



# UNIVERSIDADE DE COIMBRA

**Faculdade de Ciências e Tecnologia**

Departamento de Engenharia Eletrotécnica e Computadores

João Miguel Vieira Lourenço

## Análise do desempenho energético de edifícios escolares requalificados do ensino secundário

Escola Secundária Eng.º Acácio Calazans Duarte  
Marinha Grande

Coimbra - Portugal

Julho de 2012



**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA**

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E COMPUTADORES



**Análise do desempenho energético de  
edifícios escolares requalificados do  
ensino secundário**

Escola Secundária Eng.º Acácio Calazans Duarte  
Marinha Grande

JOÃO MIGUEL VIEIRA LOURENÇO

**Membros do Júri:**

Prof. Doutor Manuel Marques Crisóstomo

Prof. Doutor Mário Gonçalo Mestre Veríssimo Silveirinha

**Orientador:**

Prof. Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Coimbra, Julho de 2012





**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA  
ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES**

**– RAMO DE ENERGIA –**

# **Análise do desempenho energético de edifícios escolares requalificados do ensino secundário**

Escola Secundária Eng.º Acácio Calazans Duarte  
Marinha Grande

**Aluno:** João Miguel Vieira Lourenço

**Orientador:** Prof. Doutor Humberto Manuel Matos Jorge



# Agradecimentos

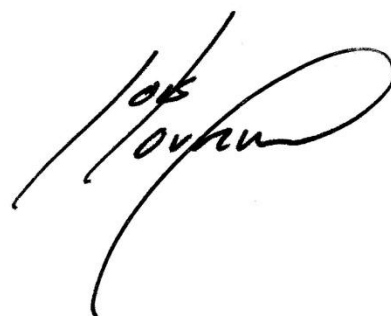
*Em primeiro lugar, quero deixar um sincero agradecimento à minha família, em especial aos meus pais, por todas as oportunidades que me deram, pelo apoio constante e pelos sacrifícios que fizeram para que este dia se tornasse realidade.*

*De igual modo, agradeço à minha namorada, Flávia Carvalho, pelo constante apoio, pela força transmitida nos maus momentos, pela partilha de felicidade nos bons momentos e pelo amor revelado.*

*Agradeço à Parque Escolar a oportunidade que me deram de realizar esta dissertação e agradeço também e ao meu orientador Prof. Doutor Humberto Manuel Matos Jorge pela colaboração, críticas, sugestões e conhecimentos transmitidos ao longo desta dissertação.*

*Em último, mas não de menor importância, agradeço aos meus amigos e colegas pelo apoio, pela ajuda, pela amizade e companheirismo demonstrados neste meu percurso.*

*A todos, o meu **Muito Obrigado!***

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'João' followed by a stylized flourish.





*“Algo só é impossível  
até que alguém duvide  
e resolva provar o contrário.”*

Albert Einstein



# Resumo

O presente documento foi redigido no âmbito da dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

O trabalho desenvolvido em parceria com a Entidade Pública Empresarial (EPE) Parque Escolar e o Laboratório de Gestão de Energia, encontra-se centralizado na necessidade de redução de consumos da Escola Secundária Eng.º Acácio Calazans Duarte, abrangida pelo Programa de Modernização do Parque Escolar Destinado ao Ensino Secundário. Foi objetivo deste trabalho o estudo dos consumos da escola secundária já referida localizada na cidade de Marinha Grande.

Outro objetivo do trabalho foi o desenvolvimento de uma ferramenta em ambiente Excel que, partindo dos dados de telecontagem e faturação, efetua os cálculos de forma automática de consumos totais, consumos desagregados por período horário, custos com a energia consumida através da informação das tarifas dos diversos operadores do mercado liberalizado. Calcula também alguns Indicadores de Eficiência Energética (IEE), traça alguns gráficos importantes para a análise do comportamento da instalação e emite uma ficha resumo anual.

Foi também objeto de análise o Sistema de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) instalado na escola em estudo onde foram apontadas certas falhas, nomeadamente no controlo de iluminação e da extração de dados.

Depois de feitos os vários estudos, foram identificadas algumas Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC) das quais se destaca o estudo do controlo da iluminação através de valores recolhidos pelo sensor de luminosidade presente no edifício.

Para além da importância de projetar e equipar eficientemente, é de extrema relevância a utilização eficiente dos diversos equipamentos por forma a garantir uma boa eficiência energética. Para tal, é necessário um acompanhamento constante do funcionamento dos edifícios assim como o total conhecimento dos mesmos. O SGTC é uma excelente forma para a implementação do controlo automático dos diversos sistemas instalados num dado edifício, mas para que tal seja feito com a maior eficácia, esta deve ser bem explorada e parametrizada com critério e de acordo com as necessidades de funcionamento da escola.

**Palavras-Chave:** Eficiência Energética; Indicadores de Eficiência Energética; Sistema de Gestão Técnica Centralizada; Oportunidades de Racionalização de Consumos



# Abstract

This document was written under the thesis of Master in Electrical and Computer Engineering at the Faculty of Science and Technology, University of Coimbra.

