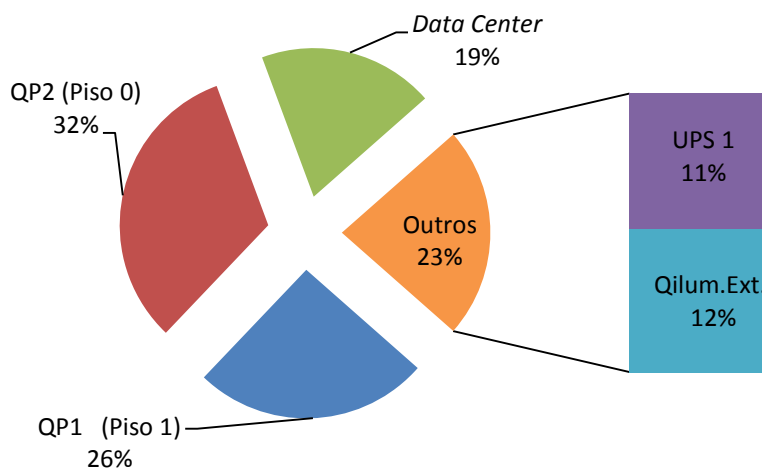


Figura 3.23 - Repartição energética pelos principais consumidores de energia do Quadro Geral.

Na Figura 3.24 realiza-se a repartição de consumo energia elétrica do edifício Paços do Concelho para os valores de potência em iluminação, Climatização e Informática.

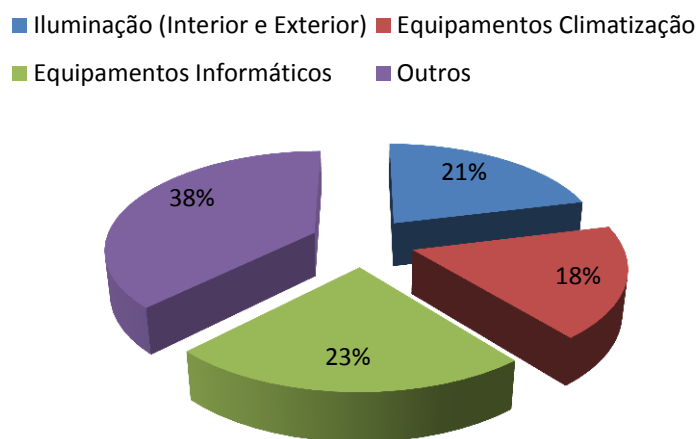


Figura 3.24 - Divisão energética por tipo de consumo no edifício.

3.3.1 Análise dos Consumos energéticos da Iluminação

A iluminação apresenta-se como um dos principais consumidores de energia do edifício Paços do Concelho. A iluminação interior é na sua maioria do tipo fluorescente tubular como se pode observar na Figura 3.25. Em termos de iluminação natural, este edifício tem uma área elevada em envidraçados na maior parte dos gabinetes e o controlo dessa iluminação é feito manualmente por cada um dos utilizadores.

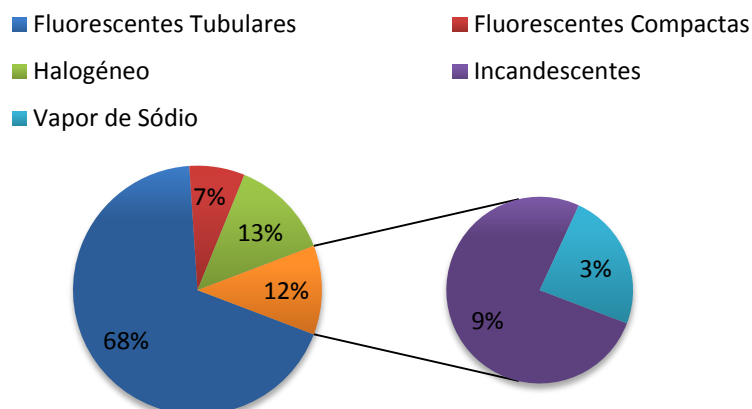


Figura 3.25 - Repartição da iluminação interior - por tipo.

A iluminação exterior por sua vez é comandada através de interruptor horário, com um período de funcionamento pré-definido entre as 18:00 e a 1:00 da manhã. A iluminação exterior é dividida entre a fachada principal, em Vapor de Sódio, e a fachada posterior, em Iodetos Metálicos. A Figura 3.26 mostra a percentagem do tipo de iluminação instalado nas fachadas.

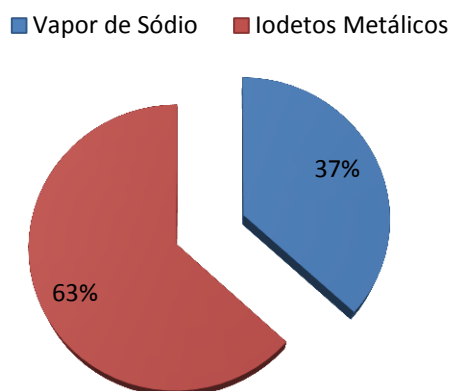


Figura 3.26 – Repartição por tipo na iluminação exterior - por tipo

Níveis de Luminância

A avaliação do nível de luminância interior foi realizada no mesmo período da medição da Qualidade do Ar Interior em diversos gabinetes, salão nobre e corredores. As medições foram realizadas com o recurso a um equipamento denominado de Luxímetro, da marca *Meterman* e modelo LM631, representado na Figura 3.27.



Figura 3.27 – Luxímetro

Os locais onde foram realizadas as medições são apresentados nos esquemas das Figuras 3.28 e 3.29, sendo que por letras são indicados os pontos de medição e por números a identificação do local.



Figura 3.28 - Esquema dos pontos de medição do nível de luminância - Piso 0.

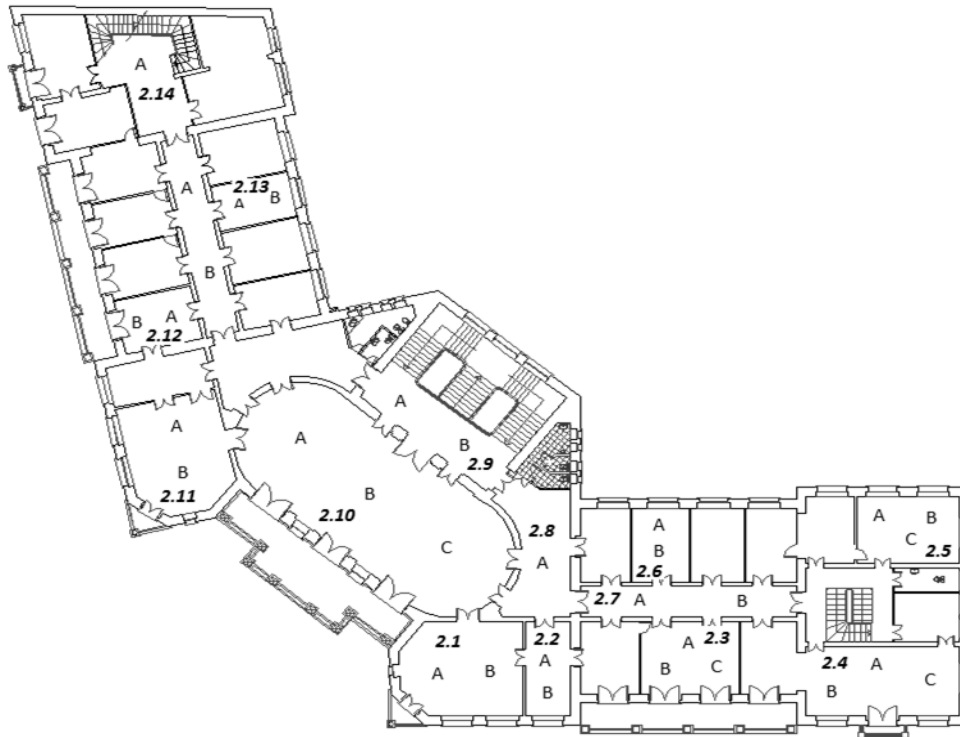


Figura 3.29 - Esquema dos pontos de medição do nível de luminância - Piso 1.

Nos gabinetes e salas de conferência (Salão Nobre), segundo a norma EN 12464-1 de 2002, o nível de iluminação recomendado é de 500 lux, enquanto nos corredores e espaços de circulação esse valor é de 100 lux.

Nas Figuras 3.30 a 3.32, indicam-se os resultados das medições realizadas nas várias divisões do edifício Paços do Concelho. Observando as figuras verifica-se que alguns locais possuem uma luminância acima do valor mínimo recomendado o que se explica por as medições serem realizadas num dia de céu praticamente limpo. Note-se que o ponto 2.10 da Figura 3.31 tem um valor de luminância muito abaixo do valor recomendado por ser o Salão Nobre que tem pouca área de envidraçado.

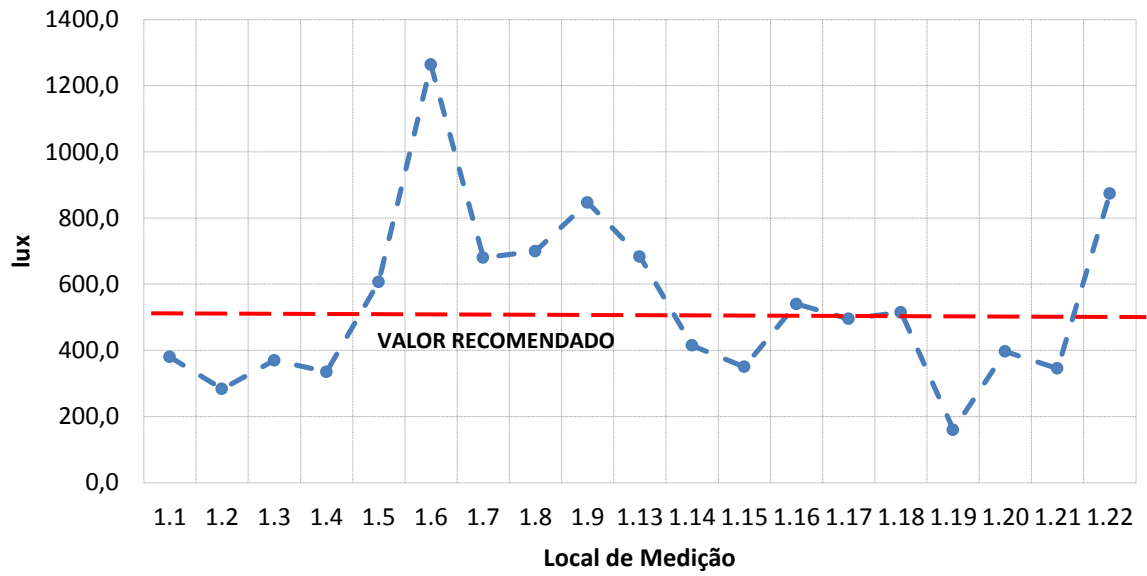


Figura 3.30 - Nível de luminância nos Gabinetes do Piso 0.

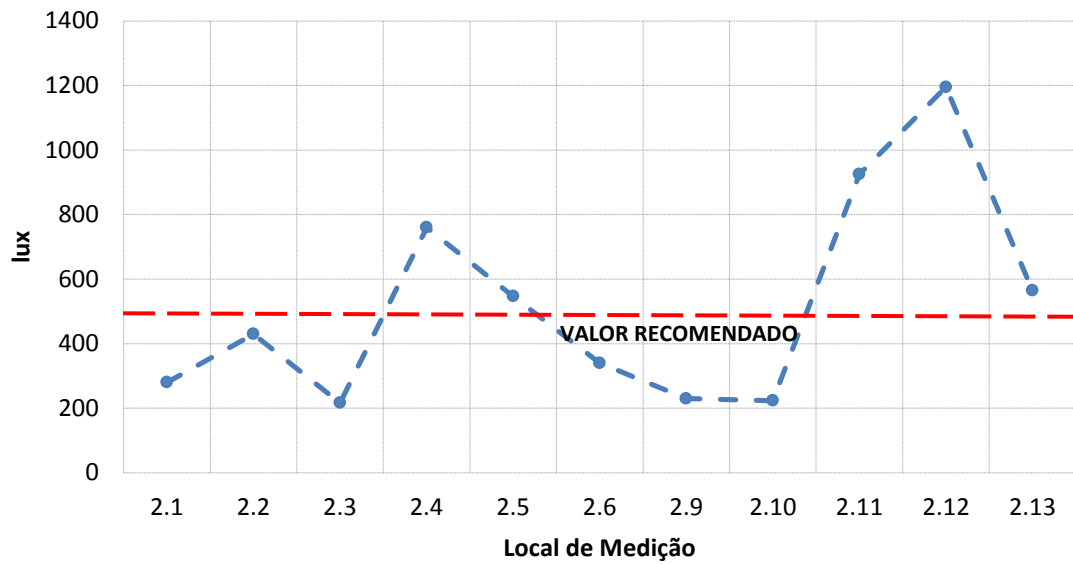


Figura 3.31 - Nível de luminância nos Gabinetes do Piso 1.

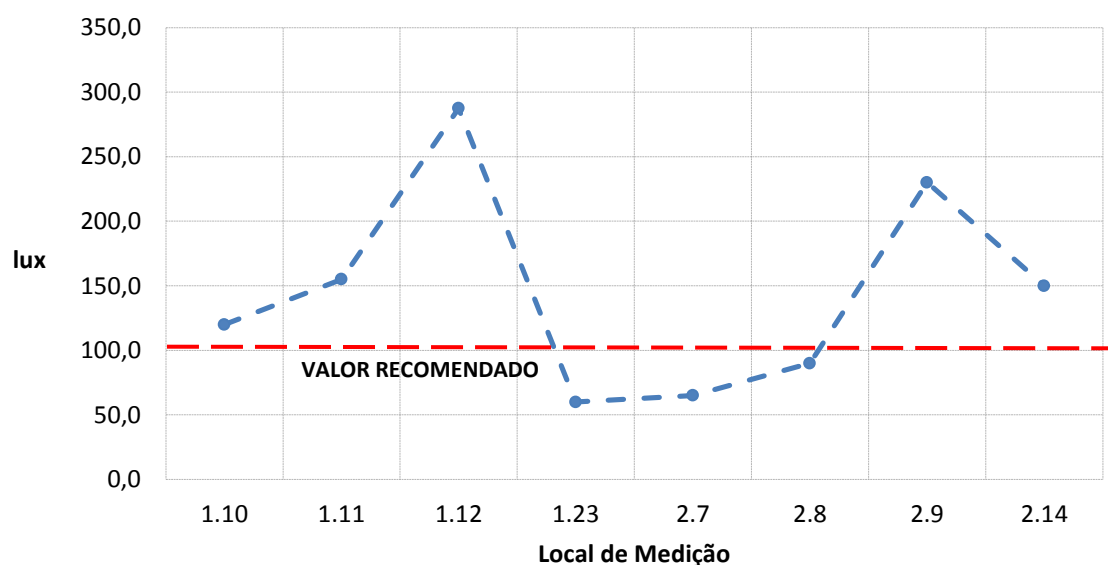


Figura 3.32 - Nível de luminância nos Corredores do Piso 0 e 1.

Nas medições realizadas a alguns locais dos corredores pode-se verificar que existem dois pontos com um nível de iluminação superior ao recomendado, o 1.12 e o 2.9, estes localizam-se, respetivamente, no átrio da entrada principal e no átrio de entrada para o Salão Nobre. Note-se que o elevado índice de luminância destes dois locais está relacionado com a iluminação natural proveniente dos grandes envidraçados existentes.

Nas Tabelas 3.4 a 3.6, indicam-se e comparam-se os valores de luminância medidos e o valor de limite máximo recomendado segundo a norma EN 12464-1 de 2002.

Tabela 3.4 - Nível de Iluminação - Piso 0

Piso / Local Medição	lux	Valor Limite	Conclusão
Piso 0 - Gabinete 1.1	380	500	Incorrecto
Piso 0 - Gabinete 1.2	283	500	Incorrecto
Piso 0 - Gabinete 1.3	370	500	Incorrecto
Piso 0 - Gabinete 1.4	335	500	Incorrecto
Piso 0 - Gabinete 1.5	607	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.6	1263	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.7	680	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.8	700	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.9	847	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.10	120	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.11	155	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.12	288	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.13	683	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.14	415	500	Incorrecto

Tabela 3.5 -Nível de Iluminação - Piso 0 (Cont.)

Piso / Local Medição	lux	Valor Limite	Conclusão
Piso 0 - Gabinete 1.15	350	500	Incorrecto
Piso 0 - Gabinete 1.16	540	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.17	495	500	Incorrecto
Piso 0 - Gabinete 1.18	515	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.19	160	500	Incorrecto
Piso 0 - Gabinete 1.20	397	500	Incorrecto
Piso 0 - Gabinete 1.21	345	500	Incorrecto
Piso 0 - Gabinete 1.22	873	500	Correcto
Piso 0 - Gabinete 1.23	60	500	Incorrecto

Tabela 3.6 -Nível de Iluminação - Piso 1

Piso / Local Medição	lux	Valor Limite	Conclusão
Piso 1 - Gabinete 2.1	280	500	Incorrecto
Piso 1 - Gabinete 2.2	430	500	Incorrecto
Piso 1 - Gabinete 2.3	217	500	Incorrecto
Piso 1 - Gabinete 2.4	760	500	Correcto
Piso 1 - Gabinete 2.5	547	500	Correcto
Piso 1 - Gabinete 2.6	340	500	Incorrecto
Piso 1 - Gabinete 2.7	65	100	Incorrecto
Piso 1 - Gabinete 2.8	90	100	Incorrecto
Piso 1 - Gabinete 2.9	230	100	Correcto
Piso 1 - Gabinete 2.10	223	500	Incorrecto
Piso 1 - Gabinete 2.11	925	500	Correcto
Piso 1 - Gabinete 2.12	1195	500	Correcto
Piso 1 - Gabinete 2.13	565	500	Correcto
Piso 1 - Gabinete 2.14	150	100	Correcto

Levantamento da Iluminação Interior

O levantamento da iluminação existente no interior do Edifício Paços do Concelho foi exaustivo e pretendeu determinar a potência instalada efetiva e a eficiência de toda iluminação instalada, desde os tipos de lâmpadas aos balastos existentes. Nas Tabelas 3.7 e 3.8, indicam-se resumidamente o tipo de lâmpada e a potência instalada, em *watts*, por piso.

Tabela 3.7 - Iluminação interior por piso no edifício dos Paços do Concelho

	DESCRITIVO DE ILUMINAÇÃO INTERIOR [W]										
	FT 1x18	FT 1x32	FT 1x36	FT 1x58	FT 2x36	FT 2x58	FT 4x18	FC 1x12	FC 1x9	FC 1x16	FC 1x18
Piso 1	162	0	864	754	3.816	3.480	576	312	0	256	216
Piso 0	486	128	684	696	2.016	4.408	1.728	0	153	0	288
Cave	18	0	504	116	936	1.508	0	0	0	0	0
Total	666	128	2.052	1.566	6.768	9.396	2.304	312	153	256	504

Tabela 3.8 - Iluminação interior por piso no edifício Paços do Concelho (Continuação)

	DESCRITIVO DE ILUMINAÇÃO INTERIOR [W] - CONT.								
	FC 1x23	FC 1x26	H 2x50	H 1x150	H 1x500	11x25	11x60	11x80	11x100
Piso 1	621	338	500	750	3000	125	180	2560	0
Piso 0	161	0	0	0	0	0	0	0	0
Cave	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	782	338	500	750	3000	125	180	2560	0

Na Figura 3.33, identificam-se os tipos de lâmpadas e as quantidades, em percentagem, existentes no edifício Paços do Concelho.

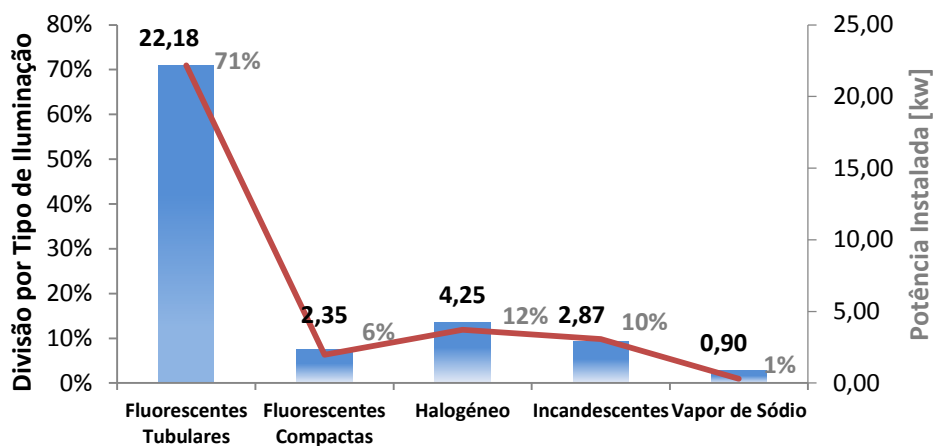


Figura 3.33 - Divisão por tipo de iluminação e potência instalada no edifício Paços do Concelho.

Na Tabela 3.9 está identificada uma estimativa do consumo energético total da iluminação interior [kWh].

Tabela 3.9 - Estimativa do consumo energético e respetivo custo da Iluminação interior - 2011

<i>Ano de 2011</i>	
<i>Custo Médio do kWh [€/kWh]</i>	0,140 €
<i>Custo a imputar à iluminação [€]</i>	9.943,51 €
<i>Consumo total da instalação [kWh]</i>	482.218
<i>Consumo total da instalação [tep]</i>	21
<i>Percentagem do consumo em Iluminação [%]</i>	14,7%

Levantamento da Iluminação Exterior

A iluminação de fachadas de monumentos, edifícios, equipamentos sociais ou residências tem como objetivo chamar a atenção das pessoas, criando simultaneamente uma sensação agradável e um efeito estético positivo. No edifício Paços de Concelho não se foge à “regra” com os 87 projetores instalados em diversos pontos das fachadas que se dividem entre a fachada principal e posterior. Nas Tabelas 3.10 e 3.11, descrevem-se o tipo e a quantidade de iluminação exterior instalada nas fachadas do edifício, bem como o consumo elétrico estimado por ano em kWh.

Tabela 3.10- Quantidade e tipo de iluminação exterior

DESCRIPTIVO DE ILUMINAÇÃO EXTERIOR					
	IM (70 W)	IM (100 W)	VP (100 W)	VP (150 W)	Potência Instalada [W]
<i>Fachada Principal</i>	-	-	16	39	7.450
<i>Fachada Posterior</i>	14	18	-	-	2.780
Total	14	18	16	39	10.230

Nota : IM- iodetos metálicos; VP - Vapor de sódio;

Tabela 3.11 - Consumo energético da iluminação exterior em kWh/ano

	IM (70 W)	IM (100 W)	VP (100 W)	VP (150 W)	Total
<i>Fachada Principal</i>	-	-	3.504	12.812	16.316
<i>Fachada Posterior</i>	2.146	3.942	-	-	6.088
Total	2.146	3.942	3.504	12.812	22.404
%	9,6%	17,6%	15,6%	57,2%	100,0%

Nota : IM- iodetos metálicos; VP - Vapor de sódio;

Na Figura 3.34 é perceptível o consumo por tipo de lâmpada e verifica-se que há um maior consumo de energia na lâmpada tipo vapor de sódio porque a potência necessária é de 150W.

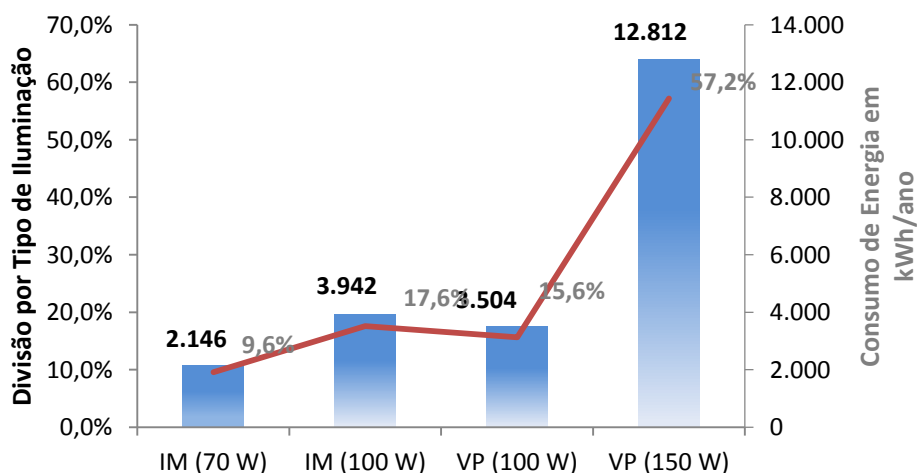


Figura 3.34 - Divisão por tipo de iluminação exterior e potência instalada no edifício Paços de Concelho.

Na Tabela 3.12 é realizada uma estimativa do custo elétrico em iluminação exterior [€] no edifício Paços do Concelho.

Tabela 3.12 – Estimativa dos consumos e custos da Iluminação exterior - 2011.

Ano de 2011	
<i>Custo Médio do kWh [€/kWh]</i>	0,140 €
<i>Custo a imputar à iluminação exterior [€]</i>	3.136,52 €
<i>Consumo total da instalação [kWh]</i>	482.218
<i>Consumo total da instalação [tep]</i>	6
<i>Percentagem do consumo em Iluminação [%]</i>	4,6%

3.3.2 Análise dos Consumos de Climatização

No edifício Paços do Concelho a climatização é assegurada por unidades individuais (*splits*), que promovem o conforto térmico do ar ambiente. O *split* é composto por duas unidades, a que fica no ambiente interno (evaporador) e que permite arrefecer ou aquecer o seu ar e a outra que fica fora do edifício (condensador) para onde é transmitido o calor ou o frio indesejado. É de salientar que no inverno alguns escritórios recorrem ainda ao uso de aquecedores a óleo.

Na Tabela 3.13 são apresentadas as características e marcas dos equipamentos que integram o sistema de climatização do edifício, nomeadamente os *splits*. Estes equipamentos de climatização são de diversas marcas e em alguns casos já muito antigos e com falta de manutenção, ao todo são cerca de 40 unidades. O consumo estimado deste sector é cerca de 87,2 MWh/ano, o que equivale a 18% do consumo total da instalação.

Tabela 3.13 -Descritivo dos equipamentos de climatização instalados

Marca	Modelo	Potência [kW]		Unidades	
		Cooling	Heating	Piso 0	Piso 1
CARRIER	38YE012G	3,5	4,4	0	1
ELECTRO	18RC - R	5,2	5,7	1	0
ELECTRO	ONG - 12RC	3,5	4,4	2	0
HITACHI	RAM - 18CH71	5,2	5,7	6	0
HITACHI	RAC - 5182CHV1	5,2	5,7	4	1
HITACHI	RAC - 09CHV	2,6	3,0	1	0
HITACHI	RAC - 09CH1V1	2,6	3,0	0	3
MITSUBISHI	MUH - 12RV	3,5	4,4	2	1
MITSUBISHI	PHH - 2,5VKA	2,5	4,0	1	0
MITSUBISHI	MXZ - 4A71VA	7,1	8,6	2	0
MIDEA	MSE - 12HRN2	3,5	4,4	0	1
MITSUI	MK50 - 12HN4	3,5	4,4	1	0
MITSUI	MKS - 012HN4Y	3,3	3,8	0	1
SANYO	SAP - CM93GH5	2,7	3,0	2	0
SANYO	SAP - C98EH	2,7	3,0	1	2
SANYO	SAP - C126QH5	3,5	4,4	0	3
SANYO	SAP - C226GH5/E	6,2	7,4	0	4
SANYO	SAP - 1828EH	5,2	5,7	0	1
SANYO	SAP - CH6GH5	1,8	2,3	0	4
SANYO	SAP - C186KH5	5,2	5,7	0	1
SHARP	AEX10BE	3,0	3,7	0	3

Nota : Cooling - Potência de Arrefecimento; Heating - Potência de Aquecimento ;

3.3.3 Análise dos Consumos dos Equipamentos Informáticos

Uma vez que se trata dum edifício de escritórios, a parcela de consumo de energia relativa ao equipamento informático apresenta valores significativos. Através do levantamento quantitativo verificou-se que existem 110 computadores. Estima-se que o consumo deste sector seja cerca de 32,6 MWh/ano, o que equivale a 7% do consumo total.

3.3.4 Outros Equipamentos

Para além dos sectores indicados anteriormente, existem outros consumidores que em conjunto têm uma parcela importante do consumo total. Entre estes, temos, por exemplo, os equipamentos da cozinha, da cruz vermelha ou mesmo outros utilizados pelos utentes do edifício. Estima-se que o consumo deste sector seja cerca de 181,3 MWh/ano, o que equivale a 38% do consumo total do edifício.

Capítulo 4

Classificação Energética do Edifício

Neste Capítulo irá se realizar a caracterização energética do Edifício Paços de Concelho através de uma simulação dinâmica em DesignBuilder v.2 (release: 2.9.0.002) [17]

4.1 Simulação Dinâmica

A simulação dinâmica é um método de análise computacional do perfil térmico de um edifício, permitindo uma análise das necessidades energéticas associadas ao seu funcionamento e respetivos sistemas energéticos, tomando em conta a evolução de todos os parâmetros relevantes (temperaturas, ocupação, iluminação, ventilação, etc) com a precisão adequada, numa base horária, ao longo do ano típico. No anexo VIII do RSECE são mencionados estes parâmetros que o modelo computacional deve incluir, que são: as características da envolvente do edifício, o ficheiro climático de acordo com a zona, os sistemas de climatização, a ventilação, a iluminação e a ocupação.

Numa primeira fase do processo de simulação realizou-se o levantamento dimensional da fração, da iluminação, da ocupação, dos equipamentos elétricos e de climatização existentes e dos horários de funcionamento. No RSECE, artigo 13º, são ainda mencionados outros parâmetros como o dimensionamento/limitação das potências térmicas de Aquecimento e Arrefecimento.

Em grandes edifícios, como é o caso, é também necessário que se calcule o IEE (indicador de eficiência energética) nominal ou real. Para tal a simulação térmica ajuda a verificar as cargas térmicas, os perfis anuais de consumo de combustíveis e elementos de fatura da eletricidade, o funcionamento de ventiladores, bombas, UTA'S e os efeitos da implementação de medidas corretivas.

A Tabela 4.1 faz a descrição de cada tipo de IEE como se determina e para que serve.

Tabela 4.1 - Descrição de cada tipo de IEE

Tipo IEE	Designação	Como se determina?	Para que serve?
IEEreal, facturas	IEEreal obtido pelas facturas	Por análise simples das facturas energéticas (ultimos 3 anos), sem correcção climática	*Verificação simplificada do cumprimento do requisito energético em edificios existentes e da necessidade ou não de um PRE
IEEreal, simulação	IEEreal obtido por simulação	Por simulação dinâmica, utilizando os perfis reais previstos ou determinados em auditoria, com correcção climática	*Para efeitos da 1ª Auditoria de edificios novos (ao fim do 3º ano de funcionamento) *Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edificios existentes e da necessidade ou não de um PRE
IEEnominal	IEE obtido por simulação com perfis nominais	Por simulação dinâmica, utilizando os perfis padrão do Anexo XV, com a correcção climática	*Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edificios existentes e da necessidade ou não de um PRE *Classificação energética do edificio
IEEreferência		Definido Anexo XI	*Verificação do cumprimento do requisito energético em edificios novos. *Referência para a classificação energética

A simulação dinâmica do edifício pode ser de modo sucinto decomposta em duas partes: simulação real e nominal. Na simulação real faz-se uma comparação entre os consumos energéticos reais faturados (discriminados em faturas ou obtidos pelas contagens no local) e os obtidos numericamente pela simulação, o que permite ajustar o modelo até que a diferença entre eles seja inferior a $\pm 10\%$. Isto obriga a que haja uma parametrização do modelo computacional com todas as informações obtidas nos levantamentos, devendo estes serem o mais exaustivos possíveis.

Após garantida a validade do modelo computacional, procede-se à simulação em condições nominais, em que se mantém parte das características reais do edifício, nomeadamente a envolvente, a iluminação e os sistemas de climatização, substituindo todos os horários, ocupação, temperaturas de conforto e caudais de ar novo pelos impostos pelo regulamento para cada tipologia de espaço.

4.2 Modelação do Edifício

O *software* selecionado para se proceder à modelação do edifício e posterior simulação foi o *DesignBuilder v.2* (release: 2.9.0.002) [17]. Numa primeira fase foi feita a modelação do edifício a partir das plantas (CAD 2D) que foram fornecidas pela Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, e teve-se em conta os objetos exteriores ao edifício que poderiam causar sombreamento. O edifício em estudo não é de fácil geometria, trata-se de um edifício antigo com muitos pormenores de varandas e algumas palas. Nas Figuras 4.1 a 4.6 mostram-se as imagens criadas no *software* para o edifício Paços do Concelho.

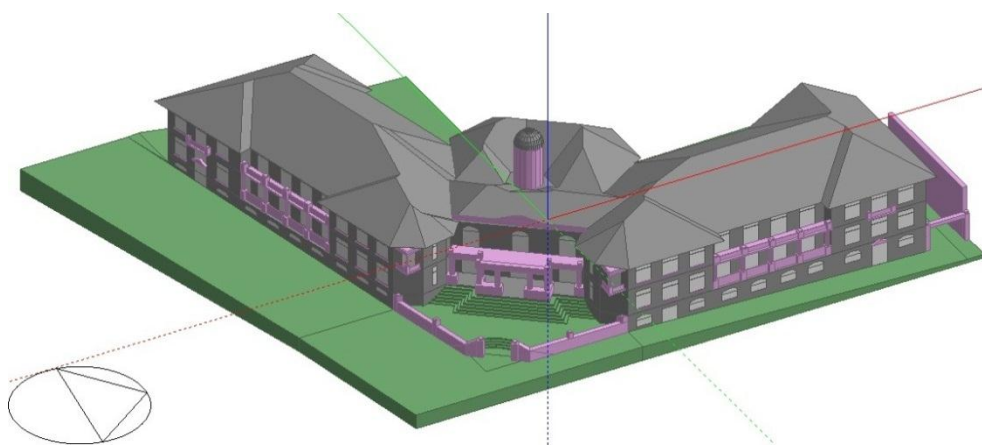


Figura 4.1 - Vista aérea da fachada principal do Edifício Paços do Concelho criado em *DesignBuilder*.

