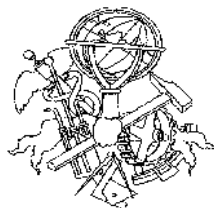


Impacto da influência de um Sistema de Gestão
Técnica Centralizada na redução dos custos de
exploração de um edifício

Daniel Filipe Pereira Gonçalves

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

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



21 de março de 2014

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

Candidato: Daniel Filipe Pereira Gonçalves, Nº 1030594, 1030594@isep.ipp.pt

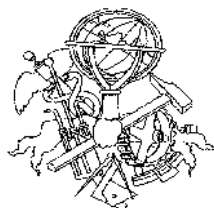
Orientação científica: Eng.^a Isabel Sarmento, isp@isep.ipp.pt

Empresa: Instituto de Soldadura e Qualidade

Orientação Empresa: Eng.º Paulo Oliveira, j.paulo.r.oliveira@gmail.com

Mestrado em Engenharia Energias Sustentáveis
Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



21 de março de 2014

Dedico esta dissertação à minha esposa, como forma de gratidão pelo importante e incondicional apoio para término deste trabalho...

Agradecimentos

A realização da presente dissertação é o culminar de mais uma etapa da minha vida, sem dúvida uma troca de experiências insuperáveis, desenvolvidas ao longo do mestrado em energias sustentáveis com professores e colegas.

Durante o desenvolvimento desta dissertação, usufruí do privilégio de contar com a colaboração de pessoas fantásticas que comigo colaboraram sempre que recorri ao seu apoio.

Ao Eng.º Paulo Oliveira, orientador na empresa, queria agradecer pela sua inestimável colaboração, que apesar de as funções que desenvolve no Instituto de Soldadura e Qualidade lhe preencherem bastante tempo, teve um papel fundamental pois sempre apresentou uma enorme disponibilidade para transmissão de conhecimento e para a colocação da tese no rumo certo.

À Eng.ª Isabel Sarmento, agradeço a inexcedível disponibilidade. Já me surpreendera, enquanto minha professora da unidade curricular de climatização, com uma completa disponibilidade para o auxílio dos alunos e pela simplicidade de transmissão de bons conhecimentos, e agora, mesmo recorrendo à sua cooperação numa fase já avançada, voltou a manifestar uma disponibilidade total.

Como não poderia deixar de ser, queria agradecer à instituição que me recebeu de braços abertos, ao Instituto de Soldadura e Qualidade, e deixar uma palavra de apreço muito especial ao elo de ligação com esta entidade, o Dr. Fernando Fonseca, coordenador de formação no ECOTERMOLAB – ISQ, pelo seu importantíssimo contributo no desenvolvimento da presente tese, disponibilizando todos os recursos que fossem necessários para levar a bom porto este trabalho.

Aos meus amigos, colegas e professores do mestrado de energias sustentáveis, foi um prazer partilhar convosco estes dois anos.

A todos um Muito Obrigado.

Resumo

É de conhecimento do meio, que os Sistemas de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) são uma mais-valia para a redução de utilização de energia associados principalmente aos sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) apesar das potencialidades serem abrangentes a outras áreas. No entanto, existe alguma lacuna quanto à quantificação dessa mais-valia, facto importante sobretudo para a alteração de mentalidades dos promotores e proprietários dos edifícios, que por falta de prova, normalmente apenas associam o SGTC a um investimento num serviço desnecessário.

As potencialidades dos SGTC são muitas, a título de exemplo, redução na utilização de fontes de energia, gestão da manutenção de sistemas e equipamentos, análise de eficiências de equipamentos, entre muitas outras, sendo nesta dissertação estudado com mais profundidade a questão associada à diferença dos custos de exploração resultantes da utilização de energia num edifício por parte dos sistemas de AVAC, isto é, quais serão os ganhos na utilização da energia, associados ao sistema AVAC, que podem ser obtidos com a implementação de um SGTC. Para o efeito, utilizou-se os sistemas e equipamentos existentes no edifício ECOTERMOLAB, pertencente ao Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), com o objetivo de verificar as diferenças de utilização de energia resultantes do funcionamento do edifício em normal atividade, isto é, o edifício com todos os seus sistemas operacionais, incluindo o SGTC, e o edifício em funcionamento sem o auxílio do SGTC, ou seja, todos os sistemas associados ao sistema AVAC em funcionamento em modo manual e sem recurso a variação de caudal na rede aerúlica e hidráulica.

Em termos anuais, o ECOTERMOLAB consome, aproximadamente, cerca de 38,1 MWh de energia elétrica e 39,2 MWh de gás natural, o que representa uma utilização de energia primária de 14,4 tep/ano. Esta energia, representa um encargo financeiro anual de, aproximadamente, 9500€ano, correspondente a 7000€ano de energia elétrica e 2500€ano de gás natural.

Após a análise desenvolvida neste trabalho, conclui-se que o funcionamento do edifício sem controlo do sistema de AVAC por SGTC representaria em termos anuais a um

aumento de, aproximadamente, 25,2 MWh e 6,2 MWh de energia elétrica e de gás natural, respetivamente. Em termos de energia primária, a diferença entre soluções origina um acréscimo na utilização de energia de 7,8 tep/ano o que representa um aumento de emissão de CO₂ na ordem das 9,4 ton/ano.

A avaliação económica, recaiu sobre a determinação de indicadores para avaliação da viabilidade de implementação de um SGTC, nomeadamente, o período de retorno simples, o valor atual líquido e a taxa interna de rentabilidade. Todos estes indicadores se revelaram positivos, apresentando um período de retorno ligeiramente superior a oito anos, um valor atual líquido positivo (8864,1€) e uma taxa interna de rentabilidade superior à taxa de custo de capital (11,2%).

Palavras-Chave

Sistema de Gestão Técnica Centralizada, SGTC, Custos exploração de edifícios, Eficiência Energética, AVAC

Abstract

It's from the medium's knowledge that the Building Management Systems (BMS) are a great asset to help reduce the energy consumption associated, mainly, with Heating, Ventilation and Air-conditioning systems (HVAC), despite its potentialities being useable on other areas. However, there's a considerable gap when it comes to the quantification of said asset, an important fact especially in order to change the mentality of promoters and building owners that, due to lack of proof, usually regard the BMS as an investment on an unnecessary service.

The potentialities of the management systems are vast. For instance, the reduction of energy consumption, management of systems and equipment maintenance, equipment efficiency analysis, amongst many others, so this dissertation will study in greater depth the issue associated with the difference in operation costs resulting from energy consumption on a building from the HVAC systems, that is to say, what would be the gains in energy consumption, associated with the HVAC system, that could be obtained with the implementation of a BMS. To that end, existing systems and equipment in ECOTERMOLAB were used in order to verify the consumption differences resulting from the building in its normal operation, that is, the building has all of its systems operational, including the BMS, or in other words, that all the HVAC systems are in normal working order and without resorting to flow variation in the aeraulic and hydraulic network.

In annual terms, ECOTERMOLAB consumes approximately 38,1 MWh of electric energy and 39,2 MWh of natural gas, which represents a primary energy consumption of 14,4 toe/year. This consumption represents an additional yearly financial burden of approximately 9500€/year, corresponding to 7000€/year in electric energy and 2500€/year in natural gas.

After the analysis developed in this paper one can conclude that the operation of the building without the control of the HVAC system by the BMS would represent, in yearly terms, an increase of approximately 25,2 MWh and 6,2 MWh of electric energy and natural gas, respectively. In terms of primary energy, the difference between the solutions

results in an increase of consumption of 7,8 toe/year which represents an increase in CO₂ of around 9,4 toe/year.

The economic evaluation focused on identifying the indicators to evaluate the viability of implementation of a BMS, namely, the simple payback period, the net present value and the internal rate of return. All these indicators turned out to be positive, showing a payback period slightly over eight years, a positive net present value (8864,1€) and an internal rate of return higher than the cost of capital rate (11,2%).

Keywords

Building Management System, BMS, Building operation costs, Energy Efficiency, HVAC

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
NOMENCLATURA	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. CALENDARIZAÇÃO	4
2. SISTEMA DE GESTÃO TÉCNICA CENTRALIZADA	5
2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	6
2.2. PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO	6
2.3. ARQUITETURA TIPO NUM GRANDE EDIFÍCIO DE SERVIÇOS	7
2.4. REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA – RSECE	8
3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO	11
3.1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO	11
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE	15
3.3. OCUPAÇÃO	18
3.4. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	19
3.5. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	23
3.6. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO	25
3.7. GESTÃO TÉCNICA CENTRALIZADA – ECOTERMOLAB	33
4. ANÁLISE ENERGÉTICA	43
4.1. ENERGIA ELÉTRICA	45
4.2. GÁS NATURAL	47
5. INFLUÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SGTC	49
5.1. MODELO DE SIMULAÇÃO DINÂMICA	51
5.2. PERÍODO DE ANÁLISE	53
5.3. ANÁLISE DE FUNCIONAMENTO DO EDIFÍCIO COM SGTC	54
5.4. ANÁLISE DE FUNCIONAMENTO DO EDIFÍCIO SEM SGTC	58

5.5.	DIFERENÇAS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA ENTRE SOLUÇÕES	63
6.	AVALIAÇÃO ECONÓMICA.....	67
6.1.	REDUÇÃO ANUAL DOS CUSTOS COM A ENERGIA	68
6.2.	INVESTIMENTO ASSOCIADO AO SGTC.....	69
6.3.	PERÍODO DE RETORNO SIMPLES (PRS).....	70
6.4.	VALOR ATUAL LÍQUIDO (VAL)	71
6.5.	TAXA INTERNA DE RENTABILIDADE (TIR).....	71
7.	CONCLUSÕES	73
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....	77
	ANEXO A. PLANTAS DE ARQUITETURA DO EDIFÍCIO	79
	ANEXO B. ESPECIFICAÇÕES DO MODELO DE SIMULAÇÃO DINÂMICA	87
	ANEXO C. PONTOS INTERLIGAÇÃO SGTC.....	89

Índice de Figuras

Figura 1	Edifício ECOTERMOLAB – ISQ.....	3
Figura 2	Arquitetura tipo de uma GTC (fonte: <i>Schneider Electric</i>).....	8
Figura 3	Localização do edifício ECOTERMOLAB – ISQ (N 41°02’38.88’’;W 8°33’57.48’’ – fonte: <i>Google earth</i>).....	12
Figura 4	Distância à costa e perfil de elevação (7 km - fonte: <i>Google earth</i>).....	12
Figura 5	Dados estatísticos dos ventos predominantes (fonte: <i>windfinder</i>).....	13
Figura 6	Distribuição de áreas por tipologia de espaço.....	14
Figura 7	Pormenores de isolamento térmico existente no edifício.....	16
Figura 8	Exemplo de vão envidraçado e proteção solar interior.....	17
Figura 9	Evolução anual da taxa de ocupação do edifício.....	18
Figura 10	Distribuição da potência de iluminação por piso e exterior.....	19
Figura 11	Distribuição da potência de iluminação por tipo de lâmpada.....	20
Figura 12	Distribuição da potência de iluminação por tipologia de espaço.....	21
Figura 13	Exemplos de luminárias, lâmpadas e controladores existentes no ECOTERMOLAB.....	22
Figura 14	Distribuição da potência de equipamentos por piso.....	23
Figura 15	Distribuição da potência de equipamentos por tipologia de espaço.....	24
Figura 16	Exemplos de equipamentos elétricos existentes no edifício.....	24
Figura 17	<i>Chiller</i> “Água – Água” existente no ECOTERMOLAB.....	26
Figura 18	<i>Dry Cooler</i> – Torre de arrefecimento seca.....	26
Figura 19	Caldeira mural de condensação.....	27
Figura 20	Unidade de Tratamento de Ar 1.....	28
Figura 21	Unidade de Tratamento de Ar 2.....	29
Figura 22	Unidade de Tratamento de Ar 3.....	29
Figura 23	Controlo de abertura e fecho de registos das salas de formação.....	29
Figura 24	Exemplos de equipamentos de difusão de energia térmica.....	30
Figura 25	Coletores de admissão e retorno Água Fria.....	31
Figura 26	Coletores de admissão e retorno Água Quente.....	31
Figura 27	Ventilador de Extração das Instalações Sanitárias/Balneários.....	32
Figura 28	Controlo de abertura e fecho de registos das salas de formação.....	33
Figura 29	Controladores DDC e módulos de entrada/saída (Q.E. AVAC).....	33
Figura 30	<i>Gateway</i> (Q.E. AVAC).....	34
Figura 31	Interface gráfica do SGTC relativa à UTA 1.....	36
Figura 32	Definição de horários de funcionamento das UTA’s, VC’s e Aerotermos.....	36
Figura 33	Variador de frequência do ventilador de insuflação da UTA 1.....	37

Figura 34	Variador de frequência do ventilador de extração da UTA 1	37
Figura 35	Válvula 3 vias modulante (0-24V) e sonda de temperatura água fria	37
Figura 36	Pressostátos diferenciais para verificação da colmatação dos filtros	37
Figura 37	Interface gráfica do SGTC relativa à rede de água quente	38
Figura 38	Interface gráfica do SGTC relativa à rede de água fria	38
Figura 39	Bomba Circulação AQ (Caldeira Mural) com variação velocidade.....	39
Figura 40	Bomba Circulação AF (UTA 1) com variação velocidade.....	39
Figura 41	Pressostáto Diferencial – rede hidráulica	39
Figura 42	Sondas de temperatura – rede hidráulica.....	39
Figura 43	Sondas de Temperatura e CO ₂	40
Figura 44	Analísadores de rede – Q.E. Entrada.....	41
Figura 45	Contador de energia elétrico UTA 1	41
Figura 46	Contador de Entalpia	42
Figura 47	Matriz de programação de horário da iluminação.	42
Figura 48	Evolução da utilização de energia primária mensal [kgep].....	44
Figura 49	Desagregação fonte de energia primária [kgep]	44
Figura 50	Evolução da utilização de energia elétrica mensal [kWh].....	45
Figura 51	Evolução da utilização de energia elétrica mensal por período tarifário [kWh]	46
Figura 52	Evolução do consumo de gás natural mensal [kWh].....	48
Figura 53	Utilização de energia elétrica obtida pelos analisadores de rede [kWh]	50
Figura 54	Evolução da utilização de energia elétrica do edifício com as horas de formação.....	51
Figura 55	Vista 3D do modelo geométrico de simulação – Orientação: Oeste	52
Figura 56	Vista 3D do modelo geométrico de simulação – Orientação: Este	52
Figura 57	Desagregação por utilização - simulação para o período com SGTC [kWh].....	56
Figura 58	Energia elétrica – Análise comparativa faturas/simulação (com SGTC) [kWh].....	57
Figura 59	Gás natural – Análise comparativa faturas/simulação (com SGTC) [kWh].....	57
Figura 60	Evolução da utilização de energia mensal por utilização final (com SGTC) [kWh]....	58
Figura 61	Desagregação por utilização - simulação para o período sem SGTC [kWh]	61
Figura 62	Energia elétrica – Análise comparativa faturas/simulação (sem SGTC) [kWh]	62
Figura 63	Gás natural – Análise comparativa faturas/simulação (sem SGTC) [kWh]	62
Figura 64	Evolução mensal por utilização final de energia (sem SGTC) [kWh]	63
Figura 65	Evolução da utilização mensal de energia elétrica – Comparação de soluções [kWh] 64	
Figura 66	Desagregação do acréscimo de utilização de energia elétrica [kWh].....	65
Figura 67	Evolução da utilização mensal de gás natural – comparação de soluções [kWh]	66

Índice de Tabelas

Tabela 1	Calendarização do projeto.....	4
Tabela 2	Distribuição de áreas [m ²].....	13
Tabela 3	Distribuição de áreas por piso [m ²].....	13
Tabela 4	Descrição da envolvente opaca do edifício.....	15
Tabela 5	Descrição da envolvente envidraçada do edifício.....	17
Tabela 6	Número de horas de formação por sala do ECOTERMOLAB.....	18
Tabela 7	Potência de iluminação instalada por piso e exterior.....	19
Tabela 8	Potência de iluminação instalada por tipo de lâmpada.....	20
Tabela 9	Potência de iluminação instalada por tipo de lâmpada.....	21
Tabela 10	Potência instalada em equipamentos.....	23
Tabela 11	Potência instalada em equipamentos por tipo de espaço.....	24
Tabela 12	Principais características do <i>chiller</i>	25
Tabela 13	Principais características do <i>Dry-cooler</i>	26
Tabela 14	Principais características da caldeira mural.....	27
Tabela 15	Principais características das Unidades de Tratamento de Ar.....	28
Tabela 16	Principais características do ventilador de extração das instalações sanitárias.....	32
Tabela 17	Principais características do ventilador de extração dos laboratórios.....	32
Tabela 18	Utilização de energia elétrica mensal – Ano 2012.....	46
Tabela 19	Análise comparativa entre faturas e analisador de rede.....	47
Tabela 20	Consumos de gás natural – Ano 2012.....	48
Tabela 21	Utilização de Energia elétrica em 2012 – Analisadores de rede [kWh].....	50
Tabela 22	Premissa para determinação da temperatura dos ENU.....	53
Tabela 23	Número horas de formação semanas de análise.....	53
Tabela 24	Desagregação da utilização de Energia Elétrica no período de medições (com SGTC) 54	
Tabela 25	Desagregação da utilização de Energia Elétrica do AVAC (com SGTC).....	55
Tabela 26	Comparação da utilização de energia – Contador vs Simulação (com SGTC).....	55
Tabela 27	Utilização anual de energia por utilizador obtido por simulação (com SGTC).....	58
Tabela 28	Desagregação da utilização de Energia Elétrica no período de medições (sem SGTC) 60	
Tabela 29	Desagregação da utilização da Energia Elétrica do AVAC (sem SGTC).....	60
Tabela 30	Comparação da utilização de energia – Contador vs Simulação (sem SGTC).....	60
Tabela 31	Utilização anual de energia por utilizador obtido por simulação (sem SGTC).....	63
Tabela 32	Variação mensal da utilização de energia elétrica entre soluções [kWh].....	64

Tabela 33	Variação mensal da utilização de gás natural entre soluções [kWh]	65
Tabela 34	Diferença de utilização de energia entre soluções	68
Tabela 35	Custos unitários de por vetor de energia	69
Tabela 36	Redução nos custos de energia com SGTC	69
Tabela 37	Redução nos custos de energia com SGTC	70
Tabela 38	Custos de investimento num SGTC	70

Nomenclatura

Caracteres Romanos

N – Velocidade do motor elétrico em rotações por minuto [rpm]

T – Binário do motor elétrico [N.m]

P – Potência do motor elétrico [W]

f – Frequência [Hz]

w – Velocidade angular do motor elétrico [rad/s]

I – Investimento [€]

R – Receitas anuais do projeto ao longo do período de duração do mesmo [€]

C – Custos anuais do projeto ao longo do período de duração do mesmo [€]

a – Taxa de atualização do investimento [%]

Caracteres Gregos

- parâmetro adimensional que correlaciona a temperatura de um espaço não útil com a temperatura exterior e a temperatura interior dos espaços úteis com que confina

Abreviaturas

UE – União Europeia

EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*

DL – Decreto-Lei

SGTC – Sistema de Gestão Técnica Centralizada

ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto

ISQ	- Instituto de Soldadura e Qualidade
SCE	- Sistema Nacional de Certificação Energética
RSECE	- Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
RCCTE	- Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
AVAC	- Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
AQS	- Águas Quentes Sanitárias
PLC	- <i>Programmable Logic Controller</i>
DDC	- <i>Digital Direct Controller</i>
QAI	- Qualidade do Ar Interior
UTA	- Unidade de Tratamento de Ar
AQ	- Água Quente
AF	- Água Fria
BTE	- Baixa Tensão Especial
kgep	- Quilograma equivalente de petróleo
tep	- Toneladas equivalentes de petróleo
toe	- <i>Tonne of oil equivalent</i>
ENU	- Espaço Não Útil
IVA	- Imposto sobre o valor acrescentado
VAL	- Valor Atual Líquido
TIR	- Taxa Interna de Rentabilidade

1. Introdução

O continuado aumento da utilização de energia com origem na transformação de produtos de origem fóssil, que se tem verificado nas últimas décadas, a par do seu preço cada vez mais elevado, assim como, as elevadas emissões de dióxido de carbono (CO₂) e as consequências nefastas que poderão advir das mesmas, vieram colocar na ordem do dia a questão da energia e da sua influência direta no desempenho da economia, da sustentabilidade e das alterações climáticas. Numa tentativa de contrariar esta tendência, os países desenvolvidos e em desenvolvimento, estão cada vez mais empenhados em promover o uso da energia de forma racional, eficiente e sustentável, contribuindo com o crescente investimento em sistemas e instalações cada vez mais eficientes. Segundo dados da União Europeia (UE)[1], os edifícios são responsáveis por cerca de 40% do consumo de energia global o que torna este setor prioritário no âmbito dos objetivos da zona euro para redução dos consumos de energia.

De modo a estabelecer parâmetros mínimos de desempenho nos edifícios novos, bem como, avaliar e identificar o potencial de poupança energética dos edifícios existentes, a comissão europeia, estabelece em 2002, a *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD), diretiva 2002/91/EC[2]. Esta diretiva obrigou os estados-membros a criar um sistema nacional de certificação energética, reforçar as suas normas de construção dos edifícios e adotar medidas de controlo e melhoria de eficiência dos equipamentos de AVAC dos edifícios existentes como é o caso da obrigatoriedade de inspeções a caldeiras e a equipamentos de ar-condicionado.

Em 2010, surge a diretiva 2010/31/UE[3] do Parlamento Europeu e do Conselho, com requisitos mais exigentes comprometendo-se a reduzir, em relação a 1990, 20% nas emissões de CO₂ e reduzir 20% o consumo de energia relativamente aos níveis registados no ano de 1990, ter pelo menos 20% da energia proveniente de energias renováveis e fazer com que até 31 de Dezembro de 2020 todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia.

Como resultado da Diretiva 2002/91/EC, Portugal desenvolveu o Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE)[4], regulamentado pelo Decreto-Lei (DL) n.º 78/2006, DL n.º 79/2006 – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)[5] e o DL n.º 80/2006 – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)[6]. Embora a transposição da regulamentação nacional com vista ao cumprimento dos requisitos impostos pela Diretiva 2010/31/EU já possua enquadramento legal (com entrada em vigor a partir de 1 de Dezembro de 2013), os decretos-lei apresentados anteriormente são ainda os que se encontram em vigor.

Muito embora o conceito de “*Smart Building*” tenha surgido na década de oitenta, é neste contexto que os Sistemas de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) surgem com cada vez mais relevância, uma vez que, a atual regulamentação térmica já obriga à implementação destes sistemas e a nova regulamentação irá certamente reforçar esta necessidade.

1.1. Contextualização

A oportunidade de realização de uma dissertação sob o tema “Impacto da influência de um Sistema de Gestão Técnica Centralizada na redução dos custos de exploração de um edifício” nasce da parceria entre o Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e o Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ) que prontamente foi aceite pelo aluno por ser uma área de interesse para aquisição de conhecimento.

É de conhecimento do meio, que os SGTC são uma mais-valia para a redução de consumos de energia associados principalmente aos sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), apesar das potencialidades serem abrangentes a outras áreas. No entanto, existe alguma lacuna quanto à quantificação dessa mais-valia, facto importante sobretudo para a alteração de mentalidades dos promotores e proprietários dos edifícios, que por falta de prova, normalmente apenas associam os SGTC a um investimento num serviço desnecessário.

Um SGTC, atualmente com implementação obrigatória para determinados níveis de potência térmica instalada[5], torna-se um elemento essencial para a promoção de um funcionamento eficiente das instalações de AVAC e elétricas, bem como, dos equipamentos que as constituem. A sua aplicabilidade é cada vez mais preponderante para atingir os objetivos impostos por diretivas europeias, aproveitando a sua capacidade para monitorização, controlo e comando dos equipamentos, assim como a gestão dos consumos de energia.

Assim, surge o interesse e relevância de abordagem ao presente tema de dissertação visando a demonstração de potencial de poupança nos consumos de energia, mediante a oportunidade de avaliação para o efeito das instalações e sistemas técnicos, de AVAC e iluminação, do edifício designado por ECOTERMOLAB – *by* ISQ.



Figura 1 Edifício ECOTERMOLAB – ISQ

1.2. Objetivos

O objetivo principal da presente tese de mestrado é demonstrar que ganhos à poupança da utilização de energia podem ser obtidos com a implementação de um SGTC. Para o efeito, utilizou-se os sistemas e equipamentos existentes no edifício do ECOTERMOLAB com o

objetivo de verificar as diferenças de consumos resultantes do funcionamento do edifício em normal funcionamento, isto é, o edifício com todos os seus sistemas operacionais, incluindo o SGTC, e o edifício em funcionamento sem o auxílio do SGTC, isto é, todos os sistemas associados ao sistema AVAC em funcionamento em modo manual e sem recurso a variação de caudal na rede aerúlica e hidráulica. Dada a complexidade inerente a este objetivo, sentiu-se a necessidade de o subdividir em múltiplas tarefas de realização mais simples, tais como:

- Análise preliminar dos sistemas existentes no edifício;
- Tratamento de dados dos analisadores de rede em arquivo no SGTC;
- Análise dos mapas de ocupação do edifício com o intuito de verificar duas semanas análogas, em termos de ocupação, com vista à concretização da análise dos consumos de energia com SGTC ativo e sem SGTC ativo;
- Análise dos consumos de energia nas semanas de análise;
- Elaboração de modelo de simulação dinâmica detalhada;
- Análise de resultados;
- Avaliação Económica.

1.3. Calendarização

A prossecução dos objetivos conduziu à calendarização apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 Calendarização do projeto

Atividades a desenvolver	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1. Início dos trabalhos - planeamento										
2. Simulação do funcionamento do edifício com o SGTC em funcionamento e com esta desligada.										
3. Construção do edifício no programa de simulação dinâmica - <i>SketchUp/EnergyPlus</i>										
4. Análise dos relatórios de consumos de energia disponíveis no SGTC, assim como, dos resultados obtidos na simulação do funcionamento do edifício (2.)										
5. Simulação dinâmica da influência do SGTC										
6. Elaboração do relatório - tese										
7. Entrega do relatório										

2. Sistema de Gestão Técnica Centralizada

O Sistema de Gestão Técnica Centralizada, com a evolução tecnológica da última década, é nos dias de hoje, encarado como um fator preponderante na obtenção de bons padrões de eficiência energética, gerindo e otimizando o funcionamento dos sistemas e equipamentos instalados nos edifícios, tornando-se assim, num veículo para a sustentabilidade dos edifícios.

O SGTC para além da gestão e otimização do funcionamento dos equipamentos de uma forma automática, permite monitorizar, controlar e comandar todos os sistemas existentes no edifício, como por exemplo, o AVAC, a iluminação, a preparação da Água Quente Sanitária (AQS), segurança, controlo de acessos, entre outros sistemas que possam existir nos edifícios. O SGTC pode também ter um papel preponderante no apoio à gestão da manutenção preventiva e corretiva das instalações, na utilização racional e otimizada da energia e na análise de eficiência dos equipamentos através dos relatórios exportáveis para folhas de cálculo.

Sendo razoável a definição de novos objetivos para a redução dos consumos de energia, aquela apenas é possível se estes se encontrarem devidamente monitorizados. A

possibilidade de emissão de relatórios de consumo de energia por parte do SGTC é fundamental tornando-se numa mais-valia para estudos que visem a redução da utilização de energia e de implementação de novas soluções de equipamentos e sistemas.