The work developed in partnership with the public corporate Parque Escolar and the Laboratory for Energy Management, is centered on the need to reduce consumption of the High School Eng. ° Acácio Calazans Duarte, covered by the Program for Modernization of Schools aimed at High Schools. It was then seen as objective the study of consumption of the cited high school located in Marinha Grande.

Another objective of this work was to develop a program in Excel environment that starting from metering and billing data, performs calculations automatically for total consumption, consumption broken down by time period, costs of the consumed energy by tariff information of the various operators of the liberalized market. It also calculates Indicators of Energy Efficiency (IEE), outlines some important graphs to analyze the behavior of the installation and prints an annual summary statement.

It was too analyzed the Centralized Technical Management System (SGTC) installed in the school and were pointed out certain flaws, particularly in lighting control and data extraction.

After carried out several studies, it was identified some Opportunities for Rationalization of Consumption (ORC) of which stands out the study of lighting control through values collected by the light sensor present in the building.

The conclusion is that, in addition to importance of planning and equipping efficiently, it is extremely important the use of the equipment to ensure good energy efficiency. Doing this requires a constant monitoring of the building as well as full knowledge of it. The SGTC is an excellent tool to automatically control the various systems installed in a given building but for this to be done as efficiently as possible, this tool must be exploited to the fullest and parameterized according to the needs of the various spaces.

**Keywords:** Energy Efficiency, Energy Efficiency Indicators; Centralized Technical Management System, Rationalization of Consumption Opportunities



# Índice

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos do trabalho.....	2
1.2. Organização e Conteúdo.....	3
<b>2. Enquadramento Teórico .....</b>	<b>5</b>
2.1. Regulamentos .....	7
2.1.1. Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios .....	7
2.1.2. Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios .....	7
2.1.3. Regulamento das Características de Comportamento Térmicos dos Edifícios....	8
2.2. Auditoria Energética.....	9
2.3. Indicadores.....	10
2.3.1. Indicadores de Diagramas de Carga.....	10
2.3.2. Indicadores de Eficiência Energética .....	11
2.4. Mercado Liberalizado .....	13
<b>3. Identificação e Caracterização do Objeto de Estudo .....</b>	<b>15</b>
3.1. Descrição da Escola.....	16
3.2. Equipamentos Instalados .....	17
3.2.1. Iluminação Normal.....	17
3.2.2. Instalações AVAC.....	18
3.2.3. Painéis Solares.....	21
3.3. Sistema de Gestão Técnica Centralizada.....	21
<b>4. Ferramenta de análise .....</b>	<b>23</b>
<b>5. Análises Efetuadas .....</b>	<b>27</b>
5.1. Situação Contratual.....	27
5.2. Análise de Consumo e Faturação .....	28
5.3. Análise de Consumos .....	30

5.4.	Análise de Consumos Globais .....	31
5.5.	Análise do IEE.....	32
5.6.	Análise dos Diagramas de Carga.....	33
<b>6.</b>	<b>Oportunidades de Racionalização de Consumos .....</b>	<b>39</b>
6.1.	Áreas de Intervenção .....	39
6.1.1.	Iluminação Natural .....	39
6.1.2.	Desagregação de Circuitos .....	39
6.1.3.	Análise da climatização.....	40
6.2.	Cálculo das reduções de consumo .....	40
6.2.1.	Iluminação de corredor.....	40
6.2.2.	Iluminação da biblioteca .....	41
6.2.3.	Estudo da iluminação exterior.....	42
6.3.	Comercializador de Energia .....	43
<b>7.</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>45</b>
7.1.	Trabalho Futuro .....	46
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>47</b>
	<b>Apêndices .....</b>	<b>49</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>60</b>



# Lista de Figuras

Figura 1: Esquema dos 3 pilares da eficiência energética.....	1
Figura 2: Consumo elétrico de Portugal Continental em 2007 por tipo de consumo [19].....	5
Figura 3: Esquema da Legislação Portuguesa em torno da Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior.....	6
Figura 4: Fotografia da escola após a sua requalificação.....	15
Figura 5: Planta Geral da escola.....	16
Figura 6: Ambiente Gráfico da folha DADOS da ferramenta .....	23
Figura 7: Ambiente Gráfico da folha RESULTADOS da ferramenta – índices, consumos e preços .....	24
Figura 8: Ambiente Gráfico da folha RESULTADOS da ferramenta – IEE.....	25
Figura 9: Gráfico do Consumo Total Pré-Requalificação.....	28
Figura 10: Gráfico do Consumo Total Pós-Requalificação .....	28
Figura 11: Gráfico da faturação anual de eletricidade .....	29
Figura 12: Gráfico dos Consumos de 2011 desagregados por período horário .....	30
Figura 13: Gráfico comparativo dos consumos dos anos letivos 2010/2011 e 2011/2012 .....	31
Figura 14: Gráfico do consumo total acumulado dos anos letivos 2008/09, 2010/11 e 2011/12 .....	32
Figura 15: Gráfico dos diagramas de carga correspondentes a um Dia Útil, um Sábado, um Domingo.....	34
Figura 16: Gráfico dos diagramas de carga correspondentes a um Domingo, um Dia de Férias e um Feriado.....	35
Figura 17: Diagrama de Carga e temperatura exterior do dia 01/02/2011 (Inverno).....	36
Figura 18: Diagrama de Carga e temperatura exterior do dia 04-04-2011 (Meia Estação).....	36
Figura 19: Diagrama de Carga e temperatura exterior do dia 16-05-2011 (Verão).....	36
Figura 20: Gráfico do custo anual calculado através das tarifas oferecidas pelas diversas operadoras de energia.....	43