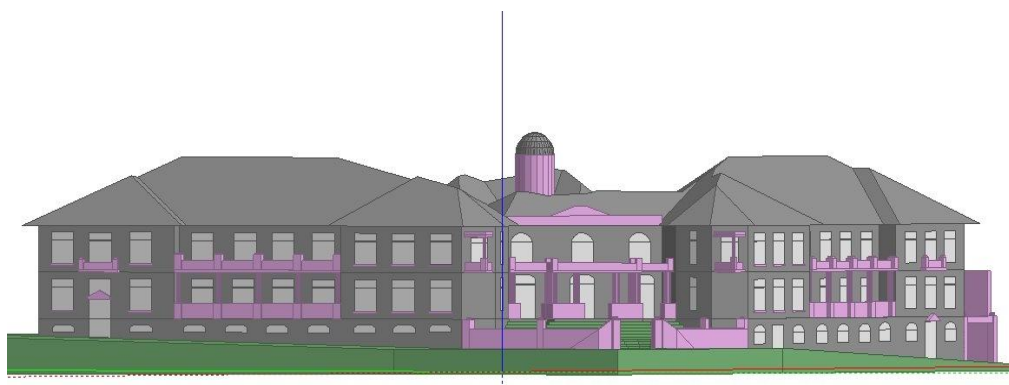


Figura 4.2 - Fachada Principal do Edifício Paços do Concelho criado em *DesignBuilder*.



Figura 4.3 - Fachada Posterior do Edifício Paços do Concelho criado em *DesignBuilder*.

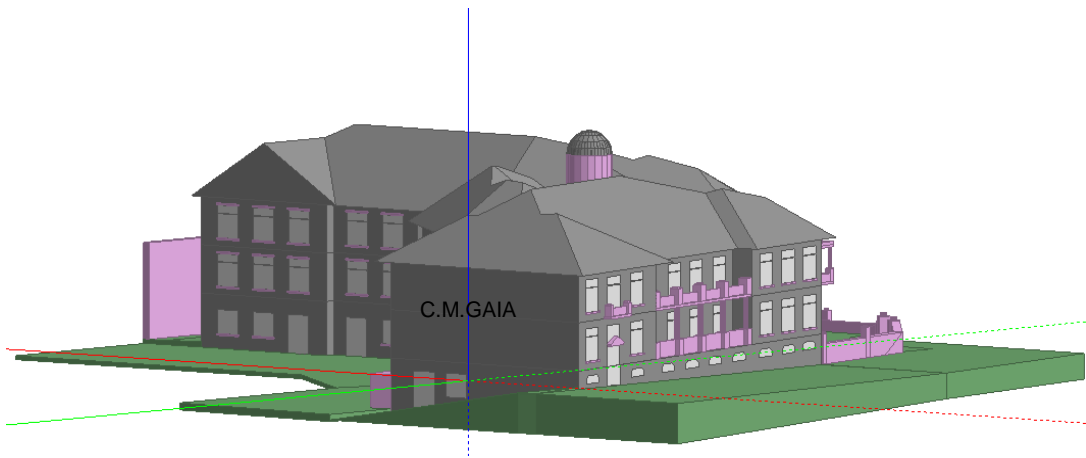


Figura 4.4 - Fachada Lateral do Edifício Paços do Concelho criado em *DesignBuilder*.

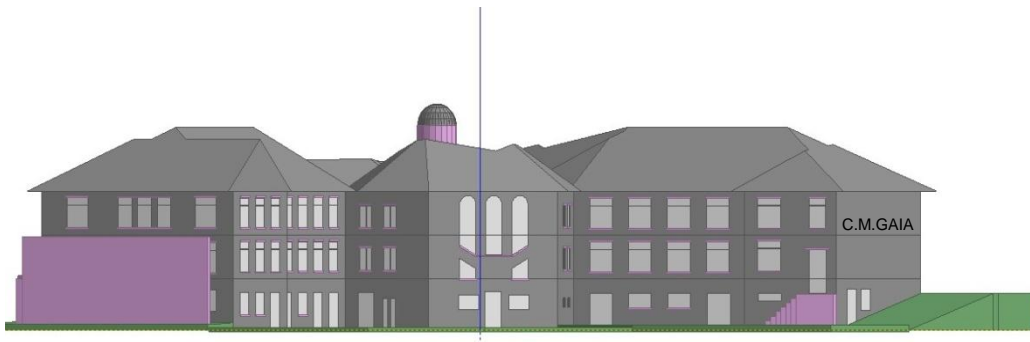


Figura 4.5 - Fachada Posterior do Edifício Paços do Concelho criado em *DesignBuilder*.

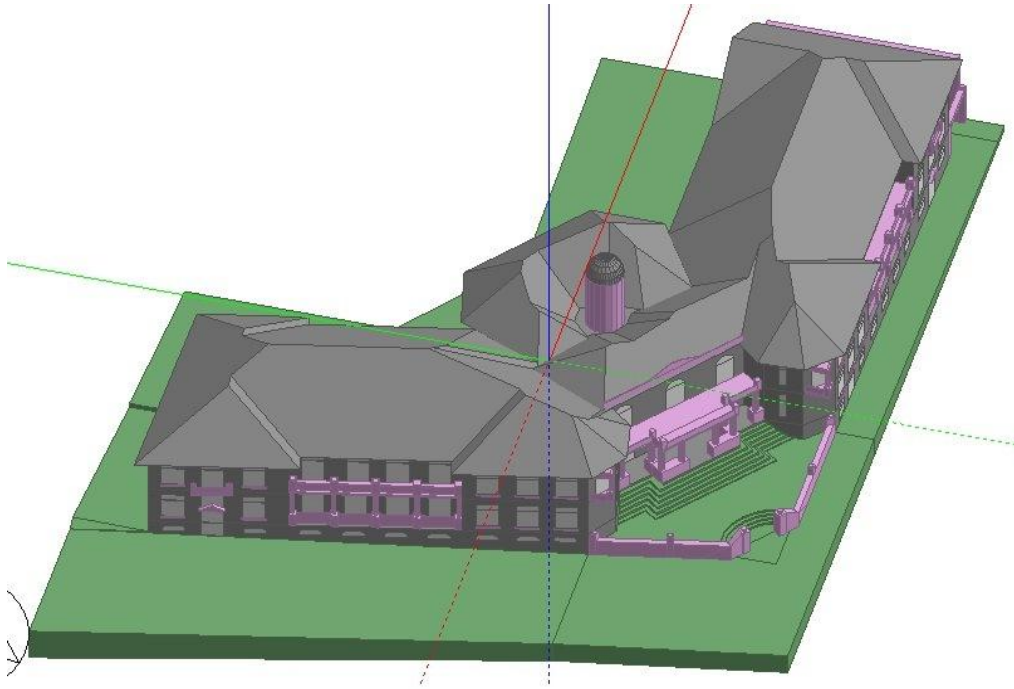


Figura 4.6 - Vista aérea do Edifício Paços do Concelho criado em *DesignBuilder*.

4.2.1 Divisão por Zonas

O interior do edifício foi dividido por zonas para de uma maneira mais fácil ser possível inserir os valores dos consumos dos equipamentos e da iluminação. O edifício tem uma área útil grande (aproximadamente 2600 m²) com mais de 90 zonas, no entanto a versão do *Designbuilder* utilizada está limitada a 50 zonas. Por estes motivos foi necessário unir alguns espaços dando origem às zonas apresentadas nas Figuras 4.7, 4.8 e 4.9.

No piso 1, uniram-se os escritórios em zonas, considerando para tal o seu tipo de ocupação e a sua orientação conforme é apresentado na Figura 4.7.

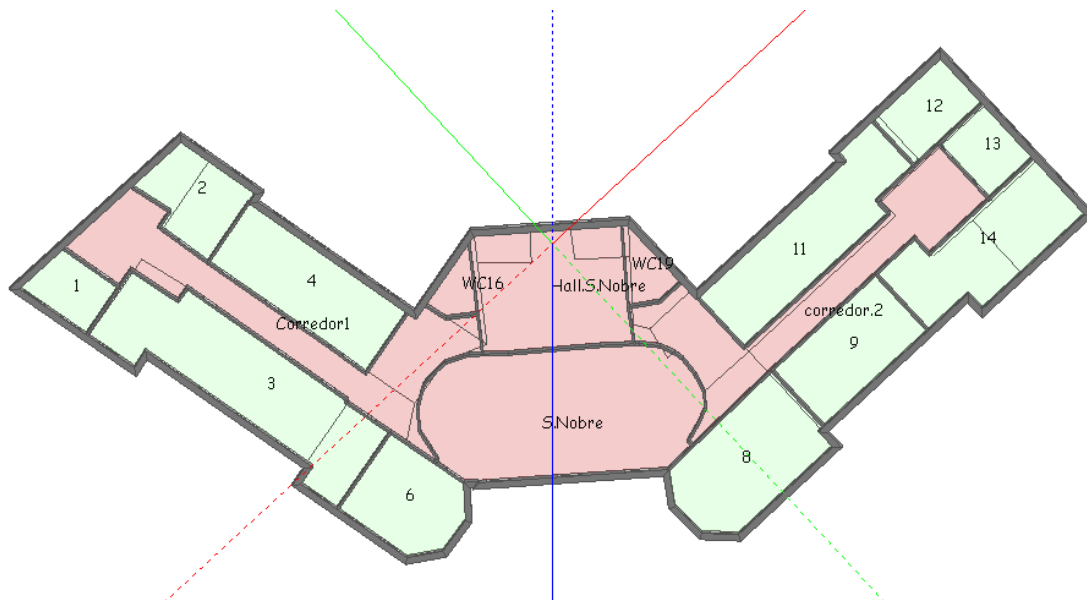


Figura 4.7 - Divisão por zonas - Piso 1.

O zoneamento do Piso 0 teve os mesmos critérios do piso 1, sendo que a rosa se encontram assinaladas as zonas consideradas como espaços não úteis.

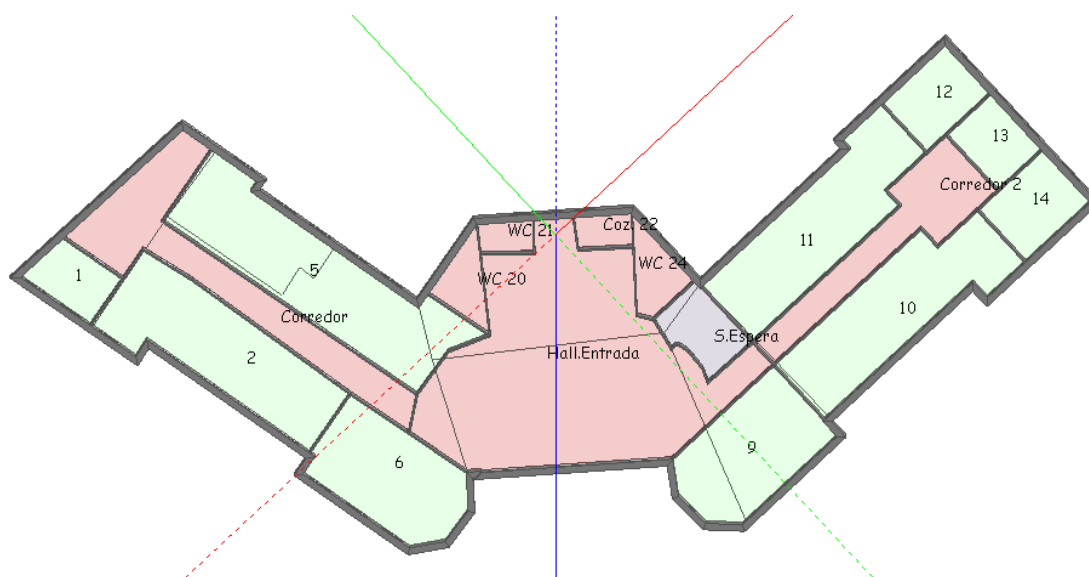


Figura 4.8 - Divisão por zonas - Piso 0.

O piso da Cave em termos de zoneamento foi dividido de grosso modo conforme a sua utilização anterior, visto que atualmente só a sala de motorista, a Cruz Vermelha e o *Data Center* se encontram ocupados. A sala de motorista e a cruz vermelha são duas zonas com abertura permanente para o exterior, por isso, foram consideradas zonas não úteis.

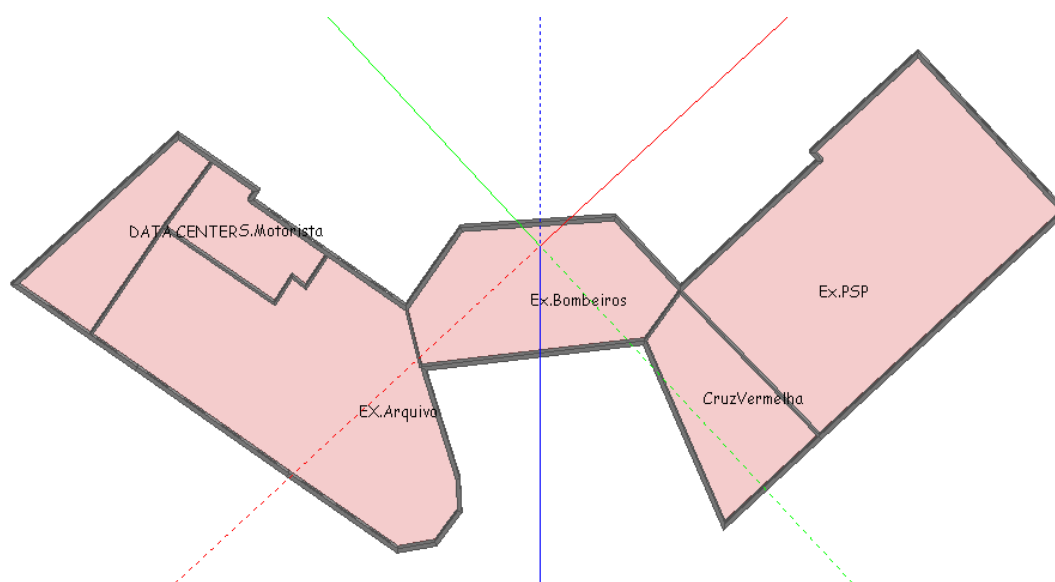


Figura 4.9 - Divisão por Zonas - Piso Cave.

4.2.2 Análise Estrutural do edifício

Como referido no Capítulo 2, o edifício em estudo é um edifício existente dos anos 60 e para saber a constituição das suas paredes teve-se que recorrer ao ITE54 (coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios) para construções típicas portuguesas de 1960. Deste modo retirou-se o valor de U [$W/m^2\text{°C}$] (coeficiente de transmissão térmica) para a espessura da parede correspondente. Nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4 estão identificados os valores de U [$W/m^2\text{°C}$] definidos para as paredes exteriores, interiores e envidraçados.

Tabela 4.2 - Valor de U [$W/m^2\text{°C}$] considerado para a parede exterior

<i>Parede Exterior</i>	
Espessura:	0,6 m
Coefficiente transmissão térmica:	1,8 [$W/m^2\text{°C}$]

Tabela 4.3 - Valor de U [$W/m^2\text{°C}$] considerado para a parede interior

<i>Parede Interior</i>	
Espessura:	0,3 m
Coefficiente transmissão térmica:	2 [$W/m^2\text{°C}$]

Tabela 4.4 - Valor de U [$W/m^2\text{°C}$] considerado para os envidraçados

<i>Envidraçados</i>	
Caixilharia em Madeira - 1 Vidro Simples	
Coefficiente transmissão térmica:	5,1 [$W/m^2\text{°C}$]

4.3 Implementação do Modelo em Situação Real

4.3.1 Perfil Real de ocupação e consumo no Edifício

O horário de funcionamento utilizado foi o de segunda-feira a sexta-feira entre as 8:00 da manhã e as 19:00 da noite. O período de funcionamento dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento são definidos pelos seus ocupantes e para o edifício Paços do Concelho considerou-se o que é apresentado na Figura 4.10.

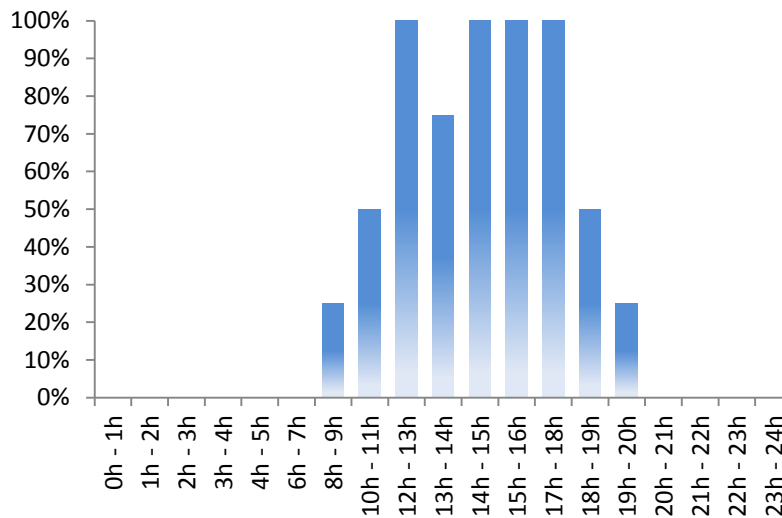


Figura 4.10 - Perfil real diário considerado para ocupação e consumo dos *splits*.

No caso da iluminação e dos equipamentos de escritório, o perfil de consumo adotado pode ser considerado conservador (ver Figura 4.11), isto porque se assume constante durante o período de funcionamento do edifício.

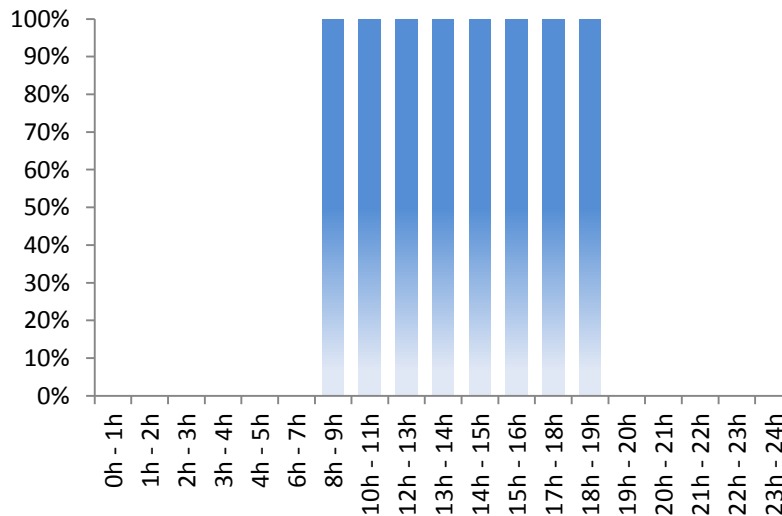


Figura 4.11 - Perfil real diário considerado para consumo da iluminação e dos equipamentos de escritório.

Para os equipamentos de refrigeração do *Data Center* bem como os seus próprios instrumentos foi considerado que estes trabalham todos os dias do ano e 24 horas por dia. O perfil de consumo desta unidade está representado na Figura 4.12.

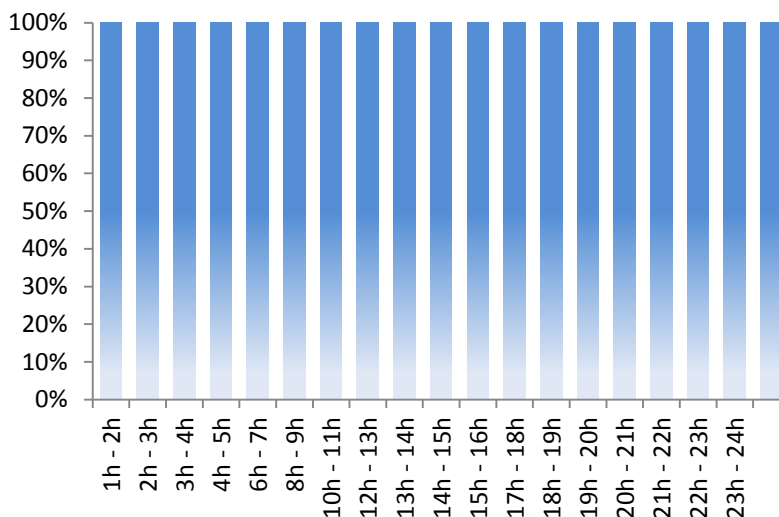


Figura 4.12 - Perfil real de consumo considerado para o *Data Center*.

A ocupação dos gabinetes juntamente com o horário de funcionamento registado aquando da auditoria energética são também parâmetros inseridos no *DesignBuilder*.

Na Tabela 4.5 encontra-se a ocupação por metro quadrado para as diferentes zonas do Piso 0.

Tabela 4.5 -Ocupação por zonas e por metro quadrado – Piso 0

Piso 0	Área [m ²]	Ocupação Permanente (Pessoas)	Ocup./m ²
Zona 2	88	11	0,13
Corredor	80	-	-
Zona 5	108	10	0,09
Zona 6	62	5	0,08
Corredor	62	-	-
S. Espera	16	-	-
S. Atendimento	62	7	0,11
Zona 10	81	9	0,11
Zona 11	83	9	0,11
Zona 12	25	2	0,08
Zona 13	19	2	0,10
Zona 14	27	5	0,19
Hall Entrada	135	-	-

Na Tabela 4.6 encontra-se a ocupação por metro quadrado para as diferentes zonas que foram dimensionadas para o Piso 1.

Tabela 4.6 - Ocupação por zonas e por metro quadrado – Piso 1

Piso 1	Área [m ²]	Ocupação Permanente (Pessoas)	Ocup./m ²
Zona 1	20	2	0,10
Zona 2	33	5	0,15
Zona 3	104	12	0,12
Zona 4	65	8	0,12
Corredor	97	-	-
Zona 6	45	1	0,02
Hall S.Nobre	31	0	0,00
Zona 8	62	3	0,05
Zona 9	47	4	0,09
Corredor	80	-	-
Zona 11	79	8	0,10
Zona 12	28	1	0,04
Zona 13	13	2	0,16
Zona 14	61	7	0,11
Salão Nobre	148	-	-

4.3.2 Equipamentos de Climatização

Nos equipamentos de climatização procedeu-se à análise por gabinete. As características destes equipamentos (potência e COP, sendo que no COP os valores foram ajustados à idade dos *splits*) assim como as do *Data Center* (refrigerado por uma máquina da marca EMERSON de 2004 com diminuição do COP em 30%) foram inseridas no programa de simulação.

4.3.3 Perfis reais de utilização dos Equipamentos Informáticos e Iluminação

No sentido de se analisar o consumo energético da parte informática e dos seus ganhos internos procedeu-se à consulta do ASHRAE Handbook – Fundamentals. Na Figura 4.13 estão as considerações assumidas e que dependem da área por ocupante.

Load Density of Office	Load Factor, W/m ²	Description
Light	5.4	Assumes 15.5 m ² /workstation (6.5 workstations per 100 m ²) with computer and monitor at each plus printer and fax. Computer, monitor, and fax diversity 0.67, printer diversity 0.33.
Medium	10.8	Assumes 11.6 m ² /workstation (8.5 workstations per 100 m ²) with computer and monitor at each plus printer and fax. Computer, monitor, and fax diversity 0.75, printer diversity 0.50.
Medium/ Heavy	16.1	Assumes 9.3 m ² /workstation (11 workstations per 100 m ²) with computer and monitor at each plus printer and fax. Computer and monitor diversity 0.75, printer and fax diversity 0.50.
Heavy	21.5	Assumes 7.8 m ² /workstation (13 workstations per 100 m ²) with computer and monitor at each plus printer and fax. Computer and monitor diversity 1.0, printer and fax diversity 0.50.

Source: Wilkins and Hosni (2000).

Figura 4.13 – Valores dos ganhos pelos equipamentos informáticos considerados pela ASHRAE [fonte: ASHRAE Handbook – Fundamentals]

A Tabela mostra que o nº de *workstations* por metro quadrado bem como de fax e impressoras depende do “Load Density of Office”. Nas Tabelas 4.7 e 4.8 encontram-se as potências por área para cada zona e que foram inseridas no programa de simulação.

Tabela 4.7 - Valor de [W/m²] para os equipamentos informáticos – Piso 0

Piso 0	Área [m ²]	Eq. Informáticos [W/m ²]
Zona 1	20	22
Zona 2	88	22
Corredor	80	-
Zona 5	108	16
Zona 6	62	11
Corredor	62	-
S. Espera	16	-
S. Atendime	62	22
Zona 10	81	22
Zona 11	83	22
Zona 12	25	11
Zona 13	19	16
Zona 14	27	22
Hall Entrad	135	-

Tabela 4.8 - Valor de $[W/m^2]$ para os equipamentos informáticos – Piso 1

Piso 1	Área $[m^2]$	Eq. Informáticos $[W/m^2]$
<i>Zona 1</i>	20	16
<i>Zona 2</i>	33	22
<i>Zona 3</i>	104	22
<i>Zona 4</i>	65	22
<i>Corredor</i>	97	-
<i>Zona 6</i>	45	5
<i>Hall S.Nobre</i>	31	-
<i>Zona 8</i>	62	5
<i>Zona 9</i>	47	11
<i>Corredor</i>	80	-
<i>Zona 11</i>	79	16
<i>Zona 12</i>	28	5
<i>Zona 13</i>	13	22
<i>Zona 14</i>	61	22
<i>Salão Nobre</i>	148	-

Na análise dos consumos energéticos reais da iluminação interior obtiveram-se as potências instaladas nos diferentes espaços. Estas potências foram somadas conforme as zonas e divididas pela área respetiva obtendo-se Watt por metro quadrado. Nas Tabelas 4.9 e 4.10 estão indicados os valores da potência por metro quadrado considerados para cada zona.

Tabela 4.9 - Valor de $[W/m^2]$ para a iluminação interior – Piso 0

Piso 0	Área $[m^2]$	Potência Iluminação $[W]$	$[W/m^2]$
<i>Zona 1</i>	20	232	12
<i>Zona 2</i>	88	936	11
<i>Corredor</i>	80	448	6
<i>Zona 5</i>	108	888	8
<i>Zona 6</i>	62	576	9
<i>Corredor</i>	62	752	12
<i>S. Espera</i>	16	188	12
<i>S. Atendimento</i>	62	450	7
<i>Zona 10</i>	81	1.416	17
<i>Zona 11</i>	83	2.040	25
<i>Zona 12</i>	25	696	28
<i>Zona 13</i>	19	260	14
<i>Zona 14</i>	27	696	26
<i>Hall Entrada</i>	135	522	4

Tabela 4.10 - Valor de $[W/m^2]$ para a iluminação interior – Piso 1

Piso 1	Área $[m^2]$	Potência Iluminação [W]	Iluminação [W/m ²]
Zona 1	20	520	26
Zona 2	33	664	20
Zona 3	104	1.635	16
Zona 4	65	952	15
Corredor	97	896	9
Zona 6	45	438	10
Hall S.Nobre	31	256	8
Zona 8	62	1.080	17
Zona 9	47	792	17
Corredor	80	926	12
Zona 11	79	1.996	25
Zona 12	28	608	22
Zona 13	13	156	12
Zona 14	61	1.112	18
Salão Nobre	148	3.520	24

4.3.4 Resultados Obtidos por Simulação do modelo Real

A obtenção dos consumos energéticos, desagregados por utilização final, foi feita recorrendo à simulação dinâmica. Os consumos distribuíram-se do seguinte modo (ver Tabela 4.11 e Figura 4.14):

- Aquecimento;
- Arrefecimento;
- Iluminação;
- Equipamentos;

Tabela 4.11 - Consumos em condições reais do edifício em estudo

Divisão Energética	
	[MWh/ano]
Equipamentos	127,65
Iluminação	130,22
Aquecimento	23,3
Arrefecimento	185,64

■ Equipamentos ■ Iluminação ■ Aquecimento ■ Arrefecimento

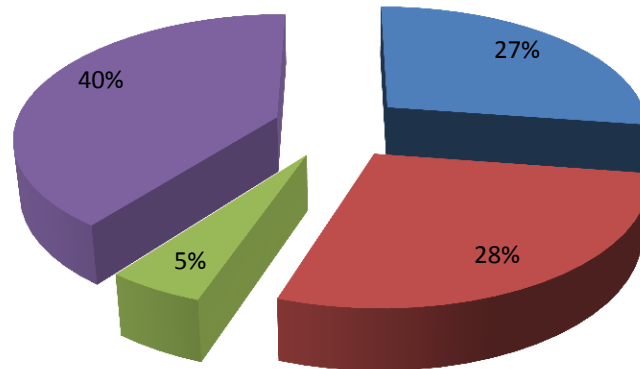


Figura 4.14 - Desagregação dos consumos de energia elétrica.

Analisando a Figura 4.14 verifica-se que o consumo de energia elétrica para o aquecimento é muito inferior ao utilizado para o arrefecimento do edifício em estudo. Este facto é observado na Figura 4.15 que mostra os ganhos internos do edifício. Nesta figura verifica-se que os meses de abril a outubro têm um aumento do consumo de energia elétrica para arrefecimento, pois há maiores ganhos internos pelos envidraçados.

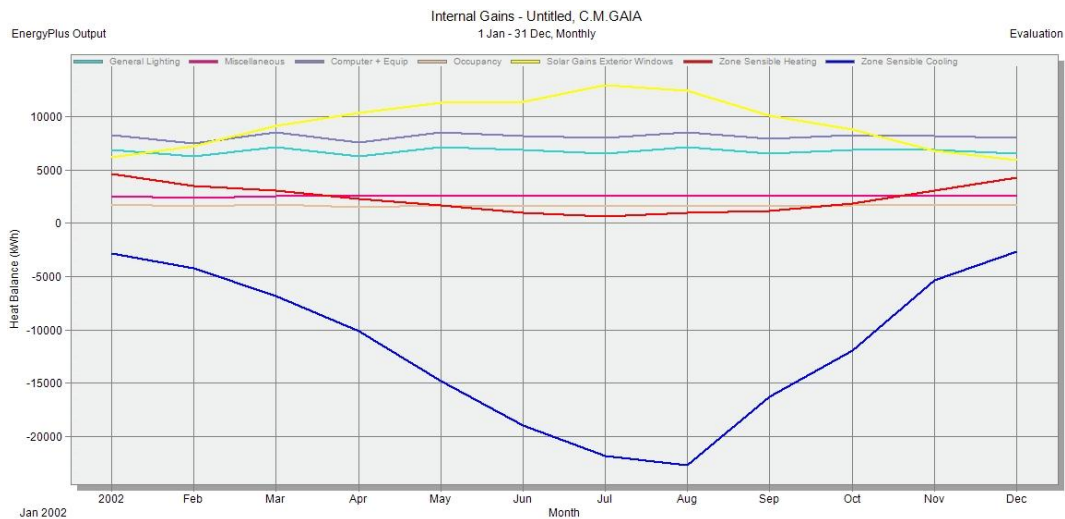


Figura 4.15 - Ganhos Internos Anuais do edifício.

Na Figura 4.16 pode-se observar a variação das necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento no edifício ao longo do ano. As necessidades de arrefecimento são claramente superiores às de aquecimento (Necessidades de aquecimento = 23.301 kWh/ano, 13%, Necessidades de arrefecimento = 185.640 kWh/ano, 87% – Valores expostos no anexo II).

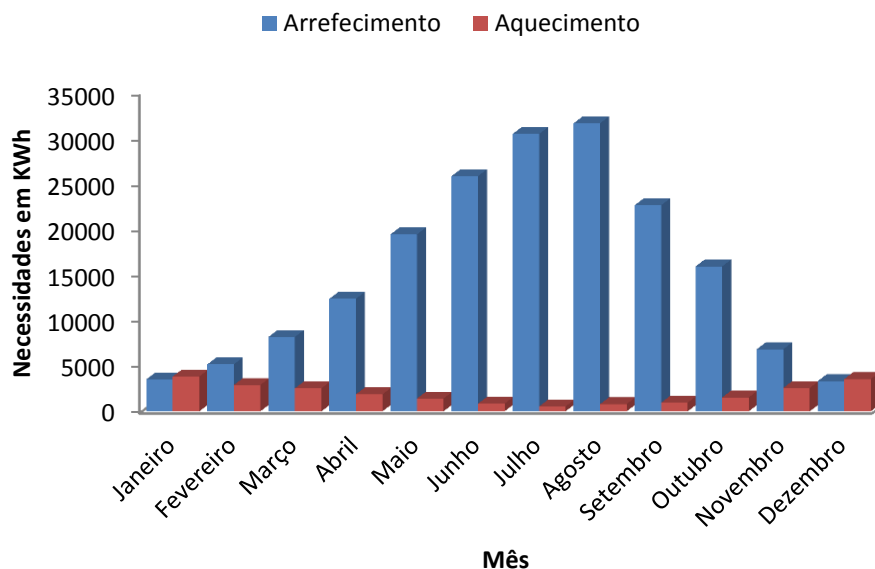


Figura 4.16 -Necessidades térmicas de Aquecimento e Arrefecimento.

Todos os meses, sem exceção, necessitam de produção de frio, isto porque o edifício tem elevados ganhos internos tanto pelos equipamentos de escritório como pela iluminação interna (juntos correspondem a metade do consumo total de energia).

Na estação de aquecimento os ganhos internos são benéficos, não sendo necessário consumir muita energia elétrica para aquecer os espaços, mas na estação de arrefecimento tem de se consumir muito mais energia.

Todos os gráficos e tabelas da simulação real obtidos pelo *DesignBuilder* encontram-se no *Anexo II*.

Calibração do modelo de simulação

Para que o modelo utilizado na simulação fosse considerado calibrado e válido foi necessário que o resultado do consumo total de energia obtido na simulação dinâmica não diferisse mais de 10% do que foi registado na fatura energética. O valor da fatura para o edifício Paços do Concelho no ano transato foi de 482,22 MWh/ano e pela expressão (1) comprovou-se o requisito.

$$\left(1 - \frac{468,81}{482,22}\right) \times 100 \cong 2,78\% \quad (1)$$

O erro obtido entre a simulação real e a faturação foi de cerca de 2,78%, pelo que se pôde dizer que o modelo de simulação ficou calibrado.

4.3.5 Indicador de Eficiência Energética (IEE) Real Simulado

A simulação real dinâmica com as correções climáticas serviu para aferir o valor do IEE faturado. O IEE real simulado serve para:

- 1) A 1ª auditoria em edifícios novos (ao fim do 3ºano de funcionamento);
- 2) Verificação do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE.

O IEE não é mais do que um valor que nos indica o consumo energético por m² num dado espaço, sendo também designado por consumo nominal específico. [16] Este valor é calculado com base nos consumos de energia do edifício para um período de tempo correspondente a um ano. Os consumos são convertidos para uma base de energia primária [kgep/(m².ano)] pelos seguintes fatores:

- Eletricidade: 0,290 kgep/kWh;
- Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos: 0,086 kgep/kWh.

A metodologia para a determinação do IEE está publicada no anexo IX do RSECE, sendo que no Anexo V encontra-se a descrição das fórmulas utilizadas.