2.1. Enquadramento histórico

Em meados da década de 80 surgiram os primeiros projetos de *edifícios inteligentes*. Nestes sistemas eram utilizados controladores do tipo PLC (*Programmable Logic Controller*) industrial com elevadas limitações de desempenho, nomeadamente, ao nível da velocidade de processamento e memória interna, bem como, limitações ao nível do protocolo de comunicação e transmissão de dados, isto é, são sistemas fechados em que cada fornecedor deste tipo de equipamentos tinha o seu próprio protocolo (protocolo proprietário). Com estes sistemas de arquitetura concentrada, dado a sua complexa instalação, a colocação em serviço era relativamente demorada.

Na década de 90 aparecem os sistemas mais vulgares nas instalações existentes, com arquitetura distribuída (vários controladores independentes e interligados por uma ou mais redes) com a utilização de controladores DDC (*Digital Direct Controller*). Com a crescente aposta no desenvolvimento destes sistemas, bem como, do avanço verificado na área da informática foi possível uma elevada melhoria na capacidade de processamento dos equipamentos. Os sistemas abertos permitiram a integração com outros equipamentos e a existência de ferramentas de programação proporcionaram uma diminuição significativa dos prazos para colocação em serviço.

Nos dias de hoje, os SGTC estão muito mais evoluídos, sobretudo ao nível da comunicação e da capacidade de processamento próprio e dos equipamentos de campo, como sensores e atuadores. Ao nível da comunicação é possível a utilização de novos canais de comunicação como a internet, a intranet e as redes móveis. Os acordos entre alargados grupos de fabricantes vieram permitir uma integração automática entre equipamentos, reduzindo o tempo de construção dos sistemas.

2.2. Protocolos de comunicação

Em termos simplificados, os protocolos de comunicação, são tipos de linguagem de comunicação entre sistemas e equipamentos. Atualmente, a maioria dos fabricantes de equipamentos aderem a protocolos *standard* criados por empresas independentes deixando

de parte os protocolos proprietários que eram criados pelos próprios. Este facto veio facilitar a evolução do SGTC na medida em que neste momento existe uma maior interoperabilidade entre protocolos resultando numa simplificada comunicação entre sistemas sem necessidade de desenvolvimento de *drivers* de comunicação. Assim, os equipamentos que comuniquem num mesmo protocolo, independentemente do fabricante, poderão trocar informações bidireccionalmente de forma direta. Sempre que o mesmo não acontece, isto, sempre que seja necessário efetuar troca de informação entre equipamentos de diferentes protocolos, devem utilizar-se equipamentos externos designados por *gateways* que são equipamentos cujo objetivo é a tradução de linguagem. Apesar desta possibilidade, naturalmente, é sempre mais vantajoso utilizarem-se equipamentos com possibilidade de transmissão/leitura de dados segundo o mesmo protocolo e assim evitar custos acrescidos neste tipo de “tradutores”.

Os protocolos com maior ênfase no mercado são o LonTalk, BACnet, KNX, TCP/IP e DALI (mais utilizado para iluminação) existindo outros protocolos como o ModBus, M-Bus e o OPC para aplicações específicas, a título de exemplo, no caso dos contadores de energia é frequentemente utilizado o protocolo ModBus uma vez que os controladores DDC que apresentam este protocolo não perdem a informação mesmo que fiquem *offline*. No setor dos grandes edifícios de serviços são maioritariamente utilizados os protocolos LonTalk, BACnet e TCP/IP.

2.3. Arquitetura tipo num Grande Edifício de Serviços

A arquitetura das instalações modernas de um Grande Edifício de Serviços (GES) pode ser caracterizada conforme exemplo apresentado na Figura 2. Esta figura ilustra uma das possibilidades para a arquitetura de um SGTC com multiprotocolo idealizada para a gestão integrada de edifícios pela empresa *Schneider Electric*. Nesta figura podemos verificar três unidades *Automation Server* constituídos por fontes de alimentação, controladores e módulos de entradas e saídas I/O (digitais e analógicas) responsáveis pela gestão, controlo e comando de conjuntos de *subnet's* em protocolos BACnet/ModBus e Lonworks (rede do protocolo LonTalk)/ModBus. Em relação aos controladores normais, as unidades *Automation Server* contam com um conjunto de vantagens como a variedade de opções de conectividade, interface com a *workstation/webstation*, suporte de fábrica para protocolos abertos, configurações personalizáveis por escalões e ainda memória interna para armazenamento de dados e *backup*. As unidades *Automation Server* encontram-se ainda

conectadas a uma rede TCP/IP a partir da qual se poderá aceder através da internet ou do postos de trabalho ou servidor.

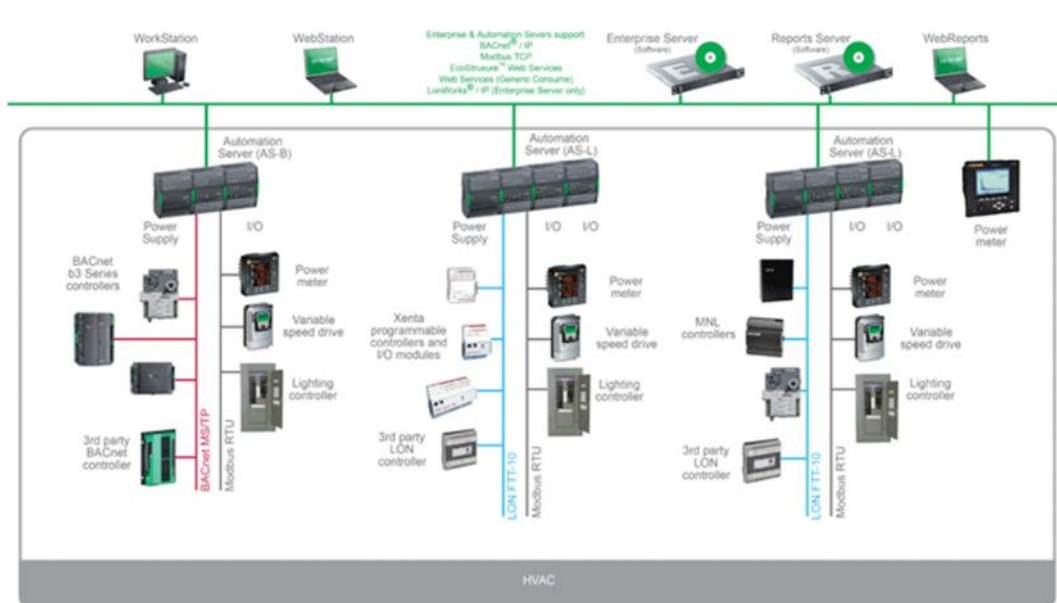


Figura 2 Arquitetura tipo de um SGTC (fonte: Schneider Electric)

2.4. Regulamentação Portuguesa – RSECE

A legislação em vigor, nomeadamente, o RSECE (Decreto-Lei n.º 79/2006)[5], contempla alguns dos seus artigos direcionados para o SGTC, nomeadamente, para os requisitos de eficiência energética, sistemas de regulação e controlo e para os sistemas de monitorização e de gestão de energia, respetivamente, artigo n.º 14, 15 e 16 deste regulamento.

- Artigo 14º - Requisitos de eficiência energética no projeto de novos sistemas de climatização:
 - Ponto 11 – Os sistemas de climatização que são objeto do presente Regulamento têm necessariamente de dispor de meios de registo do consumo próprio de energia;
 - Ponto 12 – Todo o sistema de climatização comum a várias frações autónomas ou edifícios tem necessariamente de dispor de dispositivos para contagem dos consumos de energia de cada uma das frações autónomas ou edifícios servidos pelo sistema;

- Ponto 15 – Todos os equipamentos dos sistemas de climatização com potência elétrica instalada superior a 12kW, ou potência térmica máxima em combustíveis fósseis superiores a 100kW, que integram os sistemas que são objeto do presente Regulamento, têm de dispor de meios de registo individual para contagem dos consumos de energia, autónomos ou através de sistemas centralizados de monitorização.
- Artigo 15º - Sistemas de Regulação e Controlo:
 - Ponto 1 – A adoção de sistemas de regulação e controlo é obrigatório em qualquer sistema de climatização, com vista a garantir, pelo menos, as seguintes definições:
 - a) Limitação da temperatura de conforto máxima e mínima, conforme o que for aplicável, em qualquer dos espaços ou grupos de espaços climatizados pelo sistema em causa;
 - b) Regulação da potência de aquecimento e de arrefecimento das instalações às necessidades térmicas dos edifícios;
 - c) Possibilidade de fecho ou redução automática da climatização, por espaço ou grupo de espaços, em períodos de não ocupação.
 - Ponto 2 – O sistema de regulação e controlo, quando aplicável, deve permitir a sua integração num sistema de gestão técnica de energia, o qual pode sobrepor-se àquele, alterando as condições ambientais interiores, sempre que tal seja considerado necessário em face do resultado da análise de todos os dados disponíveis, mas sem pôr em causa a Qualidade do Ar Interior (QAI).
- Artigo 16º - Sistemas de monitorização e de gestão de energia:
 - Ponto 1 – A monitorização e a gestão de energia são obrigatórias a partir do limiar de potência térmica do sistema de climatização a instalar definido no n.º 6 do artigo 27º, atualizável por portaria conjunta dos ministros responsáveis pelas áreas da economia, das obras públicas, do ambiente, do ordenamento do território e da habitação (100kW);

- Ponto 2 – O sistema de gestão de energia é obrigatório a partir de um limiar de potência térmica do sistema de climatização a instalar, conforme definido e atualizável por portaria conjunta dos ministros responsáveis pelas áreas da economia, das obras públicas, do ambiente, do ordenamento do território e da habitação;
- Ponto 3 – A portaria referida no número anterior fixa também um segundo limiar de potência instalada, a partir do qual o sistema de gestão de energia tem de permitir a otimização centralizada da parametrização do sistema de climatização (250kW).

3. Caracterização Geral do Edifício

O edifício ECOTERMOLAB, pertencente ao Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), foi construído em 2010 e resulta da aposta por parte desta entidade em criar um laboratório de formação e de investigação e desenvolvimento (ID&I), sobretudo focalizado para a área da energia e climatização. Dali resultou que, o projeto e a sua conceção foi orientada para majoração de elevados padrões de eficiência energética, quer através de um criterioso projeto dos variados sistemas que o constituem e da eficiência dos equipamentos instalados, quer ainda da adoção de um SGTC, permitindo monitorizar, controlar, comandar e gerir, de forma integrada, as várias instalações existentes no edifício, tais como, AVAC, preparação de AQS, contadores de energia, iluminação, entre outros sistemas.

3.1. Descrição do Edifício

O ECOTERMOLAB, à luz da regulamentação nacional em vigor, nomeadamente, o RSECE, é considerado um Grande Edifício de Serviços (GES), uma vez que possui uma área útil superior a 1000 m² e/ou pela sua potência térmica instalada ser superior a 25kW.

O edifício é constituído por três pisos destinados à prática de ensino (formação), localizado na Zona Industrial da Feiteira - Rua da Saibreira, n.º 159, na freguesia de Grijó, concelho de Vila Nova de Gaia e distrito do Porto, zona climática I₂ V₁ Norte e encontra-se a uma cota de 179 metros a uma distância da costa marítima de 7 km.



Figura 3 Localização do edifício ECOTERMOLAB – ISQ (N 41°02'38.88"; W 8°33'57.48" – fonte: *Google earth*)

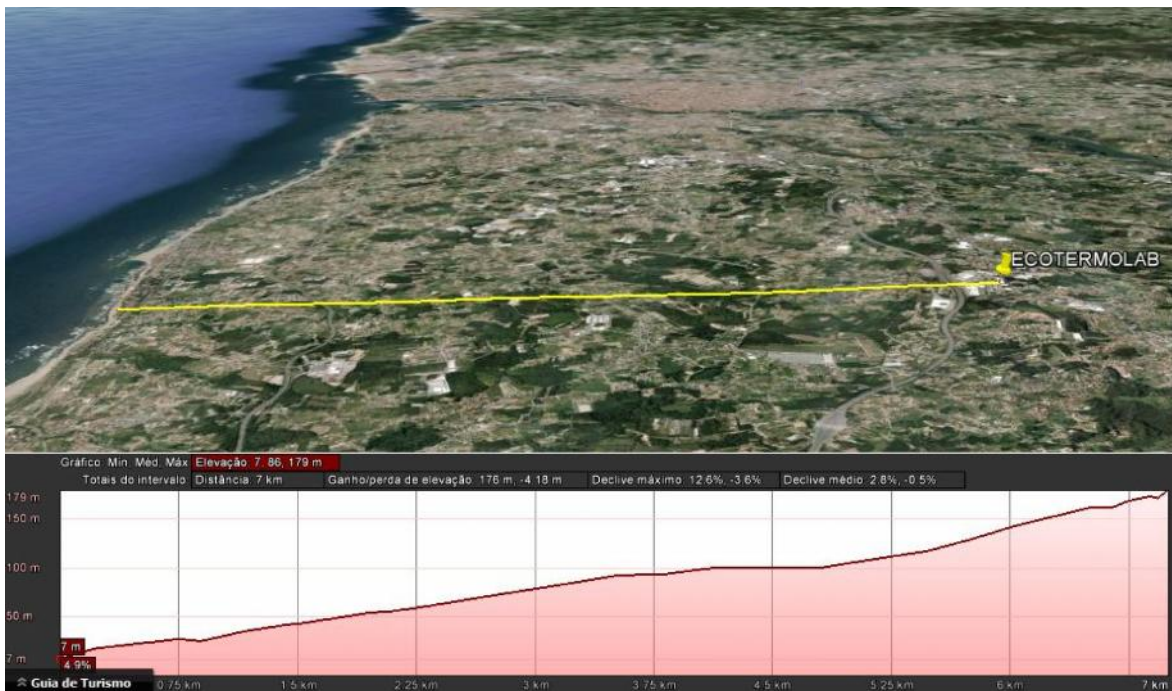


Figura 4 Distância à costa e perfil de elevação (7 km - fonte: *Google earth*)

No que respeita aos ventos dominantes, estes distribuem-se entre os quadrantes N-E e SSE-N, sendo que o vento predominante advém do quadrante NW-N, ainda que apresente alguma predominância também entre SSW-S, conforme a distribuição e probabilidade de ocorrência (%) apresentada na Figura 5.

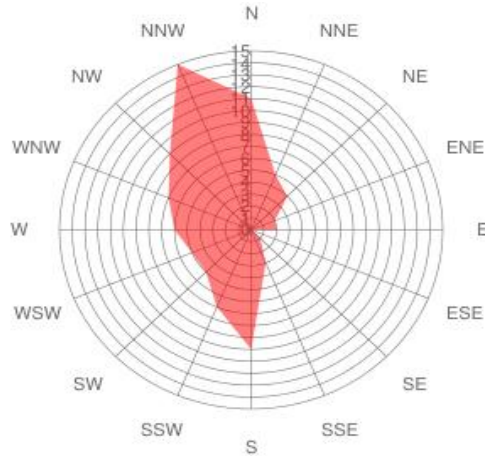


Figura 5 Dados estatísticos dos ventos predominantes (fonte: *windfinder*)

O edifício tem uma área total de 1874 m², sendo 1144 m² climatizada, distribuída por 3 pisos, conforme Tabelas 2 e 3.

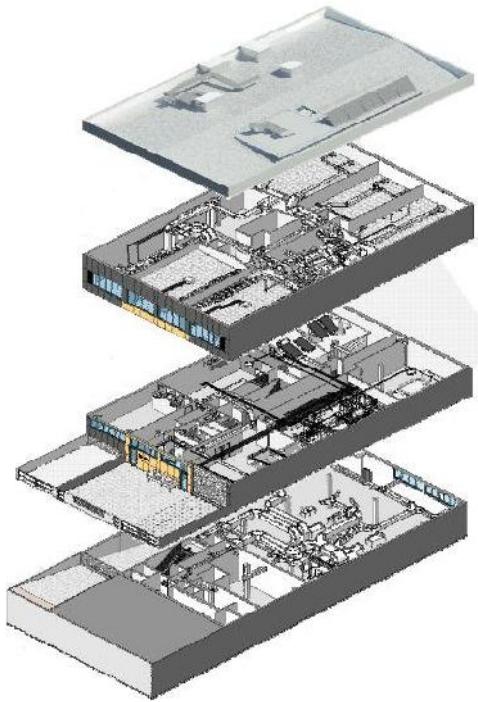
Tabela 2 Distribuição de áreas [m²]

Área Total	1 874
Área Climatizada	1 144

Tabela 3 Distribuição de áreas por piso [m²]

Área Piso -1	640
Área Piso 0	622
Área Piso 1	612
Área Total	1 874

A distribuição das áreas dos diferentes pisos pelo tipo de utilização é a apresentada na imagem seguinte. No Anexo A são apresentadas as plantas e cortes que constam no projeto de arquitetura do edifício.



- Piso 1:
 - Sala UTA 1 e 3;
 - Salas de Formação 1 a 5;
 - Hall de Piso.
- Piso 0:
 - Gabinete;
 - Sala Convívio;
 - Central Térmica;
 - Instalações Sanitárias;
 - Laboratórios de 1 a 3.
- Piso -1:
 - Balneários;
 - Laboratório 4;
 - Armazém.

Em termos percentuais é traduzido pelo gráfico da Figura 6, onde se pode verificar uma maior preponderância respeitante às salas de formação, onde se poderá incluir a oficina/labor.4.

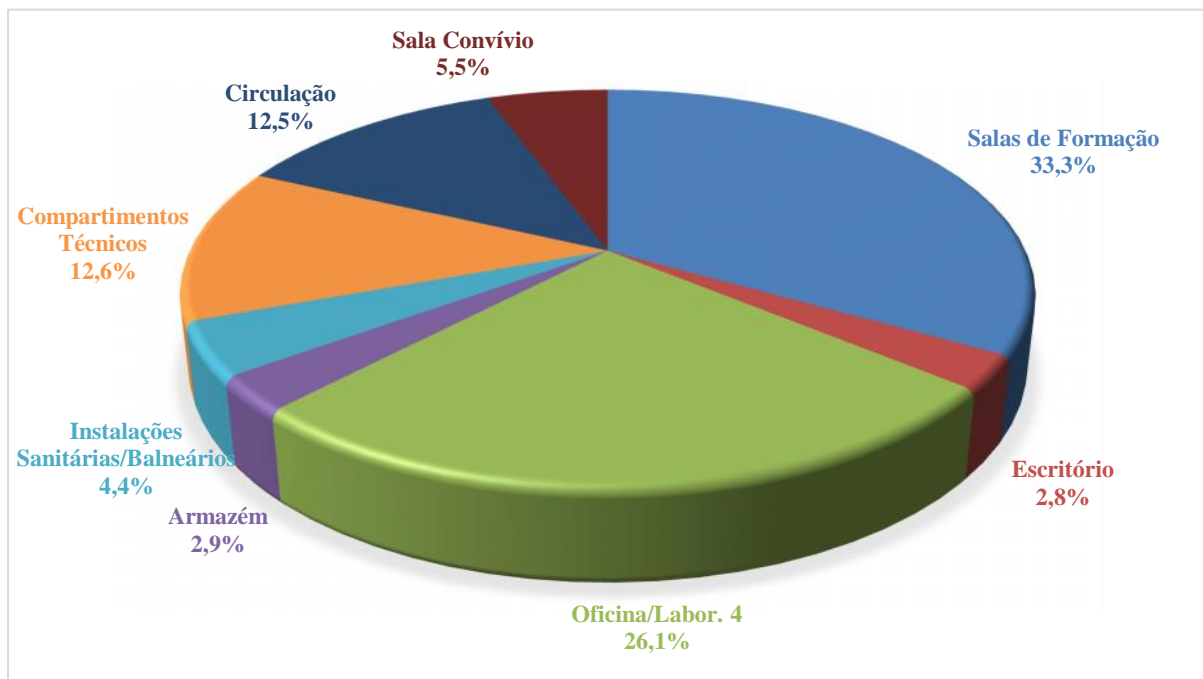


Figura 6 Distribuição de áreas por tipologia de espaço

3.2. Caracterização da Envolvente

3.2.1. Envolvente Opaca

A envolvente do edifício apresenta soluções construtivas que, claramente, resultaram da adaptação das soluções existentes antes da conversão do edifício com vista ao cumprimento dos requisitos térmicos impostos pela regulamentação em vigor, nomeadamente, o RCCTE conforme pode ser verificado na Tabela 4.

Tabela 4 Descrição da envolvente opaca do edifício

Tipo de Envolvente	Solução	U [W/m ² °C]	U _{max} [W/m ² °C]
Paredes Exteriores	Parede Exterior tipo 1 (Este) constituída do exterior para o interior por 0,025m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,019 m ² .°C/W, 0,25m de bloco de betão com resistência térmica de 0,33 m ² .°C/W, 0,02m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,015 m ² .°C/W, 0,06m de poliestireno expandido (XPS) de 40 kg/m ³ com resistência térmica de 1,622 m ² .°C/W, 0,25m de bloco de betão com resistência térmica de 0,33 m ² .°C/W e 0,02m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,015 m ² .°C/W.	0,40	1,6
	Parede Exterior tipo 2 (Oeste) constituída do exterior para o interior por 0,01m de Pannel fenólico com resistência térmica de 0,033 m ² .°C/W, 0,05m de caixa-de-ar com resistência térmica de 0,18 m ² .°C/W, 0,015m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,0115 m ² .°C/W, 0,25m de bloco de betão com resistência térmica de 0,33 m ² .°C/W, 0,02m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,0154 m ² .°C/W, 0,06m de poliestireno expandido extrudido (XPS) de 40 kg/m ³ com resistência térmica de 1,622 m ² .°C/W, 0,25m de bloco de betão com resistência térmica de 0,33 m ² .°C/W e 0,02m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,015 m ² .°C/W.	0,37	
	Parede Exterior tipo 3 (Piso 0) constituída do exterior para o interior por 0,01m de Pannel fenólico com resistência térmica de 0,033 m ² .°C/W, 0,05m de caixa-de-ar com resistência térmica de 0,18 m ² .°C/W, 0,015m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,0115 m ² .°C/W, 0,25m de bloco de betão com resistência térmica de 0,33 m ² .°C/W, 0,02m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,0154 m ² .°C/W, 0,06m de poliestireno expandido extrudido (XPS) de 40 kg/m ³ com resistência térmica de 1,622 m ² .°C/W, 0,07m de tijolo cerâmico furado normal com resistência térmica de 0,19 m ² .°C/W e 0,02m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,015 m ² .°C/W.	0,38	
Parede Interior	Parede Interior em contacto com edificio adjacente tipo 1 constituída por 0,025m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,019m ² .°C/W, 0,20m de bloco de betão com resistência térmica de 0,30 m ² .°C/W e 0,025m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,019 m ² .°C/W.	1,67	2,0
Coberturas	Cobertura Exterior tipo 1 constituída do exterior para o interior por 0,03m de Pannel <i>Sandwich</i> com resistência térmica de 0,811 m ² .°C/W e 0,12m de poliestireno expandido extrudido (XPS) com resistência térmica de 3,243 m ² .°C/W.	0,29	1,0

Tipo de Envolvente	Solução	U [W/m ² °C]	U _{max} [W/m ² °C]
Parede em contacto com o solo	Parede em contacto com solo tipo 1 constituída por 0,25m de blocos de betão com resistência térmica de 0,33m ² .°C/W e 0,02m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,0154 m ² .°C/W.	2,1	n/a
	Parede em contacto com solo tipo 1 constituída por 0,25m de blocos de betão com resistência térmica de 0,33m ² .°C/W, 0,02m de argamassas e rebocos tradicionais de 1800 kg/m ³ com resistência térmica de 0,0154 m ² .°C/W e 0,05m de mosaico cerâmico com resistência térmica de 0,0385m ² .°C/W.	1,95	



Figura 7 Pormenores de isolamento térmico existente no edifício

3.2.2. Envidraçados e Proteções Solares

A envolvente não opaca é caracterizada pelos seus vãos envidraçados e proteções solares. Em termos percentuais, a envolvente envidraçada do edifício representa apenas, cerca de, 6,0% com orientações a este e oeste, facto pelo qual, neste edifício, este tipo de envolvente não terá uma influência significativa na respectiva carga térmica de arrefecimento.

Os vãos envidraçados do edifício caracterizam-se conforme a Tabela 5.

Tabela 5 Descrição da envolvente envidraçada do edifício

Envolvente Envidraçada Exterior	g_{0c} / proteção a 100%	$g_{0máx.}$ Admissível ¹	U [W/m ² .°C]
VE 1 (Este) - Vão duplo de caixilharia metálica sem corte térmico, sem quadrícula e vidro simples de 4 mm. Este tipo de vão apresenta proteção solar interior do tipo estore de lâminas de cor clara. O fator solar do vidro é de 0,77 ($g_{vidro}=0,88 \times 0,88=0,77$).	0,41	0,56	3,1
VE 2 (Oeste) - Vão duplo de caixilharia metálica sem corte térmico, sem quadrícula e vidro simples de 4 mm. Este tipo de vão apresenta proteção solar interior do tipo estore de lâminas de cor clara. O fator solar do vidro é de 0,77 ($g_{vidro}=0,88 \times 0,88=0,77$).	0,41	0,56	3,1
VE 3 (Oeste) - Vão duplo de caixilharia metálica sem corte térmico, sem quadrícula e vidro simples de 4 mm. Este tipo de vão apresenta proteção solar exterior do tipo estore de lâminas metálicas. O fator solar do vidro é de 0,72 ($g_{vidro}=0,85 \times 0,85=0,72$).	0,12	0,56	3,1
VE 4 (Oeste) - Vão simples de caixilharia metálica com corte térmico, sem quadrícula e vidro duplo de 4+8 mm e espessura da lâmina de ar de 16mm. Este tipo de vão apresenta proteção solar exterior do tipo estore de lâminas metálicas. O fator solar do vidro é de 0,75.	0,47	0,56	3,3

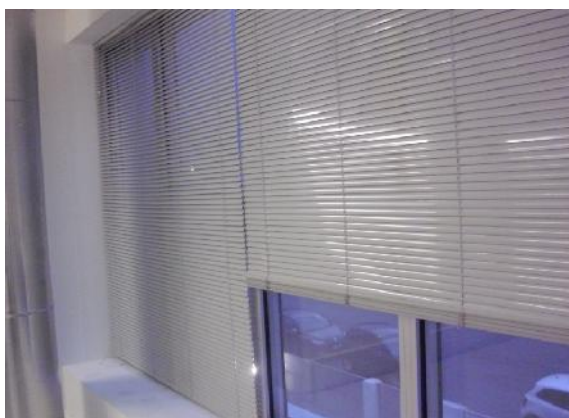


Figura 8 Exemplo de vão envidraçado e proteção solar interior

¹ Limites impostos pelo RCCTE para edifícios novos

3.3. Ocupação

A tipologia do edifício torna difícil a sua caracterização em termos de ocupação, uma vez que depende da existência de formações, bem como, da quantidade de formandos por cada ação formativa. No entanto, para efeitos de simulação dinâmica detalhada, considerou-se o perfil de ocupação das salas ocorrido ao longo do ano de 2012, sendo que, em termos de número de ocupantes, e de acordo com os registos disponibilizados pelo ISQ, fora considerado um número médio de 14 formandos por ação formativa.