# Lista de tabelas

Tabela 1: Dados do contracto atual de fornecimento de energia eléctrica.....	27
Tabela 2: Tabela dos IEE correspondentes ao ano civil de 2011 .....	33
Tabela 3: Tabela comparativa dos IEE correspondentes aos anos letivos 2010/2011 e 2011/2012.....	33



# Abreviaturas e Símbolos

AVAC - Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado  
CEEA - Consumo Específico de Energia por Unidade de Área  
CEEU - Consumo Específico de Energia por Utente  
CMM - Consumo Médio Mensal por Unidade de Área  
COP - Coefficient of Performance  
DAC - Diagrama Anual de Carga  
DC - Diagrama de Carga  
DEEC - Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
EDP - Energias de Portugal  
ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos  
EER - Energy Efficiency Ratio  
EPE - Entidade Pública Empresarial  
FC - Fator de Carga  
FV - Fator de Vazio  
GEE - Gases de Efeito de Estufa  
GPL - Gases de Petróleo Liquefeitos  
HC - Horas Cheias  
HP - Horas de Ponta  
HV - Horas de Vazio  
IEE - Indicador de Eficiência Energética  
IS - Instalações Sanitárias  
ORC - Oportunidades de Racionalização dos Consumos  
QE - Quadro Elétrico Geral  
RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios  
RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios  
SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios  
SGTC - Sistema de Gestão Técnica Centralizada  
SV - Horas de Super Vazio  
tep - Tonelada Equivalente de Petróleo  
TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação  
UTA - Unidade de Tratamento de Ar  
VRF - Variable Refrigerant Flow



# 1. Introdução

Por forma a melhorar as condições dos edifícios escolares, criando assim maior estímulo nos jovens alunos ao sucesso escolar foi decidido proceder à modernização dos edifícios escolares públicos existentes. Esta modernização tem como objetivo o de aumentar os níveis de conforto e de segurança, atualizando as tecnologias de modo a contribuir para melhores condições de trabalho e bem-estar, tanto de alunos como de funcionários, traduzindo-se num melhor desempenho profissional. Para levar a cabo a requalificação dos edifícios foi criada a empresa pública Parque Escolar, uma das preocupações foi a de proporcionar a abertura da Escola à comunidade e de criar um sistema eficiente e eficaz de gestão dos edifícios.

O programa contava inicialmente com a intervenção em 332 escolas até ao final do ano letivo de 2014/2015 totalizando um investimento de 1.300 Mil Milhões de euros.

É com o intuito de apurar os resultados de uma destas intervenções que surge esta dissertação.

O objeto de estudo é a Escola Secundária Eng.º Acácio Calazans Duarte da cidade de Marinha Grande. A requalificação da mesma fez parte da 2ª fase do programa sendo que as obras deram início no ano de 2009 e foram concluídas no ano de 2010.

A escola em análise, tal como todos os edifícios escolares sujeitos à intervenção por parte da Parque Escolar, está dotada de equipamentos de elevada eficiência energética assim como de uma boa inércia térmica. No entanto só isto não é suficiente para se poder afirmar que é um edifício eficiente.

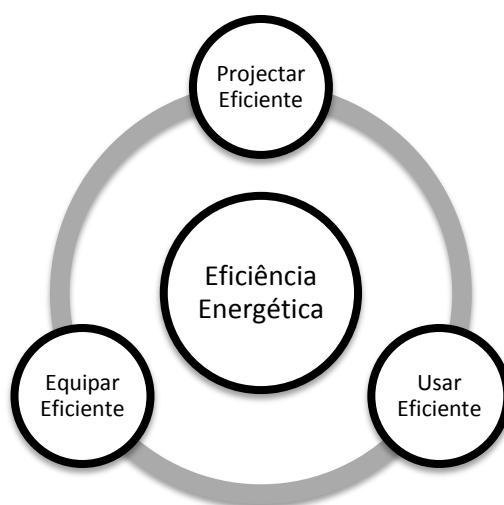


Figura 1: Esquema dos 3 pilares da eficiência energética

Como está representado na figura 1, a eficiência energética assenta em 3 pilares, **Projetar Eficiente, Equipar Eficiente** e **Usar Eficiente**. Esta dissertação encontra-se focada neste último pilar.

Para tal foram analisados os parâmetros controláveis pelo Sistema de Gestão Técnica Centralizada (SGTC), assim como, os consumos gerais de vários anos para calcular diversos índices de eficiência energética de modo a quantificar o resultado dos maus comportamentos e condutas, associados ao funcionamento.

## **1.1. Objetivos do trabalho**

Esta dissertação tem como objetivo alertar as escolas para uma possível gestão deficiente sob o ponto de vista energético. Esta gestão deficiente pode ser causada pela incorreta parametrização do SGTC, bem como, uma não eficiente utilização de certos equipamentos. É de extrema importância sensibilizar, tanto alunos como docentes e funcionários, para a eficiência energética, não apenas como forma de poupança monetária, mas como redução de Gases Efeito Estufa (GEE) e dos problemas ambientais que isso acarreta.