Necessidades máximas de arrefecimento, Nv:

Na Tabela 4.12 apresentam-se os valores máximos, de acordo com o nº2 do 15º artigo do Decreto-Lei 80/2006 – RCCTE, para as necessidades de arrefecimento.

Tabela 4.12 - Necessidades máximas de Arrefecimento

<i>Necessidades máximas de Arrefecimento</i>	
Região climática de referência - Nv1	16 kWh/m ² .ano
Região climática onde está o edifício - Nvi	16 kWh/m ² .ano

O edifício em estudo encontra-se na região climática de I2 e V1N sendo que o valor a considerar para Nvi é igual ao de referência Nv1. Assim, pela equação (2), é possível calcular o fator de correção do consumo de energia de arrefecimento:

$$F_{CI} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} = \frac{16}{16} = 1 \quad (2)$$

Necessidades máximas de Aquecimento, Ni:

No cálculo do Fci (fator de correção do consumo de energia de aquecimento) deve-se proceder em primeiro lugar ao cálculo das necessidades máximas de aquecimento para a zona climática onde se encontra o edifício. Este cálculo depende do fator de forma e do número de graus-dias correspondente à região climática. O número de graus-dia é um número que representa a severidade de um clima aquando da estação de aquecimento, sendo igual ao somatório das diferenças positivas entre uma dada temperatura de base e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento (alínea h do 18.º artigo, Decreto-Lei 80/2006; p.2476).

Número de Graus-Dias:

Na Tabela 4.13 apresenta-se os números de graus-dia para a região climática de referência e para o edifício.

Tabela 4.13 - Número de Graus-Dias

<i>Número de Graus-dia</i>	
Região climática de referência	1000
Região climática onde está o edifício	1640

Factor de Forma:

O factor de forma não é mais que o quociente entre o somatório das áreas da envolvente exterior (A_{ext}) e interior (A_{int}) do edifício ou fração autónoma com exigências térmicas e o respetivo volume interior (V), de acordo com a seguinte fórmula (alínea d do 18.º artigo; Decreto-Lei 80/2006; p.2476):

$$FF = [A_{ext} + \sum (\tau \times A_{int})] / Volume \quad (3)$$

Nas Tabelas 4.14 e 4.15, estão indicados os valores para as áreas da envolvente exterior e interior.

Tabela 4.14 - Áreas da envolvente exterior

<i>Envolvente Exterior</i>	<i>Área [m²]</i>
Paredes exteriores	2047
Cobertura exteriores	1376
Pavimentos exteriores	-
Envidraçados exteriores	328
Total:	3751

Tabela 4.15 - Áreas da envolvente interior

<i>Envolvente Interior</i>	<i>Área [m²]</i>
Paredes interiores	1810
Cobertura interiores	-
Pavimentos interiores	1339
Envidraçados interiores	-
Total:	3149

Os valores da equação 4 foram obtidos pelos resultados do programa de simulação dinâmica *DesignBuilder* bem como pelo valor do volume interior de 12600 [m³].

$$FF = \frac{[3751 + 3149]}{12600} \cong 0,548 \quad (4)$$

Assim, visto que o fator de forma para os escritórios é menor que 0,5, e segundo o RCCTE, as necessidades máximas de aquecimento para os escritórios serão dadas pela seguinte expressão:

$$Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037 \times FF) \times GD \quad (5)$$

Na Tabela 4.16 apresentam-se as necessidades máximas de aquecimento para a região climática de referência e para a região onde se situa o edifício em estudo.

Tabela 4.16 - Necessidades máximas de Aquecimento nas duas situações

Região climática de referência - NI1	45,8
Região climática onde está o edificio Nii	72,2

Pela equação (6) é possível calcular o fator de correção do consumo de energia de aquecimento:

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} = \frac{45,8}{72,2} \cong 0,634 \quad (6)$$

IEE com a correção climática:

Após conhecimento dos fatores de correção do consumo de energia de Aquecimento e Arrefecimento pode-se finalmente proceder ao cálculo do IEE com a correção climática (Anexo V). Seguindo a metodologia de cálculo, tem-se:

$$IEE = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{ci} + \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{cv} + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad (7)$$

$$IEE = \frac{(23300 \cdot 0,290)}{1800} \times 0,634 + \frac{(185640 \cdot 0,290)}{1800} \times 1 + \frac{257870}{1800} \cong 73,8 \frac{kgep}{m^2} \cdot ano$$

Após o cálculo do IEE real simulado com a correção climática procedeu-se à verificação da seguinte condição.

$$IEE \text{ Faturas} > IEE \text{ real simulado}$$

A condição verificou-se, o consumo energético real é mais elevado do que o valor indicado em simulação e não ultrapassou a margem de 10%. Sendo assim, foi necessário efetuar o cálculo do IEE nominal para confirmar se é necessário implementar medidas.

4.4 Implementação do Modelo em Situação Nominal

Neste ponto serão apresentados os dados e considerações tomadas para a obtenção da simulação dinâmica detalhada nominal para a tipologia de escritório.

4.4.1 Perfis de iluminação, ocupação e equipamento nominais

Os perfis ou padrões de referência de consumo energético encontram-se publicados no RSECE (anexo XV; Decreto-Lei n.º 79/2006). É indicado o perfil de “Tribunais e ministérios e câmaras municipais”, sendo que para o edifício em estudo este poderia ser o mais indicado. No entanto, analisando o funcionamento deste edifício verificou-se que ele se enquadra mais na tipologia “Escritórios” com os perfis de ocupação, uso de iluminação, uso de equipamentos de acordo com os apresentados nas Figuras 4.17 a 4.19.



Figura 4.17 – Perfil Ocupação para escritórios. [Fonte: RSECE]

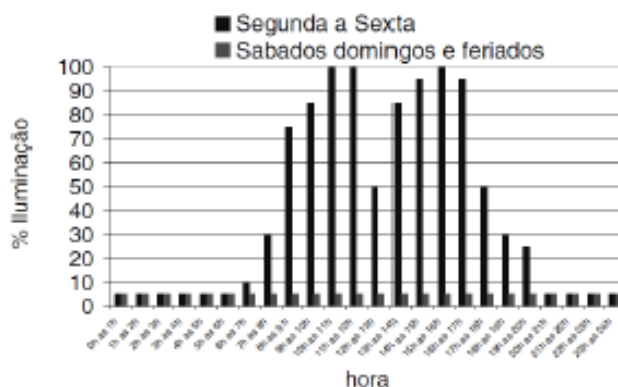


Figura 4.18 – Perfil de uso de Iluminação para escritórios. [Fonte: RSECE]



Figura 4.19 – Perfil de uso de equipamentos para “escritórios”. [Fonte: RSECE]

Densidades de iluminação, ocupação e equipamento nominais:

Na Tabela 4.17, de acordo com o RSECE, estão incluídos os valores das densidades nominais a considerar para a tipologia de Escritórios.

Tabela 4.17 - Densidades nominais de Ocupação e Equipamento para Escritórios

Tipologia	Ocupação [m ² /Ocupante]	Equipamento [W/m ²]
Escritórios	15	15

De salientar que a densidade de iluminação perfila-se igual à que se considerou na simulação real do edifício, bem como nos *Splits* em que se considerou um COP de equipamento novo.

Caudais de ar nominais (Ou caudais mínimos de ar novo):

Na Tabela 4.18 encontram-se os caudais de ar mínimo para um edifício tipo “Escritórios” publicados na legislação (anexo VI; Decreto-Lei n.º 79/2006; p.2438).

Tabela 4.18 - Caudal Nominal de ar

Tipologia	Tipo de Actividade	Caudal [m ³ /h.ocupante]	Caudal [m ³ /h.m ²]
Escritórios	Gabinets	35	5

Os caudais de ar mínimo foram inseridos no *DesignBuilder* para cada espaço mediante o valor mais alto que se obteve por área ou por ocupante.

Com a exceção dos parâmetros acima referidos, todos os restantes itens foram definidos na simulação dinâmica real. Após a calibração para os parâmetros nominais procedeu-se à simulação do modelo com os valores padrão do RSECE.

4.4.2 Resultados Obtidos por Simulação do modelo Nominal

Após as mudanças efetuadas no modelo usado na simulação real com a inserção dos parâmetros acima descritos, obteve-se assim a desagregação energética como mostra a Figura 4.20.

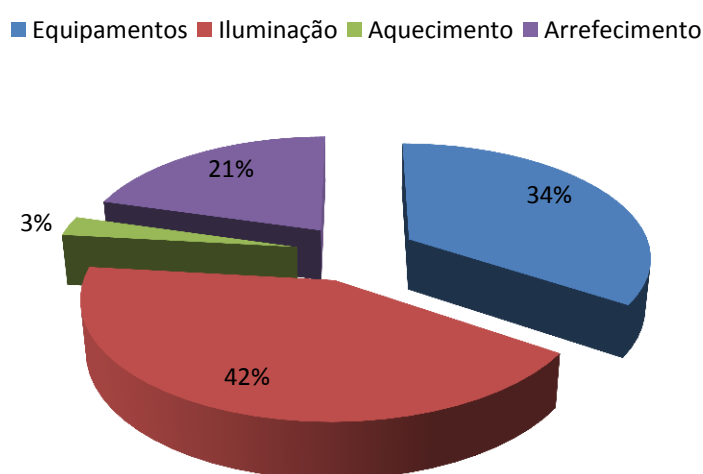


Figura 4.20 - Desagregação energética do modelo nominal.

Numa primeira análise conclui-se que a Iluminação, através dos parâmetros nominais, é o maior consumidor de energia do edifício. Na Tabela 4.19 são mostrados os valores obtidos na simulação nominal do edifício.

Tabela 4.19 - Consumos Nominais do edifício em estudo

<i>Divisão Energética</i>	
	[MWh/ano]
<i>Equipamentos</i>	75,816
<i>Iluminação</i>	93,532
<i>Aquecimento</i>	6,037
<i>Arrefecimento</i>	45,22

No Anexo IV do presente relatório encontram-se os restantes dados obtidos através do programa de simulação DesignBuilder.

4.4.3 Indicador de Eficiência Energética (IEE)

O IEE nominal foi obtido pelo programa de simulação dinâmica com a introdução dos dados climáticos indicados na Tabela 4.20. O seu valor foi de $46,48 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$.

Tabela 4.20 - Dados climáticos do edifício em estudo

<i>Dados Climáticos</i>	
<i>Concelho</i>	Vila Nova de Gaia
<i>Zona Climática de Inverno</i>	I2
<i>Zona Climática de Inverno</i>	V1
<i>Graus Dia (°C*Dia)</i>	1640
<i>Factor Forma</i>	0,47
<i>Factor de correcção climático Inverno</i>	0,64
<i>Factor de correcção climático Verão</i>	1

Verificação do requisito legal:

O valor do IEE nominal ($46,5 \text{ [kgep/(m}^2 \cdot \text{ano)]}$) foi superior ao IEE referência de $35 \text{ [kgep/(m}^2 \cdot \text{ano)]}$ e o requisito legal não se verificou. O edifício em estudo também ultrapassou o valor de IEE máximo permitido pelo RSECE. Assim, será necessário apresentar medidas para repor os consumos através de um plano de racionalização energética (PRE), independentemente da sua futura viabilidade económica. Este ponto será abordado em pormenor no Capítulo 6.

4.5 Classe Energética do Edifício

A classificação energética é um indicador global do desempenho energético do edifício, sendo baseada em pressupostos nominais. O processo para a obtenção da classe energética do edifício rege-se pelo Decreto-Lei N.º78/2006 de 4 de Abril, sistema nacional de certificação energética. A classificação energética segue uma escala com 9 classes possíveis (A+ a G), em que a classe A+ representa um edifício com melhor desempenho energético e a classe G, um edifício com pior desempenho energético. A Figura 4.21 demonstra o modo como as classes estão ordenadas.



Figura 4.21 - Níveis da classificação energética. [Fonte: Oficina Civil]

Na Tabela 4.21 apresentam-se os indicadores nominais e de referência a utilizar conforme o tipo de edifício.

Tabela 4.21 - Indicadores utilizados conforme o tipo de edifício

<i>Tipo de Edifício</i>	<i>Âmbito</i>	<i>Indicador nominal</i>	<i>Indicador de referência</i>
Habitação com sistema de climatização > 25kW	RSECE	Ntc	Nt
Pequeno edifício de serviços com sistema de climatização > 25kW	RSECE	IEE nom	IEEref,novos e S
Grande edifício de serviços	RSECE	IEE nom	IEEref,novos e S

Visto que o edifício em estudo é classificado como um grande edifício de serviços com mais de 1000 m², a determinação da classe energética é feita a partir dos valores do IEE_{nominal}, IEE_{ref,novos} e um parâmetro S, em que:

$$S = \frac{Q_{aquec} + Q_{arref} + Q_{ilum}}{\text{Área}} \quad (8)$$

$$IEE_{ref} = S + \frac{Q_{out}}{\text{Área}} \quad (9)$$

O valor de S resulta da soma dos consumos específicos para aquecimento, arrefecimento e iluminação conforme determinados no processo de simulação dinâmica que deu origem aos valores limites de referência para edifícios novos, que constam no regulamento.

Na Tabela 4.22 encontra-se o modo em como é efetuada a determinação da classe energética pela respetiva condição.

Tabela 4.22 - Classe Energética

Classe Energética	Condição a verificar
A+	$IEE_{nominal} \leq IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S$
A	$IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S < IEE_{nominal} \leq IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S$
B	$IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S < IEE_{nominal} \leq IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S$
B-	$IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S < IEE_{nominal} \leq IEE_{ref,novos}$
C	$IEE_{ref,novos} < IEE_{nominal} \leq IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S$
D	$IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S < IEE_{nominal} \leq IEE_{ref,novos} + 1 \times S$
E	$IEE_{ref,novos} + 1 \times S < IEE_{nominal} \leq IEE_{ref,novos} + 1,5 \times S$
F	$IEE_{ref,novos} + 1,5 \times S < IEE_{nominal} \leq IEE_{ref,novos} + 2,0 \times S$
G	$IEE_{ref,novos} + 2,0 \times S < IEE_{nominal}$

Com os dados da Tabela 4.23 podemos verificar todos os valores dos parâmetros que permitiram determinar a classe energética atribuída ao edifício em estudo. A classificação energética atribuída foi a D.

Tabela 4.23 - Dados exportados da simulação nominal.

Resultados da Simulação Nominal	
Valor do IEE (kgep/(m²*ano))	46,48
Valor do IEE referência (kgep/(m²*ano))	35
Valor de S de referência (kgep/(m²*ano))	15
Classe Energética	D

Capítulo 5

Análise da Qualidade do Ar Interior

Neste Capítulo pretende-se isolar ou mitigar um ou mais problemas da qualidade do ar interior no edifício Paços do Concelho.

5.1 Definição e importância da QAI

As preocupações associadas aos efeitos da qualidade do ar na saúde pública têm geralmente em conta a poluição atmosférica no exterior dos edifícios. No entanto, têm-se verificado que as pessoas passam a maior parte dos seus dias em ambientes interiores tais como: residências, transportes, escritórios, indústrias, centros comerciais e de lazer, edifícios, etc. Os espaços interiores constituem um tipo de ambiente particular e é lá que as pessoas passam cerca de 90% do seu tempo, daí que os efeitos tóxicos, o *stress* e o desconforto que lhe estejam associados atinjam níveis muito mais elevados que os do meio exterior.

Um ambiente interior confortável para o organismo humano deverá ter em conta os parâmetros físicos (temperatura, humidade, velocidade do ar), químicos e microbiológicos (presença de contaminantes do ar interior). Saúde e conforto não são sinónimos, um ambiente interior pode ser relativamente saudável e, mesmo assim, não ser confortável ou vice-versa. O esquema da Figura 5.1 apresenta os fatores que mais contribuem para a qualidade do ar interior.

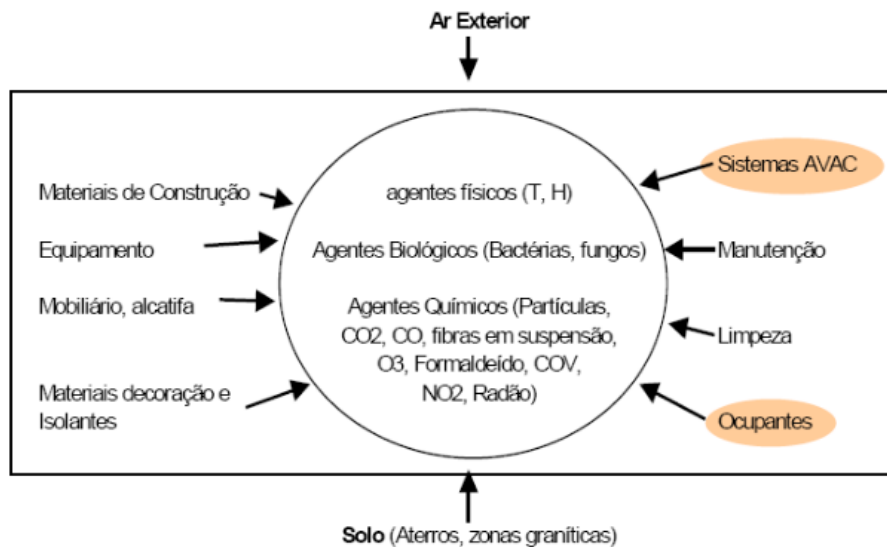


Figura 5.1 -Fatores que influenciam a qualidade do ar interior. [fonte: Empresa A.Ramalhão]

Segundo estudos efetuados, os fatores a sombreado são os que mais contribuem para os atuais valores dos poluentes encontrados no interior de edifícios.

5.2 Recolha de informação relativa ao edifício e espaços a auditar

O estudo de um edifício tem de ser muito bem delineado na recolha de informação pois existem muitos fatores a interagir, caso contrário pode ser demasiado caro e impraticável. É necessário recolher os fatores críticos de determinado edifício e elegê-los em *checklists* e questionários.

As *checklists* têm como objetivo ajudar o auditor a fazer um completo levantamento dos aspetos físicos que possam contribuir para os problemas da QAI: materiais de construção, sistemas de ventilação, sistemas de aquecimento/arrefecimento, rotinas de manutenção no edifício, rotinas de limpeza e fontes exteriores de poluição. Como o edifício a auditar não tem sistema de ventilação integrado não será necessário o preenchimento da *checklist* do RSECE-QAI.

Numa primeira abordagem é essencial ter em conta os seguintes passos demonstrados no esquema da Figura 5.2.

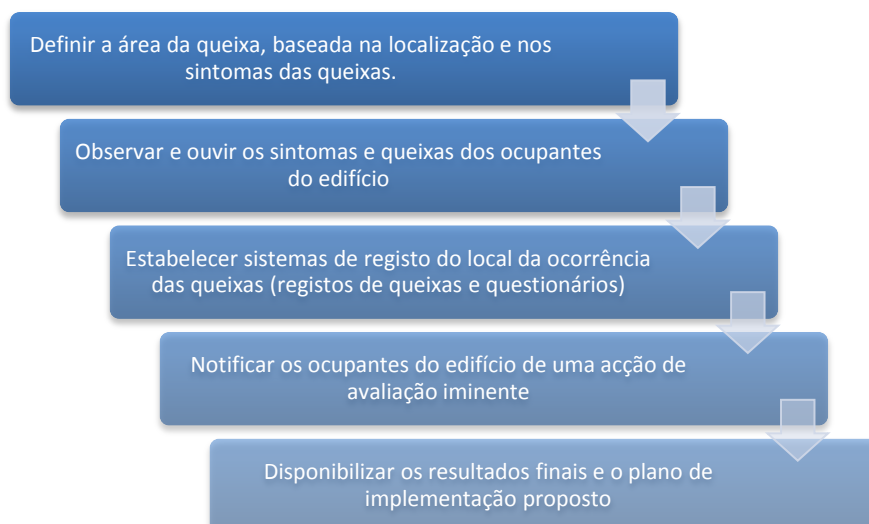


Figura 5.2 -Procedimentos numa fase inicial da avaliação à QAI.

Na visita ao edifício foram realizadas algumas perguntas oralmente aos ocupantes permanentes de cada gabinete. As perguntas focaram-se no tipo de odores que os ocupantes puderam sentir aquando da sua estadia no local. Na Tabela 5.1 estão alguns dos exemplos de odores ou queixas que habitualmente são apresentados pelos ocupantes.

Tabela 5.1 - Odores indicativos da presença de poluentes no edifício

Odor	Problema	Queixas
Gases de escape da exaustão	Monóxido de carbono	Dores de cabeça, vertigens, náuseas, cansaço
Odores Corporais	Sobre lotação, baixa taxa de ventilação (elevados níveis de CO2)	Dores de cabeça, abafamento, cansaço
Cheiro a mofo	Material microbiano	Sintomas de alergia
Cheiro a químicos	Formaldeído, pesticidas, outros químicos	Irritação dos olhos, nariz e garganta
Cheiro a perfumes, solventes	COV's	Sintomas de alergia, dores de cabeça
Cheiro a cimento molhado,pó, calcário	Partículas, sistema de humedificação	Olhos secos, irritação do nariz e garganta, problemas respiratório, tosse, espirros
Odor de gás de esgoto (efluente)	Sifão de água seca nos drenos do chão de Wc's e porões	Cheiro a efluente doméstico

No edifício em causa, a única reclamação foi realizada pelos ocupantes dos gabinetes virados para a Avenida da República, que se queixaram dos gases de escape.

5.2.1 Definição das zonas de medição

Quando se realiza uma avaliação da QAI procura-se realizar o número mínimo de medições, pelo que devem ser identificados locais e pontos de amostragem que sejam representativos da qualidade do ar do edifício. Para tal devem ser consideradas as fontes dos poluentes, a natureza e a taxa de renovação do ar e outros fatores que possam contribuir para a variação espacial das concentrações como a taxa e duração de ocupação de cada compartimento, possíveis queixas, etc.

Para definir as zonas de medição no edifício, podem ser aplicados os seguintes critérios:

1. Os espaços a englobar numa zona deverão ser contíguos e ser servidos pela mesma UTA e, caso não existam UTAs, pelo mesmo sistema de ventilação;
2. Os espaços numa mesma zona podem apresentar determinadas características comuns, nomeadamente:
 - Níveis e tipos de atividades, cargas térmicas e fontes de emissão de poluentes;
 - Compartimentação e organização dos espaços; *open space*, gabinetes, etc.;
 - Valores das assimetrias e das gamas de cada um dos parâmetros a medir.
3. Independentemente desta classificação por zona deve ser dada prioridade a zonas em relação as quais existam registo de reclamações/queixas ou locais onde existam ocupantes mais suscetíveis.

É recomendado medir os poluentes provenientes da estrutura do edifício, mobiliário, ou da ventilação (formaldeído, COVs, contaminação microbiana) durante o período da manhã e se o sistema de ventilação for desligado durante a noite ou durante o fim de semana.

De acordo com o RSECE, para uma estimativa do número mínimo de pontos (locais) de amostragem/medida pode ser utilizada a seguinte expressão, arredondado para a unidade:

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{A_i} \quad (1)$$

Onde:

- **N_i** - número de locais de medida na zona i;
- **A_j** - área da zona i, em m².

Assim, tomando em conta as considerações descritas anteriormente procedeu-se à prévia sinalização dos locais. Como o edifício não possui sistema de climatização procedeu-se à escolha dos locais tendo em consideração as queixas dos ocupantes e a ocupação do espaço por metro quadrado. Nas Figuras 5.3 e 5.4 encontram-se sinalizados, em numeração árabe, os

locais onde foram realizadas as medições e pode-se observar que somente os pisos 1 e 0 é que foram submetidos a medições porque a cave se encontra desocupada.

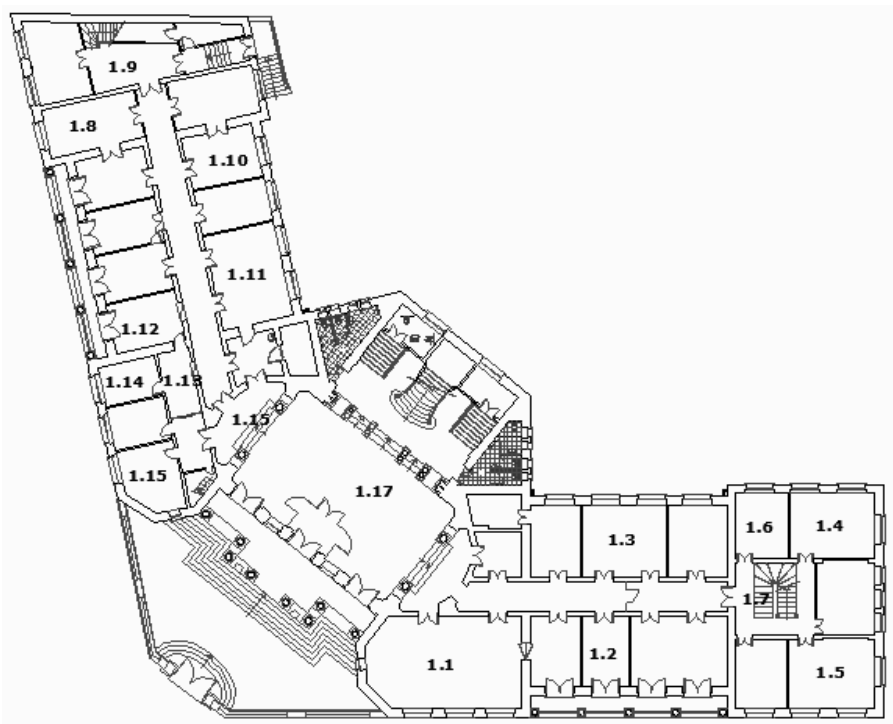


Figura 5.3 - Localização dos pontos de medição em planta, Piso 0.

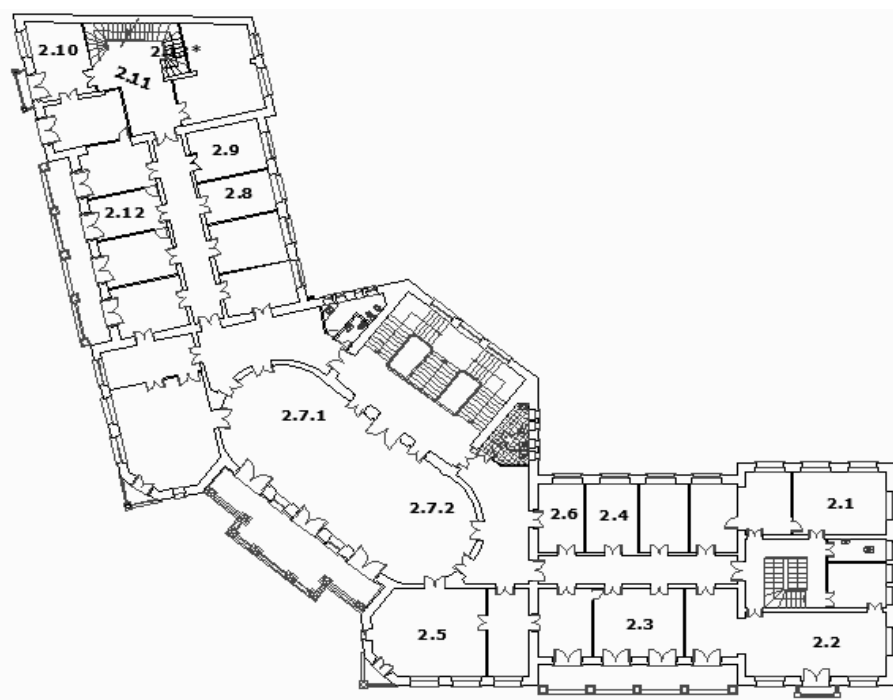


Figura 5.4 - Localização dos pontos de medição em planta, Piso 1.

Assim, após a localização dos pontos de amostragem foram aplicados os seguintes critérios para uma correta medição:

1. A amostragem foi conduzida num local que representou as atividades ocupacionais;
2. Os pontos de amostragem foram selecionados de modo a minimizar o impacto nas atividades laborais;
3. Os pontos de análise não estiveram a menos de 1 metro das fontes de contaminação, tais como fotocopiadoras, impressoras ou fumo de cigarros, etc.;
4. Os pontos deverão estar a pelo menos 0,5 m dos cantos, janelas, paredes ou divisórias;
5. Os pontos não deverão estar diretamente por baixo ou em frente dos difusores de abastecimento de ar, unidades de difusão, ventoinhas, ou aquecedores (pessoais), etc..
6. Todas as medições foram feitas ao nível das vias respiratórias e sempre próximo do centro do espaço em causa;
7. A origem e a natureza dos poluentes químicos e bacteriológicos foram consideradas: a ubiquidade do dióxido de carbono em ambientes interiores e exteriores enquanto a presença de ozono, monóxido de carbono, COVs, bactérias e fungos estão bem localizados;
8. Os tempos de medição devem ser representativos do período de funcionamento das atividades/ocupação. Entende-se por representatividade uma monitorização em contínuo, de acordo com os princípios dos métodos de amostragem e medição utilizados, e das seguintes definições:
 - Intervalo de tempo de medição – intervalo de tempo durante o qual é efetuada uma medição simples;
 - Intervalo de tempo de monitorização – intervalo de tempo durante o qual é efetuada uma série de medições simples ou uma medição em contínuo.

5.3 Parâmetros de Qualidade do Ar interior

Neste item serão indicados os poluentes mais comuns do ar interior e que são abrangidos pelo RSECE-QAI, nomeadamente, partículas suspensas no ar com diâmetro inferior a 10 µm (PM₁₀), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), formaldeído (HCHO), compostos orgânicos voláteis (COVs), radão, bactérias, fungos e *legionella*.

Ao longo do texto mencionar-se-á a Nota Técnica (NT-SCE-02), que é um documento elaborado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) no âmbito do RSECE-QAI. O regulamento e esta Nota Técnica estabelecem os caudais mínimos de renovação de ar por espaço, bem como as concentrações máximas de referência para os poluentes que serão objeto de monitorização. Com base nestes documentos apresentam-se na Tabela 5.2 os valores relativos e as concentrações máximas de referência

Tabela 5.2 - Concentrações máximas de referência para os poluentes definidos pelo RSECE-QAI

Tipo	Poluentes	Concentração Máxima de referência RSECE	
		mg/m ³	ppm
Físico-Químicos	Partículas (PM10)	0,15	-
	Dióxido de Carbono	1800	984
	Monóxido de Carbono	12,5	10,7
	Ozono	0,2	0,1
	Formaldeído	0,1	0,08
	COVs	0,6	0,26 (isobutileno) 0,16 (tolueno)
	Radão	400 Bq/m ³	
Microbiológicos	Bactérias	500 UFC/m ³ ar	
	Legionella	100 UFC/L água	
	Fungos	500 UFC/m ³ ar	

Na Tabela 5.3 encontram-se os efeitos ou consequências que estas substâncias em certas concentrações podem provocar na saúde humana.

Tabela 5.3 - Efeitos ou consequências que os compostos analisados podem ter na saúde humana

Poluentes/Parâmetro	Efeitos/ consequências na saúde humana
Partículas suspensas no ar (PM10)	Olhos vermelhos, secura das mucosas do nariz e garganta, dores de cabeça, fadiga
Dioxido de carbono	A níveis superiores a 1000 ppm pode levar a dores de cabeça, irritação de olhos garganta, fadiga, etc
Monóxido de carbono	Forma a carboxihemoglobina que impede a captação de oxigénio, podendo levar à morte
Ozono	Acima de 0,12 ppm, pode provocar irritação de olhos, reações alérgicas, dores de cabeça, secura de boca e garganta, pressão no peito e tosses
Formaldeido	È carcinogéneo nos animais, nos seres humanos produz irritação nos olhos, nariz, garganta e vias respiratórias, dores de cabeça, enjoos e fadiga
Compostos orgânicos voláteis (COVs)	Olhos vermelhos, secura das mucosas do nariz e garganta, dores de cabeça, fadiga
Radão	Quando depositados nos pulmões pode gerar cancro
Bactérias	Febres, dores de cabeça, fadiga e dores musculares, efeitos irritantes nos olhos, nariz, garganta e pele
Fungos	Febres, dores de cabeça, fadiga e dores musculares (a maior parte destes sintomas desaparece entre 10 e 20 horas depois da exposição) efeitos irritantes nos olhos, nariz, garganta e pele
Legionella	Infecção pulmonar ("doença do legionário"), febres altas

5.3.1 Conforto Térmico

Um dos objetivos da climatização é proporcionar um ar ambiente agradável e que confira conforto. No entanto importa ajustar corretamente as condições de climatização para que não se verifiquem desperdícios de energia.

Tendo em vista a avaliação do conforto térmico em alguns gabinetes do edifício dos Paços do Concelho procedeu-se à medição de alguns parâmetros físicos como temperatura, humidade e velocidade do ar.

5.3.2 Temperatura e Humidade relativa

A temperatura do ar é talvez o parâmetro mais importante para a definição do conforto térmico de um local, pois na maioria dos casos a percepção imediata da insatisfação está diretamente relacionada com esta grandeza. É também um fator chave no balanço energético humano, sensação térmica, desconforto e percepção da qualidade do ar.

A humidade relativa, por sua vez, é definida como a relação entre a massa de vapor de água contida num m^3 de ar húmido e a massa de vapor que o mesmo conteria se fosse saturado à mesma temperatura. Assim, este parâmetro afeta a taxa de evaporação de água da pele, alterando a temperatura e o equilíbrio do calor corporal. A humidade relativa aceitável para o ser humano varia entre 30 e 70%. Para níveis superiores, há riscos de condensação nas paredes e janelas, danificando os edifícios com formação de bolores e desenvolvimento de outros microrganismos.

Na medição dos parâmetros CO_2 , CO , O_3 , Temperatura, Humidade Relativa e COVs que caracterizam a QAI utilizou-se uma sonda *Graywolf*, modelo IQ 610, como se pode ver na figura 5.5.



Figura 5.5 - Equipamento utilizado para a medição de CO_2 , CO , O_3 , Temperatura, Humidade Relativa e COVs.

Os valores recolhidos para a humidade relativa e temperatura em cada espaço são pontuais e registados no aparelho de medição pelo período de 1 minuto. Nas Figuras 5.6 e 5.7, encontram-se estes 2 parâmetros descritos para cada local (Piso 1 e Piso 0).