Tabela 6 Número de horas de formação por sala do ECOTERMOLAB

Sala	N.º horas Formação
Sala Formação 1	379
Sala Formação 2	773
Sala Formação 3	682
Sala Formação 4	546
Sala Formação 5	428
Oficina 1	91
Oficina 2	53
Oficina 3	355
Oficina 4	355
TOTAL	3 513

A Figura 9 apresenta a evolução dos níveis de ocupação das salas de formação e, consequentemente, o número de utilizadores do edifício (ocupantes) durante o ano de 2012.

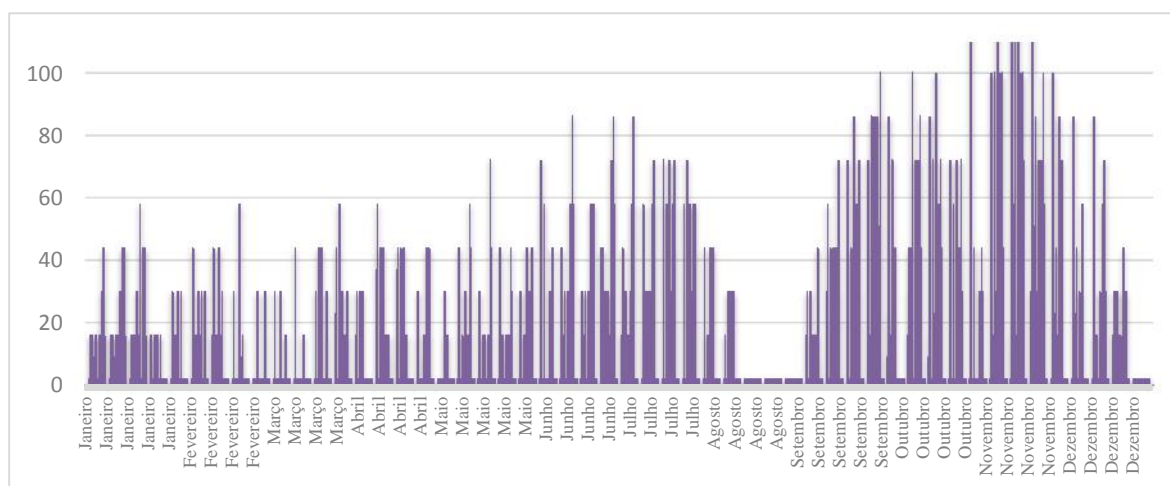


Figura 9 Evolução anual da taxa de ocupação do edifício

3.4. Sistema de Iluminação

O edifício tem uma potência de iluminação instalada de, aproximadamente, 11,7kW, repartida pelos diversos pisos e exterior, conforme se pode verificar na Tabela 7 e Figura 10.

A potência instalada em iluminação interior é de, cerca de, 11,0 kW o que representa uma densidade de iluminação de 5,86 W/m².

Tabela 7 Potência de iluminação instalada por piso e exterior

Piso	Área [m ²]	Potência Total [W]	Densidade de iluminação interior [W/m ²]
Piso -1	640	2 811	4,39
Piso 0	622	4 209	6,77
Piso 1	612	3 969	6,49
TOTAL Interior	1 874	10 989	5,86
TOTAL Exterior	-	700	-

A distribuição percentual da potência instalada em iluminação pelos diversos pisos e exterior é apresentada no gráfico da Figura 10.

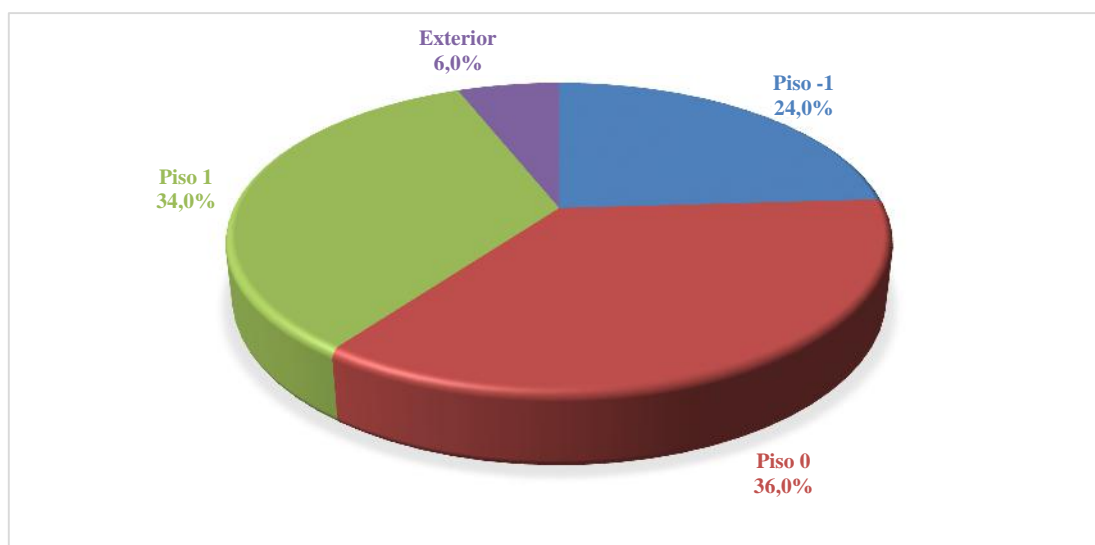


Figura 10 Distribuição da potência de iluminação por piso e exterior

A iluminação do edifício é constituída, maioritariamente (76,4%), por lâmpadas fluorescentes tubulares do tipo T5 (16mm), sendo que na sua esmagadora maioria contemplam luminárias com refletores dando origem a uma melhor dispersão da iluminação artificial.

Tabela 8 Potência de iluminação instalada por tipo de lâmpada

Tipo de Lâmpada	Potência Instalada [W]
Fluorescentes Compactas	2 054
Fluorescentes Tubulares T5	8 935
Vapor de Sódio	700 ⁽²⁾
TOTAL	11 689

A distribuição percentual em iluminação instalada por tipo de tecnologia no edifício é apresentada no gráfico da Figura 11. Pela figura é possível verificar uma maior aposta na iluminação do tipo fluorescente tubular do tipo T5 com 76,4%.

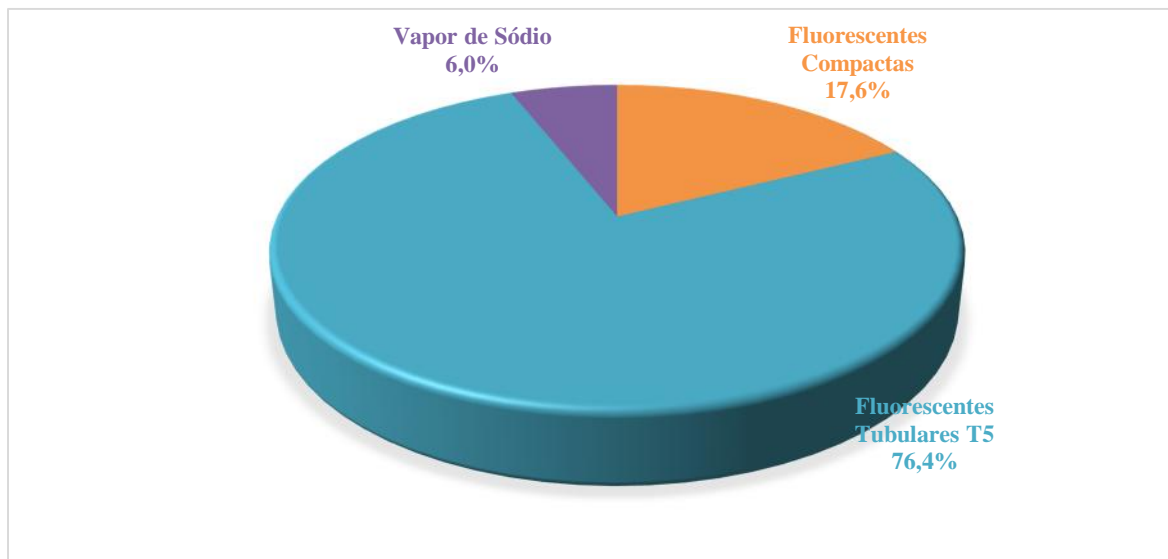


Figura 11 Distribuição da potência de iluminação por tipo de lâmpada

A distribuição da potência da potência instalada em iluminação por tipologia de espaço do edifício é apresentada na Tabela 9 com as respectivas potências e a Figura 12 representa a respectiva desagregação, evidenciado uma maior potência instalada por tipologia de espaço nas salas de formação com 32,7%, podendo ainda acrescer a potência instalada para a oficina (14,3%), que, apesar da denominação, é um espaço destinado principalmente a ações de formação.

² Potência de iluminação instalada no exterior do edifício.

Tabela 9 Potência de iluminação instalada por tipo de lâmpada

Tipologia de Espaços	Potência Total [W]
Salas de Formação	3 822
Escritório	548
Oficina	1 666
Armazém	245
Instalações Sanitárias/Balneários	1 117
Compartimentos Técnicos	1 389
Circulação	1 636
Sala Convívio	566
Exterior	700
TOTAL	11 689

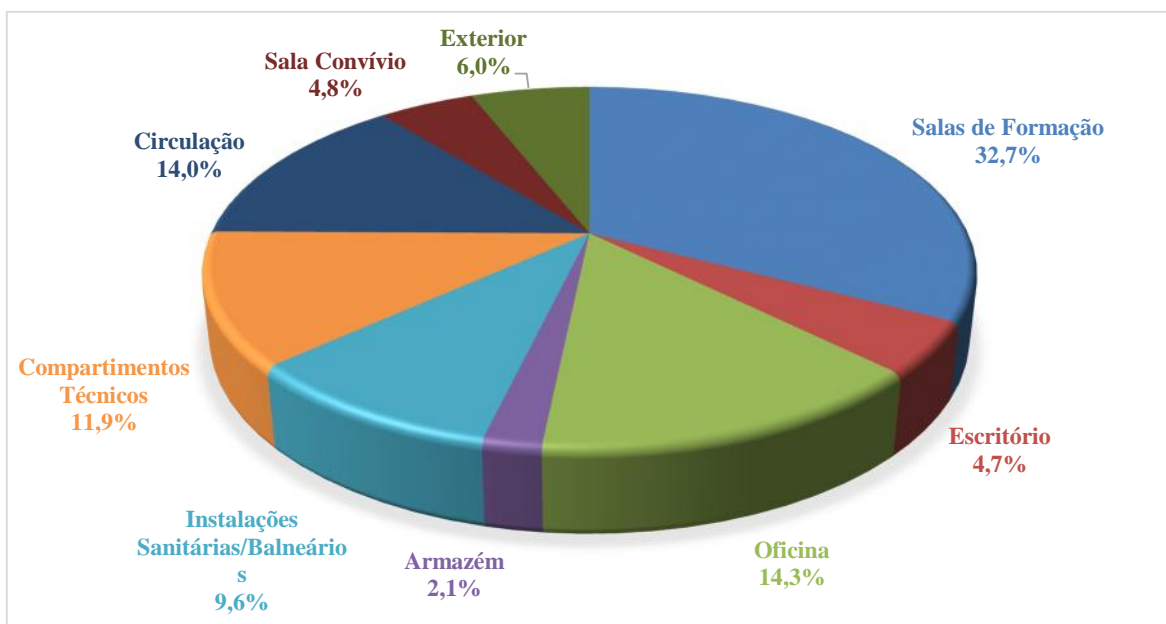


Figura 12 Distribuição da potência de iluminação por tipologia de espaço



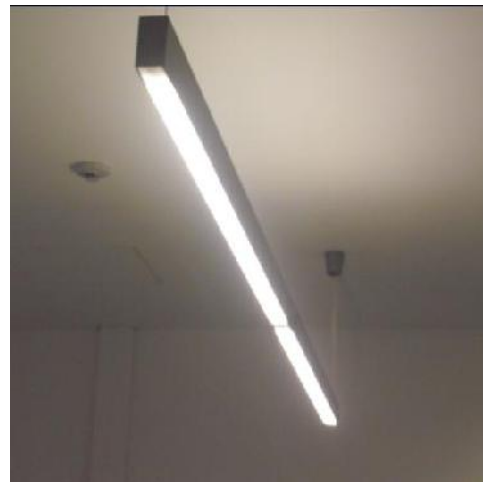
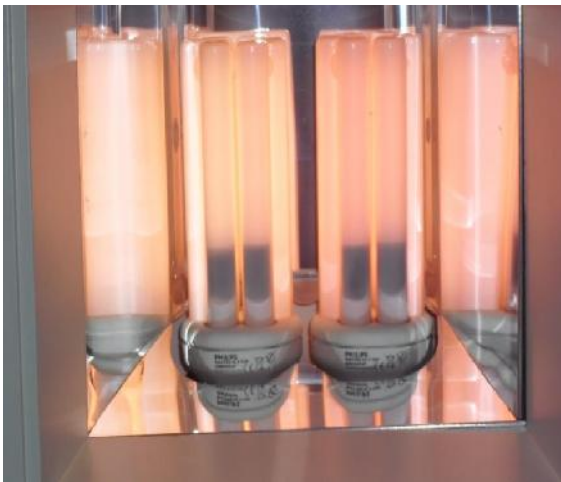


Figura 13 Exemplos de luminárias, lâmpadas e controladores existentes no ECOTERMOLAB

3.5. Equipamentos Elétricos

A potência permanente instalada em equipamentos elétricos no edifício é de 9,4 kW, potência que poderá ser diferente quando são lecionadas matérias em que seja necessário utilizar equipamentos específicos, ou mesmo, devido a equipamentos ocasionais dos próprios formandos, tais como, portáteis.

Contribuem para a contabilização da potência equipamentos típicos da tipologia do edifício, equipamentos como, computadores (portáteis ou de secretária), fotocopiadora, projetores, *data center* e equipamentos de apoio como máquinas de *vending* de comidas / bebidas e café.

A Tabela 10 apresenta a distribuição de potência instalada por piso em termos de equipamentos elétricos.

Tabela 10 Potência instalada em equipamentos

Piso	Área [m ²]	Potência Total [W]	Densidade [W/m ²]
Piso -1	640	300	0,47
Piso 0	622	6 590	10,59
Piso 1	612	2 535	4,14
TOTAL	1 874	9 425	5,03

Pela Figura 14 pode-se verificar que o piso 0 do edifício ostenta a maioria da potência instalada em equipamentos elétricos com cerca de 70% do total instalado.

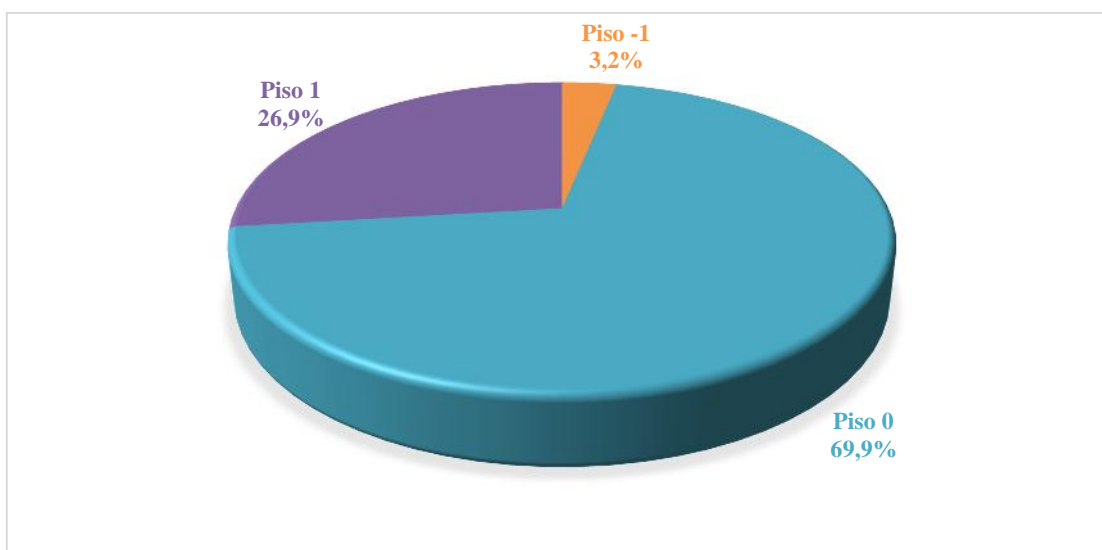


Figura 14 Distribuição da potência de equipamentos por piso

Tabela 11 Potência instalada em equipamentos por tipo de espaço

Tipologia de Espaços	Potência Total [W]
Salas de Formação	2 370
Escritório	1 435
Oficina	300
Compartimentos Técnicos	635
Circulação	1 500
Sala Convívio	3 185
TOTAL	9 425

A potência instalada em equipamentos elétricos tem maior relevância (33,8%) na sala de convívio devido às máquinas de *vending* ali localizadas, seguido dos espaços destinados às salas de formação (25,1%) e escritório (15,2%).

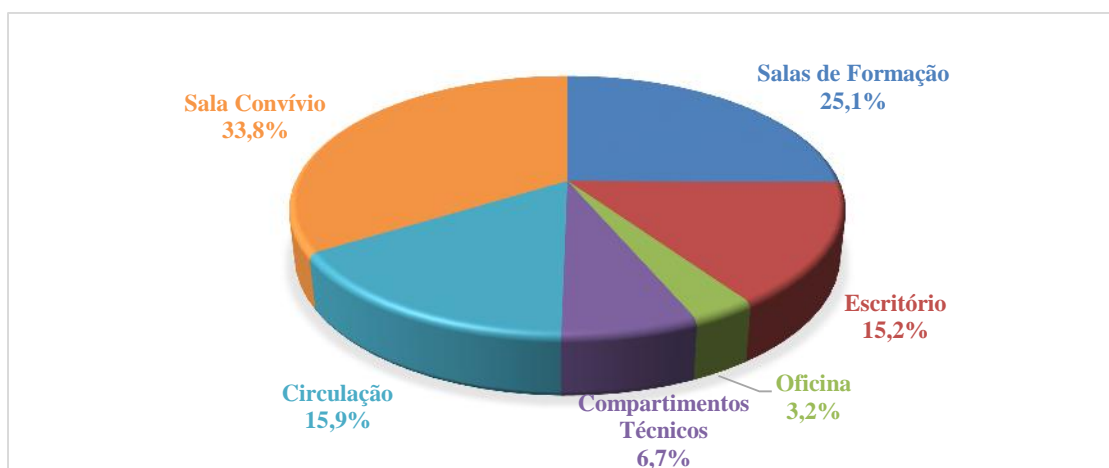


Figura 15 Distribuição da potência de equipamentos por tipologia de espaço



Figura 16 Exemplos de equipamentos elétricos existentes no edifício

3.6. Sistemas de Climatização

O ECOTERMOLAB é dotado de um sistema de climatização centralizado em sistema de distribuição a quatro tubos. A produção de energia térmica, água quente e água gelada, é realizada por meio de um *chiller* “Água – Água” com condensação em torre de arrefecimento seca *Dry Cooler* e por uma caldeira a condensação, com uma potência térmica de 65kW e 65,7kW para arrefecimento e aquecimento, respetivamente. O sistema de distribuição de energia térmica é responsável pela alimentação com fluido térmico das baterias de aquecimento/arrefecimento de três Unidades de Tratamento de Ar (UTA), assim como, pela alimentação das unidades terminais do tipo ventiloconvetores e aerotermos. Genericamente, o tratamento de ar dos espaços com ocupação permanente é efetuado por meio das unidades de tratamento de ar e a extração das instalações sanitárias efetuada por meio de ventilador de extração independente com controlo por relógio. Existe ainda um ventilador de extração responsável pela extração de ar do laboratório 1 e 2 (utilizados para formações na área de aparelhos a gás) ativado sempre que os níveis de monóxido de carbono se encontram fora dos níveis de segurança. De referir, que todas as UTA’s possuem módulos de recuperação de calor, do tipo placas de fluxos cruzados no caso da UTA 2 e 3 e do tipo roda térmica na UTA 1.

No edifício em análise encontram-se ainda outros equipamentos de AVAC utilizados esporadicamente em formações lecionadas pelo ISQ.

3.6.1. Sistemas de Produção de energia Térmica

A produção de energia térmica para arrefecimento do edifício, é efetuada com recurso a um *chiller* “Água – Água” com condensação em torre de arrefecimento seca *Dry Cooler*. As principais características destes equipamentos são apresentadas nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 Principais características do *chiller*

Designação	CH 1
Marca	Daikin
Modelo	EWWP065KAW1N
Potência Térmica de Arrefecimento (kW)	65,0
Potência elétrica - <i>input</i> (kW)	18,3
EER	3,55



Figura 17 Chiller “Água – Água” existente no ECOTERMOLAB



Figura 18 Dry Cooler – Torre de arrefecimento seca

Tabela 13 Principais características do Dry-cooler

Designação	Dry-Cooler
Marca	Lennox
Modelo	FC SN 08Y L02
Número Ventiladores	2
Potência motor ventilador (kW)	0,99
Volume Interior fluido (dm ³)	49,0

No que concerne à produção de energia térmica para aquecimento, o edifício é dotado com uma caldeira mural de condensação, com queimador modulante a gás natural, localizado na central térmica do edifício.

As principais características deste equipamento são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14 Principais características da caldeira mural

Designação	Cald. Mural
Marca	Wolf
Modelo	CGB – 75
Potência Térmica de Aquecimento (kW)	65,7
Queimador modulante entre (kW)	18,5 – 65,7
Potência Térmica útil 50/30 °C (kW)	69,7
Rendimento	106,1

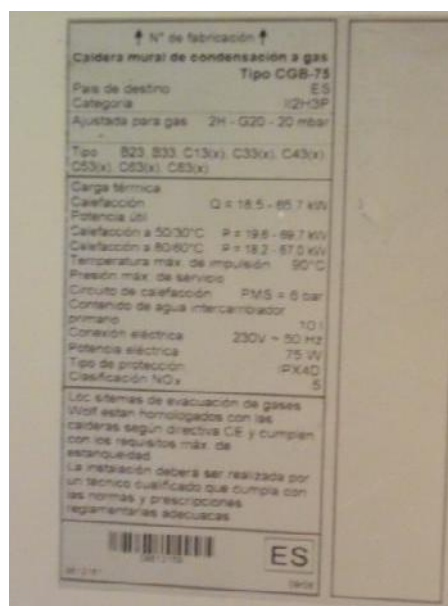


Figura 19 Caldeira mural de condensação

3.6.2. Sistemas de emissão/difusão de energia térmica

Conforme foi referido anteriormente, o ECOTERMOLAB é dotado de três unidades de tratamento de ar, cinco unidades terminais do tipo ventiloconvetor e duas unidades aerotermo responsáveis pela renovação e tratamento térmico do ar difundido nos vários espaços climatizados do edifício.

As unidades de tratamento de ar de duplo *deck* são constituídas por várias secções, como secções de filtragem, de ventilação, secções de aquecimento e arrefecimento constituídas por baterias de água quente e água gelada e ainda por módulos de recuperação de energia térmica capaz de efetuar permuta de calor entre o ar captado do exterior e o ar extraído dos espaços resultando numa economia importante em termos de consumos de energia. As unidades de tratamento de ar encontram-se inseridas em sistema de distribuição a quatro

tubos sendo o controlo de caudal de água de fornecimento às baterias efetuado por válvulas de três vias modulantes com controlo pelo SGTC. Pelo SGTC é também controlado a variação de caudal de ar a insuflar nos espaços climatizados por meio de controladores eletrónicos de potência que ajustam a velocidade dos motores dos ventiladores.

Tabela 15 Principais características das Unidades de Tratamento de Ar

Ref.	Marca	Modelo	Pot. Térm. Arref. (kW)	Pot. Térm. Aquec. (kW)	Caudal máximo de Ar Insuflado (m ³ /h)	Caudal máximo de Ar Extraído (m ³ /h)	Espaços Climatizados	Caudal Parcial Ar Insuflado (m ³ /h)	Caudal Parcial Ar Extraído (m ³ /h)
UTA 1	Wolf	TOP 96/96	51,3	45,2	7 090	6 985	Piso 1_Sala Formação 4	1 460	1 460
							Piso 1_Sala Desenho	1 100	1 100
							Piso 1_Area Estar	710	710
							Piso 1_Sala Formação 1	900	900
							Piso 1_Sala Formação 2	1 460	1 460
							Piso 1_Sala Formação 3	1 460	1 460
UTA 2	Wolf	TOP 130/130	69,4	60,8	9 541	9 570	Andar Laboratório	1 250	1 500
							Andar Mec. Apar. Gás	2 500	3 000
							Andar Circulação Laboratórios	0	1 000
							Andar Central Térmica	1 250	1 000
							Andar Hall Entrada/Sala Convívio	3 100	1 000
							Cave Balneários Masculinos	250	0
							Cave Balneários Femininos	250	0
Cave Armazém	400	0							
UTA 3	Wolf	TOP 43/43	16,0	14,0	2 200	1 750	Andar Gabinete	2 200	1 750



Figura 20 Unidade de Tratamento de Ar 1

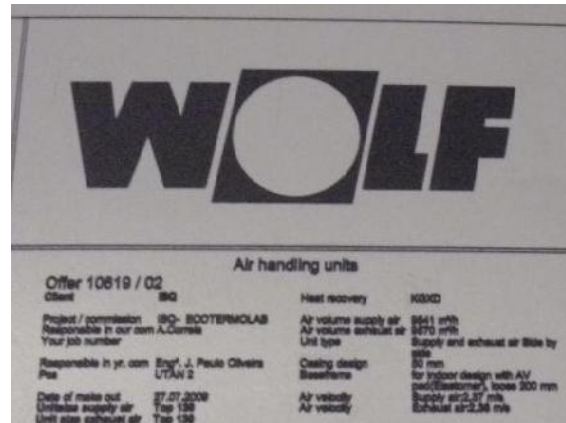


Figura 21 Unidade de Tratamento de Ar 2

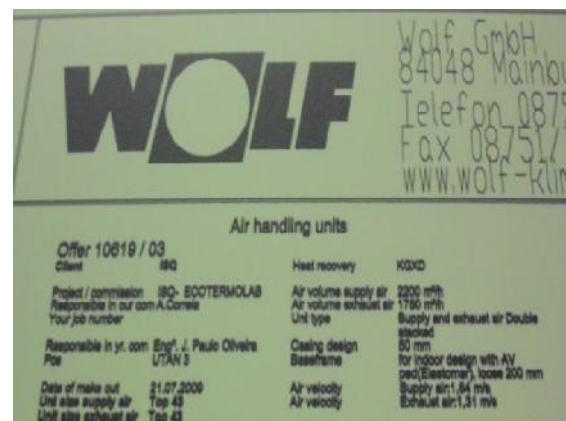


Figura 22 Unidade de Tratamento de Ar 3

Existe ainda no edifício um dispositivo de abertura e fecho de registos de regulação de caudal para as salas de formação do piso 1 (Figura 23). Sempre que é lecionada uma aula numa das salas de formação o colaborador (segurança) que se encontra na receção aciona a botoneira para abertura do respetivo registo e desta forma permitir a renovação de ar no espaço.



Figura 23 Controlo de abertura e fecho de registos das salas de formação

No edifício, existem ainda unidades terminais do tipo ventiloinveter do tipo “Cassete” ou “Mural” por sala de formação com módulo de filtragem, ventilação e bateria de aquecimento/arrefecimento. Já as duas unidades de aerotermos encontram-se instaladas no laboratório 1 e 3.