Para que tal meta seja alcançada pretende-se fazer ajustes na parametrização do SGTC de modo a otimizar o controlo de iluminação e sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) tanto a nível de horários ON/OFF como *setpoints* de temperaturas (no caso dos AVAC) por forma a eliminar consumos supérfluos e ainda identificar possíveis limitações e lacunas no sistema.

Um dos objetivos foi também a criação de uma ferramenta em ambiente Excel que possibilite, de forma automática, calcular índices e indicadores importantes na análise da eficiência energética assim como desagregar consumos e calcular os custos de energia de acordo com as tarifas das várias empresas do mercado atual.

Posteriormente procura-se identificar e caracterizar as possíveis Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC) para a escola em estudo.



## **1.2. Organização e Conteúdo**

Para além do presente Capítulo onde é apresentada uma breve introdução ao trabalho, assim como os objetivos do mesmo, esta dissertação é composta por mais 6 capítulos.

No Capítulo 2 é feito um enquadramento teórico falando do Sistema Nacional de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) e dos regulamentos da qual se rege. É feita uma pequena abordagem sobre Auditorias Energéticas, de alguns indicadores de diagramas de carga e Indicadores de Eficiência Energética (IEE) utilizados no presente trabalho e também do Mercado Liberalizado.

O Capítulo 3 contém uma caracterização da escola em estudo em termos construtivos, equipamentos instalados de iluminação e climatização e de Águas Quentes Sanitárias (AQS) e do funcionamento do SGTC implementado na escola.

O Capítulo 4 é dedicado à ferramenta desenvolvida para cálculos de IEE, desagregação de consumos, preços de energia de acordo com a empresa comercializadora e análises diversas. Essas análises estão descritas no Capítulo 5. Aqui é feito o estudo da situação contractual presente, análises de consumos globais, análise de consumos por ciclo horário, análise de IEE e análise de diagramas de carga.

No Capítulo 6 estão descritas algumas Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC) relacionadas com a iluminação, onde são feitos vários estudos com controlo por níveis de luminosidade (lux), relacionadas com os sistemas AVAC e são analisadas as propostas dos vários fornecedores de energia no Mercado Livre.

Por fim, o Capítulo 7 apresenta uma conclusão relativa a todo o trabalho desenvolvido assim como ideias para trabalhos futuros.



## 2. Enquadramento Teórico

A população mundial está atualmente dependente de energia elétrica que pode ser facilmente convertida em luz, calor ou frio e é necessária para o funcionamento de diversos equipamentos tais como motores, computadores, televisões, etc. (figura 2).

Torna-se portanto imperativo estudar formas para que o equilíbrio entre o consumo e a produção continue a existir, seja pela adaptação da produção ao consumo ou através de métodos de racionalização do consumo para que este não exceda a já vasta produção de energia elétrica.

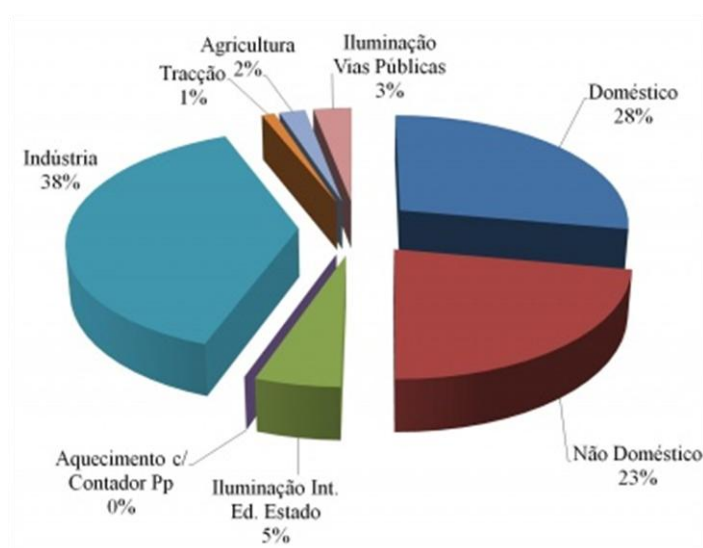


Figura 2: Consumo elétrico de Portugal Continental em 2007 por tipo de consumo [19]

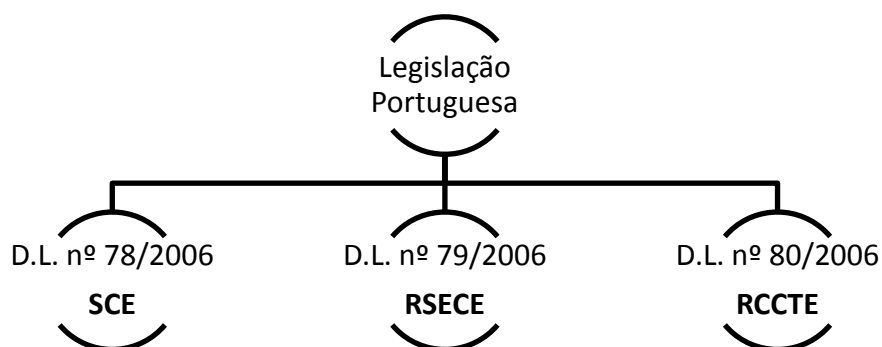
Basta uma análise breve das duas hipóteses para perceber que a racionalização do consumo é a mais aliciante tendo em conta os fatores económicos pois utiliza os recursos já existentes sem necessidade de maior investimento, tendo também em conta os fatores ambientais devido à poluição inerente à produção de energia elétrica. A necessidade de encontrar soluções para abrandar o crescimento exponencial do consumo energético é urgente.