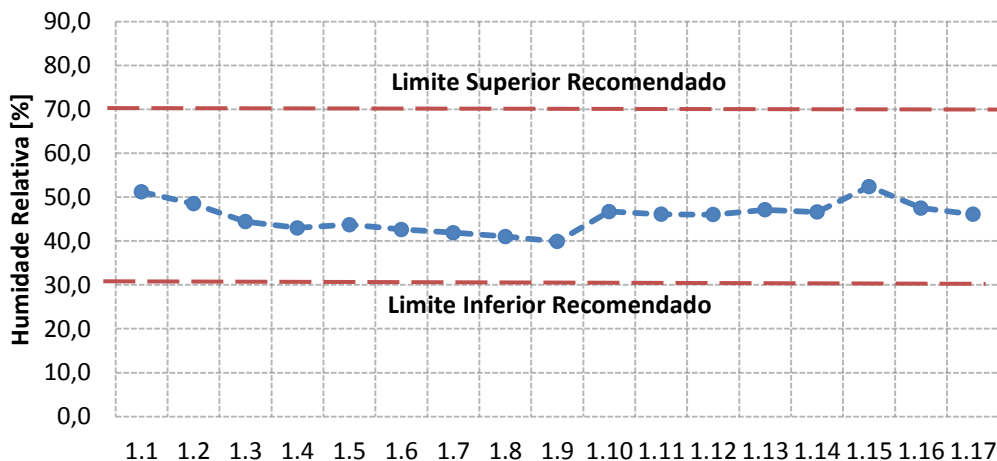


Figura 5.6- Valores da medição da umidade relativa para os diversos locais do Piso 0.

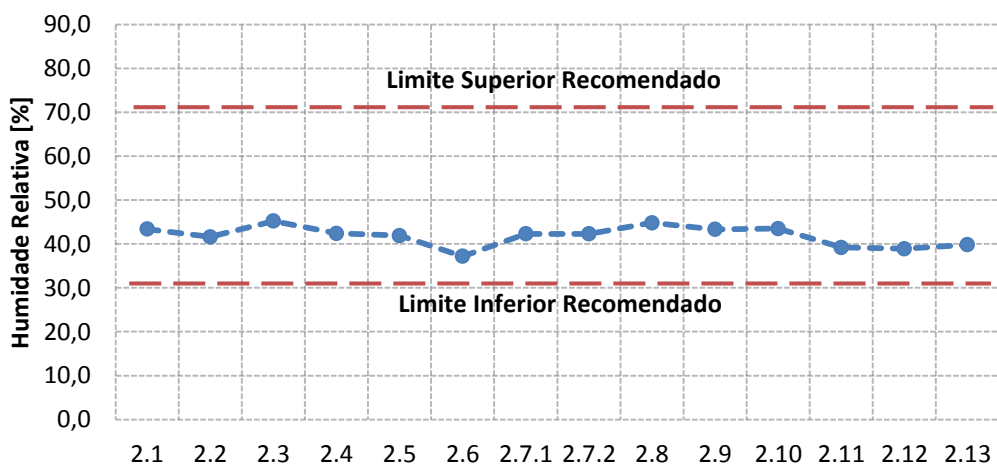


Figura 5.7 - Valores da medição da umidade relativa para os diversos locais do Piso 1.

Conforme se pode verificar, todos os locais apresentam Umidade Relativa dentro dos valores, máximo e mínimo, aceitáveis. De salientar que no dia em que foram efetuadas as medições a Umidade Relativa no ar exterior ao edifício e medida em dois pontos era de 59,7 e 63,8%. Para a temperatura, as Figuras 5.8 e 5.9 têm os valores obtidos para cada local, Piso 1 e Piso 0. Em alguns pontos, a temperatura interior esteve abaixo de 20°C que é considerada uma temperatura de conforto. A temperatura exterior no dia da medição situou-se nos 17,4°C.

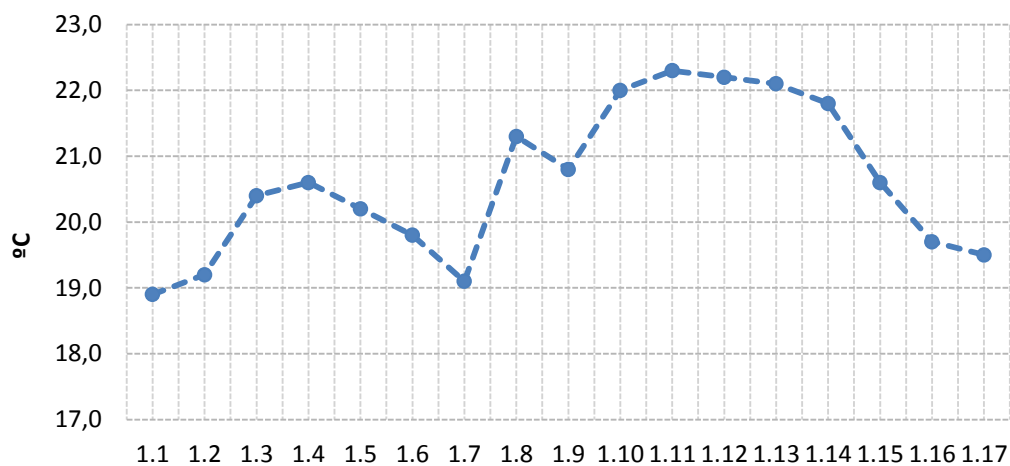


Figura 5.8 - Valores de Temperatura obtidos para os locais de medição - Piso 0.

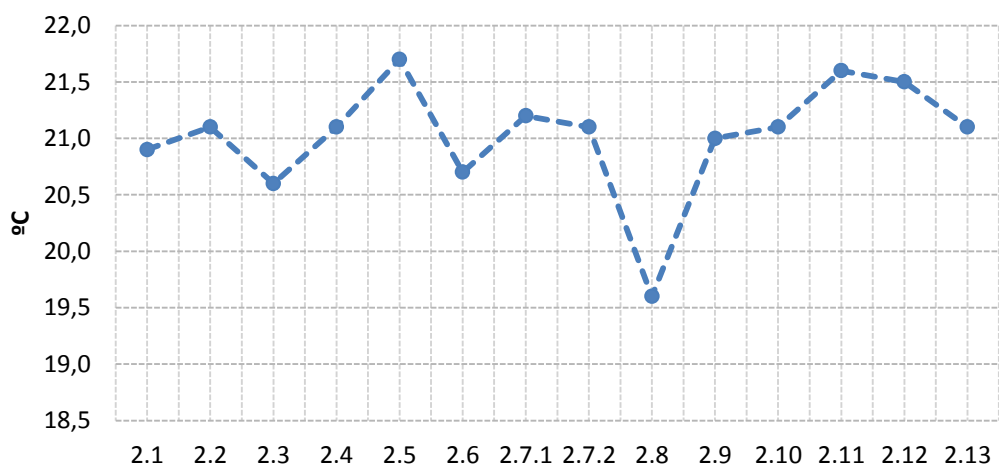


Figura 5.9 - Valores de Temperatura obtidos para os locais de medição - Piso 1.

Nas Figuras 5.10 e 5.11 procedeu-se a uma análise conjunta da humidade relativa e temperatura ambiente, sendo o parâmetro aceitável o que define uma temperatura entre os 20 e 25°C e uma humidade relativa entre os 30 e 70%.

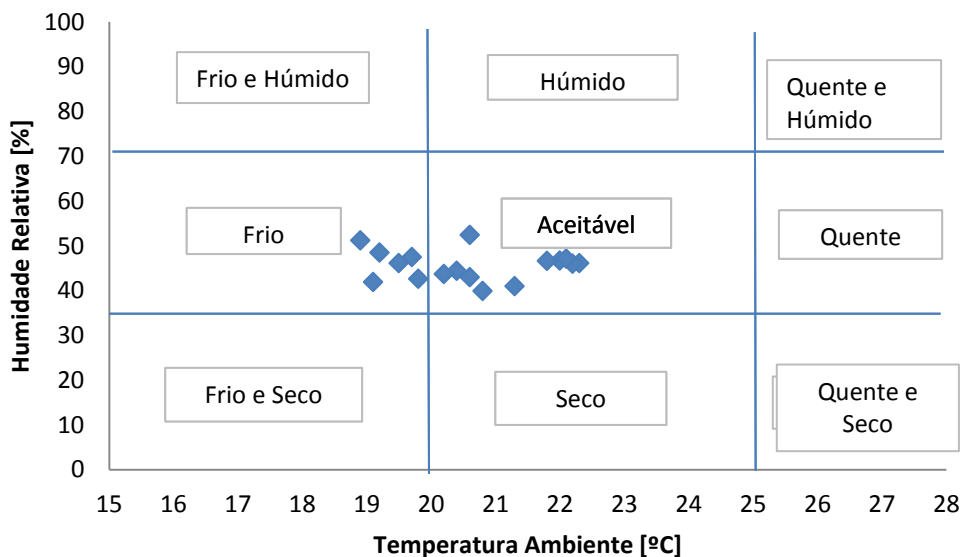


Figura 5.10 - Relação entre a Humidade Relativa [%] e Temperatura [°C] em cada local - Piso 0.

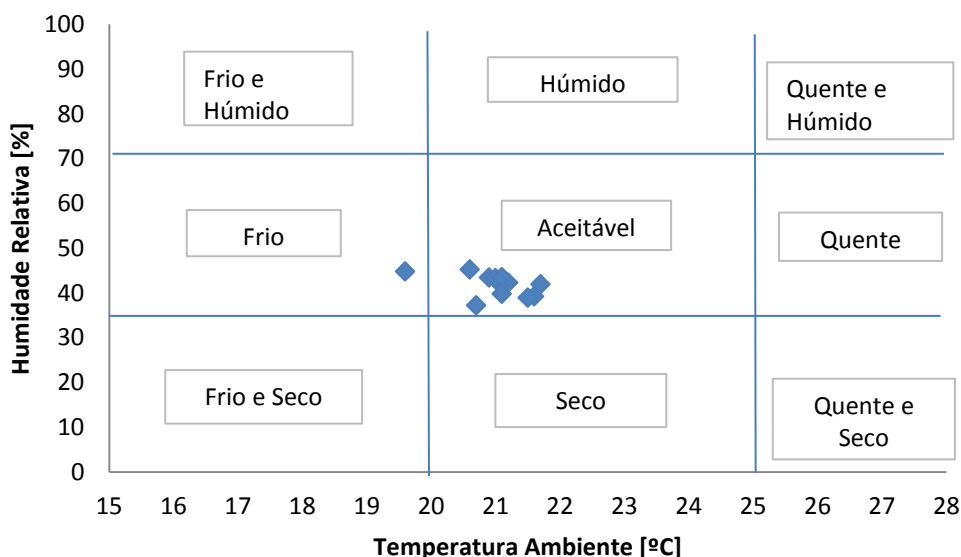


Figura 5.11 - Relação entre a Humidade Relativa [%] e Temperatura [°C] em cada local - Piso 1.

No Piso 0 verificou-se que alguns pontos se encontram no quadrante denominado Frio porque são locais que têm uma temperatura ambiente inferior a 20°C. Isto explica-se porque as análises foram efetuadas no período da manhã em que a incidência solar é menor comparativamente com o Piso 1. Neste Piso 1 a totalidade dos pontos estão no quadrante “Aceitável”, isto por causa dos ganhos solares.

5.3.3 Dióxido de carbono (CO₂)

O Dióxido de Carbono é um gás incolor e inodoro e a sua concentração no ar interior de edifícios em avaliação pode, sob determinadas circunstâncias, dar uma boa indicação da taxa de ventilação. Este composto é gerado nos ambientes interiores principalmente pelo metabolismo humano, podendo ser exalado a uma taxa de cerca de 0,3 L/min/pessoa quando se executam tarefas leves. As concentrações de dióxido de carbono nos espaços interiores têm tendência a aumentar ao longo do dia por causa da ocupação.

As medições do CO₂ foram realizadas no dia 1 de Março de 2012, das 9h às 15h. Estas medições realizaram-se nas zonas (ver ponto 5.2) dos Pisos 1 e 0 do edifício com a sonda da *Graywolf*, modelo IQ 610. Nas Figuras 5.12 e 5.13 pode-se verificar a concentração do CO₂ nos diversos locais dos 2 pisos referidos. Cada figura apresenta linhas representativas das concentrações máximas permitidas pela legislação em ppm (partes por milhão), que segundo o RSECE é de 984 ppm (1.800 mg/m³).

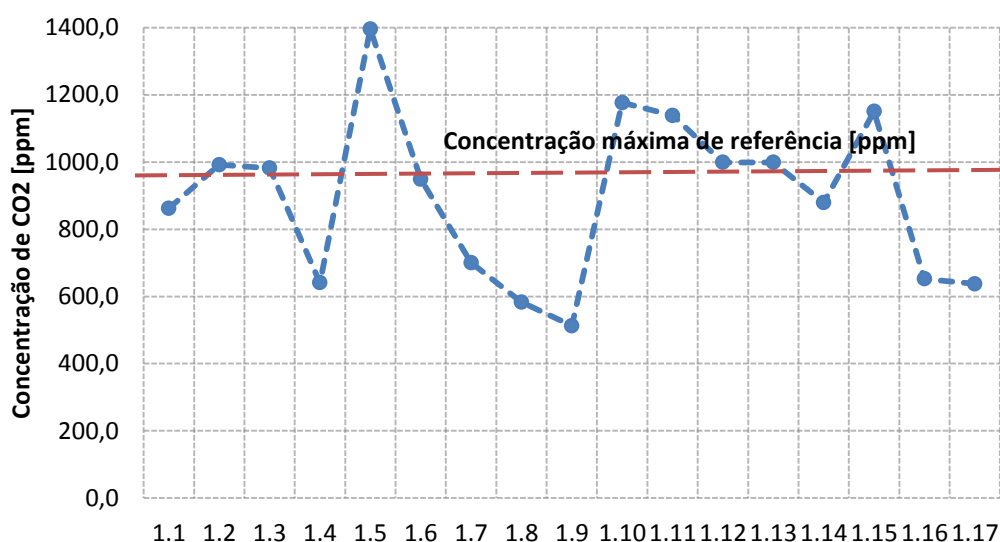


Figura 5.12 - Concentrações de CO₂ obtidos nas medições dos espaços no Piso 0.

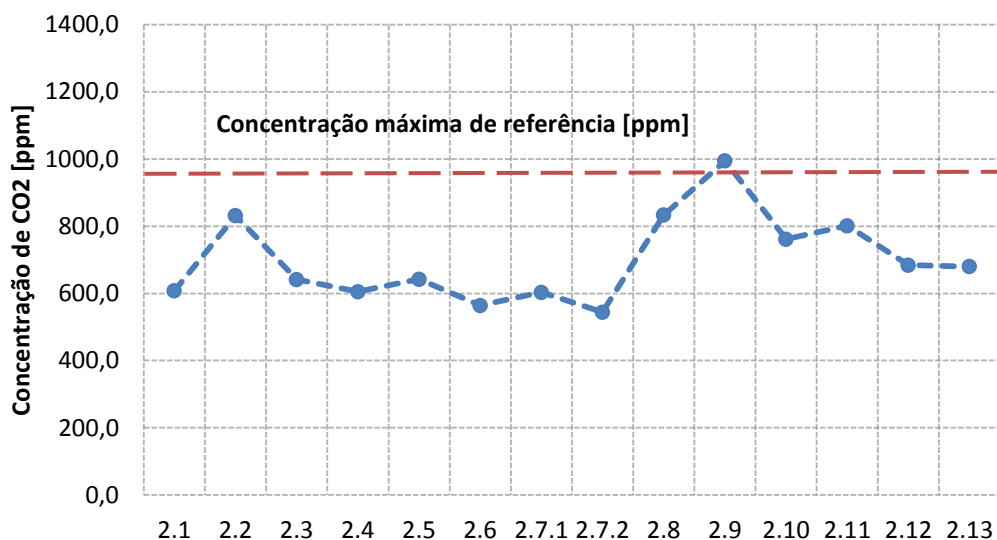


Figura 5.13 - Concentrações de CO₂ obtidos nas medições dos espaços no Piso 1.

Analisando os valores das concentrações de CO₂ obtidos para os diversos locais do piso 1 e piso 0, verifica-se que alguns dos valores, sobretudo no Piso 0 se encontram acima do valor da concentração máxima de referência. A estes pontos tem de se aplicar a equação 2 do Critério de Conformidade exposto na Nota Técnica da Qualidade do Ar Interior (NT-SCE-02) para verificar a seguinte condição:

$$(CO_{2int.} - CO_{2ext}) \times \frac{Nocup. máx.}{Nocup.} + CO_{2ext} < CO_{2MR} \quad (2)$$

A Tabela 5.4 contém todos os valores corrigidos segundo o critério de conformidade, abaixo do valor máximo de referência. Portanto, pode-se afirmar que em termos das concentrações de CO₂ o edifício Paços do Concelho não tem qualquer problema.

Tabela 5.4 - Valores de CO₂ após a aplicação do critério de conformidade

Local	Medição [ppm]	Temperatura [°C]	Ocupação	Ocupação Máx.	Critério 1
1.2	991,8	19,2	4	2	690,4
1.5	1395,7	20,2	8	4	892,3
1.10	1176,6	22	5	3	861,5
1.11	1138,4	22,3	6	4	888,6
1.12	998,9	22,2	5	3	755,0
1.13	998,6	22,1	2	0	389,0
1.15	1150,4	19,7	5	3	845,8
2.9	997,9	21	3	2	794,9

5.3.4 Monóxido de carbono (CO)

O Monóxido de Carbono (CO) é um gás invisível, sem cheiro ou sabor e resulta de uma deficiente combustão qualquer que seja o combustível utilizado. A sua presença no ar no interior dos edifícios é devida essencialmente à contaminação exterior (a principal fonte em áreas urbanas é o tráfego automóvel) ou à existência de fontes de combustão no espaço interior.

O CO é produzido na combustão incompleta de petróleo, gás natural, carvão e turfa. Assim, encontra-se em gases provenientes dos motores de gasolina, fogões, lanternas, madeira e carvão queimados, fogões de gás e sistemas de calefação. Nas grandes cidades, as emissões de CO são particularmente elevadas durante as horas de maior densidade de tráfego automóvel, sendo as concentrações mais altas verificadas junto as grandes avenidas, cruzamentos e, em especial, em locais propícios a uma baixa taxa de renovação de ar como, túneis, cruzamentos desnivelados e parques subterrâneos.

O monóxido de carbono, por ser um gás inodoro, incolor e não irritante, pode levar a asfixia “sem aviso”. Há um pequeno período de tempo antes dos sintomas aparecerem, sintomas que inibem a capacidade de procurar ajuda ou alcançar segurança.

Para a medição dos parâmetros que caracterizam a QAI utilizou-se a sonda de marca *Graywolf*, modelo IQ 610. Em cada Figura 5.14 e 5.15 apresentam-se as linhas representativas das concentrações máximas permitidas pela legislação em ppm (partes por milhão), que segundo o RSECE é de 10,7 ppm (12,5 mg/m³).

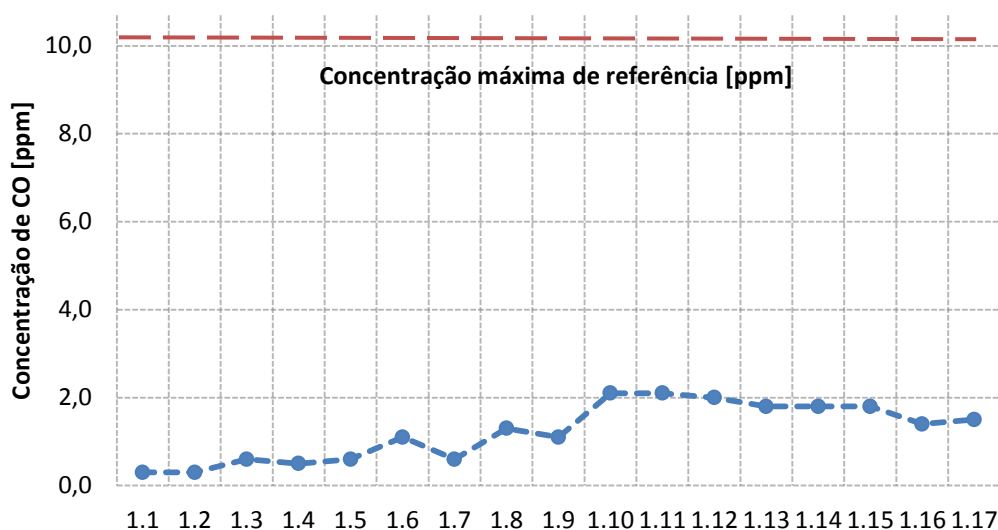


Figura 5.14 - Concentrações de CO obtidos nas medições dos espaços no Piso 0.

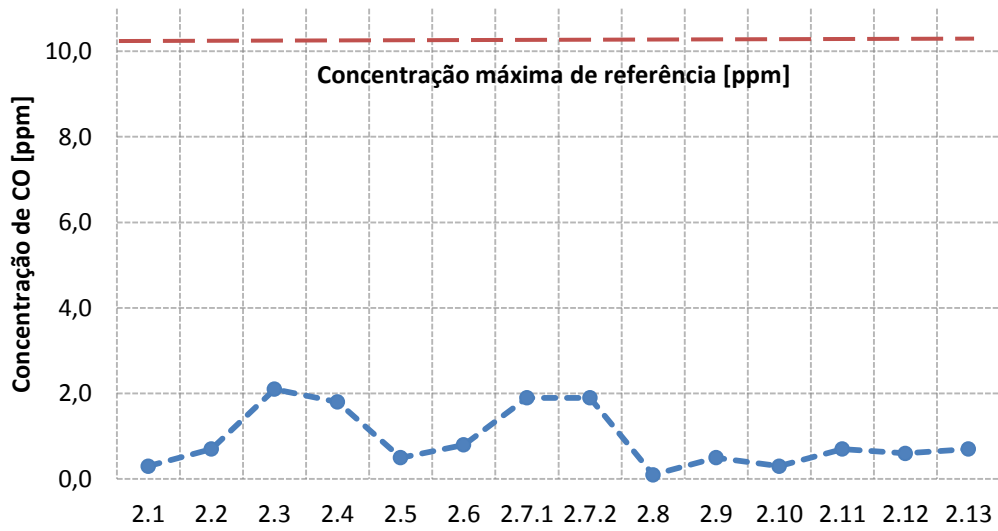


Figura 5.15 - Concentrações de CO obtidos nas medições dos espaços no Piso 1.

As concentrações de CO obtidas nas zonas onde foram realizadas as medições encontram-se na totalidade dentro dos valores exigidos por lei e pode-se referir que as concentrações vão variando conforme a localização do espaço e se tem ou não a janela aberta.

5.3.5 Ozono (O₃)

A formação do ozono, tal como todos os poluentes fotoquímicos, é originária de reações provocadas pela luz solar a partir de determinados precursores de origem antropogénica e biogénica, predominantemente óxidos de azoto (os chamados NO_x) e COVs, com estrutura e reatividade bastante diversificada. Atualmente são conhecidas cerca de 30000 reações relacionadas com a formação e destruição de ozono, o que confirma a complexidade que envolve a geração deste poluente.

Ao nível do interior dos edifícios em áreas urbanas, este poluente encontra-se presente devido a contaminação exterior, essencialmente pelo tráfego automóvel, e interior, por exemplo pelos equipamentos purificadores de ar, electrostáticos, fotocopiadoras e impressoras a laser. No entanto o ozono exterior é a maior causa da presença deste em ambientes interiores. Em geral, as concentrações de ozono no interior podem variar significativamente, entre 10 a 80% dos níveis do exterior. Esta variação é causada por diversos fatores tais como infiltração de ar, insuflação pelos sistemas AVAC, circulação do ar interior, composição das superfícies interiores (por ex: tapetes, tecidos, mobília, etc..) e por reações com outros componentes do ar interior.

Na medição do O₃ utilizou-se a sonda da Graywolf modelo IQ 610. Em cada uma das Figuras 5.16 e 5.17 apresentam-se as linhas representativas das concentrações máximas permitidas pela legislação em ppm (partes por milhão) e segundo o RSECE o valor estabelecido é de 0,10 ppm (0,2 mg/m³). As concentrações de O₃ encontram-se dentro dos valores admissíveis por lei, no entanto em alguns casos estão próximos do limite máximo de referência.

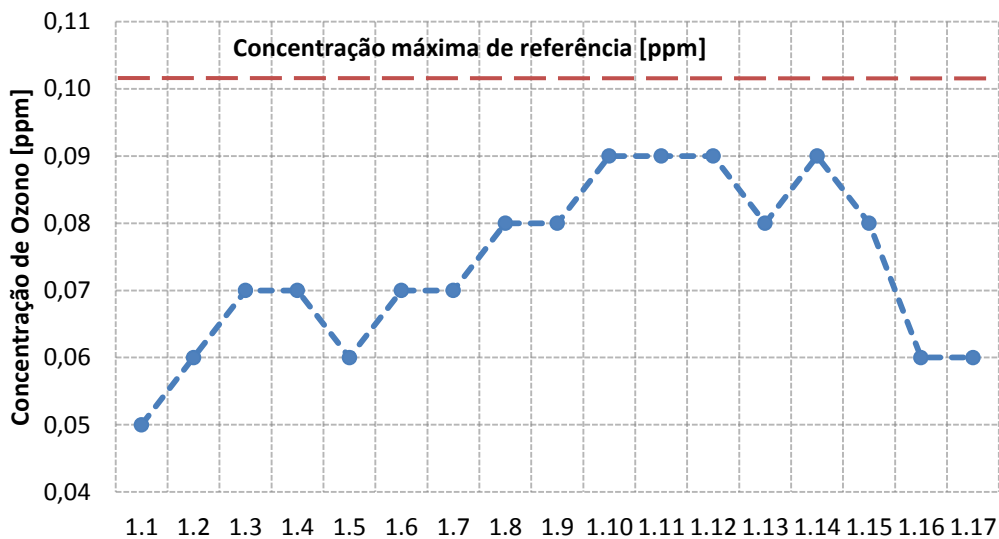


Figura 5.16 - Concentrações de O₃ obtidos nas medições dos espaços no Piso 0.

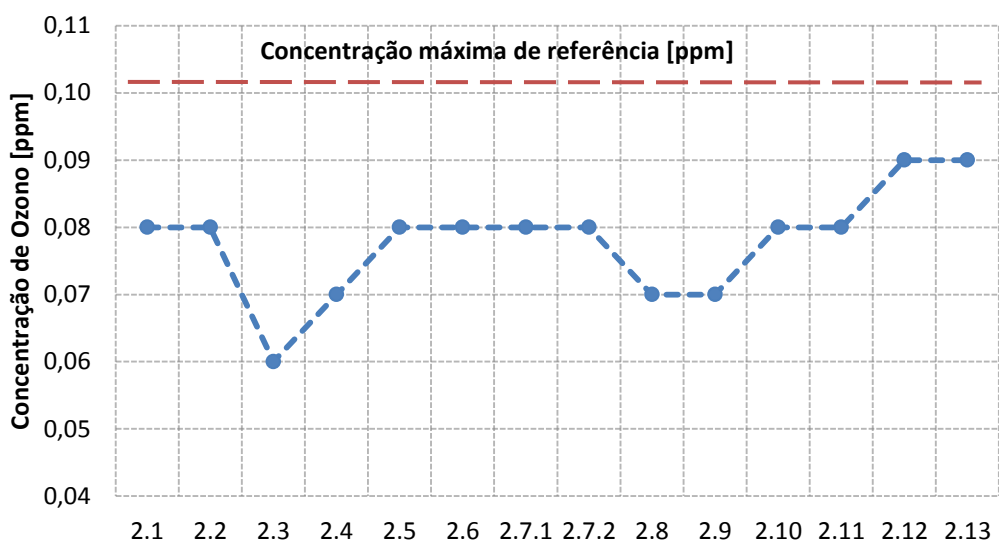


Figura 5.17 - Concentrações de O₃ obtidos nas medições dos espaços no Piso 1.

5.3.6 Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) têm sido objeto de estudo particular pelas concentrações que têm vindo a apresentar no interior dos edifícios. Estes compostos pertencem a um dos quatro grupos de poluentes orgânicos e, como demonstra na Tabela 5.5, as suas fontes são variadas.

Tabela 5.5 - COVs e fontes de emissão nos ambientes interiores

COV	Fonte
Acetona	Tintas, revestimentos, acabamentos, solvente de tintas, diluente, calafetagem
Hidrocarbonetos alifáticos	Tintas, adesivos, gasolina, fontes de combustão, fotocopiadoras com processo líquido, carpetes, linóleo, componentes de calafetagem
Hidrocarbonetos aromáticos	Fontes de combustão, tintas, adesivos, gasolina, linóleo, revestimento da parede
Solventes clorados	Artigos de limpeza ou de proteção de tapeçarias e carpetes, roupas limpas a seco
Acetato de n-butil	Telha acústica do tecto, compostos de calafetagem.
Diclorobenzeno	Carpetes, cristais de naftalina
4-fenil ciclohexano (4-PC)	Carpetes, tintas
Terpenos	Desodorizantes, agentes de limpeza, tecido/decoração, cigarros.

Na medição dos COVs utilizou-se a sonda da *Graywolf* modelo IQ 610. Nas Figuras 5.18 e 5.19 apresentam-se as linhas representativas das concentrações máximas permitidas pela legislação em ppm (partes por milhão) e segundo o RSECE, o valor estabelecido é de 0,26 ppm isobutileno ($0,6 \text{ mg/m}^3$).

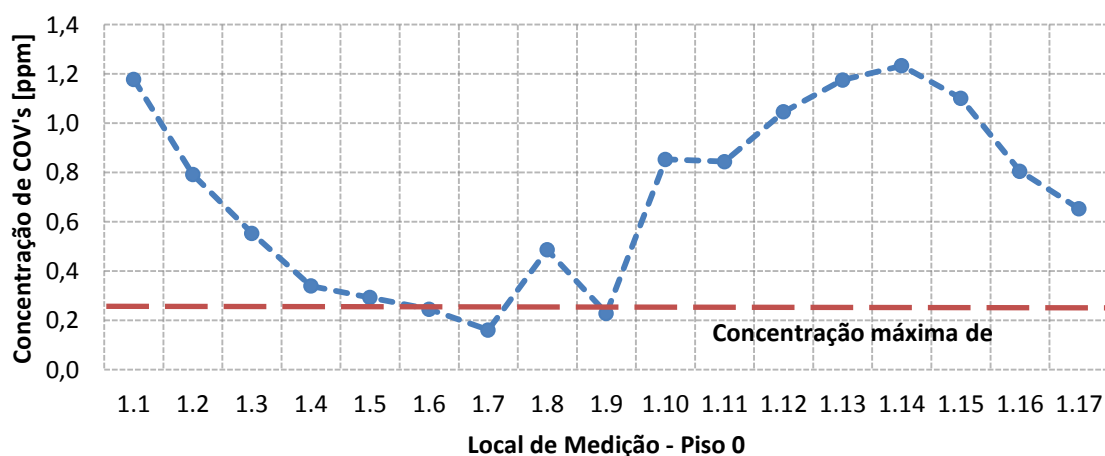


Figura 5.18 – Concentrações de COVs obtidos nas medições dos espaços no Piso 0.

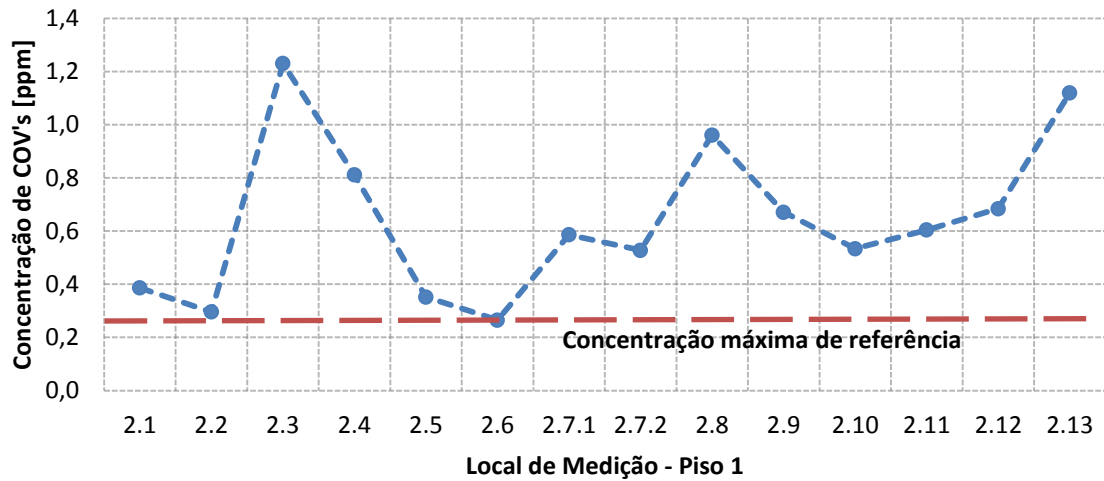


Figura 5.19 - Concentrações de COVs obtidos nas medições dos espaços no Piso 1.

Analisando os valores de COV_{totais} verifica-se que quase todos se encontram superiores ao limite de concentração máxima de referência. Como o critério da condição 3 não se verifica terá que se proceder a uma nova ronda de análises mais específica tendo em vista identificar e quantificar individualmente os COVs por cromatografia.

$$[COV_{\text{totais}}]_{\text{MaxT}} \leq [COV_{\text{totais}}]_{\text{MR}} \quad (3)$$

5.3.7 Formaldeído (HCOH)

O formaldeído (HCOH) é o poluente do ar interior mais comum e talvez o mais importante porque se encontra nos vários tipos de ambiente interior. Este composto pertence a “grande família” dos COVs, mas devido a sua importância é caracterizado à parte e recorre-se a técnicas de amostragem específicas.

HCOH é um gás incolor que à temperatura ambiente tem um odor pungente, a sua concentração é influenciada quimicamente pela temperatura e humidade. O HCOH é muito solúvel em água e muito reativo, podendo ser encontrado em três estados físicos: gás, solução aquosa e como polímero sólido. Por ser muito solúvel em água pode irritar qualquer parte do corpo humano que contenha humidade, tais como os olhos e o trato respiratório superior.

A principal fonte de emissão interna do HCOH está relacionada com a utilização de resinas e produtos construídos com aglomerados de madeira ou utilizado nos produtos de limpeza, isolantes, tecidos/decoração, adesivos, etc. Além das fontes já referidas pode também aparecer em processos de combustão de gás natural e fumo de tabaco.

Para a medição dos parâmetros que caracterizam a qualidade do ar interior utilizou-se o equipamento Formaldemeter, modelo HTV-M Kit da marca PPM Technology, como mostra na Figura 5.20.



Figura 5.20 – Aparelho de medição da concentração de Formaldeído.

Nas Figuras 5.21 e 5.22, apresentam-se as linhas representativas das concentrações máximas permitidas pela legislação em ppm (partes por milhão) e segundo o RSECE o valor estabelecido é de 0,08 ppm (0,1 mg/m³).