As imagens representadas pela Figura 24 apresentam exemplos de sistemas de difusão existentes no edifício.



Figura 24 Exemplos de equipamentos de difusão de energia térmica

3.6.3. Sistemas de distribuição de energia térmica

O sistema de distribuição caracteriza-se por sistema de distribuição de energia térmica a quatro tubos. A água térmica produzida pelo *chiller* e/ou caldeira são introduzidas nos respetivos coletores de distribuição (coletor de distribuição de água quente e coletor de distribuição de água fria) e depois encaminhada para as baterias dos equipamentos de difusão com o auxílio de bombas de circulação. Todos os equipamentos de propulsão tem

ligação ao SGTC do edifício e todas apresentam variação de caudal de acordo com as necessidades específicas.



Figura 25 Coletores de admissão e retorno Água Fria



Figura 26 Coletores de admissão e retorno Água Quente

3.6.4. Sistemas de ventilação sem controlo de carga térmica

No edifício em análise existem dois ventiladores de extração responsáveis pela extração de ar das instalações sanitárias (Figura 27) e dos laboratórios (Figura 28). O controlo do ventilador das instalações sanitárias é efetuado por meio de relógio controlado pelo SGTC, enquanto, a ativação do ventilador de extração de ar dos laboratórios é efetuado por sinal da sonda de monóxido de carbono existente neste espaço.

Tabela 16 Principais características do ventilador de extração das instalações sanitárias

Designação	VE IS
Marca	France Air
Modelo	Modulys Ext 400b
Potência elétrica (kW)	0,55
Caudal (m ³ /h)	1 500
Velocidade de rotação (rpm)	1 250



Figura 27 Ventilador de Extração das Instalações Sanitárias/Balneários

Tabela 17 Principais características do ventilador de extração dos laboratórios

Designação	VE 0 Lab
Marca	Soler & Palau
Modelo	CAB-250 Acustica
Potência elétrica (kW)	0,20
Caudal (m ³ /h)	1 180
Velocidade de rotação (rpm)	1 320



Figura 28 Controlo de abertura e fecho de registos das salas de formação

3.7. Gestão Técnica Centralizada – ECOTERMOLAB

A arquitetura do SGTC existente no edifício baseia-se num conjunto de controladores DDC interligados a uma rede TCP/IP, acessível através de um servidor e posto de trabalho (*workstation*). Por sua vez, os controladores DDC localizados no quadro elétrico geral de AVAC existente na central térmica – Piso 0 (Figura 29), comunicam com o equipamento de campo por meio protocolo LonTalk (rede LonWorks), à exceção dos analisadores de rede, que comunicam em protocolo ModBus, existindo neste mesmo quadro elétrico, uma *gateway* (Figura 30) para conversão de protocolo.



Figura 29 Controladores DDC e módulos de entrada/saída (Q.E. AVAC)



Figura 30 Gateway (Q.E. AVAC)

O SGTC presente no edifício, foi desenhada não só com o objetivo de comando, gestão e controlo dos equipamentos de AVAC e iluminação, mas também com o objetivo de demonstrar aos formandos o funcionamento eficiente dos equipamentos e instalações, os benefícios da integração de equipamentos de elevada eficiência energética, bem como, demonstrar as corretas políticas de conceção a implementar na fase de projeto, instalações e manutenção potenciando a aprendizagem. Atualmente, os controladores DDC trocam informações com cerca de 730 pontos, onde se inserem equipamentos de campo como controladores eletrónicos de potência, vulgarmente designados por variadores de frequência, dos ventiladores e bombas circuladoras, sondas de temperatura e CO₂ do ar exterior e interior, válvulas modulantes, bombas de circulação, pressostátos diferenciais para verificação do estado de colmatação dos filtros de ar ou água, contadores de energia elétrica e térmica, entre outros.

O SGTC pode ainda proceder a *reports/alertas* de anomalias ocorridas na instalação seja por avaria de algum equipamento, seja pelo estado de colmatação dos filtros ou ainda alertas vocacionados para a manutenção preventiva ou preditiva em função do número de horas de funcionamento ou do número de arranques. Desta forma, o SGTC para além de importantes economias do ponto de vista do consumo energético com o sistema em pleno funcionamento, poderá também resultar em economias não desprezáveis resultantes de uma boa gestão da manutenção.

Na presente dissertação, aborda-se, fundamentalmente, o impacto resultante do funcionamento dos sistemas de AVAC auxiliados ou não por um SGTC, não abordando em profundidade o impacto do SGTC associada à iluminação e à manutenção dado o edifício ser relativamente recente e ainda não ter histórico suficiente para se efetuar uma análise exaustiva. Porém, não deve ser descurado estes fatores numa análise geral a um SGTC.

3.7.1. SGTC ECOTERMOLAB – Rede Aerúlica

As UTA's apresentam vários equipamentos de campo com ligação ao SGTC, nomeadamente, os variadores de frequência que se encontram a comandar os motores dos ventiladores de insuflação e retorno, as sondas de temperatura do ar (exterior, retorno e de insuflação), as válvulas de três vias de controlo de alimentação de água das baterias, e ainda, as sondas de temperatura da água quente e fria de fornecimento às baterias.

Complementarmente a este equipamento mais vocacionado para o funcionamento das unidades de tratamento de ar, existem também, pressostátos diferenciais que permitem verificar o estado de colmatação dos filtros e ainda contagem do número de horas de funcionamento dos ventiladores, informação bastante útil em questões de manutenção preventiva dos equipamentos.

A Figura 31, apresenta a interface gráfica do SGTC com todas as informações sobre as UTA's, no caso, da UTA 1. É através desta interface, que se define o modo de controlo (manual/automático) do equipamento, e ainda, o *set-point* pretendido e o tipo de *set-point*, isto é, o *set-point* inserido pode ser relativo à temperatura ambiente, à temperatura do ar de retorno ou da temperatura do ar de insuflação. Através do SGTC é ainda possível definir os horários de funcionamento das UTA's (ver Figura 32) e desta forma adequar o seu funcionamento à utilização do edifício reduzindo o desperdício de energia resultante do funcionamento em períodos desnecessários.

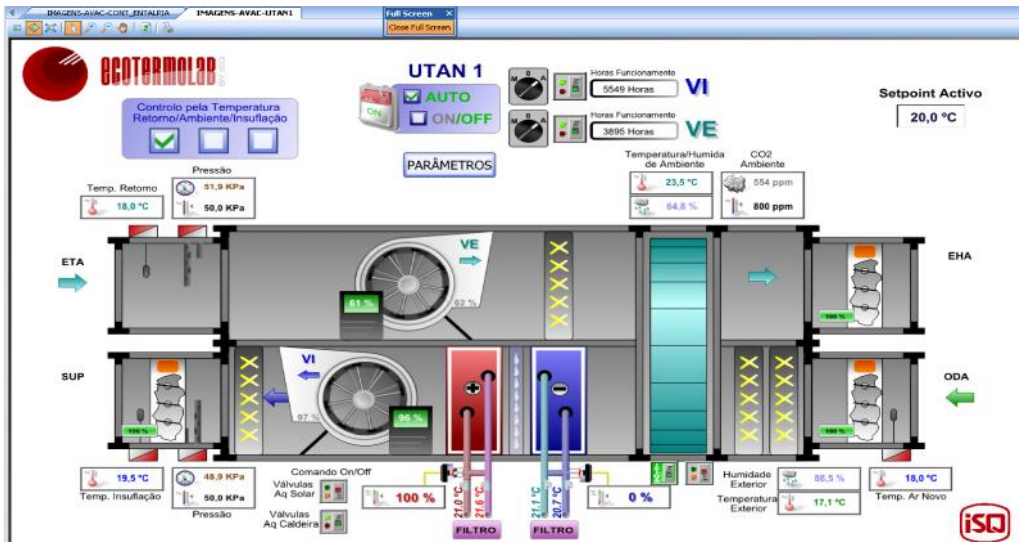


Figura 31 Interface gráfica do SGTC relativa à UTA 1

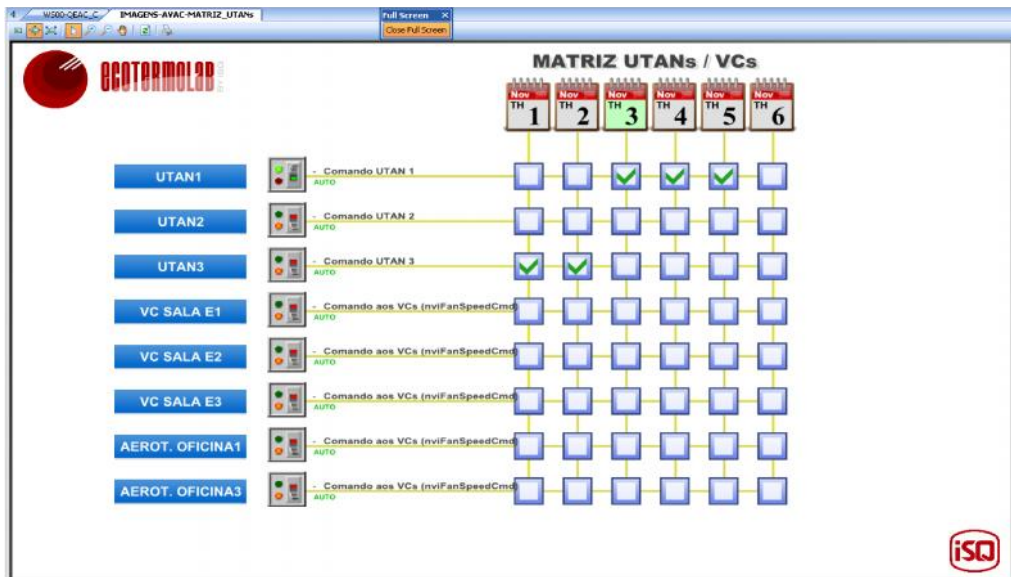


Figura 32 Definição de horários de funcionamento das UTA's, VC's e Aeroterms

As imagens seguintes ilustram alguns dos equipamentos de campo associados às UTA's.



Figura 33 Variador de frequência do ventilador de insuflação da UTA 1



Figura 34 Variador de frequência do ventilador de extração da UTA 1



Figura 35 Válvula 3 vias modulante (0-24V) e sonda de temperatura água fria



Figura 36 Pressostátos diferenciais para verificação da colmatção dos filtros

3.7.2. SGTC ECOTERMOLAB – Rede Hidráulica

Tal como para a rede aerúlica, a rede hidráulica dispõe de inúmero equipamento de campo capaz de a monitorizar, controlar e aferir o seu correto funcionamento. Os principais equipamentos com ligação ao SGTC são as bombas de circulação de água com variação de caudal, sondas de temperatura existentes nos vários tramos de ida e retorno da rede hidráulica, as válvulas modulantes e também os pressostátos diferenciais.

As figuras seguintes apresentam as interfaces gráficas do SGTC com a informação da rede hidráulica, respetivamente, rede de água quente e água fria.

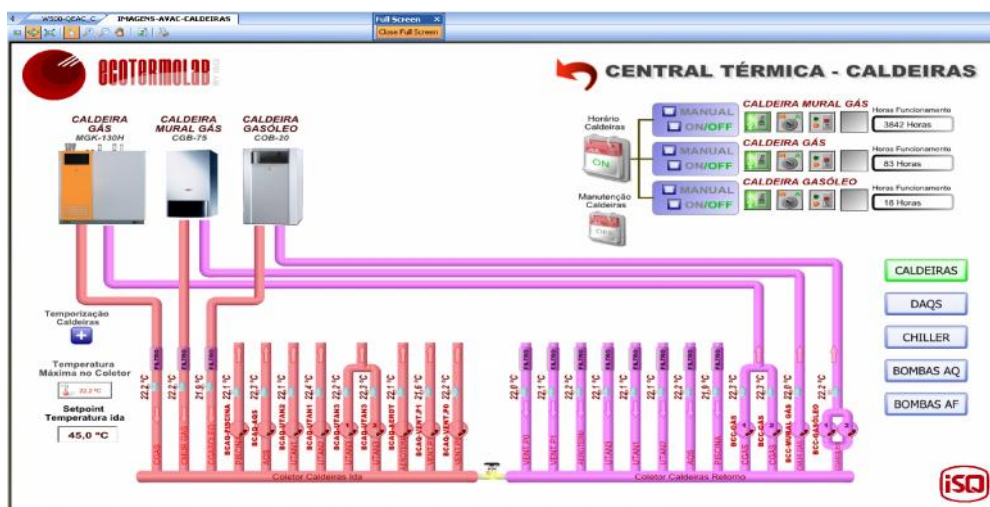


Figura 37 Interface gráfica do SGTC relativa à rede de água quente

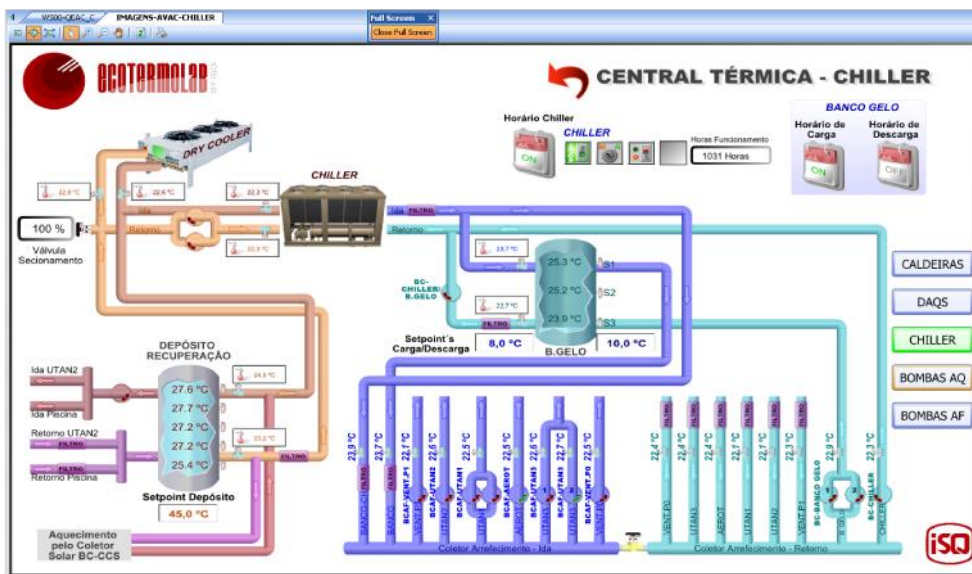


Figura 38 Interface gráfica do SGTC relativa à rede de água fria

As imagens seguintes ilustram alguns dos equipamentos de campo associados à rede hidráulica.



Figura 39 Bomba Circulação AQ (Caldeira Mural) com variação velocidade



Figura 40 Bomba Circulação AF (UTA 1) com variação velocidade



Figura 41 Pressostato Diferencial – rede hidráulica



Figura 42 Sondas de temperatura – rede hidráulica

3.7.3. SGTC ECOTERMOLAB – Sondas de Temperatura Ambiente e CO₂

O edifício do ECOTERMOLAB possui diversas sondas de temperatura e CO₂ no interior do edifício. As sondas de CO₂ têm como objetivo a monitorização da qualidade do ar interior e encontram-se dispostas por grande zona a climatizar e para as zonas comuns.

De seguida apresentam-se exemplos destes equipamentos.

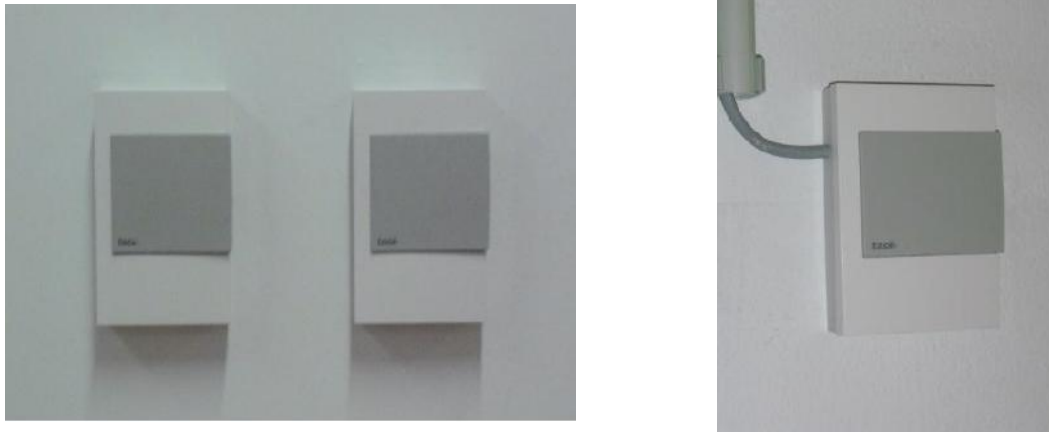


Figura 43 Sondas de Temperatura e CO₂

3.7.4. SGTC ECOTERMOLAB – Contadores de Energia

A utilização de energia elétrica e térmica do edifício encontram-se a ser monitorizados sistematicamente por contadores de energia elétrica e contadores de entalpia, obedecendo escrupulosamente ao especificado na regulamentação em vigor, o RSECE.

Existem no edifício dez contadores de energia elétrica e dez contadores de entalpia, dos quais, através do SGTC podemos aceder a *reports* mensais de cinco analisadores de rede de energia elétrica, a saber, analisador Q.E. Entrada, Q.E. AVAC, Q.E. Cave, Q.E. Andar e Q.E. Cobertura. Para além dos analisadores de rede anteriores, existem também contadores que visam dar cumprimento à regulamentação, no caso, contadores de energia total consumida pelas UTA's (1 contador por unidade), *chiller* e *Dry-Cooler*.

A Figura 44 apresenta a interface visual dos analisadores localizados nos quadros elétricos.



Figura 44 Analisadores de rede – Q.E. Entrada

A Figura 45 apresenta um exemplo de um contador elétrico existente no Q.E. AVAC para contagem de energia consumida por uma unidade de tratamento de ar. Como foi referido, existem cinco contadores deste tipo, três para as UTA's, um para o *chiller* e um para a torre de arrefecimento.



Figura 45 Contador de energia elétrico UTA 1

No que respeita aos consumos de energia térmica, existe um *report* mensal por parte do SGTC de todos os contadores de entalpia e posterior armazenamento no servidor.

De seguida (Figura 46) é apresentado um contador de entalpia tipo existente no edifício.



Figura 46 Contador de Entalpia

3.7.5. SGTC ECOTERMOLAB – Iluminação

O SGTC presente no edifício permite também o controlo da iluminação dos diversos espaços.

O controlo da iluminação por parte da gestão técnica passa pela ativação ou desativação respeitando os horários previamente definidos pelo gestor do edifício no SGTC. Este controlo é bastante importante na medida em que se evita comportamentos erráticos por parte dos utilizadores do edifício, como por exemplo esquecimentos.



Figura 47 Matriz de programação de horário da iluminação.

4. Análise Energética

A análise energética ao edifício ECOTERMOLAB recaiu sobre o ano de 2012 uma vez que, segundo o responsável pela coordenação da formação no ISQ, terá sido o ano em que o edifício funcionou em níveis normais e espectáveis do ponto de vista das horas de formação lecionadas no edifício.

Como foi já apresentado, durante o ano de 2012 terão ocorrido, cerca de, 3500 horas de formação apenas no edifício em análise. Naturalmente, a análise desenvolvida na presente tese de mestrado terá em conta esta premissa carecendo de análise cuidada por outro tipo de condições, isto é, horas de formação.

O edifício em análise conta com a energia elétrica e o gás natural como principais vetores de energia primária. São ainda utilizadas outras fontes de energia, como o gás propano e o gasóleo, no entanto, estas fontes de energia não foram contabilizadas na análise energética do edifício uma vez que estes combustíveis são utilizados apenas em formações e em equipamentos associados a demonstração aos formandos, representando um consumo marginal.

Em termos anuais, o edifício consome, aproximadamente, cerca de 38,1 MWh de energia elétrica e 39,2 MWh de gás natural, o que representa uma utilização de energia primária de 14,4 tep/ano.

A utilização desta energia primária, 14,4 tep/ano, que resulta da utilização de energia elétrica e gás natural, representa um encargo financeiro anual de, aproximadamente, 9500€/ano, correspondente a 7000€/ano de energia elétrica e 2500€/ano de gás natural.

A Figura 48 e a Figura 49, apresentam, respetivamente, a utilização global mensal do edifício em energia primária, bem como, o peso relativo de cada vetor de energia primária no consumo global do edifício.

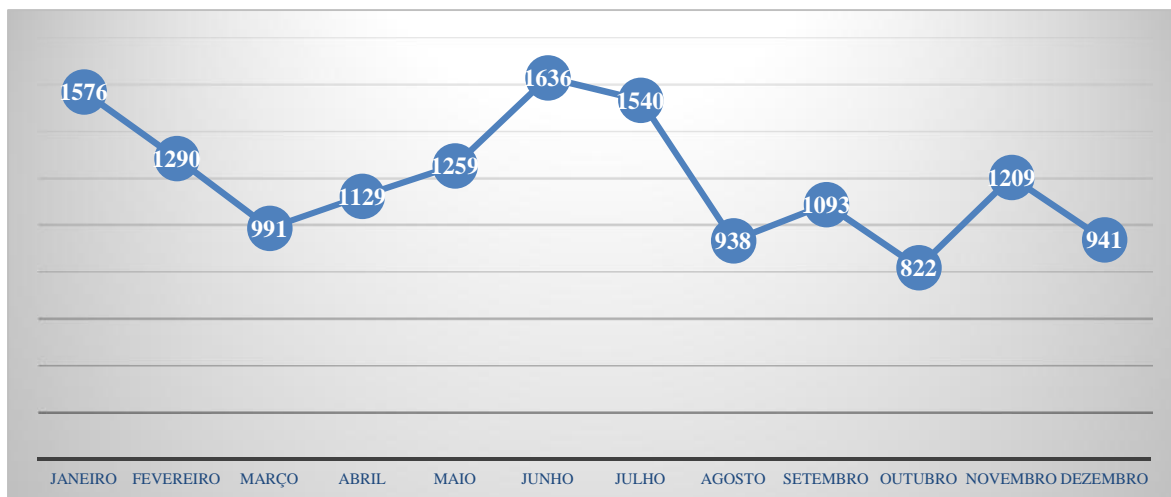


Figura 48 Evolução da utilização de energia primária mensal [kgep]

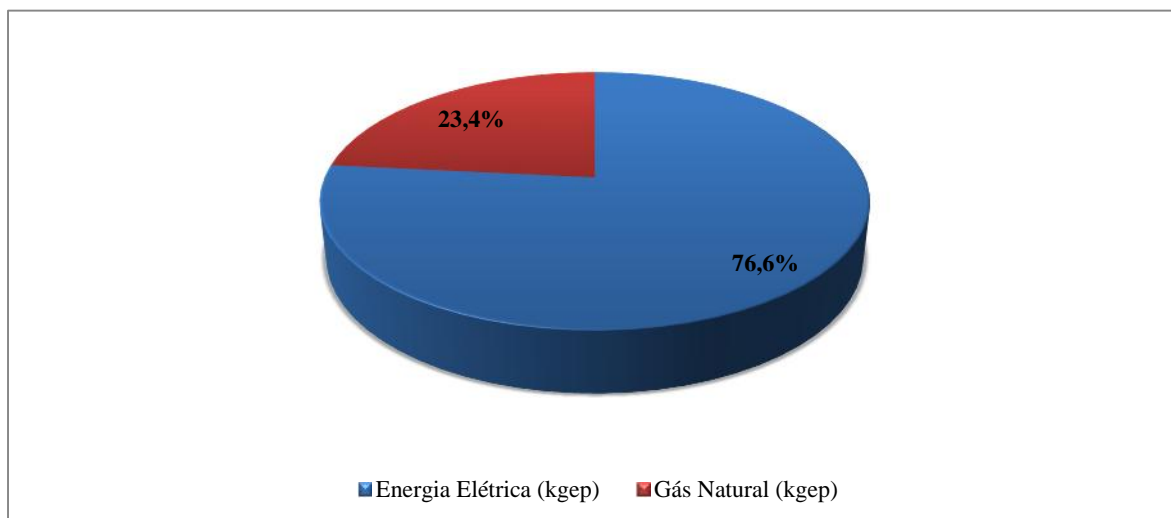


Figura 49 Desagregação fonte de energia primária [kgep]

4.1. Energia Elétrica

Atualmente, no que respeita à energia elétrica, o edifício é alimentado pela EDP em Baixa Tensão Especial (BTE), ciclo semanal sem feriados, ciclo tetra-horário e com uma potência contratada de 41,41kW.

A Figura 50 apresenta a evolução da utilização de energia elétrica mensal do edifício ECOTERMOLAB.

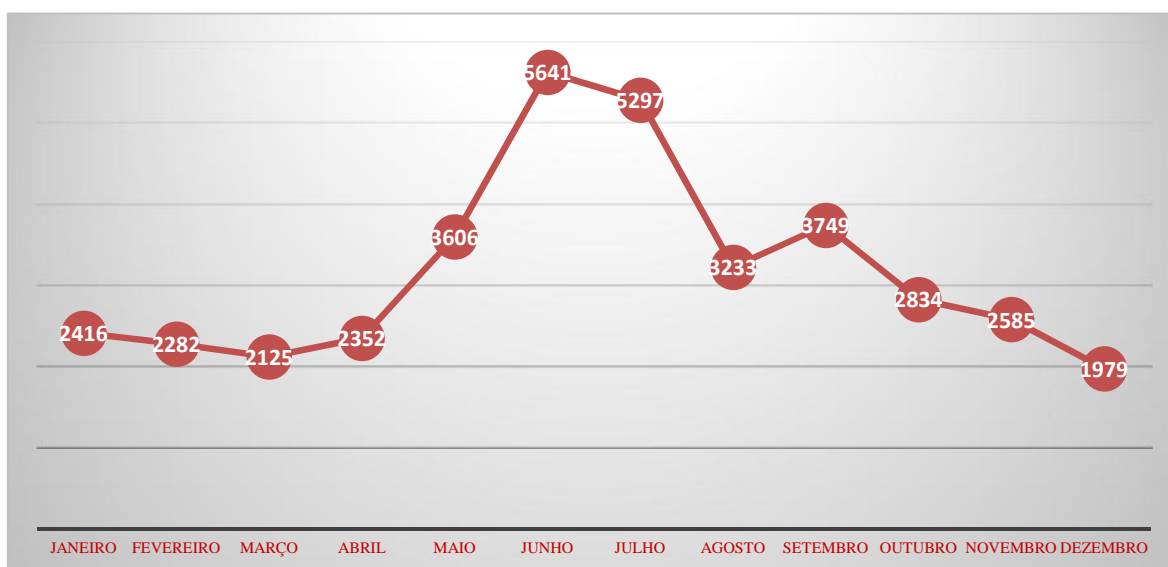


Figura 50 Evolução da utilização de energia elétrica mensal [kWh]

Analisando a Figura 50, podemos facilmente constatar que na estação de arrefecimento a utilização de energia elétrica aumenta comparativamente com a utilização na estação de aquecimento. Este facto deve-se, principalmente, ao período de funcionamento do equipamento produtor de água gelada, no caso, o *chiller* “Água – Água”.