Foi nesta linha que a Comissão Europeia adotou um plano de ação cujo objetivo é reduzir 20% do consumo de energia até 2020. O plano elaborado tem como objetivo melhorar o rendimento energético, sendo que este seria obtido a partir de todos os quadrantes de consumo de energia, com a finalidade de melhorar o rendimento energético dos aparelhos, dos edifícios e serviços, da produção e distribuição de energia, reduzir o impacto dos transportes no consumo energético, facilitar o financiamento e a realização de investimentos neste domínio, suscitar e

reforçar um comportamento racional em matéria de consumo de energia e consolidar a ação internacional em matéria de eficiência energética.

A legislação Portuguesa para a eficiência energética é baseada em três Decretos-Lei (DL), o DL n.º 78/2006 que aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) e transpõe parcialmente para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios. O DL n.º 79/2006 que aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e, por fim, o DL n.º 80/2006 que aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Os referidos DL estão esquematizados na figura 3 e serão seguidamente descritos.



**Figura 3: Esquema da Legislação Portuguesa em torno da Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior**

## **2.1. Regulamentos**

### **2.1.1. Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios**

Esta norma [2] estabelece a criação de um sistema de Certificação Energética em edifícios novos assim como edifícios sujeitos a uma significativa intervenção de remodelação estrutural, tal como o objeto de estudo em causa. Isto vem permitir atestar a correta aplicação das normas térmicas em vigor para o respetivo edifício e para os seus sistemas energéticos assim como a obrigatoriedade da instalação de sistemas de energias renováveis e aparelhos de elevada eficiência energética.

O SCE tem a finalidade de garantir a aplicação regulamentar no que diz respeito às condições de eficiência energética e utilização de sistemas de energias renováveis mas também assegurar a qualidade do ar interior de acordo com os parâmetros e exigências contidas no RSECE e RCCTE. Deverá também certificar os edifícios em termos de desempenho energético e qualidade do ar interior assim como apontar medidas corretivas aplicáveis aos edifícios e aos sistemas energéticos que estes contêm.

### **2.1.2. Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios**

O RSECE [3] foi aprovado pelo D.L. n.º 118/98 de 7 de Maio e veio substituir o D.L. n.º 156/92 de 29 de Julho que não chegou a ser aplicado e que visava regulamentar a instalação de sistemas de climatização em edifícios.

Este regulamento procurava introduzir medidas de racionalização fixando limites à potência máxima dos sistemas a instalação evitando sobredimensionamentos contribuindo para a sua eficiência energética.

A prática da aplicação do RSECE veio a demonstrar alguma indiferença por parte da maioria dos intervenientes no processo não tendo por isso a eficácia desejada.

Portugal, em articulação com os compromissos da União Europeia no âmbito do Protocolo de Quioto, assumiu responsabilidades quanto às emissões de gases efeito de estufa (GEE).

A U.E. publicou em 4 de Janeiro de 2003 a Diretiva nº 2002/91/CE do Parlamento e do Conselho Europeu relativa ao desempenho energético nos edifícios que impõe aos Estados membros o estabelecimento de regulamentos para reduzir os consumos energéticos nos edifícios novos e reabilitados. A diretiva adota também a obrigatoriedade de uma verificação periódica dos consumos reais nos edifícios de maior dimensão e a afixação desta informação mediante um certificado apropriado em local visível.

Assim foi reformulado o RSECE pelo D.L. nº79/2006 com os seguintes objetivos:

- 1) Definir as condições de conforto térmico e de higiene a ser requeridas nos diferentes espaços do edifício.
- 2) Melhorar a eficiência energética global dos edifícios em todos os tipos de consumos, promovendo a sua limitação efetiva para padrões aceitáveis.
- 3) Impor regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético e garantir qualidade do ar interior.
- 4) Monitorizar com regularidade as práticas de manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e qualidade do ar interior dos edifícios.

Estas regras são aplicáveis a:

- 1) Qualquer fração autónoma de serviços com área superior a 1000 m<sup>2</sup> ou com potência instalada superior a 25kW.
- 2) Qualquer edifício novo existente de serviços com área superior a 1000 m<sup>2</sup> e com potência instalada superior a 25kW.
- 3) Qualquer projeto de construção de edifício de serviços com área superior a 1000 m<sup>2</sup> ou com potência instalada superior a 25kW.

### **2.1.3. Regulamento das Características de Comportamento Térmicos dos Edifícios**

O RCCTE [4], aprovado pelo D.L.nº40/90 foi o primeiro instrumento legal em Portugal que impôs requisitos ao projeto de novos edifícios e de grandes remodelações por forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia quer no Inverno, quer no Verão.