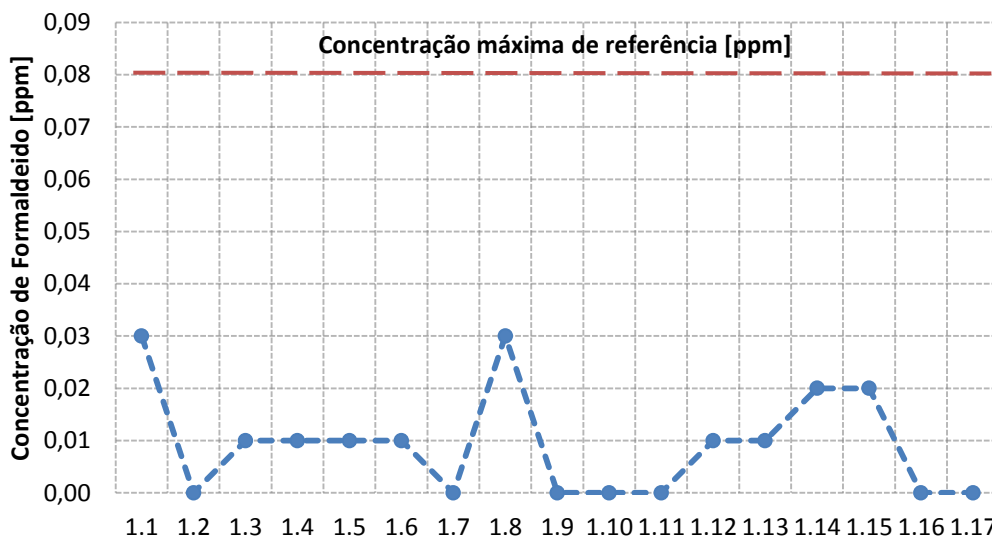


Figura 5.21 - Concentrações de formaldeído obtidos nas medições dos espaços no Piso 0.

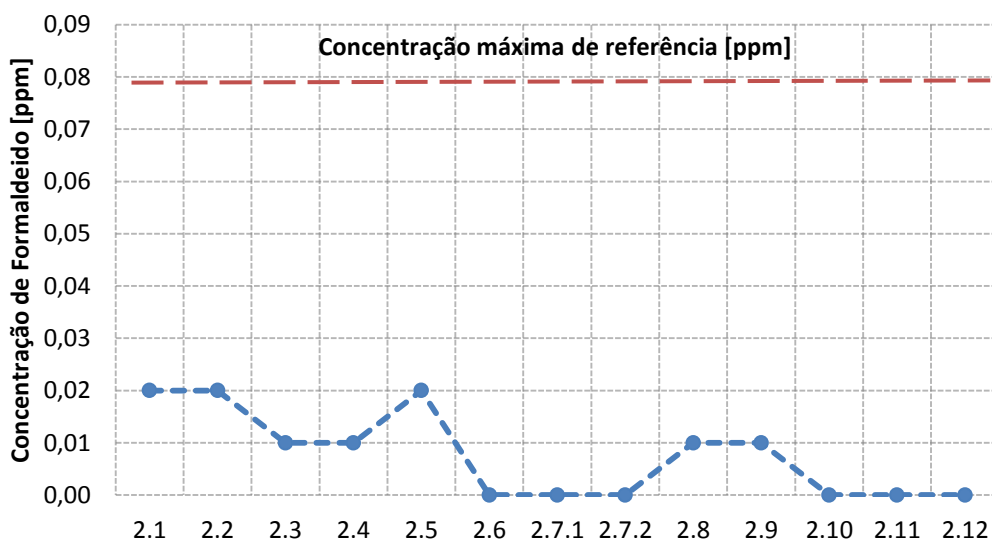


Figura 5.22 - Concentrações de formaldeído obtidos nas medições dos espaços no Piso 1.

As concentrações de HCOH medidas nos diferentes espaços dos dois pisos são consideravelmente mais baixas que a concentração máxima de referencia, sendo que em muitos casos atingiu o valor de 0,0 ppm. Como curiosidade na sala 1.8 atingiu o valor de 0,3 ppm e admite-se que a cola existente num quadro/painel de grandes dimensões na parede da sala poderá ser a razão.

5.3.8 Radão

O radão é um gás radioativo incolor, inodoro e insípido, que ocorre de forma natural pelo decaimento radioativo normal do urânio, sendo a sua concentração apresentada em Bequerel por metro cúbico (Bq/m^3). Duma maneira geral podemos dizer que o radão se forma no seio das rochas e materiais de construção por desintegração do ^{238}U (isótopo que constitui mais de 99% do urânio presente nas rochas e nos solos) e que dá origem a uma série de elementos: tório 230, rádio 226 e o radão (^{222}Rn). O radão é o principal contribuinte na exposição da população a radiações ionizantes quer de origem natural ou artificial e as concentrações no ar interior são substancialmente influenciados pelos tipos de solo, construção, materiais e hábitos dos moradores relativos a ventilação. A Figura 5.23 revela as concentrações médias anuais de radão em Portugal:

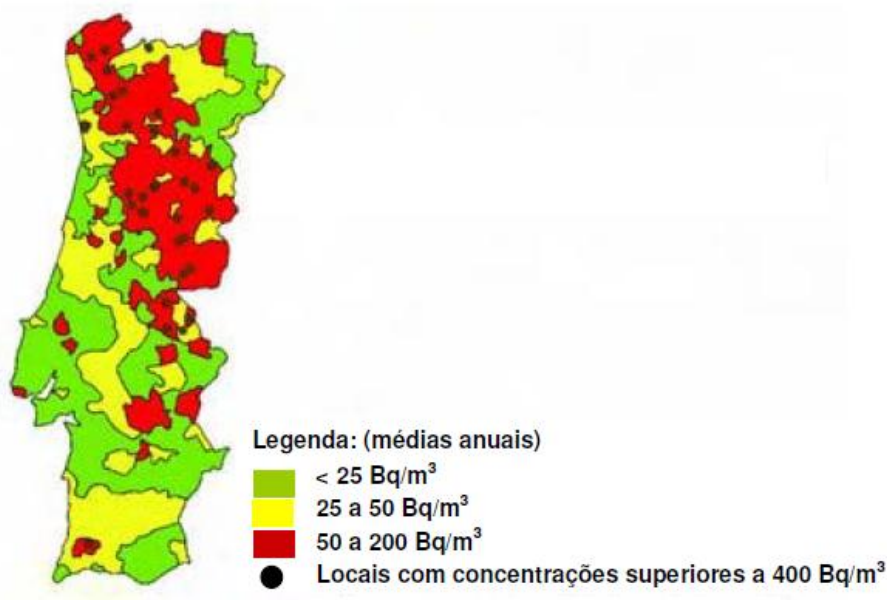


Figura 5.23 – Distribuição das concentrações médias anuais de radão em Portugal. [Fonte: Instituto Tecnológico e Nuclear (<http://www.itn.pt/>)]

Estudos efetuados em 4200 habitações portuguesas durante 1-3 meses revelaram concentrações de radão inferiores a 50 Bq/m^3 em cerca de 60% dos casos, sendo os valores mais elevados verificados nas habitações de regiões graníticas. Apenas em 2,6% dos casos monitorizados foram verificados concentrações superiores a 400 Bq/m^3 . A legislação portuguesa, no RSECE, fixa em 400 Bq/m^3 o limite para a concentração média anual de radão para novas habitações, sendo a sua pesquisa obrigatória apenas em edifícios construídos em zonas graníticas, nomeadamente nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco.

O edifício Paços do Concelho encontra-se no distrito do Porto mais propriamente na cidade de Vila Nova de Gaia e, por tal, teve que se efetuar medições à concentração de Radão. O edifício tem pedra granítica e um piso semienterrado em zona granítica. Na Figura 5.24 mostram-se as fontes de radão e os locais onde pode haver uma concentração mais elevada.

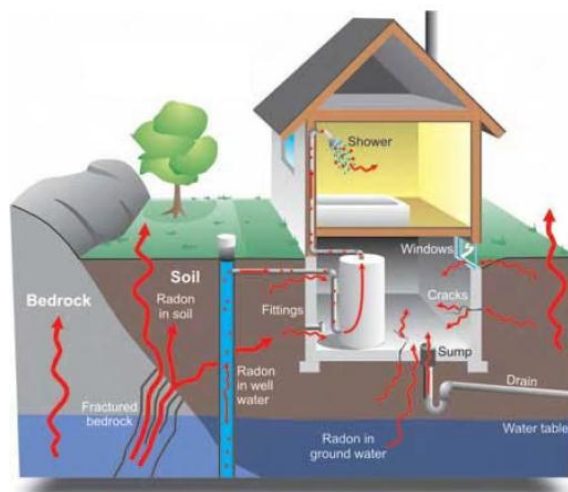


Figura 5.24 - Fontes de radão e rotas de entrada em casas. [Fonte: homeprocanada]

Para a medição do radão utilizou-se o equipamento marca SARAD modelo Radon Scout Plus como mostra a Figura 5.25.

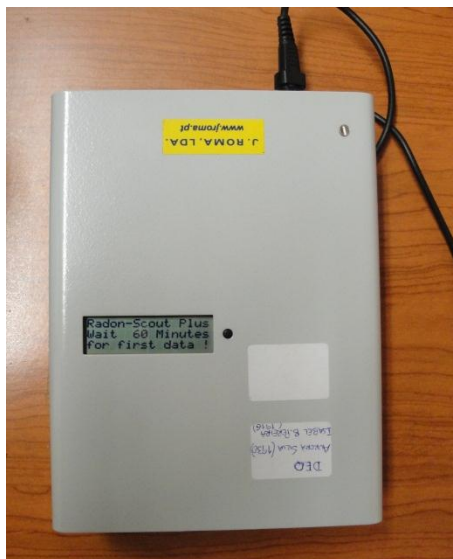


Figura 5.25 – Equipamento de medição de Radão.

Realizaram-se medições de 120 minutos nos locais indicados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Valor da concentração de Radão por local

<i>Local:</i>	<i>SALA MOTORISTA</i>	<i>HALL ENTRADA</i>	<i>CRUZ VERMELHA</i>	<i>DATA CENTER</i>	<i>SALA ARQUIVO</i>
<i>Radão [Bq/m³]</i>	54	63	124	171	423
<i>Pressão [mbar]</i>	1014	1014	1014	1013	1014
<i>Temperatura [°C]</i>	17	16,5	16	17	15,5
<i>HR [%]</i>	62	57	60	61	61

O valor obtido na Sala de Arquivo ultrapassou o valor máximo de referência (400 Bq/m³) estipulado pelo RSECE. Este valor deve-se à sala que se encontra parcialmente enterrada e às suas paredes de pedra granítica.

5.3.9 Matéria Particulada (PM)

O termo matéria particulada (PM) designa uma mistura física e química de diversos compostos presentes em suspensão no ar, sólidos ou líquidos como gotículas, fumo, poeira, sujidade, organismos, vírus, grãos de pólen, bactérias ou esporos de fungos. Nos ambientes interiores as partículas são geralmente provenientes de fontes exteriores que se infiltram no interior do edifício através das entradas de ar.

Os valores de PM₁₀ e PM_{2,5}, que têm relevância em estudos relacionados com a saúde humana, são identificadas como partículas inaláveis grossas (PM_{2,5-10}), as que possuem o diâmetro aerodinâmico médio no intervalo de 2,5 a 10 μ m e finas ou respiráveis (PM_{2,5}), as que são inferiores a 2,5 μ m. Recentemente as PM inferiores a 2,5 μ m são designadas de *quasi*-ultrafinas (PM_{0,25}) e ultrafinas (PM_{0,1}).

Para a medição dos valores de PM₁₀ utilizou-se o equipamento *Lighthouse* da marca *handheld* 3016-IAQ *combo*. Este equipamento permite ter os valores de PM₁₀ a PM_{0,1}, embora pela lei atual apenas devem ser consideradas as PM₁₀. Em cada Figura, 5.26 e 5.27, apresenta-se a linha de concentração máxima permitida e segundo o RSECE, o valor estabelecido para as PM₁₀ é de 0,15 mg/m³. Verifica-se que em alguns pontos a concentração de PM₁₀ ultrapassa o limite regulamentar talvez porque são locais com aberturas diretas e permanentes para o exterior

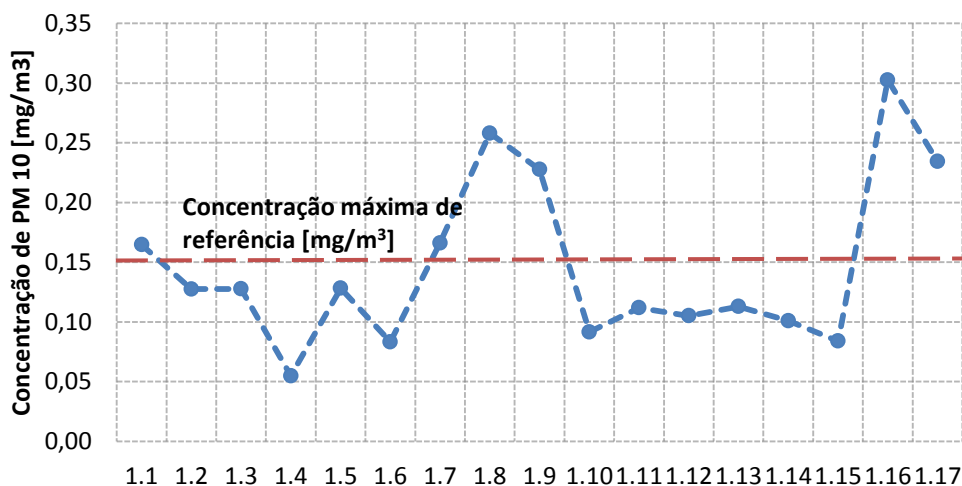


Figura 5.26 - Concentrações das partículas PM₁₀ obtidos nas medições dos espaços no Piso 0.

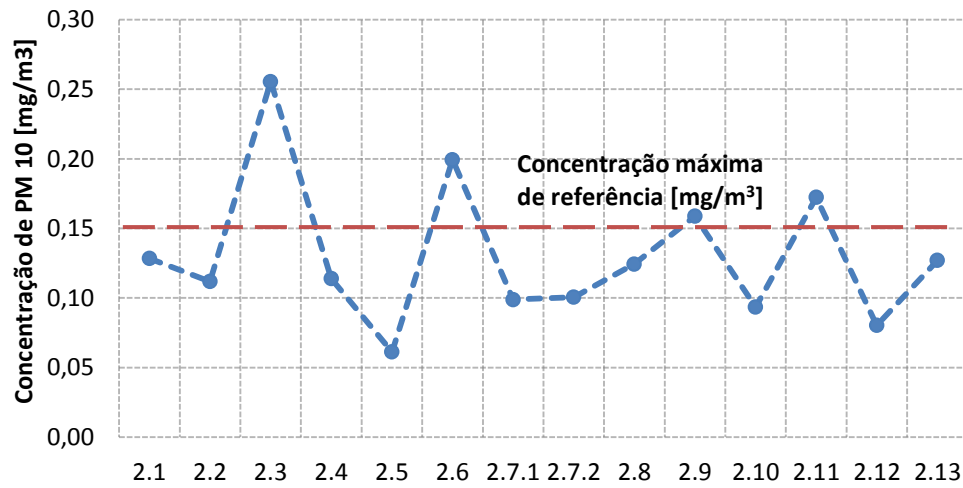


Figura 5.27 - Concentrações das partículas PM₁₀ obtidos nas medições dos espaços no Piso 1.

5.3.10 Análise aos parâmetros QAI no Exterior do Edifício

A análise dos parâmetros QAI no exterior do edifício no dia das medições é importante para relativizar os valores obtidos no interior. Para tal foram registadas as condições meteorológicas (temperatura e humidade) de Vila Nova de Gaia, bem como consultado o *website* do organismo Agência Portuguesa do Ambiente. Nesse dia (1 de março) e para a estação meteorológica de Avintes não foram registados quaisquer valores para os parâmetros de O₃, NO₂, CO, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5} e C6H6 que habitualmente são medidos. Pela sonda multiparamétrica da Graywolf os resultados obtidos foram os que são apresentados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Valores das Concentrações medidas no exterior

	<i>Fachada Principal</i>	<i>Fachada Posterior</i>
<i>COV [ppm]</i>	0,926	0,786
<i>CO2 [ppm]</i>	389	325
<i>Ozono [ppm]</i>	0,04	0,04
<i>CO [ppm]</i>	1	0,5
<i>T [°C]</i>	17,4	17,3
<i>HR %</i>	59,7	63,8

Os valores dos parâmetros são próximos nos 2 pontos de amostragem diferindo um pouco nas concentrações de CO₂, CO e COVs devido à influência do tráfego automóvel (fachada principal, virado para a avenida da república, fachada posterior, rodeado por jardins e caminhos pedestres).

Capítulo 6

Dimensionamento e Análise de Medidas Energeticamente Eficientes

Neste Capítulo serão analisadas as possíveis medidas de eficiência energética de modo a obter reduções nos encargos com o consumo de energia elétrica a curto, médio e longo prazo. As propostas serão analisadas recorrendo ao programa de simulação dinâmica e a uma simples análise económica.

6.1 Considerações sobre o PRE

O Plano de Racionalização Energética (PRE) destina-se a reduzir o consumo energético específico para valores conformes com os limites máximos médios neste tipo de edifício. Nos termos do Decreto-lei 79/2006 são de execução recomendável as medidas que apresentem viabilidade económica aceitável, segundo critérios a definir periodicamente por portaria conjunta dos ministros responsáveis pelas áreas da economia, obras públicas, ambiente e do ordenamento do território e habitação.

Como princípio básico de investimento recomenda-se que os sistemas energéticos sejam sucessivamente substituídos por unidades novas e mais eficientes, na medida do sustentável financeiramente. A viabilidade económica das medidas de eficiência energética será calculada através do parâmetro de Período de Retorno Simples (PRS), tal como definido no regulamento RSECE. Este valor pode ser calculado segundo a seguinte expressão:

$$PRS = \frac{C_a}{P_1} \quad (1)$$

Em que:

C_a – custo adicional de investimento, calculado pela diferença entre o custo inicial da solução base, isto é, sem a alternativa de maior eficiência energética, e o da solução mais eficiente, estimada aquando da construção do sistema, com base na melhor informação técnica e orçamental ao dispor do projetista;

P_1 – poupança anual resultante da aplicação da alternativa mais eficiente, estimada com base em simulações anuais, detalhadas ou simplificadas do funcionamento do edifício e seus sistemas energéticos, conforme aplicável em função da tipologia e área útil do edifício, da situação base e da situação com a solução mais eficiente.

Este método de cálculo pretende avaliar o investimento a custos de energia constantes e não considera quaisquer custos financeiros ou efeitos da inflação.

6.2 Propostas de Medidas para PRE

6.2.1 Diminuição do consumo de Energia Reativa

O contrato existente com a EDP, para o fornecimento de energia elétrica, perfila-se como o mais indicado para o edifício em questão, não existindo portanto nenhuma mudança que se possa realizar no imediato em termos de tarifa ou horário. Contudo, como já foi salientado no Capítulo 3 existe um elevado consumo de energia reactiva que pode ser anulado, proporcionando uma diminuição na fatura energética anual.

O edifício Paços do Concelho teve no ano transato de 2011 um custo com a energia reactiva em cerca de 1500€. Uma das medidas a implementar para anular este custo é a compensação do fator de potência através dos condensadores existentes no posto de transformação, e que por algum motivo (com falta de corrente) se encontram inoperantes.

Na análise das faturas energéticas dos últimos 3 anos verifica-se que sempre existiu consumo de energia reactiva e, por tal pode-se concluir que o grupo de condensadores foi mal dimensionado ou há harmónicos. Um equipamento mal dimensionado numa instalação com harmónicos ficará rapidamente danificado ou completamente destruído.

Vantagens da medida

O $\cos \varphi$ foi igual a 0,88, indutivo, ou seja apenas 88 % da potência fornecida pelo transformador do P.T. é utilizada para produzir trabalho útil, enquanto o restante é energia reactiva é solicitada pelo edifício para criar campos eletromagnéticos. Com a carga perfeitamente corrigida em condensadores, $\cos \varphi = 1$, a utilidade energética pode chegar aos 98 %.

A correta instalação de condensadores permite também outros benefícios:

- Amortização do valor do equipamento de correção;
- Redução das perdas de energia por efeito de Joule (aquecimento nos cabos);
- Maior disponibilidade de potência e menor aquecimento do transformador;
- Redução das intervenções intempestivas do limitador de intensidade, as quais interrompem o ciclo produtivo.

Dimensionamento de grupo de condensadores

Os condensadores só podem ser ligados à rede na presença de carga indutiva e esta não deve ser corrigida além do $\text{Cos } \phi = 1$, para evitar sobre compensação que pode dar origem a graves desequilíbrios na rede, tais como perigosos aumentos de tensão, sobrecargas de intensidade na linha e nos aparelhos de distribuição. [18]

O $\text{Cos } \phi$ médio de uma instalação a corrigir é um parâmetro fundamental para calcular a potência do equipamento automático de correção a instalar. Assim tem-se:

$$\text{Cos } \phi = \frac{\text{Energia Activa}}{\sqrt{\text{Energia Activa}^2 + \text{Energia Reactiva}^2}} \quad (2)$$

Em que: Energia Ativa = Energia Ativa (Horas Cheias + Horas de Ponta)

Exemplo:

- Energia Ativa Horas Cheias = 37.194 kWh
- Energia Ativa Horas Ponta = 19.944kWh
- Energia Ativa Total = 57.138 kWh
- Energia Reactiva Fora do Vazio = 29.472 kVARh

Logo, $\text{Cos } \phi = 0,88$

Dados retirados da fatura:

- Potência máxima kW = 416,4
- Fator de potência $\text{Cos } \phi = 0,88$
- Energia ativa consumida kWh = 57.138
- Energia Reactiva consumida kVARh = 29.472
- Energia Reactiva paga kVARh = 6.617
- Penalização por baixo $\text{Cos } \phi$ € = 185,31

Na Tabela 6.1 apresenta-se o $\text{Cos } \phi$ pretendido para compensar o fator potência.

Tabela 6.1- Verificação do coeficiente F

$Tg \phi$	$\text{Cos } \phi$ da instalação	$\text{Cos } \phi$ Pretendido			
		0,93	0,95	0,97	1
0,54	0,88	0,14	0,21	0,29	0,54

Em correspondência ao valor do $\cos \varphi$ da instalação e do que queremos atingir, encontramos um fator (F), o qual multiplicado pela potência máxima da instalação em kW, deu-nos o valor da potência dos condensadores em kVAR.

Assim, procedeu-se aos cálculos para um $\cos \varphi$ de 0,95.

- $\cos \varphi$ da instalação = 0,88
- $\cos \varphi$ pretendido = 0,95
- Fator F (da Tabela 6.2) = 0,29

$$\text{Potência do equipamento} = \text{Coeficiente (F)} \times \text{Potência máxima} = 0,21 \times 416 = 87,36 \text{ kVAR}$$

Análise do Período de Retorno

Valor pago pela Energia reactiva em 2011 = 1500€

Custo de um equipamento de 90 kVAR previsto para $\text{THC} < 40 \%$

Custo do equipamento CAM H 90 kVAR = 1.840,00 € (Estimativa de custo da empresa NorControl)

O retorno é então obtido fazendo o quociente entre o custo total, estimado, de implementação da medida e a poupança obtida:

$$\text{Retorno} = \frac{\text{Custo Equipamento}}{\text{Poupança}} = \frac{1.840}{1.500} = \mathbf{1,23 \text{ anos}}$$

Verifica-se que esta medida seria amortizada em pouco mais de 1 ano.

6.2.2 Sistema de geração de Energia Fotovoltaica

Atualmente o edifício Paços do Concelho não recorre a nenhum tipo de fonte de energias renováveis para a produção de eletricidade. Mas por ter uma fachada virada a Sul e sem sombreamento de outros edifícios colocou-se a possibilidade da instalação de um sistema fotovoltaico.

Os sistemas fotovoltaicos com ligação à rede elétrica podem ser integrados no Regime Produtor-Consumidor ou Regime Produtor. Uma instalação deste tipo permite a venda de energia elétrica às companhias distribuidoras de energia (neste caso a EDP). Toda a energia gerada é enviada diretamente para a rede, não sendo necessárias as baterias, o que torna o sistema mais simples e com menos manutenção. Um esquema da representação da instalação pode ser observado na Figura 6.1.

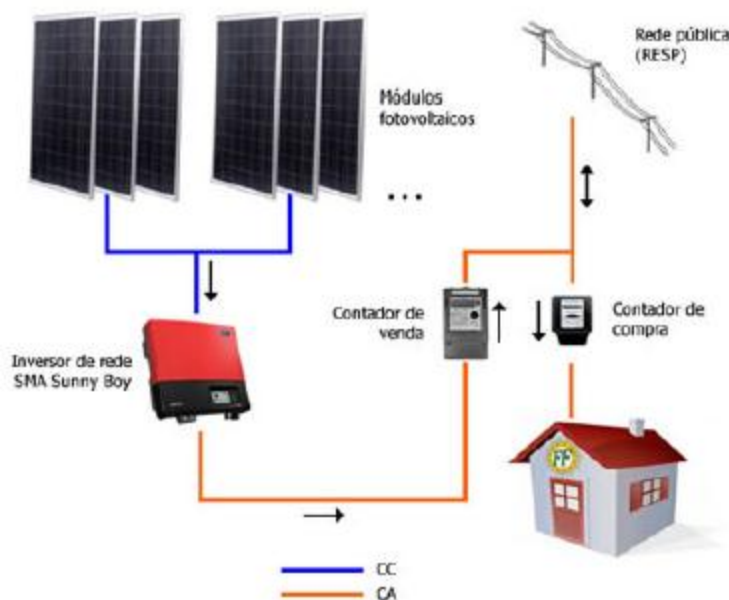


Figura 6.1 - Exemplo de instalação ligada à rede. [fonte: FF Solar – Energias Renováveis]

Decreto-Lei Nº34/2011

A produção de eletricidade a partir da energia solar em sistemas de pequena miniprodução vem completar o regime de microprodução já existente e legislado pelo decreto-lei nº 118-A/2010. A miniprodução permite ao produtor consumir a energia que produz mas também, dentro de certas restrições, vender toda a energia que produz à RESP (Rede Elétrica de Serviço Público). Para se ser produtor, no regime de miniprodução, é necessário que o produtor detenha um contrato de fornecimento de eletricidade com consumos que sejam significativos, e que a instalação do sistema seja no local servido por esse contrato. No seguimento deste ponto é também obrigatório que a miniprodução a ser instalada não

ultrapasse os 50% da potência contratada do local da instalação. Entidades terceiras, como por exemplo empresas ou investidores, podem instalar unidades de miniprodução em locais que respeitem as condições para tal, desde que sejam autorizadas pelos proprietários e seja celebrado contrato entre eles de forma a não existir problemas.

De acordo com o decreto que rege a legislação da miniprodução, as unidades geradoras são divididas por três escalões que se diferenciam pela potência de ligação à rede elétrica. Esta divisão é diferenciadora no regime de bonificação da tarifa de venda à RESP durante os 15 anos. Os escalões de potência de ligação à RESP definem-se por Escalão I, II e III, onde:

- Escalão I: unidades cuja potência seja menor ou igual a 20 kW;
- Escalão II: unidades cuja potência seja superior a 20 kW e igual ou inferior a 100 kW;
- Escalão III: unidades cuja potência seja superior a 100 kW e igual ou inferior a 250kW.

Área Disponível

A área disponível (m²) é um parâmetro essencial no dimensionamento de minicentrais fotovoltaicas, uma vez que irá limitar a potência a instalar e irá restringir a configuração (física e elétrica) do sistema.

Análise do sistema proposto

O sistema proposto será um sistema fotovoltaico de 20 kW (24,15 kWp) do Escalão I do Regime Bonificado da minigeração. Uma instalação destas, conectada à rede, é constituída por 5 equipamentos básicos:

- 1) Módulos, captam a radiação solar e geram energia elétrica;
- 2) Inversor, conecta-se à rede elétrica e transforma a corrente contínua em alternada, e decide quando deve injetar na rede a energia produzida;
- 3) Contador bidirecional, conta a energia elétrica produzida pelo equipamento fotovoltaico durante o seu período de funcionamento;
- 4) Portinhola, caixa de ligações que permite a interligação dos cabos do consumidor e do produtor e que contém as respetivas proteções.

O sistema de minigeração fotovoltaico requer um investimento inicial elevado, sendo compensado pela sua vida útil longa (cerca de 20 anos) e não requer grandes cuidados a nível de manutenção. Neste caso, para o edifício em estudo, é proposta a seguinte instalação:

- 105 Painéis fotovoltaicos referência Conergy EcoPro 230P ($\pm 3\%$) [24 kWp e 167 m²];
- Um Inversor de rede referência Conergy IPG 11T de 11 kW;
- Um Inversor de rede referência Conergy IPG 8T de 8 kW;
- Um Sistema de Monitorização remota referência Conergy VisionBox;

- Um Contador referência Itron SL 7000 bidirecional c/módulo GSM.

Na tabela 6.2 está indicada a simulação com o painel escolhido sobressaindo a energia efetiva e injetada.

Tabela 6.2 - Análise dos dados obtidos na simulação

	<i>Glob.Hor.</i> [kWh/m ²]	<i>T. Amb.</i> [°C]	<i>Glob. Incidência</i> [kWh/m ²]	<i>Glob. Effectiva</i> [kWh/m ²]	<i>Energia Efectiva</i> [kWh]	<i>Energia Injectada</i> [kWh]	<i>Eficiência</i> [%]	<i>Eficiência do Sistema</i> [%]
<i>Janeiro</i>	60	9,3	98,6	95,6	2086	2025	12,38	12,01
<i>Fevereiro</i>	71	10,1	99,4	96,4	2097	2036	12,35	11,99
<i>Março</i>	126	11,5	155	150,5	3238	3146	12,22	11,87
<i>Abril</i>	151	12,9	161,3	156,7	3359	3262	12,18	11,83
<i>Mai</i>	193	15,1	190	184,4	3905	3792	12,02	11,68
<i>Junho</i>	208	18,1	195,8	190	3966	3854	11,85	11,52
<i>Julho</i>	206	19,9	197,5	191,7	3977	3864	11,78	11,44
<i>Agosto</i>	192	19,8	199,2	193,5	4005	3891	11,76	11,43
<i>Setembro</i>	145	19	172,8	168	3507	3408	11,87	11,54
<i>Outubro</i>	101	16,2	138,4	134,7	2847	2766	12,03	11,69
<i>Novembro</i>	60	12,3	90,5	87,7	1890	1833	12,21	11,84
<i>Dezembro</i>	48	9,9	79,3	76,9	1679	1629	12,39	12,02
<i>Ano</i>	1561,1	14,53	1777,8	1725,9	36556	35506	12,03	11,68

Renumeração

O regime de remuneração adotado na miniprodução pode ser obtido por dois processos diferentes: regime geral ou bonificado.

O regime geral tem uma remuneração da eletricidade produzida segundo o tarifário de mercado. Isto é, o preço do MWh é vendido ao preço de mercado atual, não existindo qualquer bonificação pela unidade de miniprodução que possui.

No regime bonificado, o produtor recebe um preço pelo MWh compensatório relativamente ao preço existente no mercado. O acesso a este regime depende de uma avaliação da eficiência energética do edifício conseguida por uma auditoria, que determine a implementação de medidas de melhoria da eficiência (com períodos de retorno de dois anos para o escalão I, três para o escalão II e quatro para o escalão III), ou por uma certificação energética, ou ainda por acordo de racionalização do consumo. O regime bonificado é diferenciado pelos escalões de potência de ligação à RESP, ou seja, para o primeiro escalão (até 20 kW) o valor da tarifa é fixa por 15 anos ao valor de € 250/MWh (pedidos de registo são ordenados por ordem de chegada), para os escalões 2 e 3 (potências de ligação superior a 20 kW) a remuneração é feita com base na tarifa mais alta que resultar das ofertas de desconto. Portanto, os pedidos de registo são ordenados não por ordem de chegada, mas pelo maior desconto à tarifa. O valor da tarifa de referência é de 250 €/MWh, sendo este valor reduzido anualmente em 7% a cada ano que passe para a partir da entrada em vigor do novo regime da miniprodução.

Análise do Período de Retorno

Pressupostos:

- Tarifa de acordo com Decreto-Lei n.º 34/2011;
- Investimento Inicial de 38.500 € + IVA à taxa legal em vigor, **segundo o orçamento realizado pela empresa CAPA;**
- Perda de produção de 0,8 %/ano nos módulos fotovoltaicos (ver ficha técnica);
- 3% de atualização anual do preço da eletricidade.

De acordo com Decreto-Lei n.º 34/2011 a tarifa é aplicável durante um período máximo de 15 anos contados desde o primeiro dia do mês seguinte ao da ligação, sendo definida a partir da tarifa de referência, nos termos dos números seguintes. A tarifa de referência é fixada em 215 €/MWh (embora o valor final dependa do leilão) nos primeiros 15 anos do Escalão I em regime bonificado. No final do período referido, caduca a aplicação do regime remuneratório bonificado, ingressando o produtor no regime geral. Com base no atual diploma e na simulação, podemos esperar uma receita anual estimada na ordem dos 7.600 € durante os primeiros 15 anos. Na tabela seguinte (Tabela 6.3) estão indicados os proveitos e a estimativa de produção de energia elétrica por parte do sistema de minigeração fotovoltaico.

Tabela 6.3 -Resultado Acumulado [€]

Ano	Tarifa Venda [€/MWh]	Evolução da Tarifa Compra [€/MWh]	Estimativa de Produção [MWh/Ano]	Proveitos da Venda de Energia [€]	Resultado Acumulado
					-38.500 €
1	215,00 €	90,00 €	35,506	7.634	-30.866 €
2	215,00 €	92,70 €	35,293	7.588	-23.278 €
3	215,00 €	95,50 €	35,081	7.542	-15.736 €
4	215,00 €	98,30 €	34,871	7.497	-8.239 €
5	215,00 €	101,30 €	34,661	7.452	-786 €
6	215,00 €	104,30 €	34,454	7.408	6.621 €
7	215,00 €	107,50 €	34,247	7.363	13.984 €
8	215,00 €	110,70 €	34,041	7.319	21.303 €
9	215,00 €	114,00 €	33,837	7.275	28.578 €
10	215,00 €	117,40 €	33,634	7.231	35.809 €
11	215,00 €	121,00 €	33,432	7.188	42.997 €
12	215,00 €	124,60 €	33,232	7.145	50.142 €
13	215,00 €	128,30 €	33,032	7.102	57.244 €
14	215,00 €	132,20 €	32,834	7.059	64.303 €
15	215,00 €	136,10 €	32,637	7.017	71.320 €
16	140,20 €	140,20 €	32,441	4.549	75.869 €
17	144,40 €	144,40 €	32,247	4.657	80.526 €
18	148,80 €	148,80 €	32,053	4.768	85.294 €
19	153,20 €	153,20 €	31,861	4.882	90.176 €
20	157,80 €	157,80 €	31,67	4.998	95.174 €
21	162,60 €	162,60 €	31,48	5.117	100.291 €
22	167,40 €	167,40 €	31,291	5.239	105.530 €
23	172,40 €	172,40 €	31,103	5.364	110.894 €
24	177,60 €	177,60 €	30,916	5.491	116.385 €
25	183,00 €	183,00 €	30,731	5.622	122.007 €

É de salientar que nestes ganhos apresentados não estejam incluídos os encargos financeiros com eventuais seguros, contratos de manutenção preventiva e taxas de registo da miniprodução no escalão escolhido.