A Tabela 18 apresenta a utilização de energia elétrica resultantes da análise das faturas emitidas pelo fornecedor de energia e a respetiva equivalência em Quilogramas Equivalentes de Petróleo [kgep].

Tabela 18 Utilização de energia elétrica mensal – Ano 2012

Mês	Energia Elétrica [kWh]	Energia Primária ³ [kgep]
Janeiro	2 416	701
Fevereiro	2 282	662
Março	2 125	616
Abril	2 352	682
Maió	3 606	1 046
Junho	5 641	1 636
Julho	5 297	1 536
Agosto	3 233	938
Setembro	3 749	1 087
Outubro	2 834	822
Novembro	2 585	750
Dezembro	1 979	574
Total	38 099	11 049

A Figura 51, representa a utilização de energia elétrica do edifício por período tarifário, onde se pode contatar uma maior incidência no período de Ponta e Cheias, expectável face ao período de abertura do edifício.

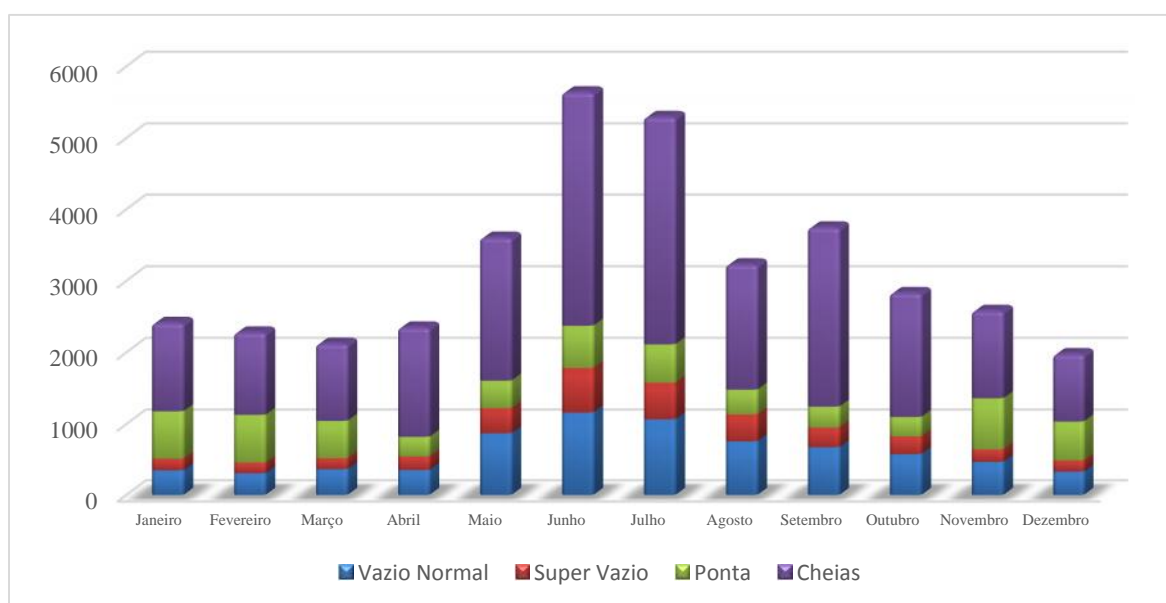


Figura 51 Evolução da utilização de energia elétrica mensal por período tarifário [kWh]

³ O fator de conversão de energia elétrica para energia primária é 0,29 kgep/kWh

Como referido no Ponto 3.7.4 deste relatório, através do SGTC do edifício é possível aceder aos registos de energia elétrica provenientes de analisadores de rede existentes no edifício, nomeadamente, as leituras registadas no quadro elétrico geral de entrada, quadro elétrico de AVAC e quadro elétrico da cobertura, andar (Piso 1) e cave. A tabela seguinte, apresenta uma análise comparativa entre os valores obtidos através das faturas e os valores registados pelo analisador de rede do quadro de entrada, tendo em linha de conta o período de faturação. De referir, que nesta análise não foi possível comparar os valores para os meses de março e abril por não existirem estes valores na base de dados do SGTC.

Tabela 19 Análise comparativa entre faturas e analisador de rede

Mês	Faturas	Analisador Q.E. Entrada	Desvio
Janeiro	2 416	2 849	15,2%
Fevereiro	2 282	2 566	11,1%
Março	2 125	-	-
Abril	2 352	-	-
Maior	3 606	3 869	6,8%
Junho	5 641	6 459	12,7%
Julho	5 297	5 851	9,5%
Agosto	3 233	3 588	9,9%
Setembro	3 749	4 191	10,5%
Outubro	2 834	3 149	10,0%
Novembro	2 585	2 907	11,1%
Dezembro	1 979	2 394	17,3%

Como se pode verificar pela tabela anterior, existe uma diferença entre os valores registados pelos analisadores de rede e aqueles que são obtidos através da análise das faturas, sendo o valor de leitura do analisador sempre superior ao valor faturado. O desvio médio ponderado entre o valor faturado e o medido pelo analisador ronda os 11,7%, devendo corresponder a erros internos de medição dos próprios analisadores de rede.

4.2. Gás Natural

No que concerne ao consumo de gás natural, o ECOTERMOLAB é alimentado pela rede de distribuição da EDP Gás. Em termos anuais, o edifício consome, sensivelmente, 39,2 MWh. A utilização deste tipo de energia é, na sua esmagadora maioria, resultado da alimentação da caldeira mural existente na central térmica do edifício, equipamento utilizado para produção de energia térmica (água quente) para climatização. No entanto,

existe também, algum consumo residual desta fonte de energia resultante das formações lecionadas no edifício, nomeadamente, de mecânicos de aparelhos a gás.

A evolução do consumo de gás natural no edifício, pode então, ser demonstrada pela Figura 52.

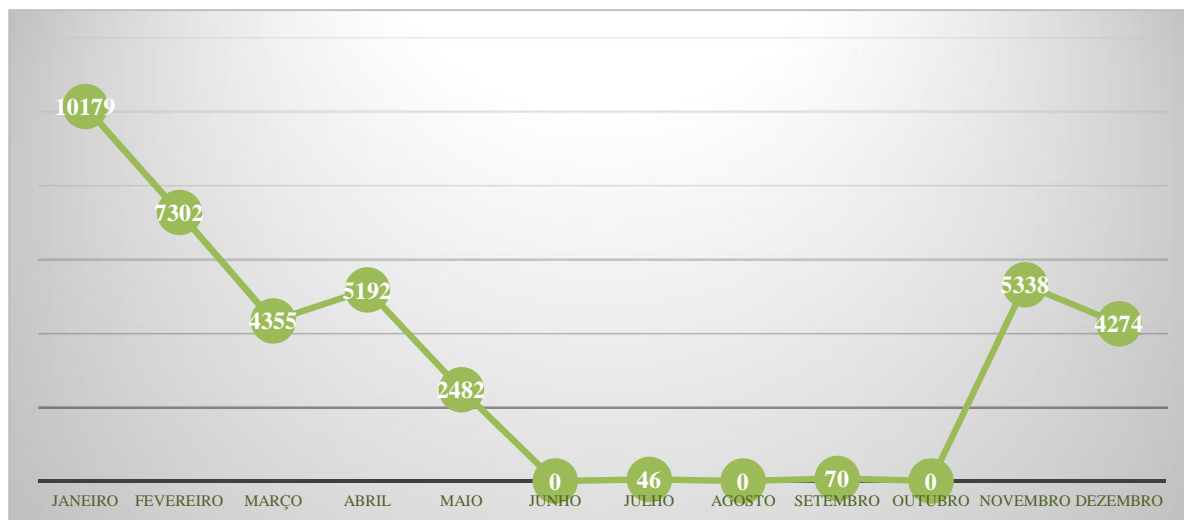


Figura 52 Evolução do consumo de gás natural mensal [kWh]

Conforme seria espectável, o consumo de gás natural, é na sua maioria, durante o período de aquecimento, resultado do funcionamento da caldeira.

Tabela 20 Consumos de gás natural – Ano 2012

Mês	Energia Elétrica [kWh]	Energia Primária ⁴ [kgep]
Janeiro	10 179	875
Fevereiro	7 302	628
Março	4 355	375
Abril	5 192	447
Mai	2 482	213
Junho	0	0
Julho	46	4
Agosto	0	0
Setembro	70	6
Outubro	0	0
Novembro	5 338	459
Dezembro	4 274	368
Total	39 238	3 374

⁴ O fator de conversão de gás natural para energia primária é 0,086 kgep/kWh

5. Influência energética de um SGTC

O principal objetivo deste trabalho é o de demonstrar o impacto de um SGTC na redução dos custos de exploração de um edifício, utilizando para o efeito as instalações e sistemas do laboratório do ISQ, o ECOTERMOLAB.

O início dos trabalhos práticos no ECOTERMOLAB passou pela natural ambientação ao edifício, conhecimento dos seus equipamentos e sistemas, realizando várias visitas de forma a se obter uma correta perceção da utilização dinâmica do edifício, e efetuando-se uma recolha pormenorizada de todos os elementos, nomeadamente, sistema AVAC, SGTC, arquitetura, iluminação e equipamentos elétricos.

Por forma a tomar contacto com as grandezas no que à utilização de energia elétrica diz respeito, e assim, tomar perceção dos principais utilizadores deste tipo de energia do edifício, procedeu-se a uma análise prévia da base de dados do SGTC relativos à utilização de energia elétrica. Da análise realizada, cujo gráfico obtido pode ser verificado na Figura 53, percebe-se que o maior utilizador de energia elétrica no edifício é, sem dúvida, o sistema de AVAC. Conforme foi já referido, esta análise não foi possível de realizar para os meses de março e abril por não existir esta informação na base de dados.

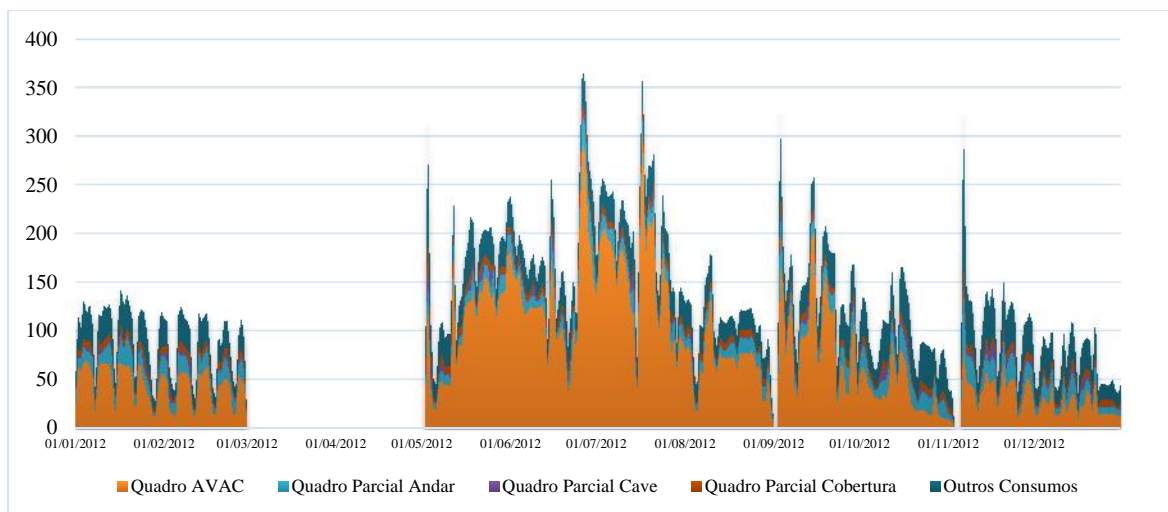


Figura 53 Utilização de energia elétrica obtida pelos analisadores de rede [kWh]

A tabela que se segue, apresenta a utilização mensal de energia elétrica e as respetivas desagregações.

Tabela 21 Utilização de Energia elétrica em 2012 – Analisadores de rede [kWh]

Quadro	Jan.	%	Fev.	%	Mai.	%	Jun.	%	Jul.	%	Ago.	%	Set.	%	Out.	%	Nov.	%	Dez.	%
Geral	3127	-	2401	-	4680	-	5648	-	6371	-	3345	-	4347	-	2995	-	2984	-	2054	-
AVAC	1551	50	1124	47	3067	66	4087	72	4817	76	2080	62	2740	63	1144	38	1081	36	691	34
Andar	463	15	411	17	367	8	477	8	428	7	372	11	462	11	519	17	534	18	362	18
Cave	85	3	82	3	149	3	111	2	89	1	44	1	97	2	109	4	143	5	77	4
Cobertura	170	5	156	6	177	4	164	3	165	3	167	5	162	4	171	6	165	6	164	8
R/C⁵	858	27	629	26	920	20	809	14	872	14	681	20	887	20	1052	35	1061	36	760	37

Como seria expectável, se observarmos os valores anteriores, facilmente podemos verificar que as leituras relativas à utilização de energia elétrica registada pelos quadros parciais de piso, nomeadamente, cave, andar e R/C, são superiores à medida que são lecionadas mais horas de formação no edifício. Este facto fica patente observando o gráfico representado na Figura 54 que demonstra a evolução anual das horas de formação lecionadas e a utilização de energia elétrica (valor obtido descontando ao geral o valor de AVAC e do quadro de cobertura).

⁵ Consumos obtidos por meio da diferença entre o consumo total e a soma dos consumos dos restantes analisadores.

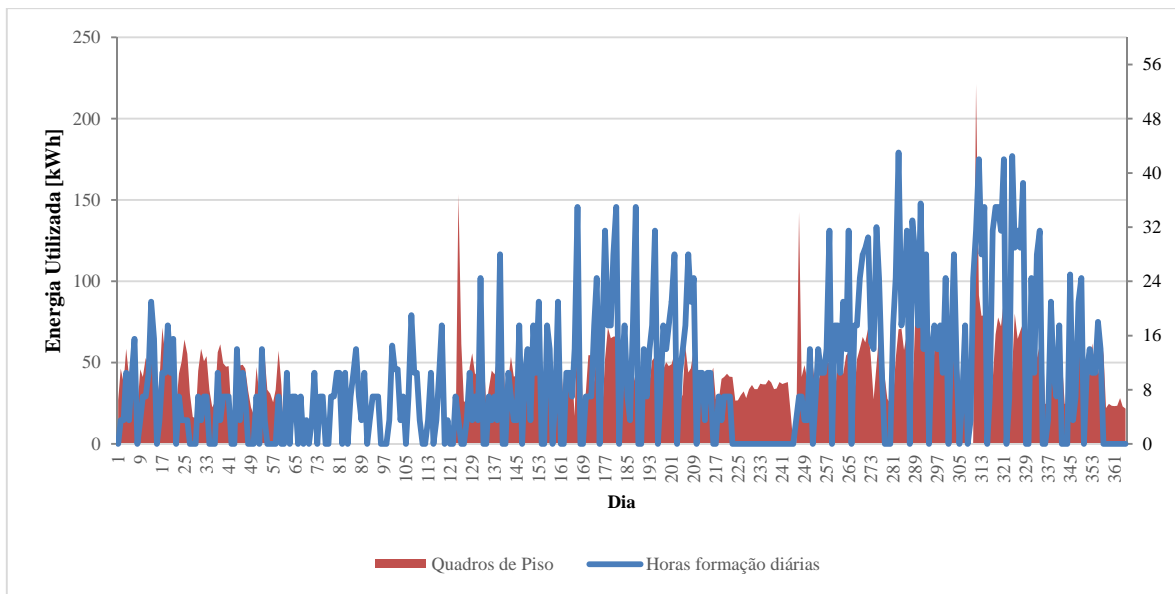


Figura 54 Evolução da utilização de energia elétrica do edifício com as horas de formação

5.1. Modelo de simulação dinâmica

Com vista à simulação do comportamento anual do edifício com o controlo efetuado pelo SGTC, bem como, sem controlo efetuado por parte do SGTC procedeu-se à elaboração de uma simulação dinâmica detalhada, tendo-se optado pelo programa de simulação energética *Energy Plus 8.0* recorrendo-se ao programa *SketchUp 8* para auxílio à criação do modelo (desenho). No que refere aos ficheiros climáticos, foram considerados os dados climáticos da base de dados do INETI, concretamente, o disponível para o concelho de Vila Nova de Gaia no programa SOLTERM.

O objetivo da simulação passa por estabelecer um modelo matemático representativo do funcionamento real do edifício e auxiliar a desagregação da energia pelos vários tipos de utilizações finais.

O modelo de simulação foi construído com base no projeto de arquitetura, bem como, com base nos elementos recolhidos ao longo das visitas ao edifício. No Anexo B pode-se verificar as densidades de iluminação, equipamentos e ocupação por zona considerados na simulação dinâmica detalhada.

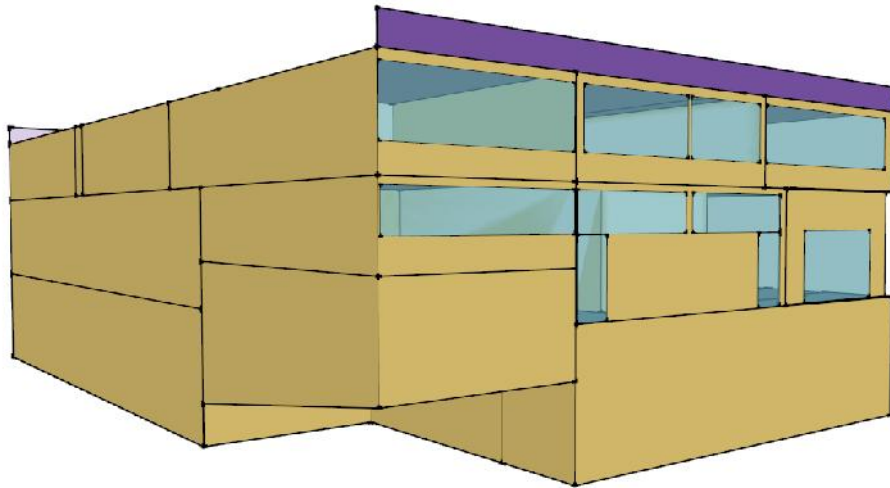


Figura 55 Vista 3D do modelo geométrico de simulação – Orientação: Oeste

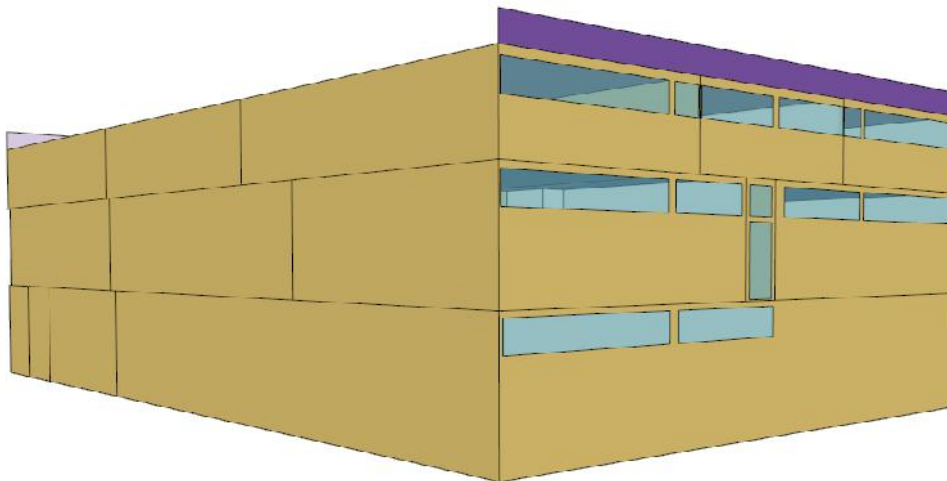


Figura 56 Vista 3D do modelo geométrico de simulação – Orientação: Este

O edifício em análise caracteriza-se por um edifício de duas frentes apresentando edifícios adjacentes nas orientações a norte e a sul sendo dotado das soluções construtivas já evidenciadas no presente relatório quer no que refere à sua envolvente opaca e envidraçada.

Dado não existirem dados relativos às temperaturas dos edifícios adjacentes, considerou-se que as temperaturas da envolvente do edifício em contacto com estes, se encontram, em termos de análise de projeto, a 8,2 °C na estação de aquecimento e 28,4 °C durante a estação de arrefecimento. Esta análise resulta da definição dos edifícios adjacentes (norte e sul) como sendo espaços não úteis (ENU) conforme estipulado pelo RCCTE (Tabela IV.1). Pela tabela IV.1 do referido regulamento, pode-se verificar que o valor de tau () para

edifícios adjacentes, independentemente das áreas, apresenta o valor de 0,6, valor que traduz a temperatura adimensional do local não aquecido. Assim, os resultados obtidos, resultam das premissas apresentadas na Tabela 22 e são determinados pelas expressões [exp.1] e [exp.2].

Tabela 22 Premissa para determinação da temperatura dos ENU

Temperatura interior Inverno (°C)	Temperatura interior Verão (°C)
20	25
Temperatura exterior Inverno (°C)	Temperatura exterior Verão (°C)
0,3	30,7

$$T_{enu,inv} = T_{int,inv} - \tau \times (T_{int,inv} - T_{ext,inv}) \quad [\text{exp.1}]$$

$$T_{enu,ver} = T_{int,ver} - \tau \times (T_{int,ver} - T_{ext,ver}) \quad [\text{exp.2}]$$

5.2. Período de análise

A análise comparativa entre soluções de AVAC, isto é, a análise do funcionamento do edifício com o SGTC em pleno funcionamento em contraste com o sistema AVAC em modo manual, isto é, sem recurso a variação de caudal foi efetuada no edifício no período compreendido entre o dia 22 de fevereiro e 22 de março de 2013.

No entanto, observando a informação disponibilizada pelo ISQ, as semanas que mais se assemelham em termos de horas de formação, foram as semanas compreendidas entre o dia 1 e 8 de março (funcionamento com SGTC) e a semana entre 8 e 15 de março (funcionamento sem SGTC), pelo que serão os períodos utilizados como base para toda a análise.

Tabela 23 Número horas de formação semanas de análise

Semana	N.º horas Formação
22 Feb a 1 Mar	108,5
1 a 8 Março	122,5
8 a 15 Março	126,0
15 Mar a 22 Mar	143,5

O objetivo da análise semanal, passa por verificar o comportamento do edifício, bem como, os valores energéticos associados, de forma a ser possível ajustar os parâmetros

fundamentais no modelo de simulação, tais como, utilização de energia associados a bombas de circulação, ventiladores e curvas de funcionamento dos equipamentos de produção de energia térmica, nomeadamente, a caldeira, uma vez que esta análise recaiu na estação de aquecimento. No que respeita à utilização de energia elétrica associada ao *chiller*, apenas foi ajustada aquando da realização da simulação energética anual do edifício, por ajuste aos valores registados nas faturas.

Quanto aos perfis de funcionamento correspondentes à iluminação, equipamentos e ocupação das salas de formação foi considerado um perfil dinâmico correspondente, exatamente, ao perfil de utilização das salas de formação quer para os perfis utilizados para o período de medições, quer para o período respeitante a todo o ano de 2012. Para os restantes espaços do edifício, especificamente, zonas comuns, escritório e receção foram considerados os perfis resultantes do levantamento minucioso executado no período de medições.

5.3. Análise de funcionamento do edifício com SGTC

Como foi referido, o período de medições considerado para análise da utilização de energia no edifício com SGTC ativo, foi compreendido entre o dia 1 e 8 de março de 2013.

A Tabela 24 e a Tabela 25 apresentam os valores obtidos durante este período, valores que resultam da informação constante na base de dados do SGTC, bem como, dos observados, *in loco*, no caso dos contadores de energia elétrica das unidades de tratamento de ar.

Tabela 24 Desagregação da utilização de Energia Elétrica no período de medições (com SGTC)

Quadro Elétrico	Energia Elétrica [kWh]	%
Quadro Geral	631,0	-
Quadro AVAC	237,5	37,6%
Quadro Cave	9,6	1,5%
Quadro Andar	129,2	20,5%
Quadro Cobertura	36,1	5,7%
Quadro R/C	218,6	34,6%

Considerando, ainda, a informação relativa à utilização de energia elétrica pelo sistema de AVAC para o período em análise, e a informação obtida referente à utilização de energia elétrica pelas unidades de tratamento de ar, é ainda possível elaborar a Tabela 25 com a desagregação por principal utilizador do sistema de AVAC.

Tabela 25 Desagregação da utilização de Energia Elétrica do AVAC (com SGTC)

Quadro Elétrico	Energia Elétrica [kWh]	%
Quadro AVAC	238	-
UTA 1	82	34,5%
UTA 2	69	29,1%
UTA 3	9	3,8%
Bombas Circulação ⁶	78	32,6%

Os valores apresentados anteriormente possibilitam o acerto do modelo de simulação. O objetivo passa por aproximar os valores da utilização de energia obtidos por meio de simulação energética aos valores obtidos através das medições por parte dos contadores de energia elétrica, bem como, através dos valores registados através do contador de gás natural.

A Tabela 26 permite a comparação da utilização de energia elétrica entre os contadores e os resultados obtidos na simulação para o período de medições.

Tabela 26 Comparação da utilização de energia – Contador vs Simulação (com SGTC)

Consumidor	Contadores	Simulação
UTA 1	82,0	82,5
UTA 2	69,0	69,6
UTA 3	9,0	9,4
Bombas Circulação	78,0	79,5
Quadro Cave	9,6	12,0
Quadro Andar	129,2	132,1
Quadro Cobertura	36,1	36,2
R/C	218,6	219,0
Quadro Geral	631,0	659,2
Desvio	4,3%	

Como se pode verificar pela Tabela 26, existe uma diferença entre o valor verificado pelos contadores e a simulação inferior a 10%, pelo que se poderá considerar uma aproximação válida.

O gráfico representado pela Figura 57 ilustra a desagregação da utilização de energia elétrica obtida por simulação energética para o período de medições.

⁶ Consumo obtido através da diferença entre o consumo total de avac e a soma dos consumos das unidades de tratamento de ar.

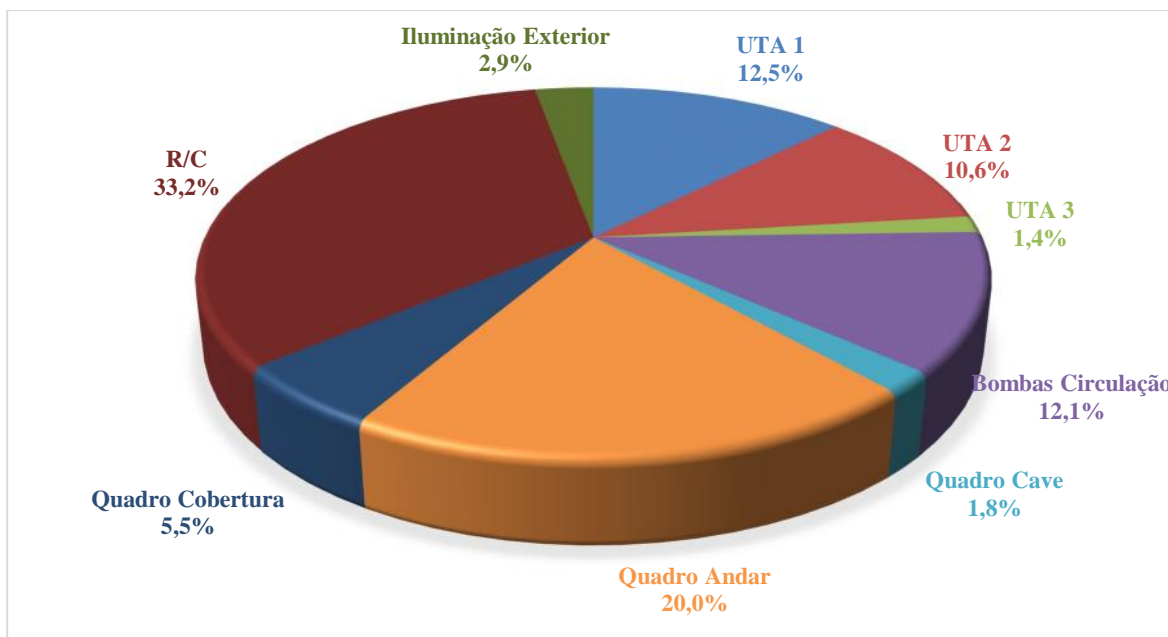


Figura 57 Desagregação por utilização - simulação para o período com SGTC [kWh]

No que concerne à utilização de gás natural, o valor para o período compreendido entre o dia 1 e 8 de março foi de, aproximadamente, 550 kWh e é na sua totalidade resultante do funcionamento da caldeira.