O RCCTE constituiu um marco significativo na melhoria da qualidade de construção em Portugal, havendo hoje uma prática quase generalizada de aplicação de isolamento térmico nos edifícios, incluindo nas zonas de clima mais ameno, uma prova de que o RCCTE conseguiu atingir e mesmo superar os objetivos a que se propunha.

Este regulamento estabelece as regras a observar no projeto de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizadas de modo a que as exigências de conforto térmico, seja ele de aquecimento ou arrefecimento, e de ventilação garantam a qualidade do ar interior, bem como as necessidades de água quente sanitária, e possam vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia.

## **2.2. Auditoria Energética**

Uma Auditoria Energética consiste numa abordagem a todo o consumo de energia elétrica de determinado edifício, quer residencial quer de serviços. A auditoria permite conhecer onde, quando e como a energia é utilizada, qual a eficiência dos equipamentos e onde se verificam desperdícios de energia, indicando soluções para as anomalias detetadas contribuindo assim para a eficiência energética da instalação.

A auditoria energética tem por objetivos a caracterização energética da instalação e sistemas instalados, assim como identificar e estudar as medidas com viabilidade técnico-económica a introduzir, de modo a reduzir os consumos energéticos necessários à sua atividade. Estas medidas serão integradas num plano estratégico de intervenção que definirá claramente as medidas a tomar e os objetivos anuais a alcançar, no que respeita à redução dos consumos energéticos.

A condução eficaz de uma Auditoria Energética é um processo que envolve algumas tarefas a desenvolver por ordem e sequência correta, que vão desde a análise detalhada dos consumos de energia e produção de anos antecedentes à Auditoria, passando pela análise detalhada das faturas de energia dos últimos meses que antecedem a Auditoria, pela análise física dos equipamentos geradores e/ou consumidores de energia, as suas condições de operação e controlo, assim como os cuidados de manutenção e o seu tempo de funcionamento, até à fase final do estudo no qual são indicados os resultados e medidas a tomar para a redução dos consumos energéticos.

A metodologia utilizada é a seguinte:

- 1) Planeamento – Em que se definem objetivos e se recolhem dados históricos de consumos.
- 2) Trabalho de Campo – No qual se recolhe informação, monitoriza-se consumos e analisa-se os equipamentos instalados.
- 3) Tratamento de dados – Consiste no tratamento da informação recolhida, definição de indicadores energéticos, cálculo de consumos específicos e análise das economias de energia.
- 4) Relatório – Trata da descrição do trabalho efetuado e suas conclusões fazendo referencia às ORC e o *payback* das mesmas.

## 2.3. Indicadores

Existem alguns índices possíveis de serem calculados que nos permitem caracterizar da melhor forma os consumos de uma dada instalação assim como os seus comportamentos.

Para esta dissertação foram usados diversos indicadores que caracterizam os diagramas de carga tais como: Potência Média, Fator de Carga e Fator de Vazio.

### 2.3.1. Indicadores de Diagramas de Carga

A Potência Média ( $P_{méd}$ ) é dada pelo quociente entre a energia total consumida e o período de tempo.

$$P_{méd} = \frac{E}{t} \quad (2.1)$$

Este valor indica-nos a taxa de energia consumida por período de tempo.

O Fator de Carga (FC) consiste na relação entre a potência média e a potência máxima e pode variar entre 0 e 1.

$$FC = \frac{P_{méd}}{P_{máx}} \quad (2.2)$$

Este índice tem o propósito de demonstrar se a energia consumida está sendo utilizada de maneira racional e económica. Um valor de FC próximo de 1 significa um melhor aproveitamento da instalação elétrica que traduz num diagrama de carga plano.



O Fator de Vazio (FV) é dado pela relação entre a potência mínima e a potência máxima.

$$FV = \frac{P_{mín}}{P_{máx}} \quad (2.3)$$

### 2.3.2. Indicadores de Eficiência Energética

Além dos indicadores referidos anteriormente também existem Indicadores de Eficiência Energética (IEE) que permitem determinar e comparar os consumos de energia quer por unidade, quer por área, quer de produção por indivíduo (aluno).

O IEE pode ser calculado a partir dos consumos efetivos de energia de um ano completo de determinado edifício, convertidos para uma base primária. Os fatores de conversão utilizados nesta dissertação foram os seguintes:

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

O consumo de energia pode ser dado em kWh ou em kgep (kg equivalente de petróleo). Tipicamente todas as formas de energia são convertidas para uma base primária em kgep ou tep (tonelada equivalente de petróleo).

O espaço pode ser definido em termos da sua área útil e sendo a sua unidade  $m^2$  ou em termos do seu volume sendo a sua unidade  $m^3$ .

Como período de tempo de referência é normalmente utilizado o ano civil sendo que também podemos encontrar esta informação calculada tendo como referência outro período relevante, tal como o ano letivo. Na presente dissertação foi escolhido o ano civil como referência devido aos dados disponíveis para estudo.