Na Figura 6.2, encontra-se esquematizado o Resultado Líquido em euros do sistema de minigeração fotovoltaico e da sua análise conclui-se que o Período de Retorno previsível é cerca de 6 anos com uma TIR de 18,7 %.

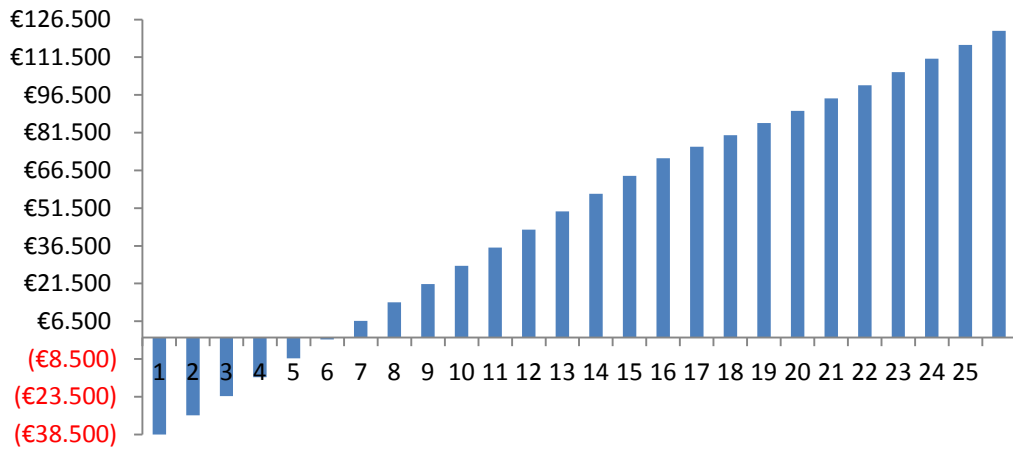


Figura 6.2 - Resultado Acumulado [€].

6.2.3 Substituição da Iluminação Interior e Exterior

Uma má instalação de iluminação não é apenas uma instalação que ilumina mal, mas também uma iluminação que custa demasiado.

Iluminação Interior

A iluminação interior é, em geral, realizada com lâmpadas fluorescentes. Para o seu funcionamento, estas lâmpadas necessitam de equipamento auxiliar com um consumo próprio (por exemplo: uma lâmpada de 58 W alimentada por um balastro ferromagnético *standard* consome cerca de 12 W suplementares).

As lâmpadas com balastro eletrónico são caras, mas as suas características permitem realizar importantes economias de consumo, sem contar que estes balastros permitem emitir mais luz, e portanto menos armaduras a instalar para um mesmo resultado. Além disso, estes balastros prolongam a duração de vida das lâmpadas em cerca de 50% e as intervenções de manutenção (substituição) são menos frequentes, tornando os custos mais reduzidos no balanço global.

Os utilizadores de um edifício, em geral, não têm um cuidado no controlo da iluminação interior. Sendo que a instalação de um sistema de controlo com sensores de presença ou crepusculares (células fotoétricas) permite abaixamento do consumo elétrico.

Análise da aplicação de reguladores de tensão e lâmpadas do tipo LEDs

Os Díodos Emissores de Luz (LEDs) representam uma solução capaz na iluminação interior, com baixo consumo de energia, robustez e tempo de vida útil longo e amigas do ambiente por não conterem mercúrio. Por este motivo considera-se esta solução no edifício em causa para substituição das lâmpadas incandescentes e de halogéneo.

Outra proposta é a instalação de reguladores de tensão, que funcionam quando a iluminação permanece permanentemente acesa como é o caso deste edifício. Na Tabela 6.4, apresenta-se o total de potência instalada [W] nos diferentes pisos.

Tabela 6.4 - Potência instalada por tipo de lâmpada e piso

	Piso 1	Piso 0	Cave
Total Potência (F. Compactas + Tubulares) [W]	14673	21989	10373
Total Potência (Incandescentes + Halógeno) [W]	6615	-	-

A Tabela 6.5 indica a energia [kWh/ano] e o custo poupados [€/ano] com a aplicação das duas medidas referidas anteriormente. Como o piso da cave está fora de serviço e os valores de potência instalados atualmente não são elevados, não compensa a substituição da iluminação na cave.

Tabela 6.5 - Análise da Energia e Custo da proposta de substituição da iluminação

	Piso 1	Piso 0	Cave
<i>Energia Poupada [kWh/ano]</i>	16.331	8.749	749
<i>Custo Poupado [€/ano]</i>	2.286,38 €	1.224,88 €	104,81 €

Na Tabela 6.6 estão indicados os pressupostos considerados para o cálculo da poupança energética.

Tabela 6.6 - Pressupostos considerados no cálculo da poupança energética pela substituição da iluminação interior.

<i>Redução de Consumo R.T [%]:</i>	30
<i>Redução de Consumo LED [%]:</i>	80
<i>Custo Energia [€/kWh]:</i>	0,14
<i>Investimento R.T [€/W]:</i>	0,22
<i>Investimento LED [€/W]:</i>	0,75

Na Tabela 6.7 encontra-se indicado o investimento previsto na aplicação dos reguladores de tensão e nos LEDs.

Tabela 6.7 - Investimento previsto na aplicação dos reguladores de tensão e LEDs

	Piso 1	Piso 0	Cave
<i>Custo Reguladores de Tensão</i>	3.228,08 €	4.837,47 €	2.281,99 €
<i>Investimento LED</i>	4.991,02 €	-	-

Na Tabela 6.8 está indicado o investimento e o custo poupados e previstos para a aplicação dos reguladores de tensão nos Pisos 0 e 1.

Tabela 6.8 - Investimento e custo poupado previsto na aplicação dos reguladores de tensão

	Piso 1	Piso 0
<i>Custo Reguladores de Tensão</i>	3.228,08 €	4.837,47 €
<i>Custo Poupado [€/ano]</i>	1.270,43 €	1.224,88 €

Análise do Período de Retorno

É, então, realizada a análise do período de retorno simples para as duas medidas em simultâneo, aplicação de alguns LEDs e reguladores de tensão nos Pisos 1 e 0.

$$Retorno = \frac{Investimento}{Poupança} = \frac{3.972,12}{13.056,57} = 3,7 \cong 4 \text{ anos}$$

No entanto, a análise do PRS para a instalação dos reguladores de tensão (ver Tabela 6.8) mostra uma diminuição de 4 para aproximadamente 3 anos, conforme prova o cálculo seguinte:

$$Retorno = \frac{Investimento}{Poupança} = \frac{8.065,55}{2.494,9} = 3,2 \cong 3 \text{ anos}$$

Iluminação Exterior

Analisando-se a AE verificou-se que a iluminação exterior é composta por dois tipos de lâmpadas diferentes: vapor de sódio e iodetos metálicos. No entanto admite-se que haja uma solução económica diferente e eventualmente mais eficiente.

Análise da substituição da iluminação exterior por LEDs

A proposta seguinte para a iluminação exterior tem como base a substituição dos projetores instalados em vapor de sódio (70 a 100 W) e iodetos metálicos (100 a 150 W) por projetores de LEDs com potências compreendidas entre os 34 e 60 W. Nas Tabelas 6.9 e 6.10 encontra-se a análise da proposta de substituição considerando um investimento de 7,12 €/Watt.

Tabela 6.9 - Investimento de projetores com LEDs na iluminação exterior

	[34 W]	[60 W]	Potência Instalada [W]	Investimento
<i>Fachada Principal</i>	16	39	2.884	20.534,08 €
<i>Fachada Posterior</i>	32	-	1.088	7.746,56 €
Total	48	39	3.972	28.280,64 €

Tabela 6.10 - Energia anual consumida com projetores de LEDs na iluminação exterior

	[34 W]	[60 W]	Total [kwh/ano]
<i>Fachada Principal</i>	1.191	5.125	6.316
<i>Fachada Posterior</i>	2.383	-	2.383
Total			8.699

Na Tabela 6.11 apresenta-se a poupança energética que a substituição pela iluminação com LEDs permite.

Tabela 6.11 - Comparação entre Energia e Custo poupados

	Energia Poupada [kWh/ano]	Custo Poupado [€/ano]
<i>Fachada Principal</i>	10.000	1.399,94 €
<i>Fachada Posterior</i>	3.705	518,77 €
Total	13.705	1.918,70 €

Na Figura 6.3 encontra-se demonstrado graficamente a poupança energética que a aplicação dos LEDs na iluminação exterior obtém relativamente à atual, cerca de 61% ou seja 13705 kWh/ano.

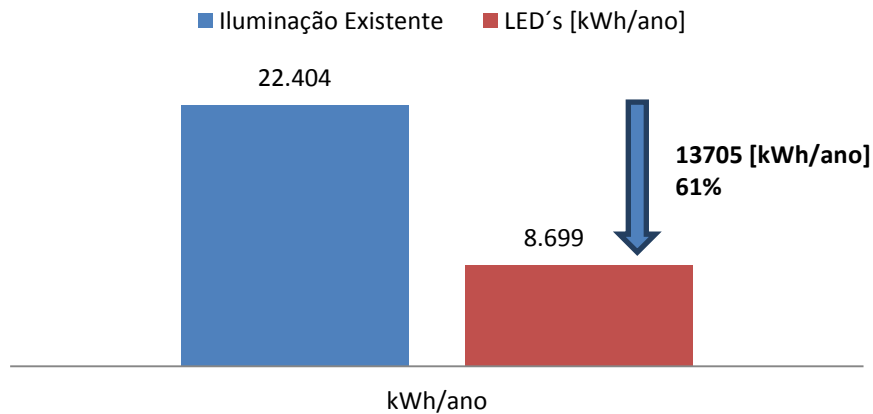


Figura 6.3 - Análise da poupança energética.

Análise do Período de Retorno

O período de retorno é então obtido fazendo o quociente entre o custo total, estimado, de implementação da medida e a poupança obtida:

$$Retorno = \frac{Investimento}{Poupança} = \frac{28.280,64\text{€}}{1.978,17\text{€}} = 14,7 \cong \mathbf{15 \text{ anos}}$$

Verifica-se que esta medida seria amortizada em pouco mais de 15 anos, devido ao elevado investimento inicial na tecnologia de LEDs.

6.2.4 Aplicação de Película de proteção solar

A aplicação de película de proteção solar é também uma das medidas propostas. A aplicação da película nos envidraçados dos escritórios (orientados a Sul e Este) permite reduzir os ganhos solares dos envidraçados, ou seja, diminuir o fator solar dos envidraçados (g_{\perp}) bem como o coeficiente de transmissão térmica (U).

As películas de proteção solar podem ser aplicadas em vidros comuns, temperados ou laminados e tem diversos tipos de funções desde o controlo visual, design, decoração, segurança do vidro até ao contributo que dão em termos de climatização e de melhoria da eficiência energética. A aplicação desta película nos envidraçados permite ainda outras vantagens como a redução do encadeamento, controlo dos picos de luminosidade e redução drástica da radiação ultravioleta (ver Figura 6.4).

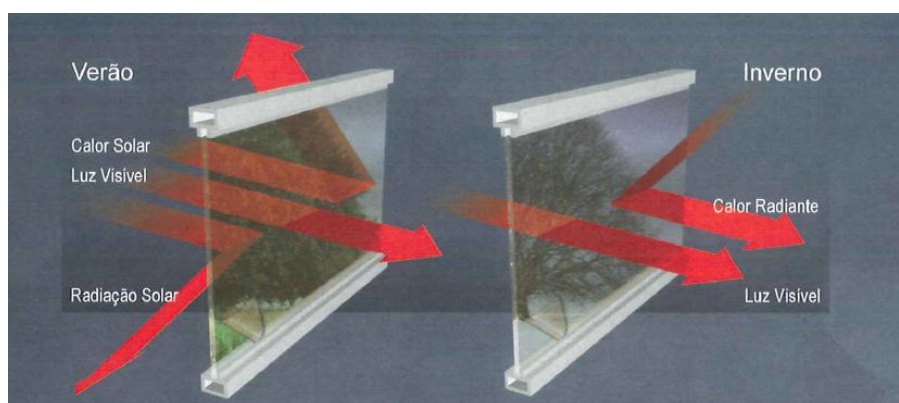


Figura 6.4 - Demonstração do efeito da película solar. [fonte: Empresa LLumar]

As películas estão disponíveis em várias cores como prata, bronze, alumínio, cinza, verde, azul, ouro e, após a devida escolha para o edifício Paços do Concelho, admite-se que os consumos de energia elétrica, para aquecimento e arrefecimento, baixem consideravelmente. As películas podem reduzir a perda de calor através do vidro até 30 por cento (durante o Inverno) e, em climas mais quentes, serem capazes de reduzir os custos de arrefecimento do espaço interior (durante o Verão) não deixando entrar até 79 % do calor solar incidente.

A fim de se averiguar a potencialidade desta medida considerou-se a película da marca LLUMAR, modelo R-15GSR CDF (Cinza). No Anexo V encontra-se as especificações da desta película. Segundo estas informações do fabricante realizou-se uma simulação térmica do edifício em *Designbuilder*.

Resultados obtidos em Simulação

Com o modelo utilizado na simulação real do edifício Paços do Concelho, e referido no capítulo 4, incluiu-se as considerações da película solar nos envidraçados orientados a Sul, Este e Oeste. Na Tabela 6.12 está realizada uma comparação entre os resultados de necessidades de Aquecimento e Arrefecimento, antes e após utilização de película solar.

Tabela 6.12 - Diferença energética antes e após colocação da película solar

	<i>s/película</i> [Mwh/ano]	<i>c/película</i> [Mwh/ano]	<i>Diferença</i>
Equipamentos	127,65	127,65	0
Iluminação	130,22	130,22	0
Aquecimento	23,3	23,7	2%
Arrefecimento	185,64	147,7	-26%

Como se pode verificar na tabela, a película solar permite uma diminuição de cerca de 26% durante o período de arrefecimento e um aumento de 2% no período de aquecimento. Em termos de poupança energética regista-se que são poupados no total cerca de 37,90 MWh/ano com a aplicação da película solar (ver Figura 6.5).

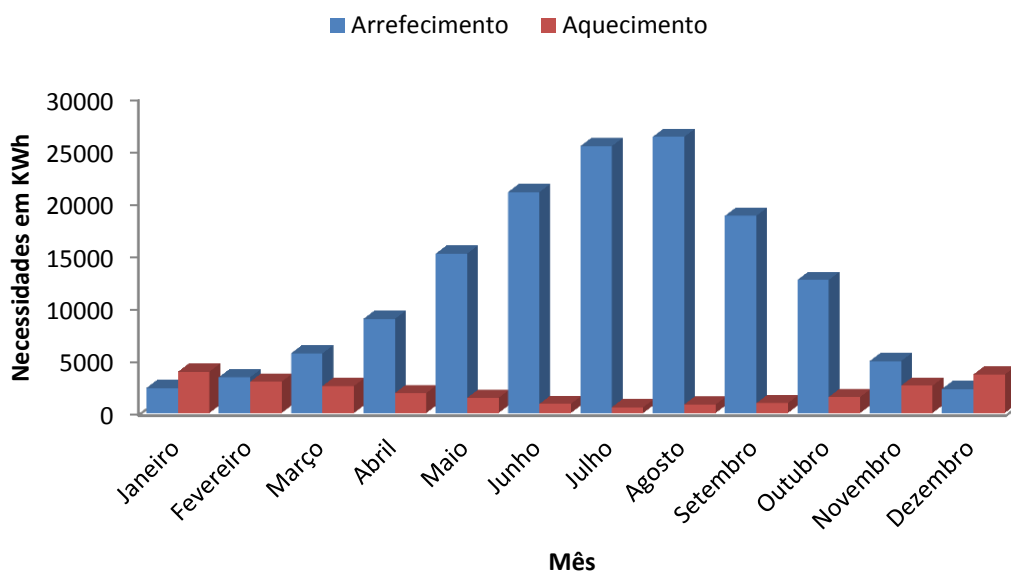


Figura 6.5 - Necessidade térmicas de aquecimento e arrefecimento após aplicação da película solar.

Análise do Período de Retorno

No cálculo do Período de Retorno do investimento foi solicitado a uma empresa que elaborasse um orçamento para o edifício Paços do Concelho. Na Tabela 6.13 estão os dados fornecidos à empresa para a área dos envidraçados e sua orientação.

Tabela 6.13 - Área dos envidraçados que compõe o edifício Paços do Concelho

Orientação	Numero Envidraçados - Piso 1[un.]	Numero Envidraçados - Piso 2 [un.]	Largura	Altura	Área [m²]	Total de Área [m²]
Sul	12	12	1,6	1,7	2,7	65,3
Este	12	12	1,6	1,7	2,7	65,3
Oeste	7	7	1,6	1,7	2,7	38,1
Norte	12	12	1,6	1,7	2,7	65,3
					Total :	233,92

Neste caso, e não contabilizando a aplicação da película solar nos envidraçados a Norte, o custo total estimado de implementação seria:

$$\text{Custo da medida} \cong 5.046,00\text{€}$$

Considerando uma tarifa elétrica média (horas de super vazio, vazio, cheias e de ponta) de 0,14 €/kWh, com a implementação desta medida poupar-se-ia por ano cerca de:

$$\text{Poupança} = 37.900 \text{ [kWh]} \times 0,14 \cong 5.306,00\text{€}$$

O Período de Retorno é obtido fazendo o quociente entre o custo do investimento e a poupança obtida:

$$\text{Retorno} = \frac{\text{Custo Pelicula}}{\text{Poupança}} = \frac{5.046}{5.306} = 0,95 \cong 1 \text{ ano}$$

Verifica-se que esta medida permite uma amortização em, aproximadamente, 1 ano.

6.2.5 Recomendações para os utentes dos Equipamentos de Informática

O consumo anual deste tipo de equipamentos no edifício dos Paços do Concelho totaliza 23% da fatura total, isto porque para além dos computadores de secretária tipo *desktop* existem os consumos do *Data Center* e da *UPS (Uninterruptible Power Supply)*. Este peso é elevado o que pode indicar a existência de equipamentos pouco eficientes ou uma má gestão por parte dos seus utilizadores.

Em seguida apresentam-se algumas medidas de boa gestão que deveriam ser implementadas pelas pessoas que utilizam estes equipamentos:

- Sempre que os utilizadores se ausentem da sua secretária por um período superior a 15 minutos dever-se-á desligar o monitor, uma vez que os monitores consomem mais de metade do consumo de um computador.
- Desligar sempre todo o equipamento informático no final de cada dia.
- Utilizar sempre que possível computadores portáteis, uma vez que o consumo é inferior aos computadores do tipo *desktop*.

6.2.6 Mudança do Sistema de Climatização

O consumo dos equipamentos de climatização totaliza a grande fatia dos consumos de eletricidade no edifício em estudo. Estes equipamentos, que fazem o aquecimento e arrefecimento do edifício, são pouco eficientes e antiquados e deveriam ser substituídos para um sistema de climatização centralizada. Contudo, esta mudança acarreta um investimento inicial elevado e uma mudança grande no interior de edifício que implicaria a sua total reformulação. Como esta hipótese está posta de parte para um futuro breve, resta a mudança para equipamentos mais eficientes, trocando os aquecedores a óleo e os *splits* mais antiquados e a precisar de manutenção.

Capítulo 7

Principais Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

Neste Capítulo serão analisados de forma sucinta e clara todos os estudos e considerações realizadas ao longo da dissertação.

7.1 Conclusões

O estudo da análise energética permitiu discriminar todos os tipos de consumos de energia associados ao edifício Paços do Concelho. Os consumos reais e simulados (*DesignBuilder v2*) para a auditoria energética foram muito semelhantes e, de uma forma geral, corresponderam a cerca de 28% à iluminação, 45% à climatização e os restantes 27% aos equipamentos informáticos e outros equipamentos.

A iluminação é um dos pontos fracos do edifício e com mais potencialidade de melhoria. Pela análise e consulta de produtos no mercado sugerem-se algumas modificações mantendo os níveis de iluminação desejáveis e regulamentares. A primeira sugestão é a substituição das lâmpadas de halogéneo e incandescentes por LEDs (custo 4.991,00€) e a segunda é a aplicação de reguladores de tensão (custo 8.065,55€) nos pisos 0 e 1; em conjunto estas medidas têm um período de retorno de aproximadamente 4 anos. Na iluminação exterior a proposta é a da substituição da tecnologia de vapor de sódio (fachada principal) e iodetos metálicos (fachada posterior) pela tecnologia de LEDs, prevendo-se um investimento de 28.280,64€ e um período de retorno na ordem dos 14,7 anos. Este valor é elevado e um pouco desencorajadora mesmo considerando a pouca manutenção da tecnologia LED.

A climatização do edifício é também um ponto fraco, tem mais de 40 *splits* espalhados pelas várias salas de gabinetes. Alguns destes equipamentos já têm uma potência bastante inferior à

da sua origem, muito devido às suas incrustações. Torna-se, por isso, imperioso otimizar as necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício numa unidade central.

A aplicação de películas solares nos envidraçados a Sul, Este e Oeste é uma medida evidente que custa 5.046,00€ e tem um período de retorno do investimento de 1,3 anos.

A instalação de um sistema de minigeração fotovoltaico também foi estudada e concluiu-se que a sua aplicação seria bastante rentável (tempo de retorno de cerca de 6 anos), podendo se até propor um sistema de minigeração de mais de 20 kW de potência.

A simulação térmica do edifício permitiu concluir que a classe energética a atribuir é a D (com o valor do IEE nominal de $46,5 \frac{kg\text{ep}}{m^2\text{ano}}$).

A avaliação da qualidade do ar interior permitiu conhecer os valores de todos os parâmetros impostos pelo RSECE-QAI com a exceção das análises das bactérias e fungos que têm pouca relevância para este edifício. Para as concentrações de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), partículas do tipo PM₁₀, os valores foram em média de 0,70 ppm e 0,16 mg/m³ e não se encontram conforme os limites regulamentares (0,26 ppm, 0,15 mg/m³). Para as restantes substâncias analisadas como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), Formaldeído (HCOH) e Radão, os valores em média foram iguais a 894 ppm, 1,23 ppm, 0,07 ppm, 0,01 ppm e 378 Bq/m³ que se encontram dentro dos limites regulamentares (984 ppm, 10,7ppm, 0,10 ppm, 0,08 ppm e 400 Bq/m³).

Os COVs apresentaram valores de concentração elevados, podendo mesmo dizer-se que quase todos estão acima do limite regulamentar (0,26 ppm). Admite-se que existem fontes emissoras destes compostos dentro do edifício e que, para uma adequação ao tipo de tratamento ou sugestão de melhoria, seria necessário realizar uma análise por cromatografia de forma a identificar os compostos voláteis em causa.

As concentrações de PM₁₀ em determinados espaços do edifício foram significativamente mais elevadas e superiores ao limite regulamentar, são espaços em que existe uma abertura direta ao exterior e alguns casos permanente. Admite-se pois que estes valores provêm de contaminações externas.

Mais, o Radão apareceu com uma concentração superior ao limite regulamentar na cave do edifício 423 Bq/m³, no entanto este local está inocupado e sem a ventilação necessária e, por isso, não é uma preocupação.

Por último importa referir que os dados apresentados no presente relatório poderão ser utilizados pelo município no âmbito do programa ECO.AP, nomeadamente por incluir os dados

necessários para o convite às Empresas de Serviços de Energia (ESEs) podendo auxiliar estas na elaboração da auditoria simples.

7.2 Perspetivas de trabalhos futuros

Com a perspetiva de desenvolvimento futuro deste trabalho sugere-se o estudo da:

- Monitorização do consumo de energia elétrica no edifício de modo a comprovar os valores obtidos na AE e avaliar os períodos de retorno das medidas que eventualmente sejam aplicadas;
- Instalação de sensores de presença ou crepusculares (células fotoétricas) com base nos registos de luminância e determinação do Período de Retorno.
- Instalação com mais do que 20 kW no sistema fotovoltaico, com ajuda de uma empresa no mercado, embora tenha de ser considerado as limitações de espaço;
- Instalação de um sistema de climatização centralizado no edifício.

Referências

- [1] EDP, “Guia prático da Eficiência Energética,” 2010. [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/Maria7y/eficincia-energticaguia-edp>. [Acedido em Junho 2012].

- [2] F. Sánchez, “Manual de boas práticas de eficiência energética,” [Online]. Available: <http://www.bcsdportugal.org/files/496.pdf>. [Acedido em Dezembro 2011].

- [3] UE, “Plano de Ação para a Eficiência Energética,” (2007-2012). [Online]. Available: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27064_pt.htm. [Acedido em Dezembro 2011].

- [4] E. Rosa, “Dependência e ineficiência energética em Portugal,” [Online]. Available: http://resistir.info/e_rosa/crise_energetica.html. [Acedido em Janeiro 2012].

- [5] “Resolução de Conselho de Ministros n.º 2/2011,” [Online]. Available: <http://dre.pt/pdf1sdip/2011/01/00800/0027000271.pdf>. [Acedido em Janeiro 2012].

- [6] EPBD, “Concerted Action,” [Online]. Available: <http://www.epbd-ca.org/>. [Acedido em Maio 2012].

- [7] ADENE, *Plano Nacional de Ação para a eficiência Energética (PNAEE)*, 2008.

- [8] Quercus, “Produção e Consumo de Eletricidade,” 2012.

- [9] ADENE, "Certificação Energética e Ar Interior de Edifícios," 2009. [Online]. Available: <http://www.adene.pt/>. [Acedido em Maio 2012].
- [10] Pordata, "Consumidores de eletricidade por tipo de consumo," 2010. [Online]. Available: www.pordata.pt. [Acedido em Abril 2012].
- [11] CCR-Norte, "Plano de Ação para a Energia Sustentável no Norte de Portugal," 2010. [Online]. Available: <http://ccr-norte.pt/regnorte/energia.zip>.
- [12] D.-L. n.º78/2006, *Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios*, 2006.
- [13] D.-L. n.º79/2006, *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)*.
- [14] D.-L. n. 80/2006, *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*.
- [15] ADENE, "Manual "Perguntas e respostas sobre o RSECE-Energia"," 2008.
- [16] N. T. NT-SCE-02, "Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE," ADENE, 2009.
- [17] DesignBuilder, "natural-works.com/db/," Natural Works. [Online]. [Acedido em 06 2012].
- [18] NorControl, "<http://www.norcontrol.pt/>," [Online]. [Acedido em Maio 2012].
- [19] 1. S. D.R. n.º 8, *Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011 de 12 de Janeiro*.

ANEXOS

I. Faturação de Energia Elétrica

Energia Elétrica 2009																
Meses	Energia (kWh)					kgep	Potência (kW)		Custo (€)						TOTAL	(€/ kWh)
	HSV	HVN	HP	HC	Total	Total	PC	PHP	HSV	HVN	HP	HC	PC	PHP		
Jan	0	11.606	11.342	29.835	52.783	15	427	141,70	- €	638,33 €	1.384,86 €	2.634,43 €	311,86 €	1.431,59 €	6.401,07 €	0,1213 €
Fev	0	18.708	15.726	49.764	84.198	24	427	140,41	- €	1.028,94 €	1.920,14 €	4.394,16 €	436,60 €	1.985,00 €	9.764,84 €	0,1160 €
Mar	0	15.600	15.384	40.752	71.736	21	427	128,20	- €	858,00 €	1.878,39 €	4.598,39 €	467,78 €	1.941,85 €	9.744,41 €	0,1358 €
Abr	0	12.078	14.556	31.020	57.654	17	427	113,72	- €	664,29 €	1.777,29 €	2.739,07 €	498,97 €	1.837,35 €	7.516,97 €	0,1304 €
Mai	0	10.878	13.092	27.876	51.846	15	427	112,86	- €	598,29 €	1.598,53 €	2.461,45 €	452,19 €	1.652,51 €	6.762,97 €	0,1304 €
Jun	0	11.550	13.674	30.474	55.698	16	427	110,27	- €	635,25 €	1.669,60 €	2.690,85 €	483,38 €	1.725,94 €	7.205,02 €	0,1294 €
Jul	0	12.198	13.836	33.144	59.178	17	427	104,82	- €	670,89 €	1.689,38 €	2.926,62 €	514,56 €	1.746,48 €	7.547,93 €	0,1275 €
Ago	0	10.500	13.368	29.154	53.022	15	427	115,24	- €	577,50 €	1.632,23 €	2.574,30 €	452,19 €	1.687,36 €	6.923,58 €	0,1306 €
Set	0	12.798	15.810	33.840	62.448	18	427	123,52	- €	703,89 €	1.930,40 €	2.988,07 €	498,97 €	1.995,69 €	8.117,02 €	0,1300 €
Out	0	11.388	13.902	34.266	59.556	17	427	112,11	- €	626,34 €	1.697,43 €	3.025,69 €	483,38 €	1.754,73 €	7.587,57 €	0,1274 €
Nov	0	13.086	13.632	36.180	62.898	18	427	106,50	- €	719,73 €	1.664,47 €	3.194,69 €	498,97 €	1.720,70 €	7.798,56 €	0,1240 €
Dez	0	16.104	15.528	42.720	74.352	22	427	129,40	- €	885,72 €	1.895,97 €	3.772,18 €	467,78 €	1.960,02 €	8.981,67 €	0,1208 €
Total	0	156.494	169.850	419.025	745.369	216	5.126	1.439	- €	8.607,17 €	20.738,69 €	37.999,90 €	5.566,63 €	21.439,22 €	94.351,61 €	0,1266 €
Média	0	13.041	14.154	34.919	62.114	18	427	120	- €	717,26 €	1.728,22 €	3.166,66 €	463,89 €	1.786,60 €	7.862,63 €	0,1266 €
%	0,00%	21,00%	22,79%	56,22%	100%	-	-	-	0,00%	9,12%	21,98%	40,27%	5,90%	22,72%	100%	-

Figura I.1 - Faturação discriminada do consumo de energia elétrica em 2009.

Energia Eléctrica 2010																	
Meses	Energia (kWh)					kgep	Potência (kW)			Custo (€)						TOTAL	(€/ kWh)
	HSV	HVN	HP	HC	Total		Total	PC	PHP	HSV	HVN	HP	HC	PC	PHP		
Jan	4.670	11.452	15.948	43.284	75.354	22	389	137,40	246,11 €	640,37 €	1.966,89 €	3.882,07 €	422,46 €	2.128,84 €	9.286,74 €	0,1232 €	
Fev	7.181	10.771	16.824	47.706	82.482	24	389	145,03	378,44 €	608,56 €	2.082,81 €	4.303,08 €	444,24 €	2.292,20 €	10.109,33 €	0,1226 €	
Mar	6.924	10.386	16.410	43.926	77.646	23	389	132,34	364,89 €	586,81 €	2.031,56 €	3.962,13 €	388,80 €	2.235,88 €	9.570,07 €	0,1233 €	
Abr	4.829	7.243	12.864	32.874	57.810	17	389	103,74	254,49 €	409,23 €	1.592,56 €	2.965,23 €	474,88 €	1.752,69 €	7.449,08 €	0,1289 €	
Mai	4.680	7.020	16.470	32.022	60.192	17	389	141,80	246,64 €	396,63 €	2.038,99 €	2.888,38 €	444,24 €	2.243,99 €	8.258,87 €	0,1372 €	
Jun	5.842	8.762	22.524	40.212	77.340	22	389	170,64	307,87 €	495,05 €	2.788,47 €	3.627,12 €	505,52 €	3.068,96 €	10.792,99 €	0,1396 €	
Jul	5.028	7.542	18.942	35.370	66.882	19	389	169,13	264,97 €	426,12 €	2.345,02 €	3.190,38 €	428,92 €	2.580,92 €	9.236,33 €	0,1381 €	
Ago	5.143	7.715	19.350	35.676	67.884	20	389	172,77	271,04 €	435,90 €	2.395,53 €	3.217,98 €	428,92 €	2.636,47 €	9.385,84 €	0,1383 €	
Set	5.556	8.334	20.868	37.866	72.624	21	389	153,44	292,80 €	470,87 €	2.583,46 €	3.415,51 €	520,84 €	2.843,24 €	10.126,72 €	0,1394 €	
Out	5.292	7.938	20.046	35.124	68.400	20	389	167,05	278,89 €	448,50 €	2.481,69 €	3.168,18 €	459,56 €	2.731,27 €	9.568,09 €	0,1399 €	
Nov	5.851	8.777	20.994	39.918	75.540	22	389	162,04	308,35 €	495,90 €	2.599,06 €	3.600,60 €	490,20 €	2.860,51 €	10.354,62 €	0,1371 €	
Dez	8.592	12.888	26.322	59.310	107.112	31	416	188,01	452,80 €	728,17 €	3.258,66 €	5.349,76 €	574,22 €	3.586,29 €	13.949,90 €	0,1302 €	
Total	69.588	108.828	227.562	483.288	889.266	258	4.693	1.843	3.667,29 €	6.142,11 €	28.164,70 €	43.570,42 €	5.582,80 €	30.961,26 €	118.088,58 €	0,1328 €	
Média	5.799	9.069	18.964	40.274	74.106	21	391	154	305,61 €	511,84 €	2.347,06 €	3.630,87 €	465,23 €	2.580,11 €	9.840,72 €	0,1328 €	
%	7,83%	12,24%	25,59%	54,35%	100%	-	-	-	3,11%	5,20%	23,85%	36,90%	4,73%	26,22%	100%	-	

Figura I.2 – Faturação desciminada do consumo de energia elétrica em 2010.