Após o acerto dos valores globais de utilização de energia da simulação para o período de medições, procedeu-se à análise energética seguinte que resulta da simulação real do edifício, ajustada com a análise das faturas de energia e dos valores medidos, assim como, de diversas informações recolhidas ao longo do período de levantamento de informações sobre o edifício.

A figura seguinte demonstra o ajustamento da utilização de energia elétrica mensal, obtido a partir da simulação dinâmica e das faturas do fornecimento de energia elétrica.

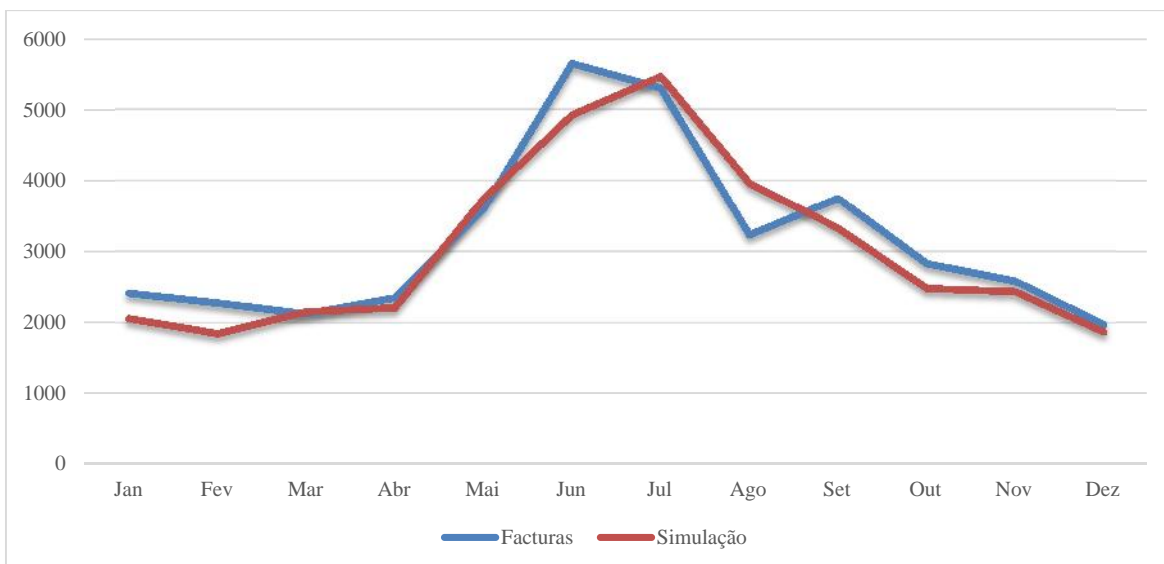


Figura 58 Energia elétrica – Análise comparativa faturas/simulação (com SGTC) [kWh]

De forma análoga à apresentada anteriormente, procedeu-se relativamente à utilização de gás natural. O gráfico representado pela Figura 59 apresenta a comparação mensal da evolução da utilização de gás natural entre as faturas e a simulação energética.

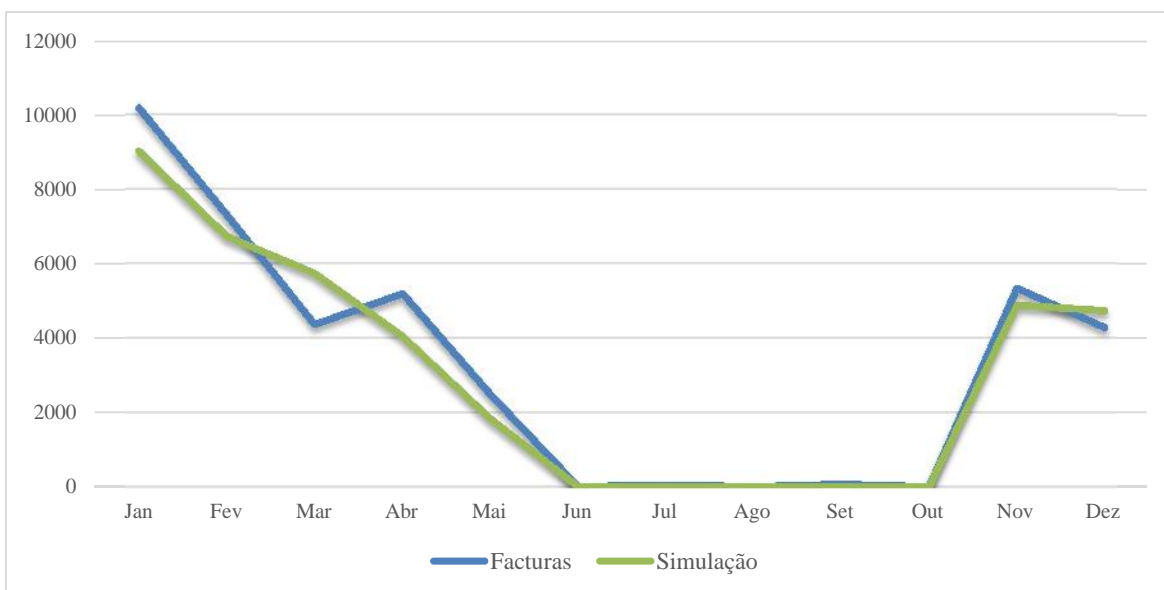


Figura 59 Gás natural – Análise comparativa faturas/simulação (com SGTC) [kWh]

Pela Tabela 27 pode-se verificar os resultados referentes aos valores de utilização de energia anual obtidos através de simulação dinâmica por tipo de consumidor. De referir, que o utilizador designado por Arrefecimento engloba o *chiller* e a torre de arrefecimento seca, nomeadamente, a utilização de energia elétrica resultante do funcionamento dos seus ventiladores.

Tabela 27 Utilização anual de energia por utilizador obtido por simulação (com SGTC)

Utilização	Energia Elétrica [kWh]	Gás Natural [kWh]
Iluminação interior	5 112	-
Iluminação exterior	649	-
Equipamento Elétrico	9 111	-
Ventiladores	8 045	-
Bombas de Circulação	4 597	-
Arrefecimento	8 990	-
Aquecimento	-	36 951
Total	36 505	36 951

A utilização mensal por tipo de utilização final pode também ser ilustrado conforme representado na Figura 60.

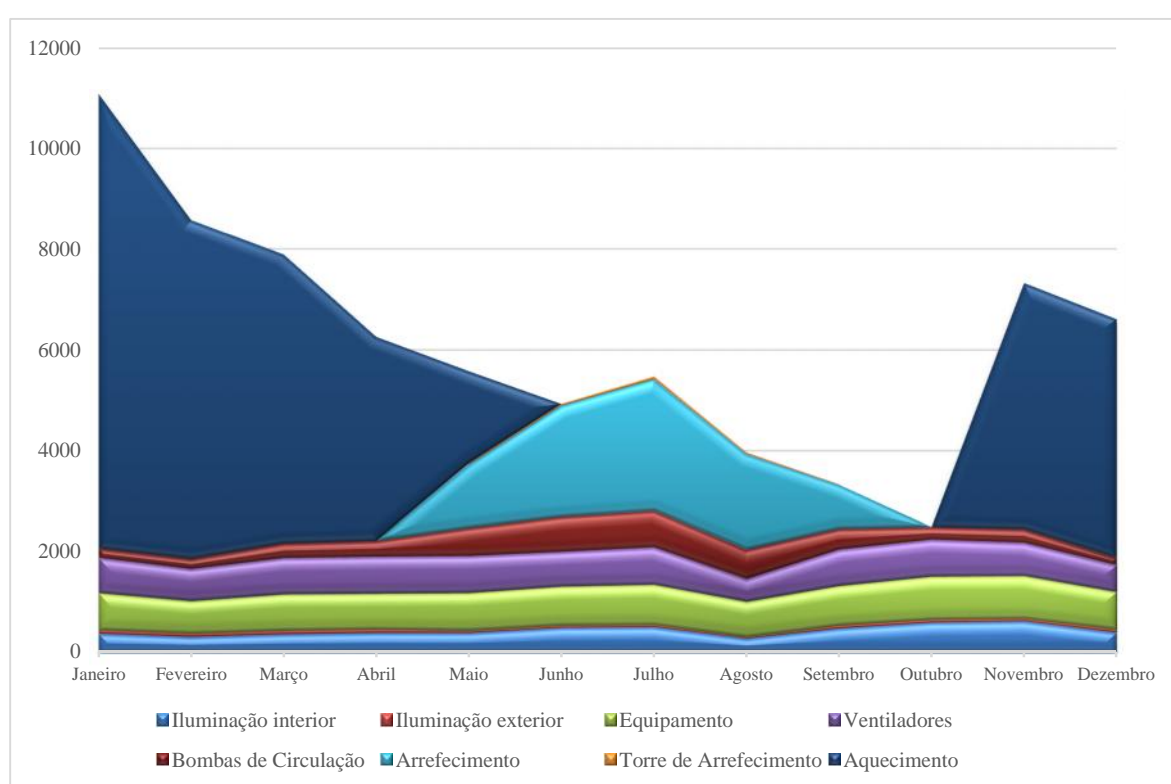


Figura 60 Evolução da utilização de energia mensal por utilização final (com SGTC) [kWh]

5.4. Análise de funcionamento do edifício sem SGTC

A análise do funcionamento do edifício desenrolou-se de forma semelhante à análise anterior e evidenciada no Ponto 5.3 deste relatório. No entanto, foi necessário proceder a algumas alterações no sistema AVAC e SGTC do edifício.

Estas alterações passaram fundamentalmente pela alteração do modo de controlo do sistema AVAC, isto é, foi necessário colocar todos os sistemas, nomeadamente,

ventiladores e bombas de circulação em funcionamento em modo manual. Após a colocação destes equipamentos em funcionamento em modo manual, procedeu-se à alteração dos parâmetros dos variadores de frequência dos motores, colocando-os também em modo manual e em funcionamento a 40 Hz. Embora, a frequência da rede elétrica ronde os 50 Hz, frequência a que os motores dos ventiladores das unidades de tratamento de ar estariam a funcionar se não estivessem a ser comandados pelos variadores de frequência, por imposições referentes ao conforto de uma das salas de formação foi necessário proceder ao estudo do comportamento do edifício, *in situ*, com os motores a funcionar a 40 Hz fazendo-se posteriormente a correção dos valores associados aos mesmos. Esta correção, uma vez que não foi possível obter as curvas características dos motores elétricos, foi efetuada tendo em consideração as expressões [exp.3] e [exp.4] de determinação da velocidade dos motores elétricos.

$$N = \frac{120 \times f}{p} \quad [\text{exp.3}]$$

$$P = T \times w = T \times \frac{2 \times \pi \times N}{60} \quad [\text{exp.4}]$$

Considerando que o binário da carga a vencer pelo motor elétrico, que no ponto de funcionamento é igual ao binário do motor, se mantém constante para os dois níveis de frequência, pela análise das características dos motores e utilizando as equações anteriores constata-se que a potência elétrica de *input* sobre um aumento de 20% com a passagem da frequência para 50 Hz. Desta forma, os resultados obtidos nos contadores de energia elétrica correspondendo ao funcionamento dos ventiladores das UTA's foram agravados em 20%, passando a ser esse o valor a considerar no ajustamento dos valores da simulação dinâmica.

O período de medições, com o edifício sem utilização do SGTC, foi realizado entre o dia 8 e o dia 15 de março de 2013.

A Tabela 28 e a Tabela 29 apresentam os valores correspondentes à energia elétrica associado aos vários quadros elétricos durante este período, e conforme efetuado na análise anterior, estes valores resultam da informação constante na base de dados do SGTC, bem como, os valores observados, *in loco*, no caso dos contadores de energia elétrica das unidades de tratamento de ar. Os valores apresentados já contemplam as correções referentes à alteração da frequência.

Tabela 28 Desagregação da utilização de Energia Elétrica no período de medições (sem SGTC)

Quadro Elétrico	Energia Elétrica [kWh]	%
Quadro Geral	1 300,2	-
Quadro AVAC	833,6	64,1
Quadro Cave	11,9	0,9
Quadro Andar	91,2	7,0
Quadro Cobertura	37,8	2,9
Quadro R/C	203,2	15,6

Juntando a informação relativa à utilização de energia elétrica total por parte do sistema de AVAC para o período, com a informação obtida referente à utilização de energia por parte das unidades de tratamento de ar, é ainda possível elaborar a Tabela 29 com a desagregação por principal utilizador do sistema AVAC.

Tabela 29 Desagregação da utilização da Energia Elétrica do AVAC (sem SGTC)

Quadro Elétrico	Energia Elétrica [kWh]	%
Quadro AVAC	834	-
UTA 1	385	46,2%
UTA 2	337	40,4%
UTA 3	21	2,5%
Bombas Circulação ⁷	90	10,8%

Os valores apresentados anteriormente possibilitam o acerto do modelo de simulação. Quanto aos parâmetros referentes às eficiências dos equipamentos de produção de energia térmica, bem como, horários de funcionamento e perfis de funcionamento são os utilizados na simulação dinâmica da análise anterior, isto é, com SGTC, de forma a aferir com exatidão a diferença entre a utilização de energia das duas soluções.

A Tabela 30 permite a comparação da utilização de energia elétrica entre os contadores e os resultados obtidos na simulação para o período de medições.

Tabela 30 Comparação da utilização de energia – Contador vs Simulação (sem SGTC)

Consumidor	Contadores	Simulação
UTA 1	385	376,3
UTA 2	337	331,4
UTA 3	21	21,3

⁷ Consumo obtido através da diferença entre o consumo total de avac e a soma dos consumos das unidades de tratamento de ar.

Consumidor	Contadores	Simulação
Bombas Circulação	90	88,9
Quadro Cave	11,9	2,8
Quadro Andar	91,2	105,5
Quadro Cobertura	37,8	36,2
R/C	203,2	218,2
Quadro Geral	1180,2	1199,4
Desvio	1,6%	

Como se pode verificar pela Tabela 30, existe uma diferença entre o valor verificado pelos contadores e a simulação inferior a 10%, pelo que se poderá considerar uma aproximação válida.

O gráfico da Figura 61 seguinte ilustra a desagregação da utilização de energia elétrica obtida por simulação energética para o período de medições.

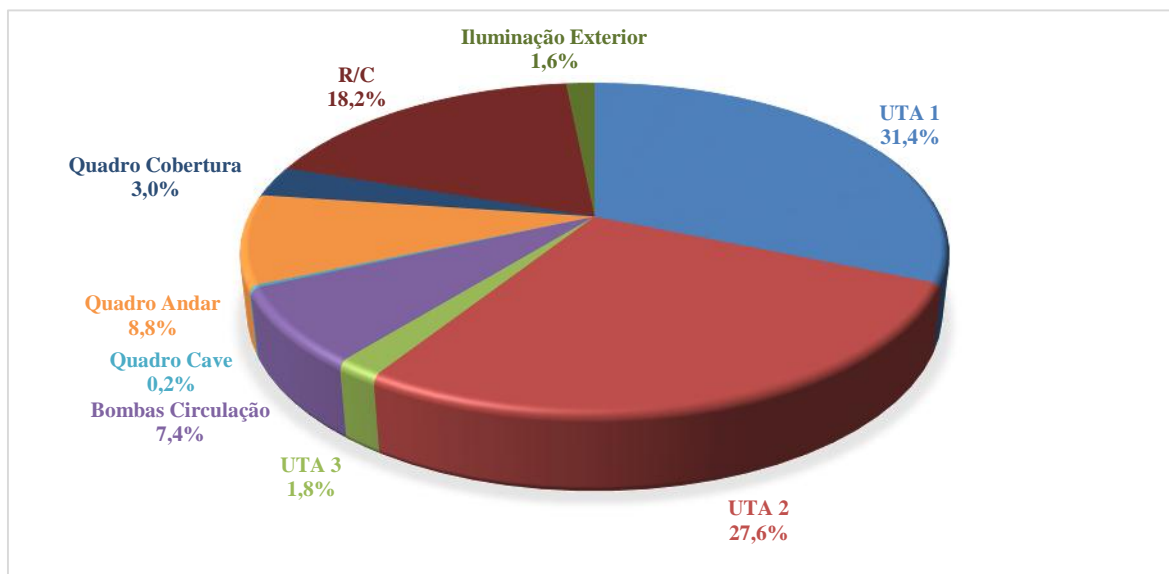


Figura 61 Desagregação por utilização - simulação para o período sem SGTC [kWh]

No que concerne à utilização de gás natural, no período compreendido entre o dia 8 e 15 de março foi de, aproximadamente, 806 kWh e é na sua totalidade resultante do funcionamento da caldeira.

Após o acerto dos valores de energia da simulação para o período de medições, procedeu-se à análise energética seguinte que resulta da simulação real do edifício, considerando para o efeito as novas premissas anunciadas anteriormente.

A Figura 62 demonstra a diferença entre a utilização de energia elétrica mensal, obtido a partir da simulação dinâmica e das faturas do fornecimento de energia elétrica.

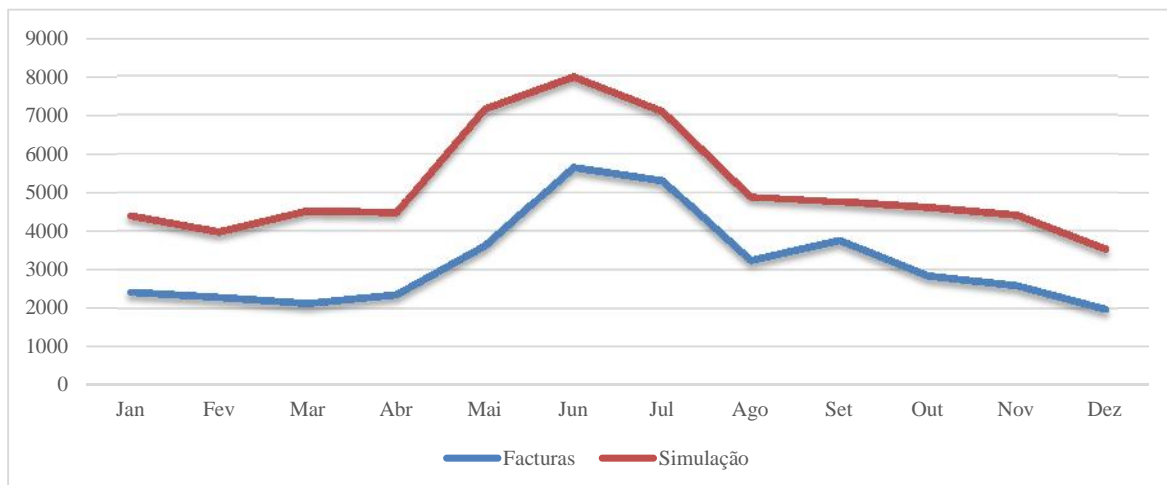


Figura 62 Energia elétrica – Análise comparativa faturas/simulação (sem SGTC) [kWh]

De forma análoga à apresentada anteriormente, procedeu-se relativamente à utilização de gás natural. A Figura 63 apresenta a comparação mensal da evolução da utilização de gás natural entre as faturas e a simulação energética com o funcionamento do edifício sem recurso ao SGTC.

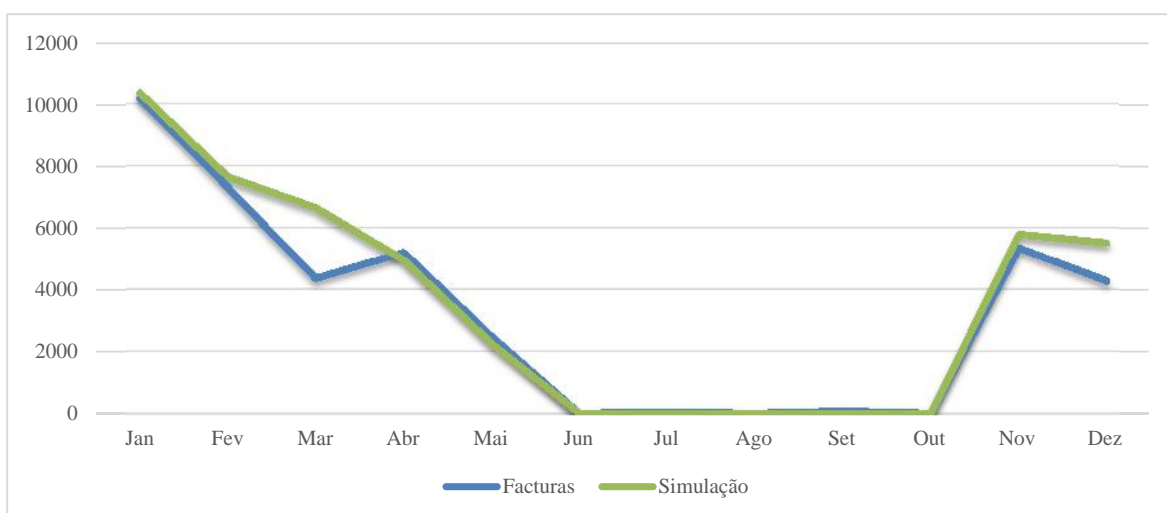


Figura 63 Gás natural – Análise comparativa faturas/simulação (sem SGTC) [kWh]

Pela Tabela 31 pode-se verificar os resultados referentes à utilização de energia anual obtidos através de simulação dinâmica por tipo de consumidor. De referir, que o utilizador designado por Arrefecimento engloba a utilização de energia por parte do *chiller* e da torre de arrefecimento seca, nomeadamente, resultante do funcionamento dos seus ventiladores.

Tabela 31 Utilização anual de energia por utilizador obtido por simulação (sem SGTC)

Utilizadores Finais	Energia Elétrica [kWh]	Gás Natural [kWh]
Iluminação interior	5 112	-
Iluminação exterior	649	-
Equipamento Elétrico	9 111	-
Ventiladores	27 537	-
Bombas de Circulação	6 087	-
Arrefecimento	13 189	-
Aquecimento	-	43 155
Total	61 686	43 155

A utilização de energia mensal por tipo de utilização final pode também ser ilustrado conforme representado pela Figura 64.

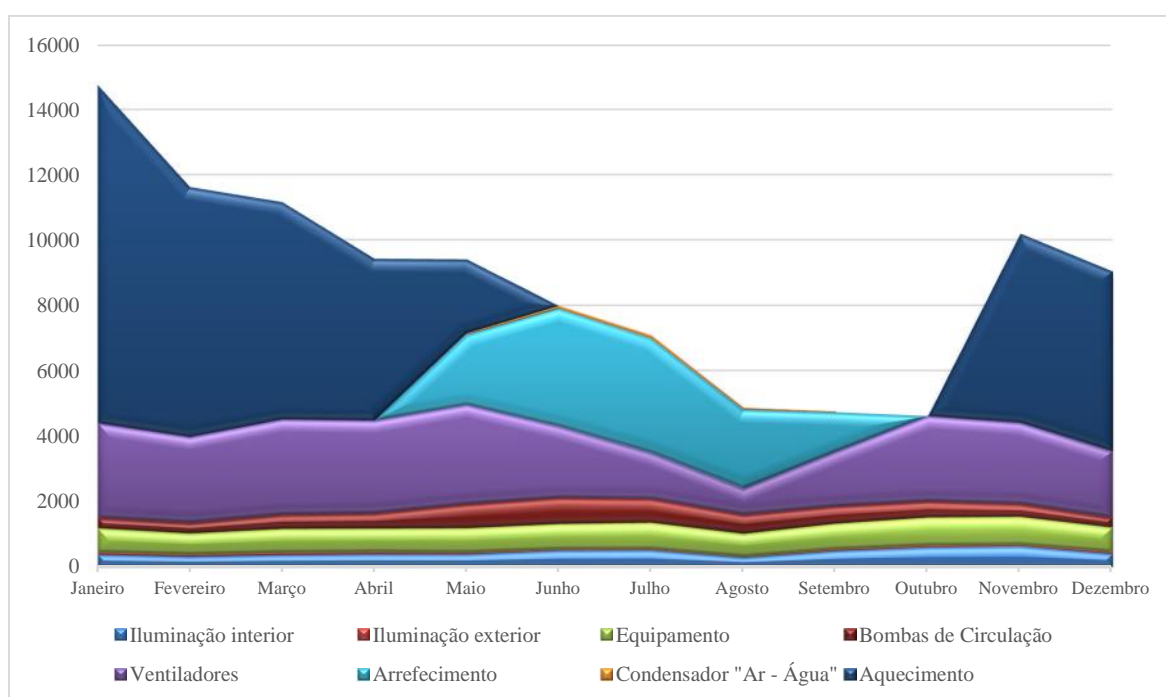


Figura 64 Evolução mensal por utilização final de energia (sem SGTC) [kWh]

5.5. Diferenças de utilização de energia entre soluções

Após a análise dos Pontos anteriores, 5.3 e 5.4, é possível demonstrar a diferença entre a utilização de energia mensal e anual, resultantes das soluções analisadas. Naturalmente, tendo em linha de conta a metodologia utilizada na presente análise, as diferenças de utilização de energia resultam, apenas, das diferenças do controlo do AVAC. Desta forma, os valores relativos à iluminação, interior e exterior, assim como, a utilização de energia associada aos equipamentos elétricos não sofrem qualquer alteração.

A Tabela 32 e a Tabela 33 apresentam, respetivamente, a utilização de energia eléctrica mensal e anual para os vários tipos de utilização final e a utilização mensal e anual de gás natural resultantes do funcionamento da caldeira para aquecimento.