### Consumo Específico de Energia por Unidade de Área (CEEA)

O CEEA é definido como o quociente entre o consumo anual de energia (CGE) por uma dada área ( $A_p$ ) e tem como unidade o  $kWh/m^2.ano$  ou  $kgep/m^2.ano$ . É calculado partindo da fórmula:

$$CEEA = \frac{CGE}{A_p} \quad (2.4)$$

Tem a limitação de classificar por igual, edifícios com a mesma área sem que tenha em conta a variedade de volumetrias existentes em cada edifício.

### **Consumo Específico de Energia por Utente (CEEU)**

O CEEU consiste no quociente entre o consumo anual de energia e o número de utentes (Ut). Para a presente dissertação foram classificados como utentes os alunos da escola visto ser um edifício vocacionado para alunos. Assim, o CEEU<sub>aluno</sub> tem como unidade o *kWh/aluno.ano* ou *kgep/aluno.ano* e é calculado pela fórmula:

$$CEEU = \frac{CGE}{U_t} \quad (2.5)$$

### **Consumo Médio Mensal por Unidade de Área (CMM)**

O CMM consiste no quociente do consumo médio mensal de energia por uma dada área. Como tal vem em *kWh/m<sup>2</sup>.mês* e é calculado pela fórmula:

$$CMM = \frac{\text{Consumo médio mensal}}{A_p} \quad (2.6)$$

### **Indicador de Eficiência Energética Real**

Este indicador é contudo semelhante ao CEEA com a diferença de que o consumo de energia é o somatório das várias fontes de energia utilizadas no edifício. Este é dado por:

$$IEE_{real} = \frac{Q_{aq} + Q_{arr} + Q_{OUT}}{A_p} \quad (2.7)$$

onde  $Q_{aq}$  é o consumo de energia por aquecimento,  $Q_{arr}$  é o consumo de energia por arrefecimento e  $Q_{OUT}$  é o consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento ou arrefecimento.

## Indicador de Eficiência Energética por aluno

Por analogia, este indicador difere de  $IEE_{real}$  por traduzir a relação do consumo de energia das várias fontes utilizadas no edifício com o número de alunos que frequentam a escola. É então calculado através da fórmula:

$$IEE_{aluno} = \frac{Q_{aq} + Q_{arr} + Q_{OUT}}{aluno} \quad (2.8)$$

## 2.4. Mercado Liberalizado

Em Portugal continental, devido à entrada do mercado liberalizado, os consumidores de energia passaram a poder escolher o seu comercializador de eletricidade.

A comercialização de eletricidade é neste momento exercida pelos comercializadores de último recurso e pelos comercializadores que atuam no mercado liberalizado, designados por comercializadores em regime de mercado.

De acordo com o Guia do Consumidor de Eletricidade no Mercado Regularizado [8], com a entrada em vigor do D.L. n.º 104/2010, de 29 de Setembro, a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) deixa de aprovar tarifas reguladas para clientes em Muito Alta Tensão (MAT), Alta Tensão (AT), Média Tensão (MT) e Baixa Tensão Especial (BTE) e por isso, para novos clientes MAT, AT, MT ou BTE, desde 30 de Setembro de 2010, os contratos de fornecimento de energia só podem ser celebrados com um comercializador em regime de mercado.

Os clientes ainda com contrato em vigor com comercializadores de último recurso:

- A partir de 1 de Janeiro de 2011, se permanecerem no comercializador de último recurso, ser-lhes-á aplicável uma tarifa agravada publicada pela ERSE.
- Até 31 de Dezembro de 2011, devem escolher um comercializador em regime de mercado, solicitando a mudança de comercializador (sem custos).

O edifício em estudo tem contrato em MT.



### 3. Identificação e Caracterização do Objeto de Estudo

No âmbito do Programa de Modernização do Parque Escolar levado a cabo pela empresa pública Parque Escolar, E.P.E., a Escola Secundária Eng.º Acácio Calazans Duarte, situada na cidade da Marinha Grande, sofreu uma intervenção radical com o objetivo da requalificação das suas instalações.

As obras de reestruturação deram início a Junho de 2009 e foram dadas por terminadas a Setembro de 2010, tendo a escola sido inaugurada a Outubro de 2010.

Atualmente, a referida escola (figura 4) acolhe 1070 alunos em regime diurno, 123 docentes, 13 administrativos e 22 assistentes operacionais.



**Figura 4: Fotografia da escola após a sua requalificação**

### 3.1. Descrição da Escola

A escola está dividida em 8 corpos nomeados de “A” a “H”, como ilustrado na figura 5, fazendo a repartição entre salas de aula, locais de convívio, bar, biblioteca, pavilhão, secretaria, gabinetes e oficinas.