Energia Eléctrica 2011																	
Meses	Energia (kWh)					kgep	Potência (kW)			Custo (€)						TOTAL	(€/ kWh)
	HSV	HVN	HP	HC	Total		Total	PC	PHP	HSV	HVN	HP	HC	PC	PHP		
Jan	6.053	9.079	18.114	42.870	76.116	22	416	181,14	329,67 €	530,50 €	2.317,07 €	3.996,51 €	424,14 €	2.550,96 €	10.148,85 €	0,1333 €	
Fev	6.538	9.806	19.566	46.302	82.212	24	416	181,17	358,28 €	576,59 €	2.518,14 €	4.343,13 €	460,95 €	2.772,55 €	11.029,64 €	0,1342 €	
Mar	7.771	11.657	21.942	51.342	92.712	27	416	116,40	425,85 €	685,43 €	2.823,94 €	4.815,88 €	563,39 €	3.109,23 €	12.423,72 €	0,1340 €	
Abr	5.189	7.783	19.944	37.194	70.110	20	416	171,93	284,36 €	457,64 €	2.566,79 €	3.488,80 €	495,10 €	2.826,05 €	10.118,74 €	0,1443 €	
Mai	4.846	7.268	19.380	33.756	65.250	19	416	167,07	265,56 €	427,36 €	2.494,21 €	3.166,31 €	495,10 €	2.746,16 €	9.594,70 €	0,1470 €	
Jun	4.555	6.833	16.782	32.544	60.714	18	416	155,39	249,61 €	401,78 €	2.159,84 €	3.052,63 €	460,95 €	2.378,03 €	8.702,84 €	0,1433 €	
Jul	4.862	7.294	18.504	34.728	65.388	19	416	154,20	266,44 €	428,89 €	2.381,46 €	3.257,49 €	512,17 €	2.622,02 €	9.468,47 €	0,1448 €	
Ago	5.040	7.560	19.356	36.486	68.442	20	416	151,22	276,19 €	44,53 €	2.491,12 €	3.422,39 €	546,32 €	2.742,77 €	9.523,32 €	0,1391 €	
Set	4.958	7.438	18.744	34.014	65.154	19	416	156,20	271,70 €	437,35 €	2.412,35 €	3.190,51 €	512,17 €	2.656,02 €	9.480,10 €	0,1455 €	
Out	5.786	8.680	21.552	40.254	76.272	22	416	153,94	317,07 €	510,39 €	2.773,74 €	3.775,83 €	597,54 €	3.053,86 €	11.028,43 €	0,1446 €	
Nov	5.710	8.564	17.670	37.554	69.498	20	416	138,05	312,91 €	503,56 €	2.274,13 €	3.522,57 €	546,32 €	2.503,90 €	9.663,39 €	0,1390 €	
Dez	5.287	7.931	14.652	33.822	61.692	18	416	146,52	289,73 €	466,32 €	1.885,71 €	3.172,50 €	413,28 €	2.076,19 €	8.303,73 €	0,1346 €	
Total	66.595	99.893	226.206	460.866	853.560	248	4.992	1.873	3.647,37 €	5.470,34 €	29.098,50 €	43.204,55 €	6.027,43 €	32.037,74 €	119.485,93 €	0,1400 €	
Média	5.550	8.324	18.851	38.406	71.130	21	416	156	303,95 €	455,86 €	2.424,88 €	3.600,38 €	502,29 €	2.669,81 €	9.957,16 €	0,1400 €	
%	7,80%	11,70%	26,50%	53,99%	100%	-	-	-	3,05%	4,58%	24,35%	36,16%	5,04%	26,81%	100%	-	

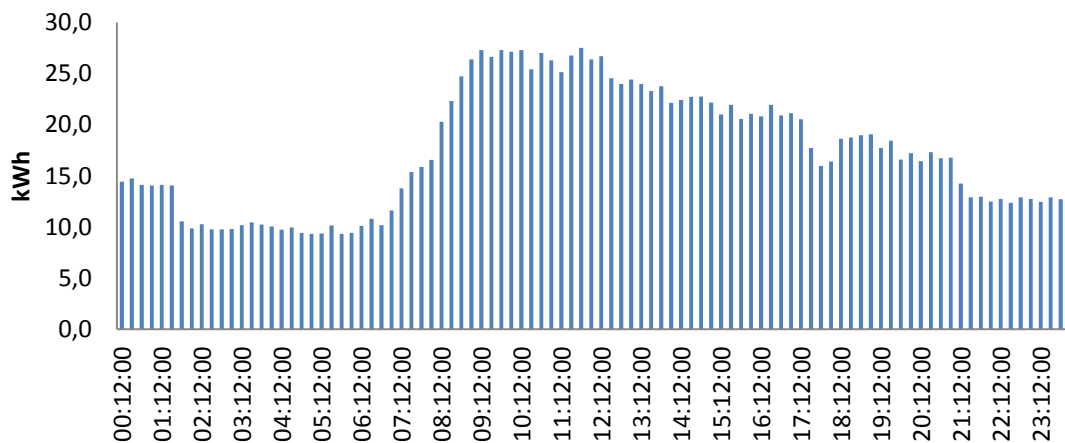
Figura I.3 – Faturação desciminada do consumo de energia elétrica em 2011.

Iluminação Interior													
Seção		Quantidade	Tipo		Potência	Consumo	Horas/Dia	Dias/Ano	Horas/Ano	Acesas	Consumo	Consumo	CO2e
					[W]	[W]	[h]	[dias]	[horas]	%	[kWh/Ano]	[tep/ano]	[kg/ano]
Piso 1	Gabinete	16	F.Tubular	B.Ferro Magnético	18	24	8	264	2112	100%	811	0,24	381
	Gabinete	118	F.Tubular	B.Ferro Magnético	36	45	8	264	2112	100%	11215	3,25	5271
	Gabinete	54	F.Tubular	B.Ferro Magnético	58	70	8	264	2112	100%	7938	2,30	3731
	Gabinete	8	F.Tubular T5	B. Electrónico			8	264	2112	100%	0	0,00	0
	Gabinete	14	F. Compactas	-	12	17	8	264	2112	100%	503	0,15	236
	Gabinete	3	F. Compactas	-	18	24	8	264	2112	100%	152	0,04	71
	Gabinete	27	F. Compactas	-	23	28	8	264	2112	100%	1597	0,46	750
	Gabinete	13	F. Compactas	-	26	32	8	264	2112	100%	879	0,25	413
	Gabinete	5	Halógeno	-	150	180	8	264	2112	100%	1901	0,55	893
	Gabinete	6	Halógeno	-	500	600	8	264	2112	100%	7603	2,20	3574
	Gabinete	5	Incandescentes	-	25	30	8	264	2112	100%	317	0,09	149
	Gabinete	3	Incandescentes	-	60	72	8	264	2112	100%	456	0,13	214
	Hall	16	F.Tubular	B.Ferro Magnético	18	24	8	264	2112	100%	811	0,24	381
	Hall	12	F.Tubular	B.Ferro Magnético	36	45	8	264	2112	100%	1140	0,33	536
	Hall	19	F.Tubular	B.Ferro Magnético	58	70	8	264	2112	100%	2793	0,81	1313
	Hall	16	F. Compactas	-	16	19	8	264	2112	100%	642	0,19	302
	Salão Nobre	9	F.Tubular	B.Ferro Magnético	18	24	2	264	528	100%	114	0,03	54
	Salão Nobre	12	F. Compactas	-	12	17	2	264	528	100%	108	0,03	51
	Salão Nobre	3	F. Compactas	-	18	24	2	264	528	100%	38	0,01	18
	Salão Nobre	32	Incandescentes	-	80	100	2	264	528	100%	1690	0,49	794
Salão Nobre	2			300		2	264	528	100%	0	0,00	0	
Piso 0	Gabinete	104	F.Tubular	B.Ferro Magnético	18	24	8	264	2112	100%	5272	1,53	2478
	Gabinete	60	F.Tubular	B.Ferro Magnético	36	45	8	264	2112	100%	5702	1,65	2680
	Gabinete	78	F.Tubular	B.Ferro Magnético	58	70	8	264	2112	100%	11466	3,33	5389
	Gabinete	8	F. Compactas	-	9	17	8	264	2112	100%	287	0,08	135
	Gabinete	8	F. Compactas	-	18	24	8	264	2112	100%	406	0,12	191
	Hall Corredor	16	F.Tubular	B.Ferro Magnético	18	24	8	264	2112	100%	811	0,24	381
	Hall Corredor	8	F.Tubular	B.Ferro Magnético	36	45	8	264	2112	100%	760	0,22	357
	Hall Corredor	10	F.Tubular	B.Ferro Magnético	58	70	8	264	2112	100%	1470	0,43	691
	Hall Entrada Principal	8	F. Compactas	-	18	24	8	264	2112	100%	406	0,12	191
	Hall Entrada Principal	7	F. Compactas	-	23	28	8	264	2112	100%	408	0,12	192
	Secção de Atendimento	4	F.Tubular	B.Ferro Magnético	32	40	8	264	2112	100%	338	0,10	159
	Secção de Atendimento	9	F. Compactas	-	9	11	8	264	2112	100%	209	0,06	98
	WC's	5	F.Tubular	B.Ferro Magnético	36	41	8	264	2112	100%	433	0,13	203
	Cruz Vermelha	6	F.Tubular	B.Ferro Magnético	58	70	8	264	2112	100%	882	0,26	415
	DATA Center	2	F.Tubular	B.Ferro Magnético	36	45	1	264	264	100%	24	0,01	11
DATA Center	14	F.Tubular	B.Ferro Magnético	58	70	1	264	264	100%	257	0,07	121	
Cave	Ex. Arquivo	14	F.Tubular	B.Ferro Magnético	36	45	0,1	264	26,4	100%	17	0,00	8
	Ex. Arquivo	1	F.Tubular	B.Ferro Magnético	58	70	0,1	264	26,4	100%	2	0,00	1
	Ex. PSP	12	F.Tubular	B.Ferro Magnético	36	45	0,1	264	26,4	100%	14	0,00	7
	Ex. PSP	2	F.Tubular	B.Ferro Magnético	58	70	0,1	264	26,4	100%	4	0,00	2
	Vestiário Limpeza	2	F.Tubular	B.Ferro Magnético	36	45	8	264	2112	100%	190	0,06	89
	Sala dos Motoristas	9	F.Tubular	B.Ferro Magnético	36	45	9	264	2376	100%	962	0,28	452
	Total										71025	21	33382

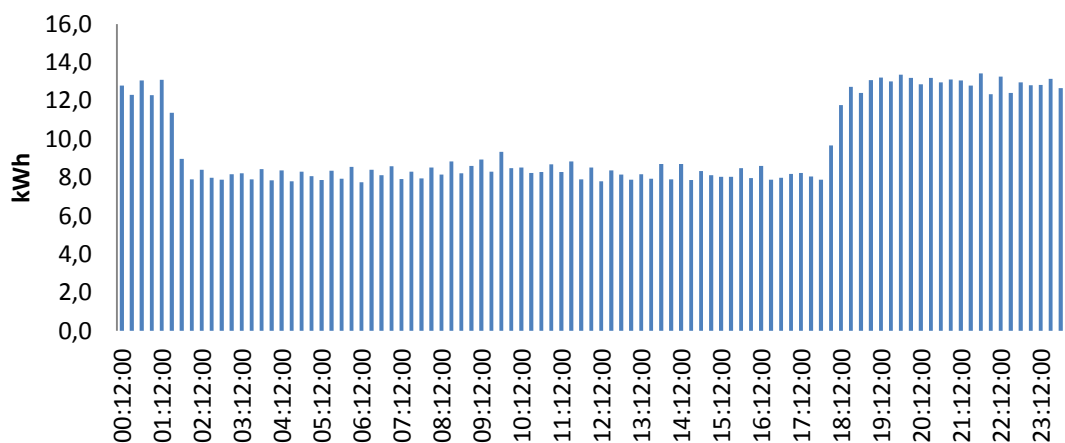
Figura I.4 – Descritivo da Iluminação Interior.

II. Diagramas diários do analisador de Energia

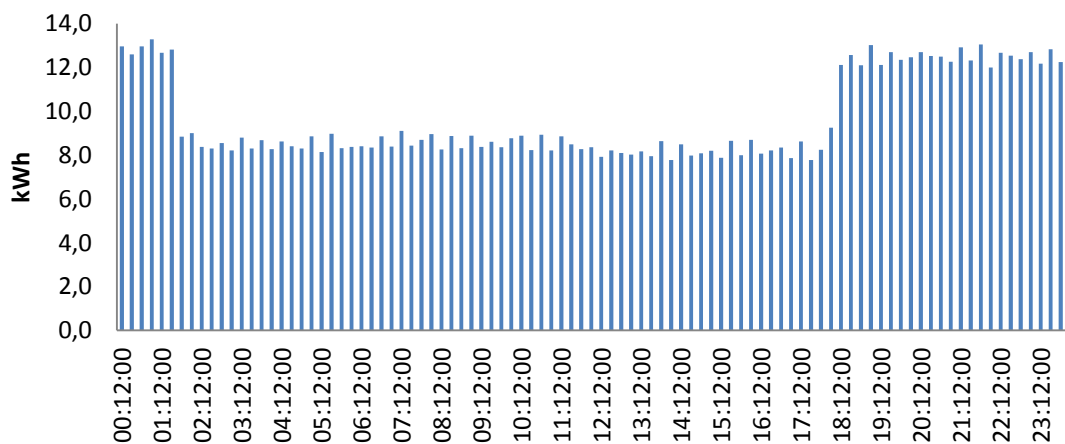
Dia 24 Fevereiro



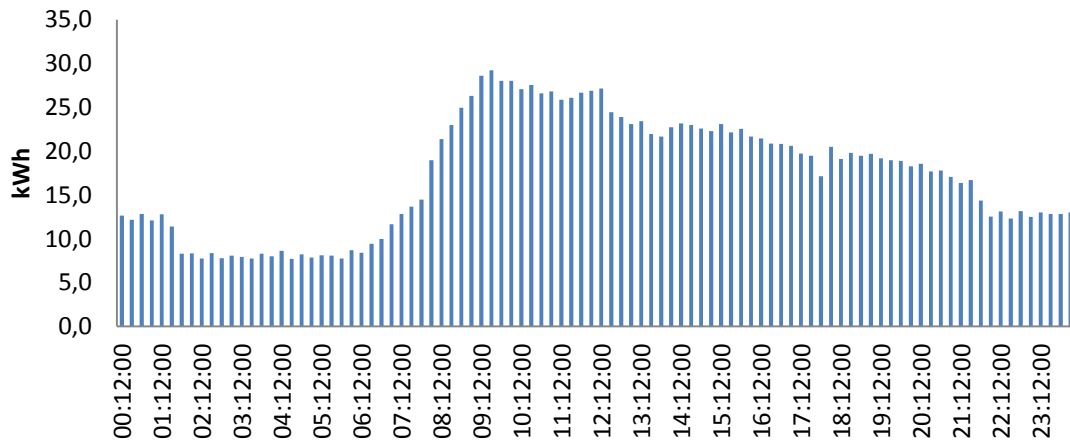
Dia 25 Fevereiro



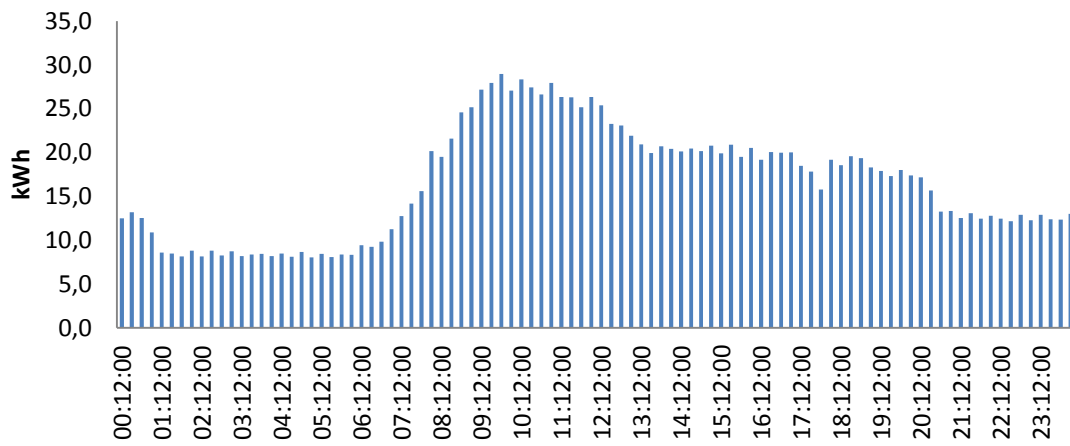
Dia 26 Fevereiro



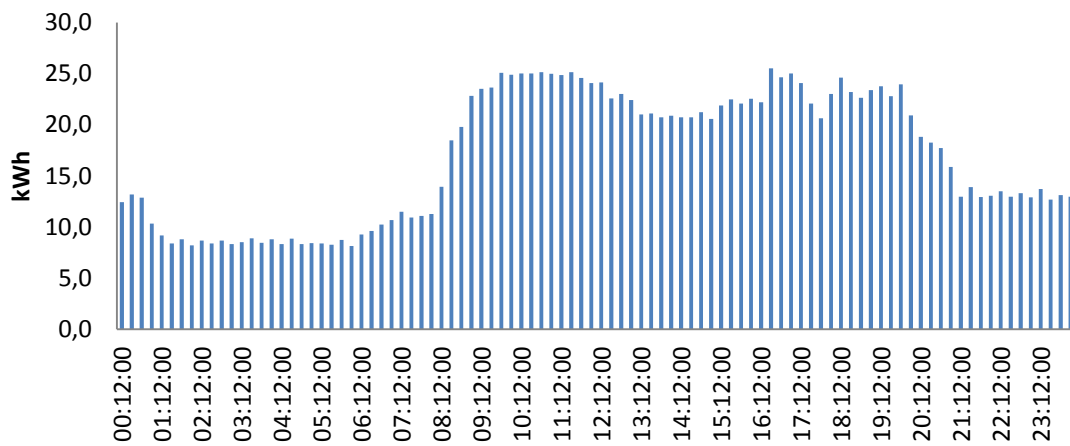
Dia 27 Fevereiro



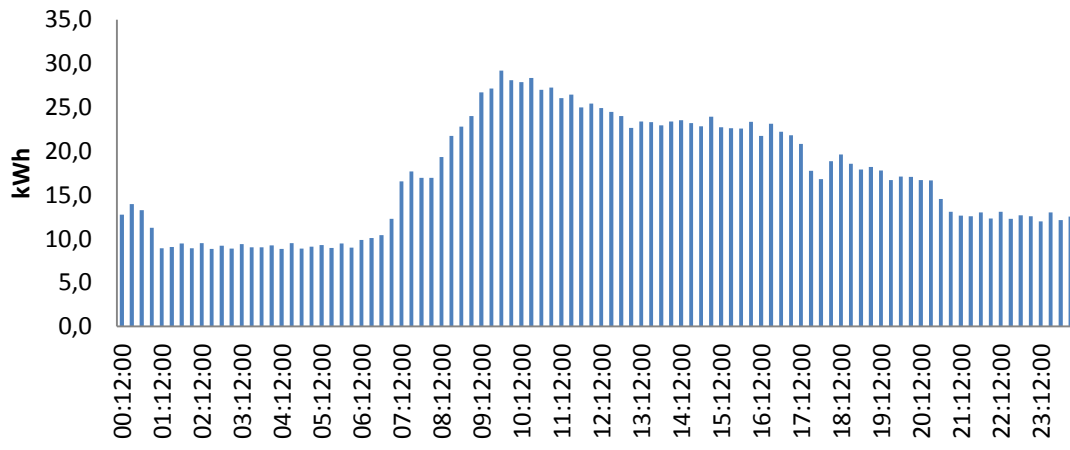
Dia 28 Fevereiro



Dia 29 Fevereiro



Dia 1 Março



III. Simulação Dinâmica Real (DesignBuilder)

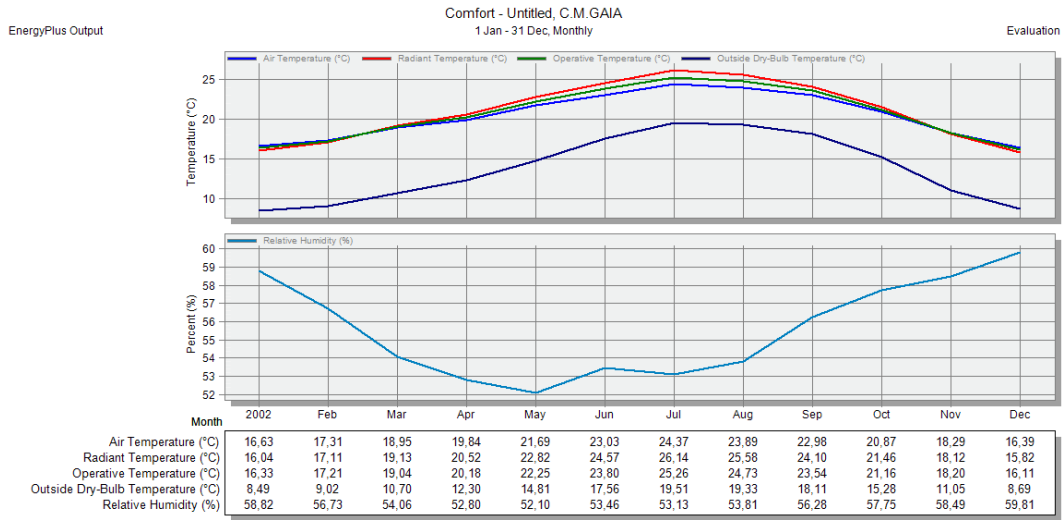


Figura III.5 – Comportamento da temperatura interior ao longo do ano.

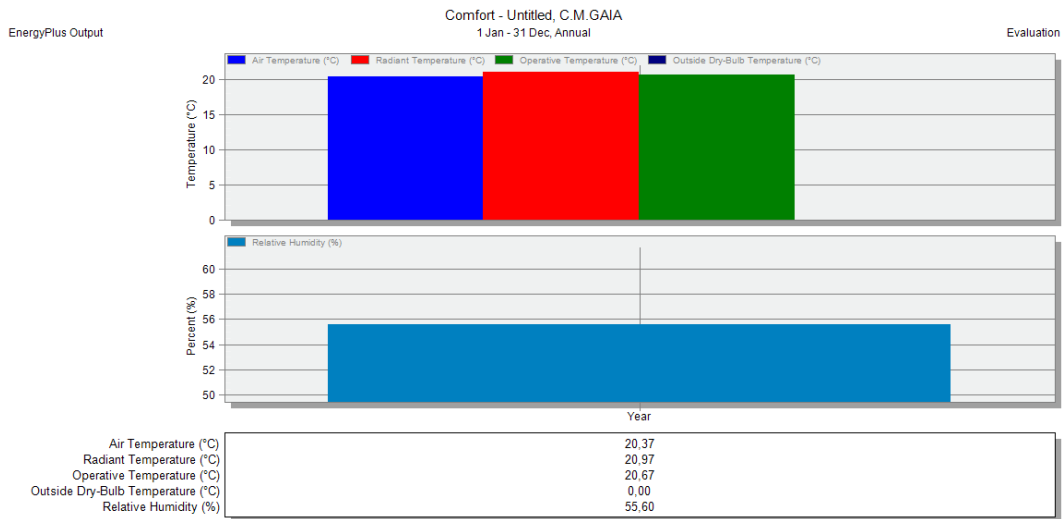


Figura II.6 – Perfil de Temperaturas.

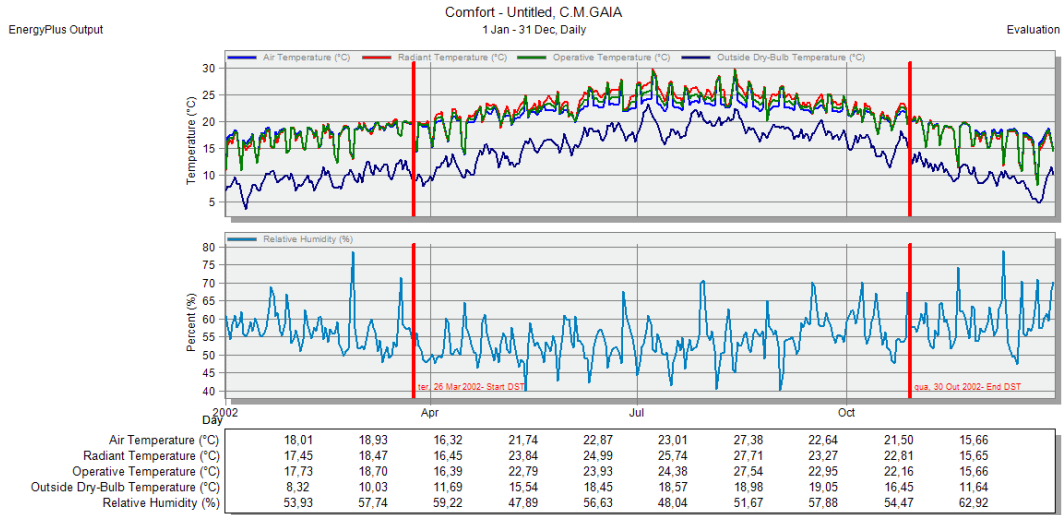


Figura III.7 – Perfil de temperaturas.

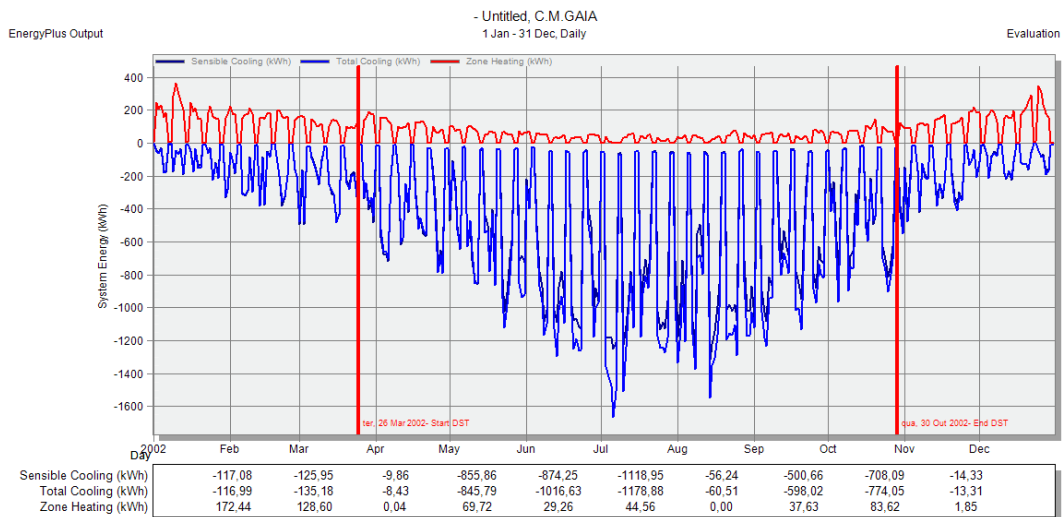


Figura III.8 – Comportamento no Arrefecimento.

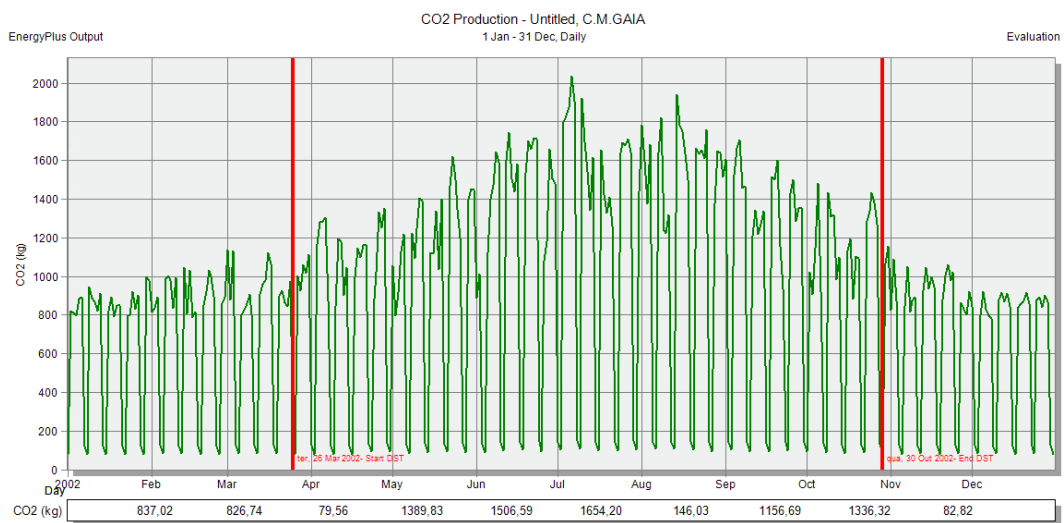


Figura III.9 – Produção de CO₂.

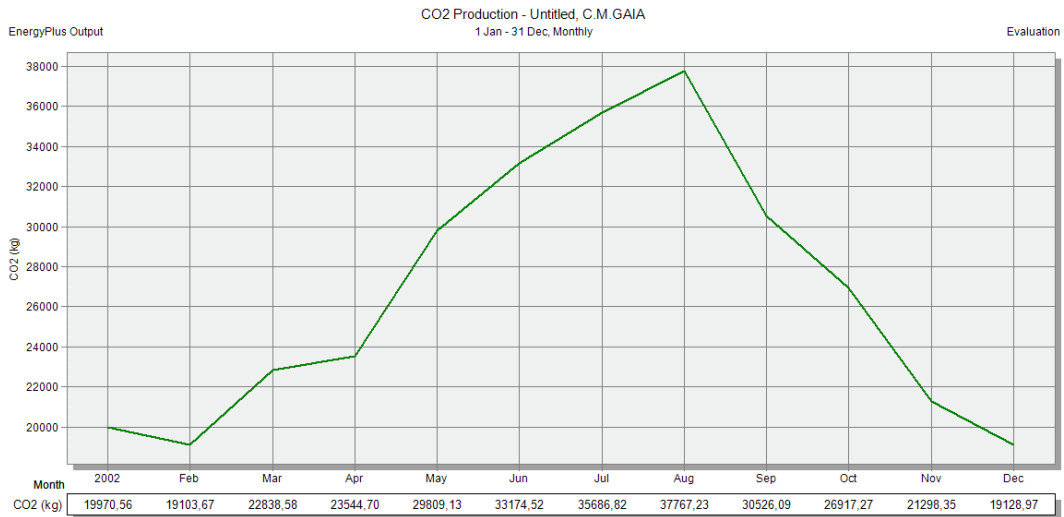


Figura III.10 - Produção de CO₂.

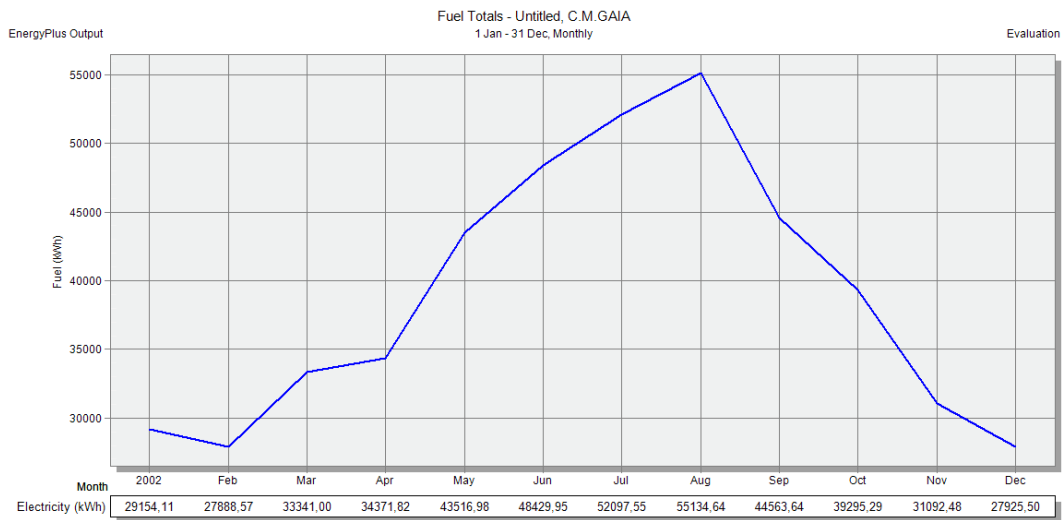


Figura III.11 – Consumo total de energia.

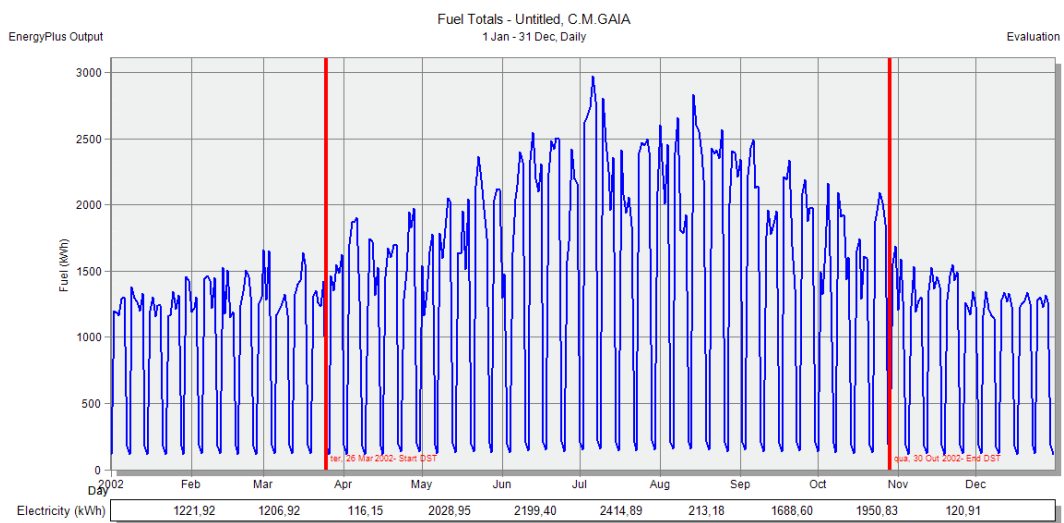


Figura III.12 – Consumo total de energia.

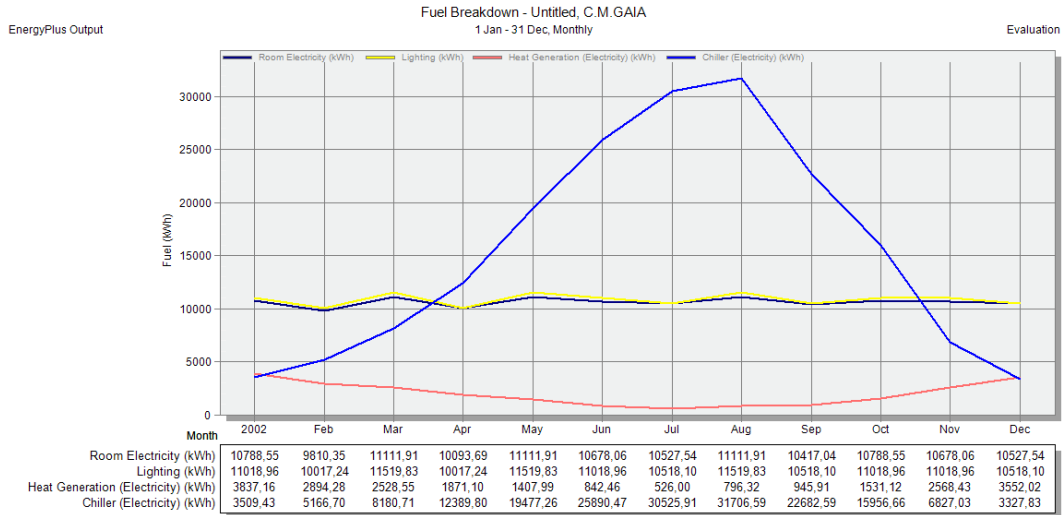


Figura III.13 – Descriminação do consumo de energia por sectores.