Tabela 32 Variação mensal da utilização de energia eléctrica entre soluções [kWh]

Utilização	Ilum. Interior		Ilum. Exterior		Equipamento		Ventiladores		Bombas		Arrefecimento		Torre de Arrefecimento	
	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC	Com SGTC	Sem SGTC
Jan	371	371	66	66	741	741	700	2 883	187	327	0	0	0	0
Fev	308	308	60	60	649	649	640	2 630	195	324	0	0	0	0
Mar	360	360	66	66	727	727	718	2 919	286	433	0	0	0	0
Abr	382	382	69	69	714	714	730	2 840	317	461	0	0	0	0
Mai	380	380	46	46	748	748	736	3 056	554	723	1 255	2 141	22	50
Jun	486	486	42	42	779	779	685	2 186	685	797	2 207	3 603	37	84
Jul	494	494	46	46	805	805	735	1 413	724	724	2 602	3 507	58	91
Ago	276	276	23	23	706	706	452	802	583	584	1 886	2 426	37	57
Set	474	474	56	56	787	787	722	1 676	406	526	871	1 203	16	27
Out	583	583	62	62	855	855	733	2 613	252	490	0	0	0	0
Nov	611	611	53	53	851	851	659	2 490	264	398	0	0	0	0
Dez	387	387	59	59	748	748	535	2 027	144	301	0	0	0	0
Total	5 112	5 112	649	649	9 111	9 111	8 045	27 537	4 597	6 087	8 821	12 880	169	309
Dif.	0,0		0,0		0,0		19 492,3		1 490,1		4 058,3		139,9	

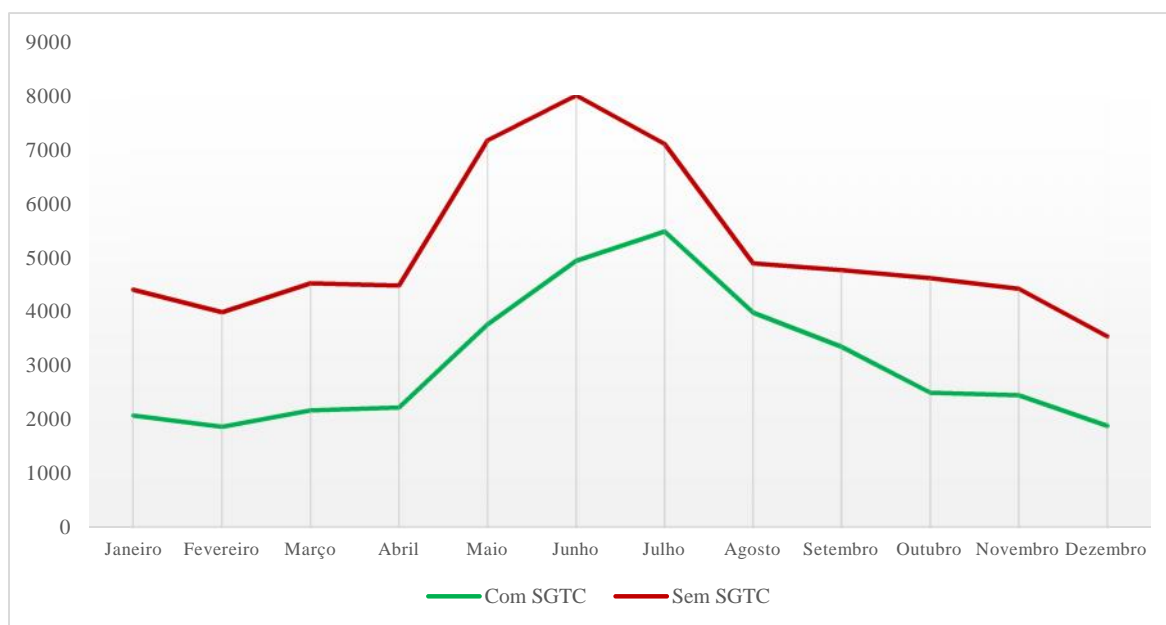


Figura 65 Evolução da utilização mensal de energia eléctrica – Comparação de soluções [kWh]

Pela Tabela 32 é possível verificar um acréscimo de 25 180,6 kWh/ano quando utilizada a solução sem controlo do sistema AVAC por SGTC, o que traduz um aumento percentual de 39,8% na utilização de energia por aquele serviço.

Pelos resultados obtidos, verifica-se que a utilização de energia elétrica associada aos ventiladores das unidades de tratamento de ar é o tipo de utilização com maior impacto, representando, cerca de, 77,4% do acréscimo da utilização de energia elétrica conforme se pode verificar no gráfico ilustrado na Figura 66.

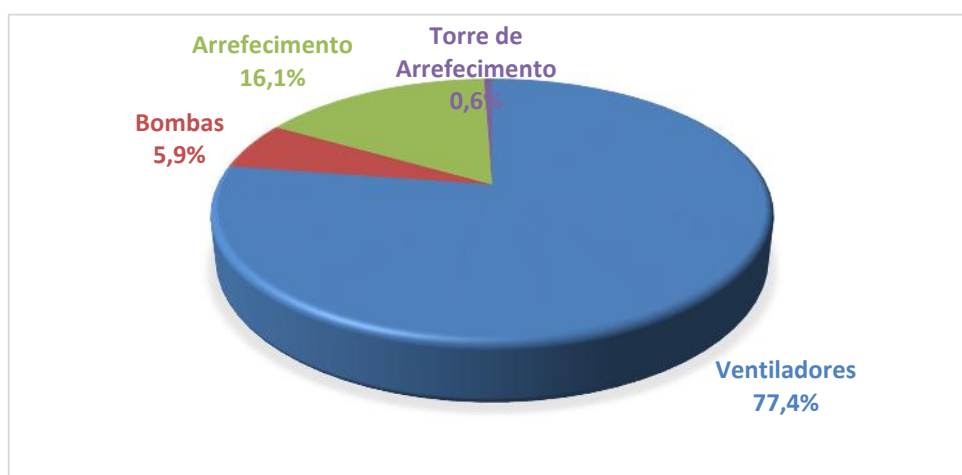


Figura 66 Desagregação do acréscimo de utilização de energia elétrica [kWh]

De forma análoga, o funcionamento do edifício sem controlo do sistema de AVAC por meio de um SGTC, acarretaria um aumento da utilização de gás natural. A Tabela 33 apresenta os resultados obtidos para os dois tipos de soluções.

Tabela 33 Variação mensal da utilização de gás natural entre soluções [kWh]

Utilização	Aquecimento	
	Com SGTC	Sem SGTC
Mês		
Janeiro	9018	10350
Fevereiro	6725	7646
Março	5732	6652
Abril	4037	4957
Mai	1831	2257
Junho	0	0
Julho	0	0
Agosto	0	0
Setembro	0	0
Outubro	0	0
Novembro	4881	5788

Utilização	Aquecimento	
	Mês	Com SGTC
Dezembro	4727	5504
Total	36951	43155
Diferença	6 204	

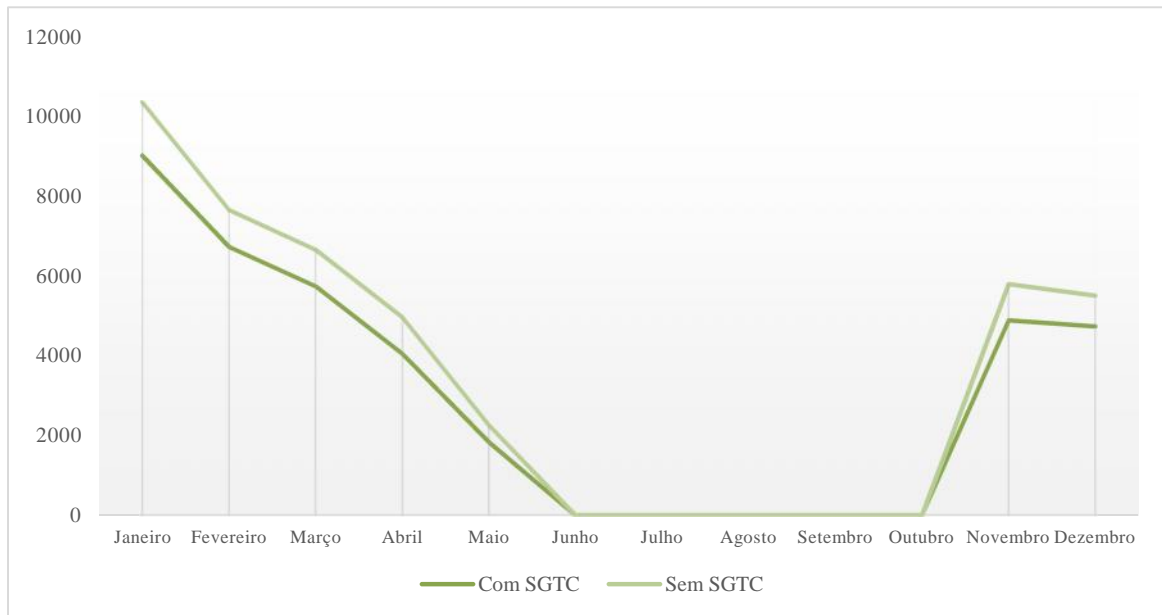


Figura 67 Evolução da utilização mensal de gás natural – comparação de soluções [kWh]

Em suma, o funcionamento do edifício sem controlo do sistema de AVAC por SGTC representaria em termos anuais a um aumento de, aproximadamente, 25,2 MWh e 6,2 MWh da utilização de energia elétrica e de gás natural, respetivamente. Em termos de energia primária, a diferença entre soluções origina um acréscimo na ordem dos 7,8 tep/ano o que representa um aumento de emissão de CO₂ na ordem das 9,4 ton/ano.

Em termos comparativos, com SGTC o edifício apresenta uma redução de 39,8% na utilização de energia elétrica e de 13,7% na utilização de gás natural. A reduzida economia de gás natural, comparativamente com a energia elétrica, é justificável pela sua dependência exclusiva do funcionamento de um equipamento cuja eficiência é bastante elevada, no caso, a caldeira mural de condensação que apresenta um rendimento de, aproximadamente, de 106%, a par da sua não utilização num período demais de mais de 4 meses, em que não há necessidades em aquecimento.

6. Avaliação económica

O presente capítulo visa fazer uma avaliação económica, que não pretendendo ser uma análise exaustiva, é uma avaliação simplificada com o objetivo de fornecer alguns indicadores relativos à viabilidade económica da adoção de SGTC nos edifícios. Mais uma vez se alerta, que toda a análise da presente dissertação recaiu, exclusivamente, na vertente da diferença da utilização de energia para o funcionamento normal do edifício, existindo outras vantagens na adoção destes sistemas, nomeadamente, para controlo da manutenção e controlo de outros sistemas para além do sistema AVAC.

Atualmente, a maioria dos promotores imobiliários e proprietários dos edifícios, talvez por falta de meios de prova e por ser uma especialidade relativamente dispendiosa, consideram o investimento na SGTC um investimento desnecessário e acabam por optar por soluções menos favoráveis ao bom desempenho de um edifício, conduzindo a custos acrescidos de exploração.

Desta forma, conhecido o real impacto em termos de utilização de energia da aplicação de um SGTC no edifício em estudo, importa perceber, até que ponto a adoção deste tipo de sistemas possui indicadores de viabilidade económica minimamente atrativos para aliciar os promotores ou proprietários de edifícios a investir nestes sistemas de gestão. Note-se porém, que o ECOTERMOLAB, devido às suas funcionalidades, possui mais pontos

ligados ao SGTC do que seria necessário para um bom funcionamento de um edifício com características semelhantes, no entanto, neste edifício, para além da necessidade de ter desempenhos eficientes, existe a necessidade de conseguir demonstrar e sensibilizar os formandos para esse mesmo bom desempenho.

Para a avaliação económica serão então abordados três indicadores, a saber, o período de retorno simples (*Pay-Back*), o Valor Atual Líquido (VAL) e ainda a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) que de uma forma simplificada podem demonstrar a viabilidade da implementação de um SGTC.

Por forma a proceder à determinação dos indicadores referidos, será apresentado de seguida a determinação das premissas fundamentais para o cálculo, designadamente, os valores associados ao investimento no SGTC e a redução anual dos custos de exploração associados à utilização de energia.

6.1. Redução anual dos custos com a energia

No Ponto 5.5 foi apresentado a diferença da utilização de energia anual entre as duas soluções, ou seja, funcionamento do edifício com SGTC e sem SGTC (Tabela 34). Esta diferença nos valores de energia anual, traduzirá o rendimento associado à implementação de um SGTC.

Tabela 34 Diferença de utilização de energia entre soluções

Aumento utilização Energia Elétrica [kWh]	25 181
Aumento utilização de Gás Natural [kWh]	6 204

Para determinação dos custos que resultam da implementação de um SGTC, é necessário calcular o custo unitário de cada kWh. No caso da energia elétrica, o preço unitário associado, depende do período horário em que é efetuada a utilização da energia. Desta forma, para determinação do custo unitário de energia elétrica foi considerado apenas o período compreendido entre as 09h e as 23h, coincidente com o período de funcionamento do sistema AVAC. Este período corresponde a onze horas segundo o período tarifário de “Cheias” e três horas segundo o período tarifário “Ponta”, pelo que, o valor unitário para energia elétrica foi determinado por uma média ponderada. No que respeita ao gás natural, o preço unitário associado não depende do horário em que é efetuada a utilização. A Tabela 35 apresenta os custos unitários para estas duas fontes de energia.

Tabela 35 Custos unitários médios por vetor de energia

Preço unitário Energia Elétrica [€/kWh]	0,109
Preço unitário Gás Natural [€/kWh]	0,056

A redução anual dos custos de exploração do ECOTERMOLAB, derivados da utilização de energia, com a implementação de um SGTC, pode então ser dada pelos valores apresentados na Tabela 36. Os valores apresentados não contemplam o Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA).

Tabela 36 Redução nos custos de energia com SGTC

Redução de custos com Energia Elétrica [€/ano]	2 741
Redução de custos com Gás Natural [€/ano]	347
Redução Total [€/ano]	3 088

6.2. Investimento associado ao SGTC

O custo de investimento associado a um SGTC pode ser orçado em função do número de pontos com ligação ao referido sistema. Esmiuçando as várias vertentes englobados no custo de investimento num SGTC, contabilizam-se os custos associados aos controladores, custo em engenharia, ponto de integração, quadros de gestão técnica, cabos e *Hardware e Software*.

Os custos associados à instalação ao SGTC, existente no ECOTERMOLAB, não podem ser utilizados para determinação do custo real de investimento, uma vez que, o preço praticado resulta de parcerias de investimento e de relações comerciais com vista à divulgação das marcas. Por outro lado, o edifício em estudo é dotado de equipamento de campo em número muito superior ao mínimo exigido para uma boa gestão de eficiência de um normal edifício, apresentando cerca de 730 pontos com ligação ao SGTC. Desta forma, com vista à avaliação do investimento num SGTC mais enquadrado com a realidade do edifício, o custo de investimento considerado nesta análise resultou da consideração de apenas os pontos com real impacto na redução da utilização de energia anteriormente apresentado. Os pontos considerados para determinação do custo de investimento são os apresentados de forma detalhada no Anexo C e de forma simplificada na Tabela 37.

Tabela 37 Redução nos custos de energia com SGTC

Descrição	ED	SD	EA	SA
UTA 1	13	2	8	5
UTA 2	11	2	7	4
UTA 3	11	2	7	4
<i>Chiller</i>	6	1	2	0
Torre de Arrefecimento	5	1	2	0
Caldeira	5	1	2	0
Bomba Primário AQ	4	1	0	0
Bombas Secundário AQ	15	5	5	5
Bomba Primário AF	4	1	0	0
Bombas Secundário AF	12	4	4	4
Bombas Dupla Secundário AQ - UTA 3	6	2	2	2
Bombas Dupla Secundário AF - UTA 1 e UTA 3	12	4	4	4
Contadores de energia elétrica	5	0	0	0
Sondas Temperatura e CO2	0	0	7	0
TOTAL PONTOS SGTC	109	26	50	28

Pela Tabela 37 pode-se verificar que o número de pontos total com interligação à gestão técnica com influência direta na diferença entre a utilização de energia das duas soluções é de 213 pontos. Para efeitos de cálculo dos indicadores considerou-se uma vida útil do sistema de 25 anos.

Tabela 38 Custos de investimento num SGTC

Número de pontos	213
Investimento por ponto [€/ponto]	120
Investimento Total [€]	25 560

6.3. Período de Retorno Simples (PRS)

O período de retorno simples, conforme o nome indica, é um indicador de simples cálculo que resulta do quociente entre o investimento que a solução representa (onde se inclui, custos de investimento, exploração e manutenção) ao longo do tempo de duração do mesmo, e o rendimento anual do projeto, ou seja, a partir deste indicador resulta o número de anos que um investidor terá de esperar até ser ressarcido dos investimentos efetuados.

Este indicador visa ser um indicador de cálculo expedito, permitindo uma primeira aproximação, sendo a sua principal limitação resultante da não consideração de fatores fundamentais como a inflação ou os custos de capital. O período de retorno simples é dado pela expressão [exp.5]:

$$PRS = \frac{I}{R} \quad [\text{exp.5}]$$

Desta forma, o período de retorno simples é, aproximadamente, de 8 anos.

$$PRS = \frac{25560}{3088} = 8,3 \text{ anos}$$

6.4. Valor Atual Líquido (VAL)

Em termos muito simplificados, pode-se afirmar que o valor atual líquido é sinónimo do valor que um determinado projeto representa, numa dada altura no tempo, considerando todos os parâmetros relativos ao custo temporal do dinheiro. A determinação deste indicador é dada pela expressão [exp.6], em que, a é a taxa de atualização do investimento, ou seja, uma taxa de juro que considere as questões de inflação e o custo de capital para o investimento efetuado, que para a determinação dos indicadores, foi tomado o valor de referência de 7,5%.

$$VAL = -I + (R - C) \left[\frac{(1 + a)^n - 1}{a(1 + a)^n} \right] \quad [\text{exp.6}]$$

$$VAL = -25560 + (3088 - 0) \left[\frac{(1 + 0,075)^{25} - 1}{0,075(1 + 0,075)^{25}} \right] = 8864,1 \text{ €}$$

O valor atual líquido determinado permite concluir que se está perante um projeto economicamente viável, isto é, uma vez que o VAL é superior a zero permite cobrir o investimento inicial, bem como, a remuneração do investidor, e ainda gerar excedente financeiro.

6.5. Taxa Interna de Rentabilidade (TIR)

A taxa interna de rentabilidade é caracterizada como sendo correspondente ao valor da taxa de atualização do investimento, que torna o VAL de um investimento igual a zero. Neste caso, o critério de decisão de investimento consiste na implementação de um projeto, sempre que a sua TIR, seja superior à taxa de juro de referência, que é, normalmente, o custo de oportunidade do capital.

A determinação simplificada da TIR pode ser efetuada por processo iterativo igualando a expressão para cálculo do VAL a zero e atribuindo valores à taxa de juro. O resultado obtido para a taxa interna de rentabilidade foi de 11,2% (superior ao custo de oportunidade de capital) pelo que, mais uma vez, resulta num indicador económico positivo indicando a viabilidade da instalação de um SGTC.

7. Conclusões

Ao longo do presente relatório, foram apresentados os vários resultados obtidos que permitem agora concluir que efetivamente um SGTC pode ser muito mais do que um mero pormenor no projeto de um edifício eficiente.

No decorrer da dissertação foi abordada a temática ligada à redução de utilização de energia associado ao sistema de AVAC por meio de controlo de um SGTC, que sendo o parâmetro fundamental no impacto da influência de um SGTC na redução de custos de exploração de um edifício, não é de descurar as outras potencialidades de tal sistema, como é o caso do controlo de parâmetros de todos os outros sistemas existentes num edifício evitando assim comportamentos erráticos por parte dos utilizadores, como por exemplo no caso da iluminação, e a definição de uma boa gestão da manutenção das instalações e equipamentos.

O estudo efetuado permitiu comparar o comportamento do mesmo edifício com duas soluções de controlo do sistema AVAC e conclui-se que efetivamente existiu uma grande discrepância no que concerne à utilização de energia. A diferença entre soluções resulta numa economia anual de, cerca de, 39,8% de energia elétrica e de 13,7% de gás natural o que representa em termos monetários a, aproximadamente, 3,1 k€

Avaliado a diferença de utilização de energia entre as duas soluções, interessa perceber se ponto de vista do investidor, seja ele, um promotor imobiliário ou proprietário de um edifício, se o investimento num SGTC possui viabilidade económica, ou seja, se o investimento neste tipo de sistema permite uma redução dos custos de exploração de um edifício de forma a permitir um retorno do investimento efetuado.

A análise económica efetuada recaiu sobre a análise de três indicadores, a saber, período de retorno simples, valor atual líquido e taxa interna de rentabilidade e todos os indicadores se revelaram positivos. Pela metodologia efetuada o investimento no SGTC apresenta um período de retorno simples ligeiramente superior a oito anos, um valor atual líquido positivo de valor igual a 8864,1€ e uma taxa interna de rentabilidade superior à taxa de custo do capital e igual a 11,2%.

Sendo certo que todo o trabalho efetuado resulta de condições e características muito específicas do edifício em estudo, e que desta forma não se pode generalizar de forma leviana para a totalidade dos edifícios, fica aqui comprovada a mais-valia destes sistemas de gestão, uma vez que, como se pôde verificar, mesmo quando se analisam edifícios dotados de equipamentos de elevado índice de eficiência a diferença de utilização de energia entre soluções foi significativa.

Assim, julga-se que a aposta nestes tipos de sistemas deve ser uma direção estratégica com vista à promoção da eficiência energética, da sustentabilidade e para o cumprimento dos objetivos idealizados pela união europeia, onde em 2020 os edifícios deverão ter um balanço energético muito próximo de “Zero”.

No entanto, repare-se, que estes sistemas não são isolados e devem de ser acompanhados, naturalmente, de bons projetos e de instalações bem executadas, de equipamentos eficientes e de uma adequada programação ajustada às necessidades do edifício e dos seus sistemas energéticos.

Em suma, pode-se afirmar que os objetivos propostos para esta dissertação foram alcançados e que contribuiu para a sensibilização para as potencialidades dos SGTC e o seu real impacto no laboratório de energia, o ECOTERMOLAB.

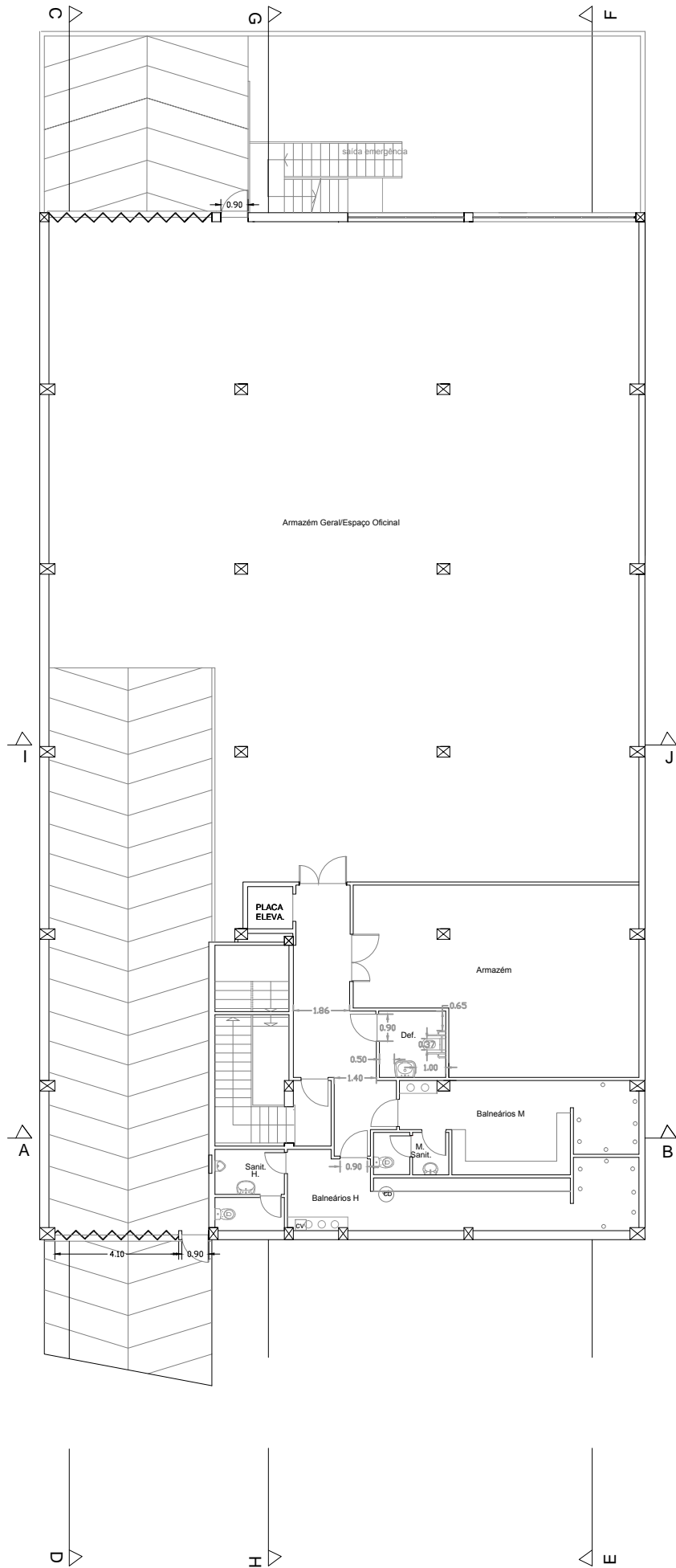
Numa próxima etapa, e dando seguimento ao trabalho apresentado neste relatório, deverá ser levada em consideração as restantes parcelas com influência direta ou indireta,

proporcionado por um SGTC, na redução dos custos de exploração do edifício. No caso do edifício alvo de estudo, será possível abordar com mais profundidade as áreas da iluminação e da manutenção uma vez que são parâmetros controlados/monitorizados pelo SGTC instalado no edifício, sendo que, no caso da manutenção, será talvez necessário aguardar mais algum tempo para que haja um histórico assinalável por forma a perceber o real impacto de medidas associadas, fundamentalmente, à manutenção preventiva na utilização de energia pelo sistema AVAC. Quanto ao trabalho executado e divulgado neste relatório, poderá sempre ser alvo de aperfeiçoamento, sobretudo alargando o período de amostragem e o período de referência, dando origem a uma maior exatidão nos resultados obtidos.

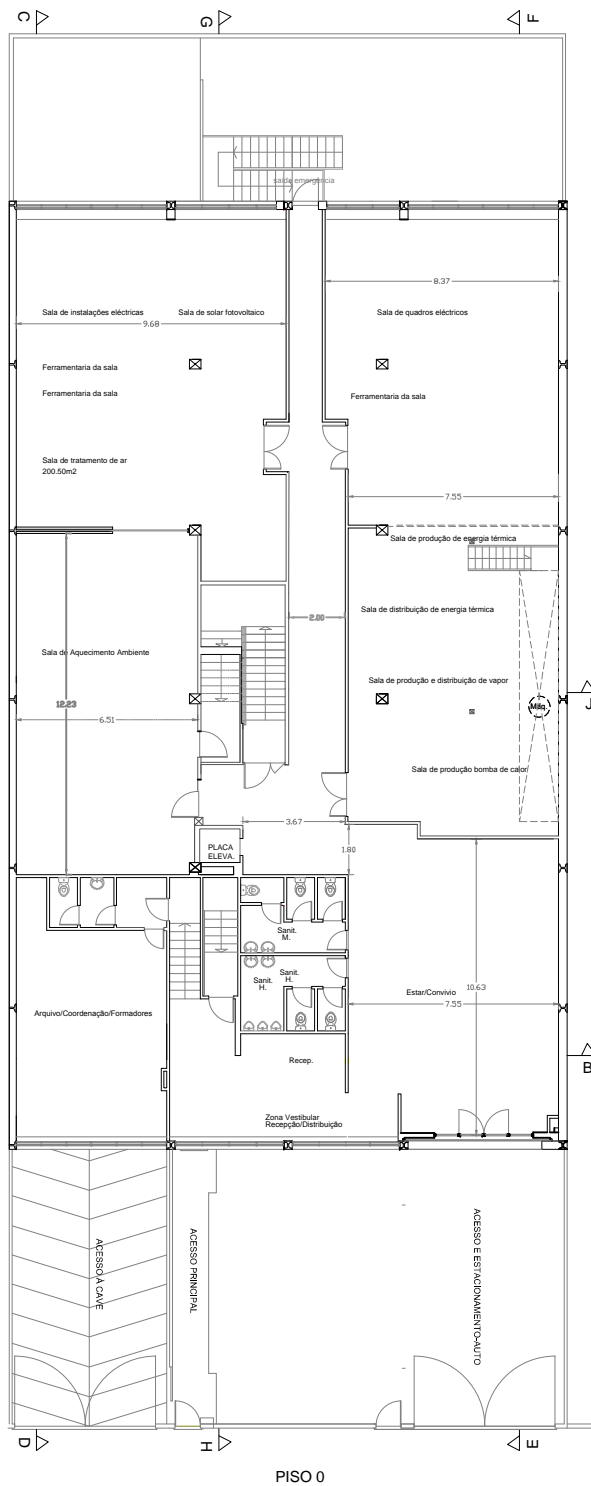
Referências Documentais

- [1] *European Union, Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)*, Jun 2013
- [2] *EPBD - Energy Performance of Buildings Directive*, Directive 2002/91/EU, 2002
- [3] *EPBD - Energy Performance of Buildings Directive*, Directive 2010/31/EU, 2010
- [4] SCE — *Sistema Nacional de Certificação Energética*, Decreto-Lei n.º 78/2006, 2006.
- [5] RSECE – *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*, Decreto-Lei n.º 79/2006, 2006.
- [6] RCCTE – *Regulamento das Características de Comportamento Térmico em Edifícios*, Decreto-Lei n.º 80/2006.
- [7] Roriz, Luís F., *Climatização*, 2006
- [8] CIBSE, *Guide H, Building Control Systems*
- [9] Pombas, Francisco – *Formação em Gestão Técnica Centralizada*, ISQ

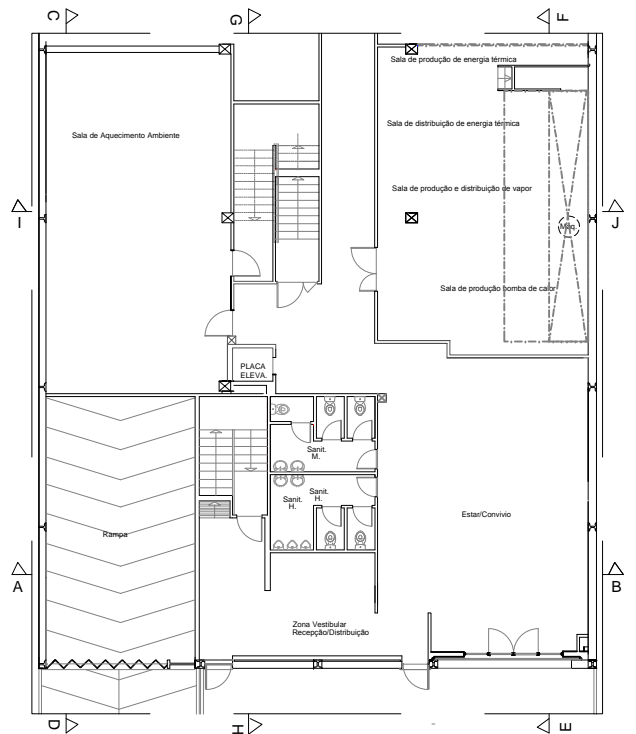
Anexo A. Plantas de Arquitetura do Edifício



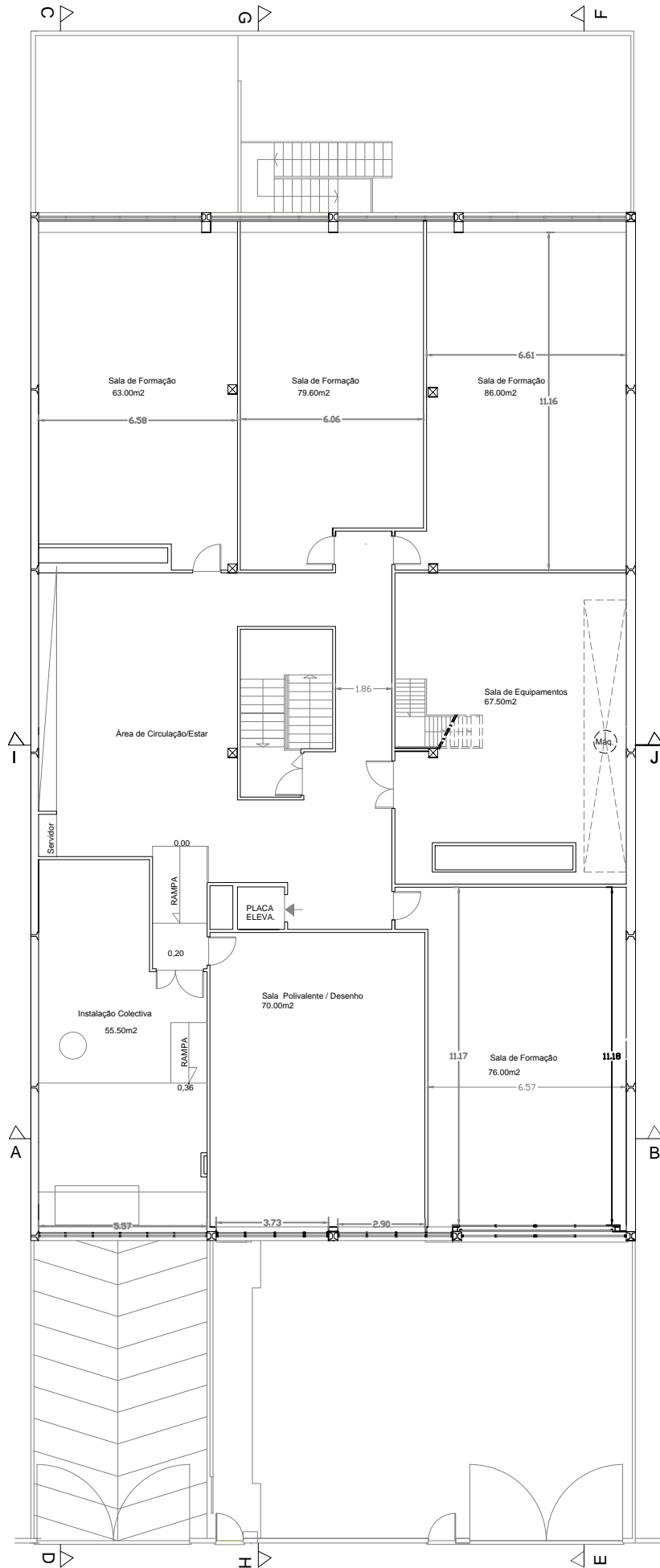
PROAREN PROJECTOS E SERVIÇOS DE <small>NIPC 552 444 036</small> RUA MIGUEL TORRES, 137 4405 - 880 V.N. GAIA TEL: 919413282 TEL/FAX 227125041		MEGAREALCE - Investimentos Imobiliários, Lda. Ampliação, Alterações Interiores e de uso LCR8 - Zona Industrial da Feteira - Rua da Sabreira - Grijo - VILA NOVA DE GAIA	
ARQUITECTURA			DATA: Março 2011
PLANTA DO PISO -1			
ARQ.	ENG.	DES.	ESC.
		JOSÉ BORGES DE ARAÚJO	1/100
			1U



PISO 0



PISO 0 POR X - X

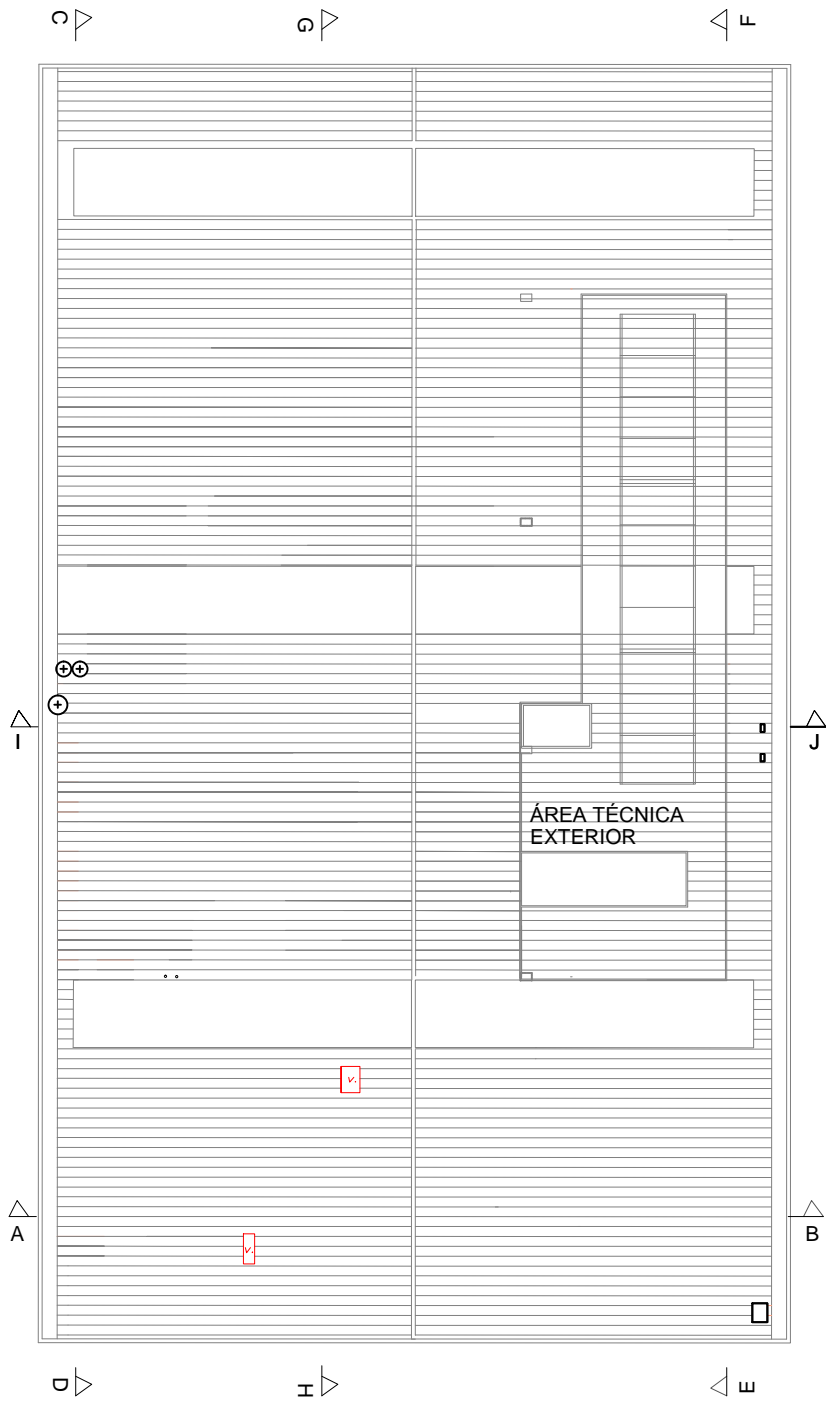


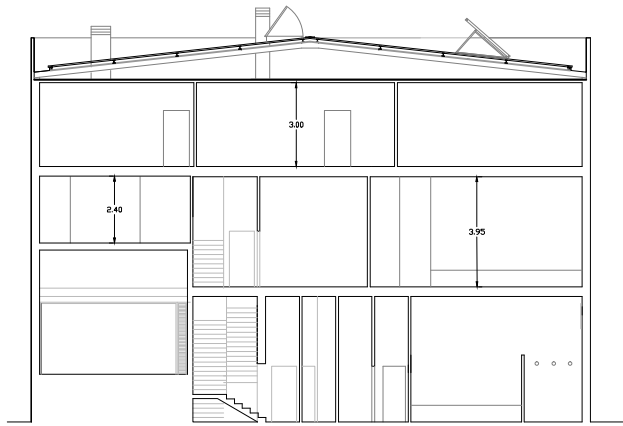
PROAREN PROJECTOS E SERVIÇOS DE
 NIPC 502 444 036 ARQUITECTURA E ENG. LDA.
 Rua Miguel Torga, 137
 4405 - 880 V.N.GAIA
 Teln.919413282 Telfax 227125041

MEGAREALCE - Investimentos Imobiliários, Lda. Ampliação, Alterações Interiores e de uso
 LCR8 - Zona Industrial da Feteira - Rua da Sabreira - Grijo - VILA NOVA DE GAIA

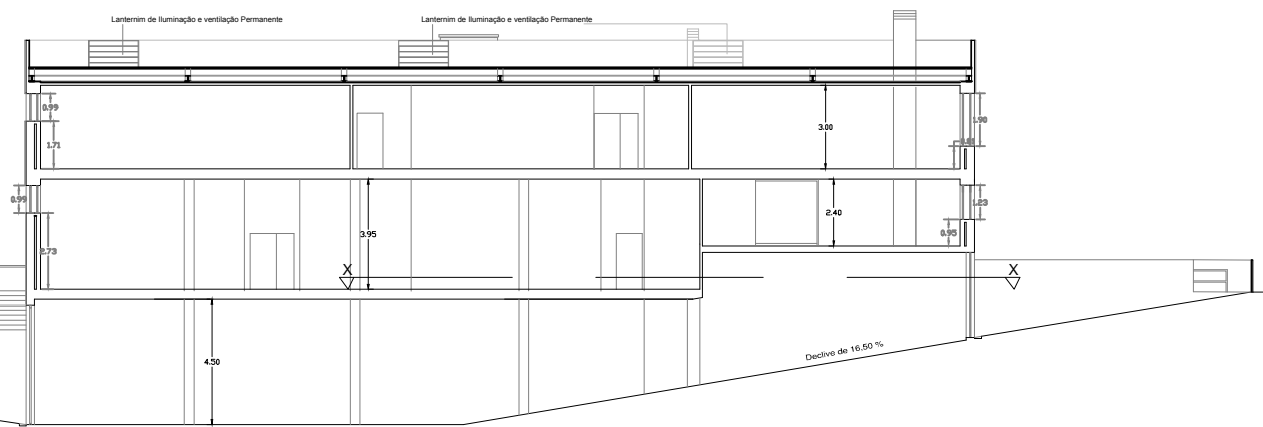
ARQUITECTURA		DATA
PLANTA DO PISO 1		Março 2011
ARO.	ENG.	ISC.
	JOSE BORGES DE ARAUJO	1/100

1U'





Corte AB

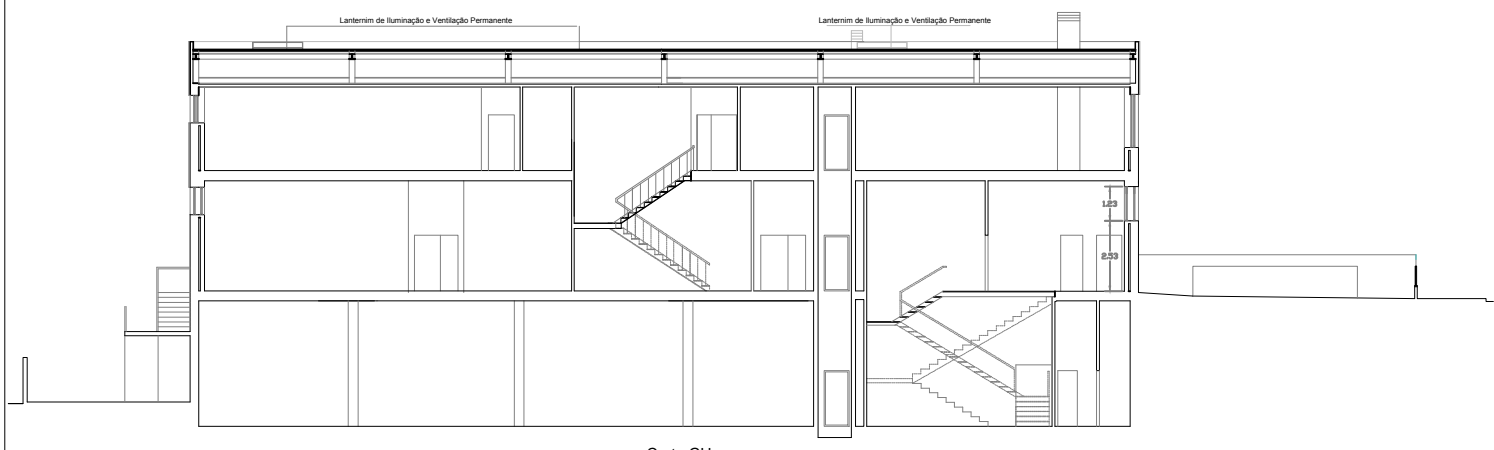


Corte CD

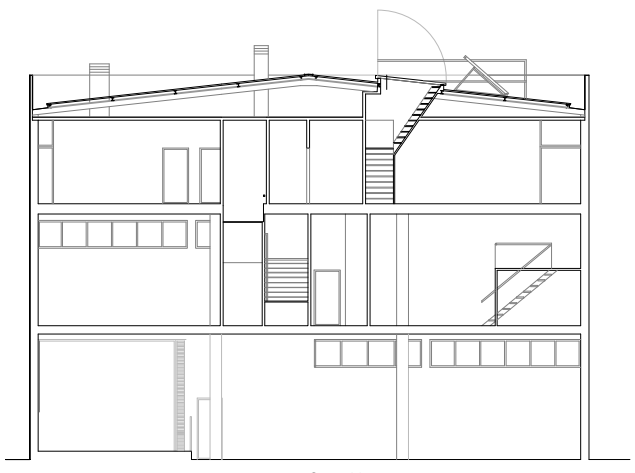
FROAREN Rua Miguel Torga, 127 4405 - 880 - V.N.GAIA Telef: 319113262 Telef: 227125011	MEGAREALCE - Investimentos Imobiliários, Lda. Zona Industrial da Felleira - Rua da Sabreira - Grujó - VILA NOVA DE GAIA	ARMAZÉM CRB - AMPLIAÇÃO E ALTERAÇÕES INTERIORES	Março 2011	2U
		Cortes AB e CD	José Borges de Araújo	



Corte EF



Corte GH



Corte IJ

FROAREN <small>ARQUITECTURA E SERVIÇOS DE ENGENHARIA</small> Rua Miguel Torga, 127 4405 - 880 VILA NOVA DE GAIA Telefone: 919413262	MEGAREALCE - Investimentos Imobiliários, Lda. Zona Industrial da Felreira - Rua da Salgueira - Grujó - VILA NOVA DE GAIA	MARÇO 2011	4U
		ARMAZÉM CRB - AMPLIAÇÃO E ALTERAÇÕES INTERIORES	
M.A.	M.A.	JOSÉ PEDRO DE ARAÚJO	1/100

Anexo B. Especificações do modelo de simulação dinâmica

No presente anexo são apresentadas as densidades de iluminação, equipamentos e ocupação por zona considerados para efeitos de simulação dinâmica detalhada.

Zona	Área [m ²]	Volume [m ³]	Iluminação [W/m ²]	Ocupação [m ² /Ocupante]	Equipamento [W/m ²]
ELEVADOR	6,8	33,9	-	-	-
ANDAR_I.S. GABINETE	4,1	9,8	12,8	-	-
ANDAR_ACESSO GABINETE	3,6	8,7	7,2	-	413,6
ANDAR_GABINETE	45,8	109,9	6,4	22,9	25,4
ANDAR_MEC APAR GAS	199,1	786,5	3,9	14,2	0,5
ANDAR_CENTRAL TERMICA	99,4	392,5	7,6	-	-
ANDAR_LABORATORIO	75,9	299,9	5,8	5,4	5,0
ANDAR_RECECAO	9,0	35,7	28,1	9,0	29,9
ANDAR_I.S. PUBLICO	24,5	96,8	21,2	-	-
ANDAR_ESCADAS	20,4	130,9	7,7	-	-
ANDAR_CIRCULACAO LABORATORIOS	53,1	209,6	6,9	-	-
ANDAR_HALL ENTRADA_SALA CONVIVIO	107,8	425,8	5,3	-	29,5
PISO 1_COURETTE TECNICA	4,3	13,0	-	-	-
PISO 1_SALA FORMACAO 1	74,7	224,0	5,2	5,3	5,1
PISO 1_SALA FORMACAO 2	72,5	217,4	8,1	5,2	5,2
PISO 1_SALA FORMACAO 3	81,5	244,4	5,4	5,8	4,7
PISO 1_UTAN 1	79,8	239,4	3,7	-	0
PISO 1_SALA FORMACAO 4	77,6	224,4	8,7	5,5	4,9
PISO 1_SALA DESENHO	70,9	212,7	7,1	5,1	0
PISO 1_UTAN 3	60,3	180,7	5,7	-	10,5
PISO 1_HALL PISO 1	44,1	114,1	7,8	-	-
PISO 1_AREA ESTAR	70,7	212,2	5,5	-	-
CAVE_ARMAZEM OFICINA	492,6	2120,8	3,0	-	0,5
CAVE_CIRCULACAO	20,9	93,9	7,0	-	-
ESCADAS_ACESSO CAVE	21,4	126,1	9,7	-	-
CAVE_BALNEARIOS MASCULINOS	32,3	145,2	7,7	-	-
CAVE_BALNEARIOS FEMININOS	24,1	108,4	10,3	-	-
CAVE_I.S. DEFICIENTES	5,6	25,4	8,7	-	-
CAVE_ARMAZEM	55,6	250,2	4,4	4,0	-
Total	1938,2	7292,4	5,6	16,9	4,6

Anexo C. Pontos interligação SGTC

Neste anexo é apresentada a porção de pontos de interligação ao SGTC do edifício ECOTERMOLAB com consequência na redução da utilização de energia apresentados.

Descrição	ED	SD	EA	SA
UTA 1				
VI-Posição Comutador	1			
VI-Comando <i>On/Off</i>		1		
VI-Disparo Proteções	1			
VI-Comando Var. Freq.				1
VI-Estado Funcionamento			1	
VE-Posição Comutador	1			
VE-Comando <i>On/Off</i>		1		
VE-Disparo Proteções	1			
VE-Comando Var. Freq.				1
VE-Estado Funcionamento			1	
Filtros	4			
Tinsuflação			1	
Tar novo			1	
Tretorno			1	
Válvula AF				1
Válvula AQ				1
Sonda AF			1	
Sonda AQ			1	
Transdutor de pressão	1			
Contador de Energia	1			
RT-Comutador M/0/A	1			
RT-Comando <i>On/Off</i>				1
RT-Estado			1	
RT-Avaria	1			
Contador Energia Térmica	1			
UTA 2				
VI-Posição Comutador	1			
VI-Comando <i>On/Off</i>		1		
VI-Disparo Proteções	1			
VI-Comando Var. Freq.				1
VI-Estado Funcionamento			1	
VE-Posição Comutador	1			
VE-Comando <i>On/Off</i>		1		
VE-Disparo Proteções	1			
VE-Comando Var. Freq.				1

Descrição	ED	SD	EA	SA
VE-Estado Funcionamento			1	
Filtros	4			
Tinsuflação			1	
Tar novo			1	
Tretorno			1	
Válvula AF				1
Válvula AQ				1
Sonda AF			1	
Sonda AQ			1	
Transdutor de pressão	1			
Contador de Energia	1			
Contador Energia Térmica	1			
UTA 3				
VI-Posição Comutador	1			
VI-Comando <i>On/Off</i>		1		
VI-Disparo Proteções	1			
VI-Comando Var. Freq.				1
VI-Estado Funcionamento			1	
VE-Posição Comutador	1			
VE-Comando <i>On/Off</i>		1		
VE-Disparo Proteções	1			
VE-Comando Var. Freq.				1
VE-Estado Funcionamento			1	
Filtros	4			
Tinsuflação			1	
Tar novo			1	
Tretorno			1	
Válvula AF				1
Válvula AQ				1
Sonda AF			1	
Sonda AQ			1	
Transdutor de pressão	1			
Contador de Energia	1			
Contador Energia Térmica	1			
Chiller				
Comutador M/O/A	1			
Comando <i>On/Off</i>		1		
Estado Funcionamento	1			
Caudal	1			
Temp. Ida			1	
Temp. Retorno			1	
Avaria Agrupada	1			
Contagem Energia	1			
Contagem Energia Térmica	1			

Descrição	ED	SD	EA	SA
Torre de Arrefecimento				
Comutador M/0/A	1			
Comando <i>On/Off</i>		1		
Estado Funcionamento	1			
Caudal	1			
Temp. Ida			1	
Temp. Retorno			1	
Contagem Energia	1			
Contagem Energia Térmica	1			
Caldeira				
Comutador M/0/A	1			
Comando <i>On/Off</i>		1		
Estado Funcionamento	1			
Caudal	1			
Temp. Ida			1	
Temp. Retorno			1	
Avaria Agrupada	1			
Contagem Energia Térmica	1			
Bomba Primário AQ				
Comutador M/0/A	1			
Comando <i>On/Off</i>		1		
Disparo proteções	1			
Pressostátos Diferencial	1			
Filtro Colmatado	1			
Bombas Secundário AQ				
Comutador M/0/A	5			
Comando <i>On/Off</i>		5		
Disparo proteções	5			
Pressostátos Diferencial			5	
Comando Var. Freq.				5
Filtro Colmatado	5			
Bomba Primário AF				
Comutador M/0/A	1			
Comando <i>On/Off</i>		1		
Disparo proteções	1			
Pressostátos Diferencial	1			
Filtro Colmatado	1			
Bombas Secundário AF				
Comutador M/0/A	4			
Comando <i>On/Off</i>		4		
Disparo proteções	4			
Pressostátos Diferencial			4	
Comando Var. Freq.				4
Filtro Colmatado	4			

Descrição	ED	SD	EA	SA
Bombas Dupla Secundário AQ - UTA 3				
B1-Comutador M/0/A	1			
B1-Comando <i>On/Off</i>		1		
B1-Disparo proteções	1			
B2-Comutador M/0/A	1			
B2-Comando <i>On/Off</i>		1		
B2-Disparo proteções	1			
Comutação B1/B2	1			
Pressostátos Diferencial			2	
Comando Var. Freq.				2
Filtro Colmatado	1			
Bombas Dupla Secundário AF - UTA 1 e UTA 3				
B1-Comutador M/0/A	2			
B1-Comando <i>On/Off</i>		2		
B1-Disparo proteções	2			
B2-Comutador M/0/A	2			
B2-Comando <i>On/Off</i>		2		
B2-Disparo proteções	2			
Comutação B1/B2	2			
Pressostato Diferencial			4	
Comando Var. Freq.				4
Filtro Colmatado	2			
Contadores de energia elétrica				
Contador Q.E. Entrada	1			
Contador Q.E. AVAC	1			
Contador Q.E. Andar	1			
Contador Q.E. Cave	1			
Contador Q.E. Cobertura	1			
Sondas Temperatura e CO2				
Temperatura e humidade Exterior			1	
Temperatura Zona 1			1	
Temperatura Zona 2			1	
Temperatura Zona 3			1	
CO2 Zona 1			1	
CO2 Zona 2			1	
CO2 Zona 3			1	
TOTAL PONTOS SGTC	106	26	44	28