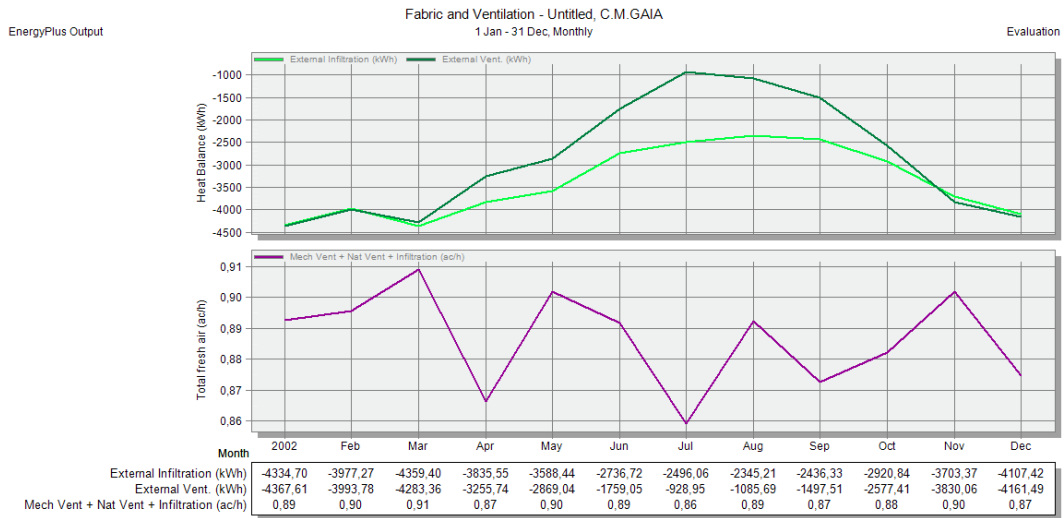


Figura III.14 – Ventilação.

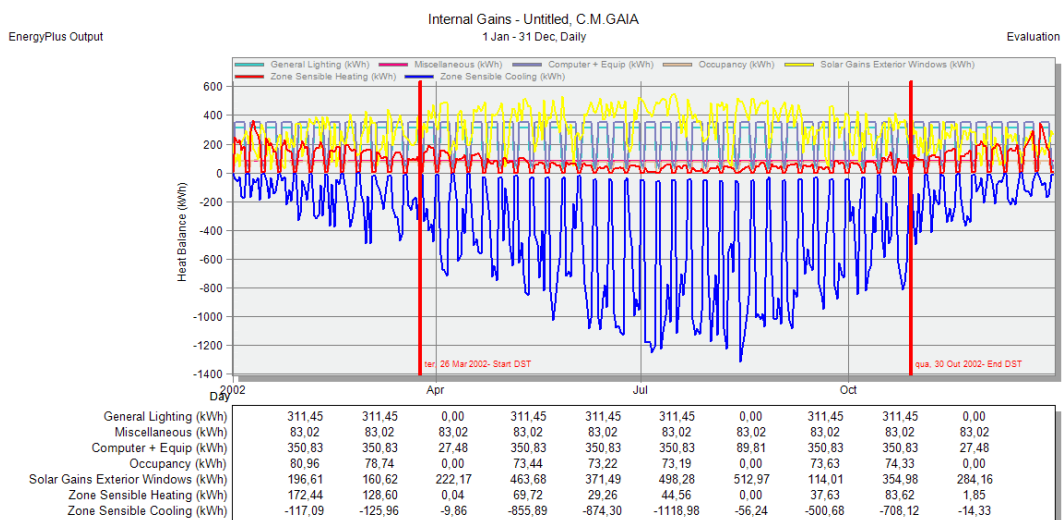


Figura III.15 – Ganhos Internos Trimestral.

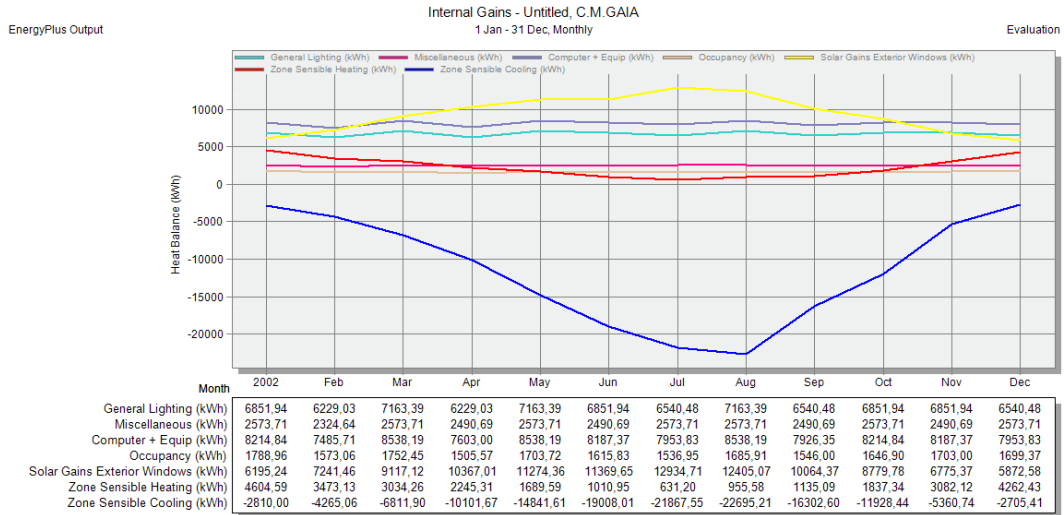


Figura III.16 – Ganhos Internos Mensal.

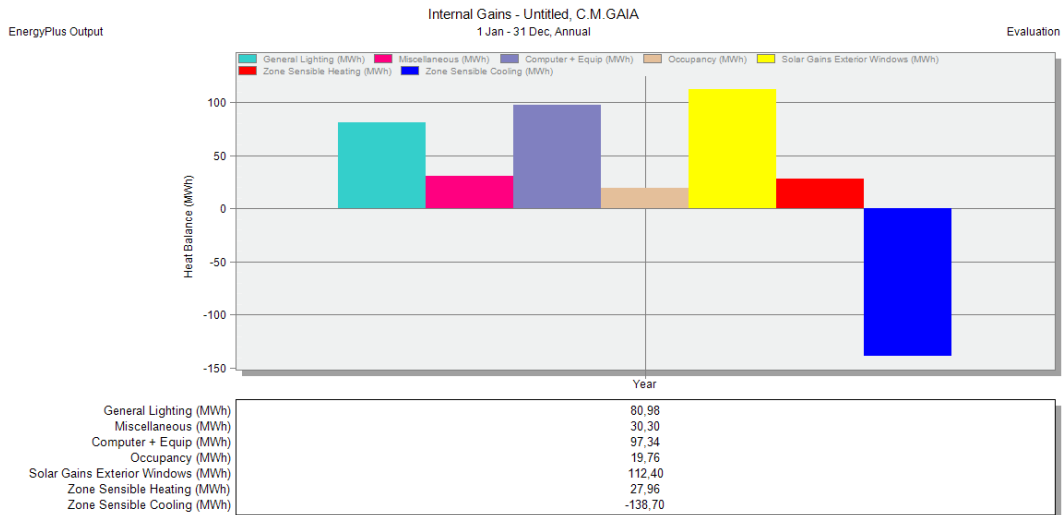


Figura III.17 – Ganhos Internos Anual.

IV. Simulação Dinâmica Nominal (DesignBuilder)

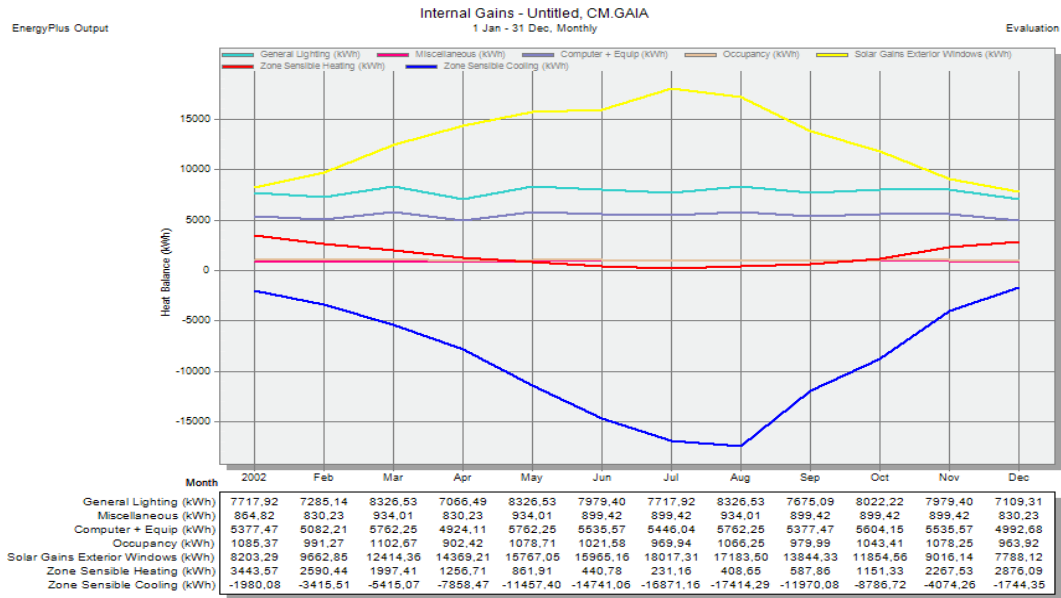


Figura IV.1 – Ganhos Internos Mensal.

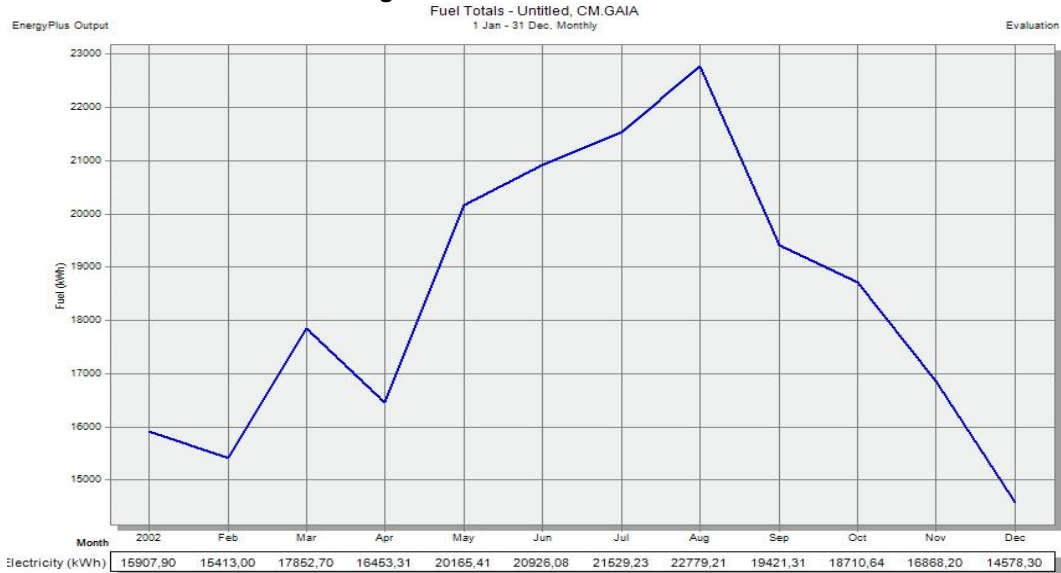


Figura IV.18 – Consumo Total de energia.

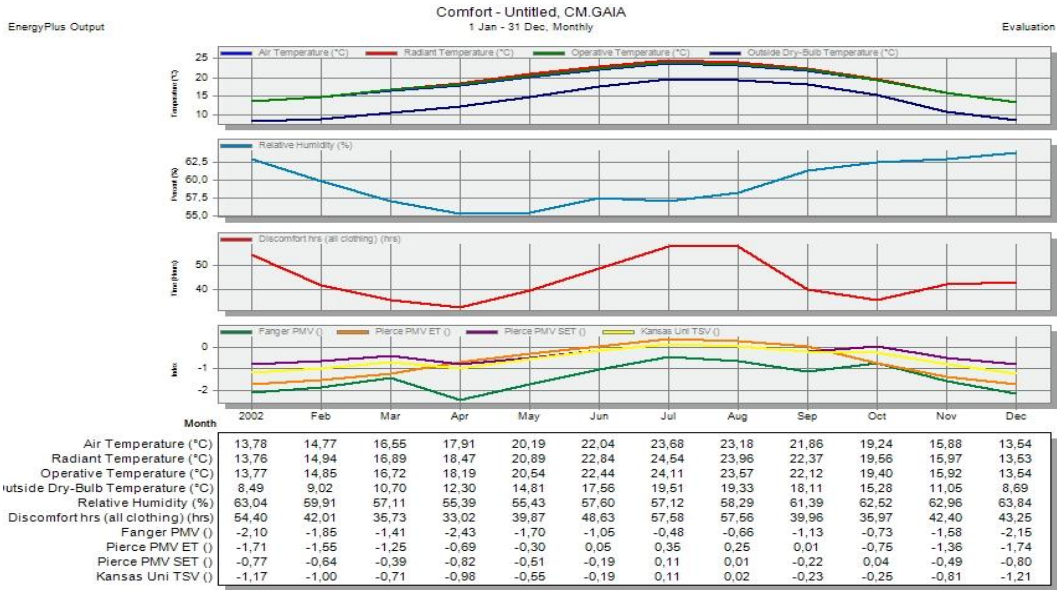


Figura IV.3 – Temperaturas Mensais.

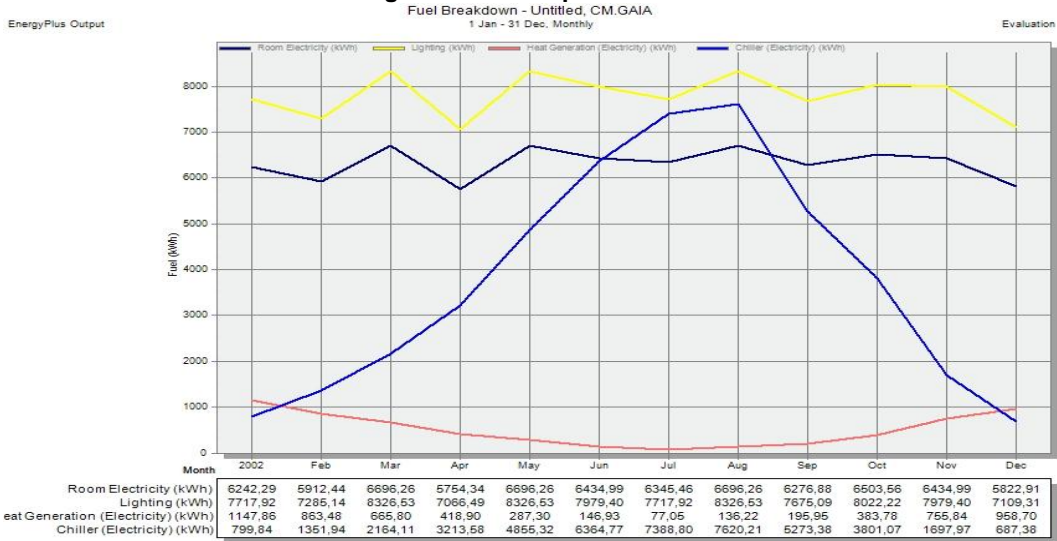


Figura IV.4 – Consumo total de energia por sectores.

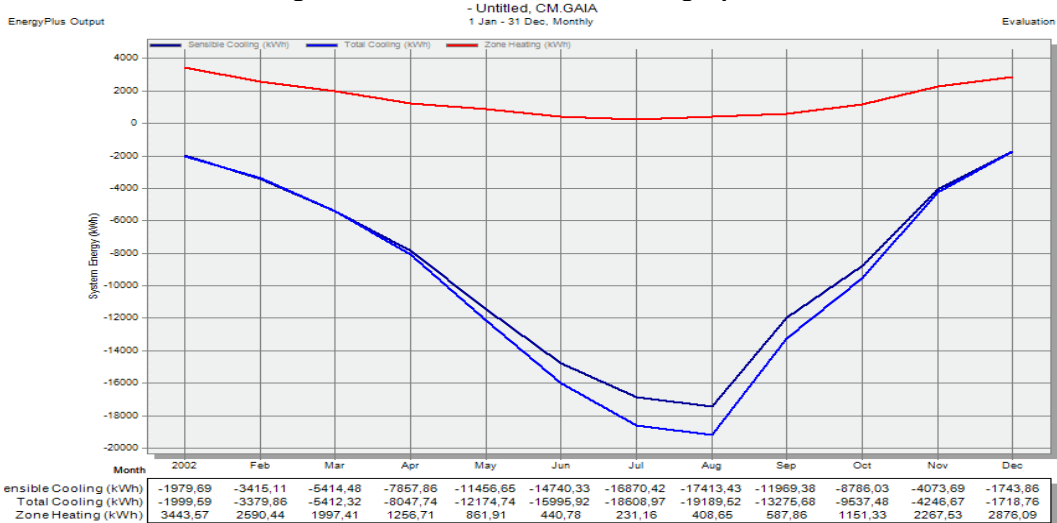


Figura IV.5 – Consumo no Arrefecimento.

V. Cálculo do IEE

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		2047
Coberturas exteriores		1376
Pavimentos exteriores		
Envidraçados exteriores		328
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A . τ)	
Paredes interiores		1810
Coberturas interiores		
Pavimentos interiores		1339
Envidraçados interiores		
Área total:		6900,00
		/
Volume (de FCIV.1d):		12600,00
		=
FF		0,547619

Graus-dias no local (do Quadro III.1) 1640
 (°C.dia)

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar	69,28
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1		72,16952
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5		78,69915
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		116,964

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano) 72,16952

Figura V.1 - Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni).

Segundo essa metodologia, o IEE é obtido por:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{Ap} \quad (1)$$

em que:

- IEE - Indicador de eficiência energética (kgep/m².ano);
- IEE_I - Indicador de eficiência energética de aquecimento (kgep/m².ano);
- IEE_V - Indicador de eficiência energética de arrefecimento (kgep/m².ano);
- Q_{OUT} - Consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano);
- AP - Área útil de pavimento (m²).

Com:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{Ap} \times F_{ci} \quad e \quad IEE_V = \frac{Q_{arr}}{Ap} \times F_{cv} \quad (2)$$

em que:

- Q_{aq} - Consumo de energia de aquecimento (kgep/ano);
- Q_{arr} - Consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano);
- F_{CI} - Factor de correção do consumo de energia de aquecimento;
- F_{CV} - Factor de correção do consumo de energia de arrefecimento.

No cálculo dos fatores de correção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento toma-se como região climática de referência a I1-V1 norte que tem 1000 graus-dia de aquecimento e 160 dias de duração de estação de aquecimento.

Correção da energia de aquecimento:

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} \quad (3)$$

em que:

- N_{I1} - Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1 (kWh/m².ano);
- N_{Ii} - Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício (kWh/m².ano).

Correção da energia de arrefecimento:

$$F_{CI} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} \quad (4)$$

em que:

- N_{V1} - Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE como se estivesse localizado na zona de referência I1-V1 (kWh/m².ano);
- N_{Vi} - Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE na zona onde está localizado o edifício (kWh/m².ano).

VI. Medidas de Eficiência Energética

Bateria de Condensadores

Varset

A solução completa!



Varset, armário A3



Varset, armário A4



Varset, armário C1



Varset, armário C2

✓ Vantagens

- Poupança na factura eléctrica:
 - Pela eliminação da taxa paga por consumo de energia reactiva na sua factura.
- Optimização de custos de instalação (até 30%):
- Aumento da potência disponível através de compensação da potência reactiva próximo das cargas
- Optimização da potência dos transformadores, cabos, barramentos, ...
- Melhoria da qualidade de energia eléctrica da rede (até 50%):
- Quando se utiliza a gama SAH.
- Contribuição para a protecção do meio ambiente (até 3%):
- Graças à redução do consumo energético.
- Simplicidade para o instalador:
- Colocação em serviço simples através de relé varimétrico Varilogic
- O centro de gravidade é baixo facilitando deste modo o transporte e instalação
- Ligação fácil dos cabos
- Equipados com ou sem disjuntor de entrada
- Tranquilidade para os utilizadores finais:
- Produto 100% testado em fábrica antes da sua entrega
- Protecção contra contactos directos, através de uma placa protectora
- Segurança durante a manutenção graças à resistência de descarga interna
- Optimização do fluxo de ar de refrigeração.

✓ Aplicações

- Poupança na factura eléctrica: correcção do factor de potência
- Poupança no dimensionamento da instalação: correcção do factor de potência
- Qualidade de energia fornecida: limitação da poluição harmónica da rede quando se utiliza a gama SAH

✓ Descrição da gama

Bateria de condensadores automática de 50 Hz

- Os equipamentos Varset são baterias de condensadores prontas para serem instaladas e utilizadas. Trata-se de uma solução completa para a correcção automática do factor de potência através do relé varimétrico Varilogic. Esta gama é constituída por equipamentos de compensação com ou sem disjuntor de entrada para responder a todas as configurações de rede possíveis (standard, sobredimensionada, SAH).

Características técnicas

- Frequência: 50 Hz.
- Tensão da rede: 400/415 V.
- Gama disponível: standard, sobredimensionada, SAH.
- Potência reactiva: 7,5 a 1.200 kVAr.
- Frequências de sintonização disponíveis (gama SAH): 2,7 (135 Hz), 3,8 (190 Hz), 4,3 (215 Hz).
- Classe de temperatura: -5 a +40 °C.
- Normas: IEC 60439-1, IEC 61821, EN 60439-1.
- Pedestal para quadros assentes ao solo, como acessório.
- Com ou sem disjuntor de protecção Compact NS.

Figura IV.1 - Características da Bateria de Condensadores.

Película Solar



	% Total Solar Transmittance	% Total Solar Reflectance	% Total Solar Absorbance	% Visible Light Transmittance	% Visible Reflectance (Exterior)	% Visible Reflectance (Interior)	Winter Median U-value	Shading Coefficient	% Ultraviolet Rejected	Emissivity	Solar Heat Gain Coefficient	% Total Solar Energy Reflected	Light-to-Solar Heat Gain Ratio	% Summer Solar Heat Gain Reduction	% Winter Heat Loss Reduction	% Glare Reduction
Window without film applied (1/8" clear single pane)	83	8	9	90	8	8	1.03	1.00	29	0.84	0.86	14	1.05	0	0	0
REFLECTIVE																
Reflective films feature reflectance on both interiors and exteriors for superior reduction in summer cooling costs and heat retention in winter. Providing a high level of glare and heat control, they are scratch-resistant, shield 99% of ultraviolet rays, and are available in earthtones, skytones, silver, and gold to meet your aesthetic goals.																
RN-07G SR PS (One-Way Mirror)	6	53	41	5	60	14	0.91	0.20	99	0.59	0.16	84	0.31	80	12	94
R-15B SR CDF (Bronze)	10	35	55	10	19	60	0.94	0.28	99	0.70	0.24	76	0.42	72	9	89
R-15G SR CDF (Gray)	9	33	58	7	13	61	0.94	0.29	99	0.70	0.25	75	0.28	71	9	92
R-15BL SR PS (Blue)	10	38	52	11	25	62	0.94	0.29	99	0.70	0.25	75	0.44	71	9	88
R-15GO SR PS (Gold)	11	50	39	14	52	64	0.94	0.25	99	0.70	0.21	79	0.67	75	9	84
R-20 SR CDF (Silver)	12	54	34	16	62	62	0.94	0.25	99	0.71	0.21	79	0.76	75	9	82
R-35 SR CDF (Silver)	21	43	36	28	46	49	0.96	0.40	99	0.73	0.31	69	0.90	60	7	69
R-50 SR CDF (Silver)	36	29	35	48	28	26	0.97	0.54	99	0.75	0.46	54	1.04	46	6	47
DUAL-REFLECTIVE																
Dual-Reflective films are highly reflective on the exterior, lower on the interior, which helps provide clear day and night views. Traditionally specified on commercial buildings, Dual-Reflective films are also popular for sunbelt residential applications. They are scratch-resistant, shield 99% of ultraviolet rays, and provide excellent heat rejection.																
DR-15 SR CDF	16	37	47	15	37	13	0.92	0.30	99	0.63	0.26	74	0.58	70	11	83
DR-25 SR CDF	25	26	49	22	27	13	0.92	0.41	99	0.61	0.35	65	0.63	59	11	76
DR-35 SR CDF	35	19	46	36	19	13	0.93	0.52	99	0.61	0.44	56	0.82	48	10	60
DR-45 SR CDF	47	10	43	47	9	8	1.00	0.69	99	0.78	0.59	41	0.80	31	3	48
LOW-E																
Low-E film provides superior energy conservation by reducing winter heat loss through windows. It is scratch-resistant, shields 99% of ultraviolet rays, reduces glare, and has the highest heat rejection performance of all LLumar films. It is suitable for commercial and residential applications where summer and winter energy control are major concerns.																
E-1220 SR CDF (Silver)	8	58	34	12	66	70	0.77	0.18	99	0.36	0.15	85	0.80	82	25	87
DELUXE																
Deluxe films are specified for commercial buildings where high levels of heat rejection and glare reduction are needed. Deluxe films are ideal for privacy applications and exterior aesthetics. They are scratch-resistant, reduce 99% of ultraviolet rays, and come in gray, green and bronze.																
DL-05G SR CDF (Gray)	14	25	61	6	13	13	0.92	0.35	99	0.62	0.30	70	0.20	65	11	93
DL-15B SR CDF (Bronze)	27	13	60	14	8	8	0.98	0.45	99	0.77	0.39	61	0.36	55	5	84
DL-15G SR CDF (Gray)	26	15	59	16	9	10	0.99	0.45	99	0.78	0.42	58	0.38	55	4	82
DL-30GR SR PS (Green)	29	20	51	30	17	17	0.98	0.53	99	0.76	0.46	54	0.65	47	5	67
NEUTRAL																
Neutral films reduce glare, provide moderate heat rejection and are specified where a soft, neutral appearance is desired. These films are made with sputtered technology, creating a film that allows for very uniform visible light transmission. Neutral films are scratch-resistant and shield 99% of ultraviolet rays.																
N-1020 SR CDF (Neutral)	21	26	53	24	29	28	1.03	0.44	99	0.84	0.37	63	0.65	56	0	73
N-1040 SR CDF (Neutral)	36	16	48	40	18	15	1.00	0.59	99	0.81	0.50	50	0.80	41	3	56
N-1050 SR CDF (Neutral)	44	13	43	49	14	12	1.03	0.67	99	0.84	0.58	42	0.84	33	0	46
N-1065 SR CDF (Neutral)	65	9	26	67	10	9	1.03	0.82	99	0.84	0.71	29	0.94	18	0	26
N-1020B SR CDF (Bronze)	12	49	39	20	37	35	0.93	0.27	99	0.69	0.23	77	0.87	73	10	78
N-1035B SR CDF (Bronze)	25	37	38	37	25	23	0.94	0.41	99	0.71	0.36	64	1.03	59	9	59
N-1050B SR CDF (Bronze)	44	21	35	55	15	14	0.96	0.63	99	0.73	0.54	46	1.02	37	7	39
EXTERIOR																
Exterior Series products are applied to the exterior facing glazing and are highly reflective to provide excellent heat rejection performance without affecting interior reflectance.																
RK-20 PS (Silver)	10	67	23	15	67	62	1.04	0.20	99	0.71	0.17	83	0.88	80	-1	83
UV CLEAR																
UV Clear film is the ideal solution for protecting valuables from sun damage. It provides the highest protection against harmful ultraviolet rays without altering glass aesthetics.																
UV CL-SR PS (Clear)	81	9	10	89	9	9	1.03	0.97	99.9	0.83	0.84	16	1.06	3	0	1
SPECTRALLY-SELECTIVE																
Spectrally Selective films provide a virtually invisible appearance, energy savings, aesthetics, and up to 74% visible light transmission. These films are the top choices for exclusive retail and prime commercial real estate.																
LS-65GN SR CDF (Green)	41	6	53	62	7	7	1.02	0.65	99	0.83	0.56	44	1.11	35	1	31
LS-75GN SR CDF (Green)	48	8	44	74	8	8	0.99	0.70	99	0.79	0.60	40	1.23	30	4	18

The solar performance data reported for LLumar architectural window films was captured using the National Fenestration Rating Council's (NFRC) standard guidelines for window film solar performance measurement as measured on single pane, 1/8 inch (3mm), clear glass. All values averaged from routinely accumulated quality control data.
 © 2011 Solutia Inc., St. Louis, Missouri, U.S.A. All rights reserved. LLumar and LLumar Logo are trademarks of Solutia Inc. and/or its affiliates. As used herein, © denotes registered trademark status in the U.S. only. No representations or warranties, either express or implied, of merchantability, fitness for a particular purpose, or of any other nature are made hereunder with respect to information or the product to which information refers. Printed in U.S.A. 1/11

Figura IV.2 - Seleção de Película Solar.

Sistema de Minigeração Fotovoltaico



ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES METALOMECÂNICAS, SA

Exmo.(s) Sr.(s)

PA0420

MUNICÍPIO DE VILA NOVA DE GAIA

RUA ALVARES CABRAL

VILA NOVA DE GAIA

4400-017 VILA NOVA DE GAIA

Proposta Nº 322146/2012 – v1.0

Original

V/ NC	Condição Pagamento	Desc. Fin.	Data	Data da Alteração	Secção	Moeda	Pag.
		0,00	28-05-2012		Energias	EUR	1/2

Artigo	Descrição	Quant.	Pr. Unitário	Desc.	Iva	Total Líquido
--------	-----------	--------	--------------	-------	-----	---------------

Cliente: Câmara Municipal de Gaia

Local de Instalação: Gaia

660001	SISTEMA FOTOVOLTAICO DE MINIGERAÇÃO: 20 kW (24,15 kWp)	1,00	38.500,0000	0,00	23,00	38.500,00
--------	--	------	-------------	------	-------	-----------

Inclui:

105 un. - Painéis fotovoltaicos ref.ª Conergy EcoPro 230P (± 3%) ou equiv [24 kWp e 167 m2]

01 un. - Inversor de rede ref.ª Conergy IPG 11T de 11 kW ou equiv;

01 un. - Inversor de rede ref.ª Conergy IPG 8T de 8 kW ou equiv;

01 cj. - Estrutura de montagem dos painéis em alumínio e Inox em triângulo;

01 cj. - Acessórios de montagem (cablagem, quadros AC e DC, protecções...);

01 un. - Montagem do sistema no local de instalação;

01 un. - Encastramento da portinhola e caixa de contador duplo no muro exterior da habitação;

01 un. - Abertura e fecho de vaia em terra para passagem de cabos;

01 un. - Contador ref.ª Itron SL 7000 bidirecional c/módulo GSM ou equiv;

01 un. - Transporte do equipamento até ao local de montagem;

01 un. - Acompanhamento da certificação da instalação por parte da Certiel.

Documento Processado por Computador

INDICAR O NÚMERO DESTA PROPOSTA NA ADJUDICAÇÃO

Taxa	Incidência	Valor Iva
23,00	38.500,00	8.855,00

Confirma a encomenda (carimbo e assinatura)	Prazo de Entrega	a acordar
	Validade da Proposta	30 dias
	Elaborou a Proposta	Pedro Araujo
	Comercial	CAPA

Mercadoria / Serviços	
Descontos Comerciais	
Descontos Financeiros	
Ecovalor	
IVA	
Total	

MO-DC-01

CAPA - Engenharia e Construções Metalomecânicas, SA

Sede: Rua Ribeiro Cambado, 1491

Alto da Serra - Ap. 31
4444-909 Valongo

Tel. 224.219.600

Fax 224.219.609

Filial: EN 10, Km 108,3

2135-407 Porto Alto
Samora Correia

Tel. 263.651.600

Fax 263.651.602

www.capa.pt

comercial@capa.pt



Figura IV.3 - Proposta de sistema Fotovoltaico pela empresa CAPA.



Exmo.(s) Sr.(s)

PA0420

MUNICIPIO DE VILA NOVA DE GAIA
 RUA ALVARES CABRAL
 VILA NOVA DE GAIA
 4400-017 VILA NOVA DE GAIA

Proposta Nº 322146/2012 – v1.0

Original

VI NC	Condição Pagamento	Desc. Fin.	Data	Data da Alteração	Secção	Moeda	Pag.
		0,00	28-05-2012		Energias	EUR	2/2

Artigo	Descrição	Quant.	Pr. Unitário	Desc.	Iva	Total Líquido
--------	-----------	--------	--------------	-------	-----	---------------

EXCLUSÕES:

- Inscrição e taxa de SRMini - Escalão I - 500 € + IVA À taxa legal em vigor;
- Auditoria Energética do edifício
- Serviços e/ou materiais não mencionados.

CONDIÇÕES DE PAGAMENTO:

- 40 % P.P. Com adjudicação
- 50 % P.P. Com a saída do material das N/instalações para entrada em obra
- 10 % P.P. Com a ligação à rede

[Ver condições gerais de fornecimento na Memória Descritiva P322146]

Documento Processado por Computador			INDICAR O NÚMERO DESTA PROPOSTA NA ADJUDICAÇÃO	
Taxa	Incidência	Valor Iva	Mercadoria / Serviços	Valor
23,00	38.500,00	8.855,00	Descontos Comerciais	0,00
Confirmo a encomenda (carimbo e assinatura)	Prazo de Entrega		Descontos Financeiros	0,00
	a acordar		Ecovalor	0,00
	Validade da Proposta		IVA	8.855,00
	30 dias		Total	47.355,00
	Elaborou a Proposta			
	Pedro Araujo			
Comercial				
CAPA				

MO-DC-01

CAPA - Engenharia e Construções Metalomecânicas, SA

Sede: Rua Ribeiro Cambado, 1491
 Alto da Serra - Ap. 31
 4444-909 Valongo

Tel. 224.219.600
 Fax 224.219.609

Filial: EN 10, Km 108,3
 2135-407 Porto Alto
 Samora Correia

Tel. 263.651.600
 Fax 263.651.602

www.capa.pt
 comercial@capa.pt



Figura IV.4 - Orçamento de Sistema de Fotovoltaico.