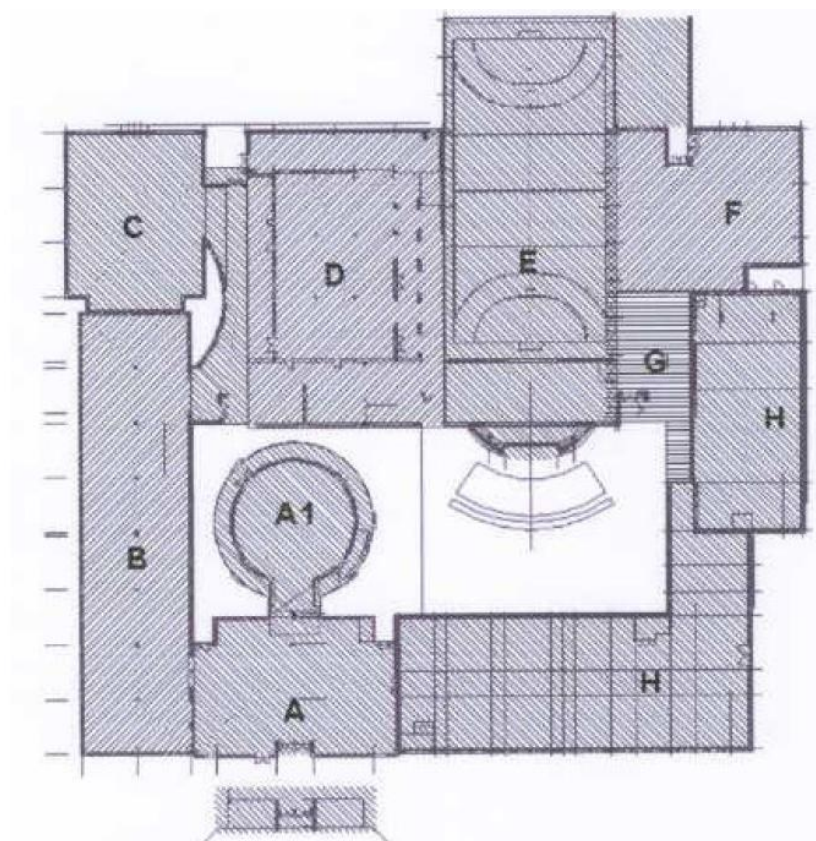


Figura 5: Planta Geral da escola

A área total edificada também sofreu ampliação perfazendo agora um total de 13287 m<sup>2</sup>. É de seguida feita uma breve descrição de cada bloco.

#### **Bloco A**

Este bloco subdivide-se em A e A1 tal como mostra a figura 5. No sub-bloco A1 funciona o Bar e o Anfiteatro enquanto no restante bloco situam-se áreas sociais, biblioteca, salas de docentes/administrativas e salas de aula.

#### **Bloco B**

Esta zona é formada por áreas de docentes/administrativas, pelo Centro de Novas Oportunidades e por salas de aula.

### **Bloco C**

Todo este espaço se destina a salas de aula.

### **Bloco D**

Neste bloco funcionam as várias oficinas dos cursos tecnológicos.

### **Bloco E**

Esta é uma área desportiva à qual diz respeito a cobertura do campo de jogos.

### **Bloco F**

O corpo F é composto por salas de aula.

### **Bloco G**

Este bloco é formado apenas por uma cobertura que faz a união dos blocos E, F e H

### **Bloco H**

Este grupo é constituído por uma área desportiva (ginásio), área social, área de docentes/administrativa e salas de aula

## **3.2. Equipamentos Instalados**

O edifício é alimentado, em regime normal, a partir da rede de média tensão (30kV) da concessionária EDP existente no local, por intermédio de um ramal subterrâneo que termina num Posto de Transformação (PT) cliente. Deste ponto segue a ligação ao Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) do edifício, onde têm origem as alimentações dos quadros elétricos de distribuição do edifício.

Em caso de falta de energia na rede pública, a alimentação desta é feita por intermédio de um Grupo Gerador Diesel de 80kVA a 50Hz.

### **3.2.1. Iluminação Normal**

A iluminação interior é feita na sua generalidade por lâmpadas do tipo fluorescente T5 com potência de 49 W dotadas de balastros eletrónicos. O seu conjunto usufrui de um

rendimento de 94%. Os aparelhos de iluminação são distribuídos por vários circuitos que, nas zonas de circulação, permite dois níveis de iluminação.

Tendo em conta as diversas características dos espaços iluminados, foram previstos os seguintes tipos de comando:

- Salas de aula, gabinetes, locais técnicos e de serviço: Comando local, por intermédio de botões de pressão, interruptores ou comutadores;
- Circulações e zonas comuns: Comando centralizado nos Quadros Elétricos e controlado pelo sistema de gestão técnica com base em horários pré estabelecidos, nos valores da luminosidade exterior e por ordem expressa dos operadores no painel de comando da iluminação previsto na receção/ portaria;
- Instalações Sanitárias (IS): Comando automático por recurso a detetores de presença.

A iluminação exterior é proporcionada por luminárias de tecnologia LED e proporciona a iluminação a zonas desportivas, zonas recreativas e a toda a periferia do edifício. Esta última zona de iluminação é composta por um conjunto de luminárias de potência total de 910W, atuando durante a noite como luz de presença oferecendo maior segurança.

### **3.2.2. Instalações AVAC**

As instalações de AVAC compreendem a instalação de vários sistemas, distribuídos pelos diferentes corpos da seguinte forma:

Bloco A:

- TIC's, Bar e Sala de Convívio de Alunos – Termoventilação;
- Salas Polivalente - Ar Condicionado;
- Gabinetes – Ar Condicionado;
- Biblioteca – Ar Condicionado;
- Loja – Ar Condicionado;
- IS e Arrumos – Ventilação Forçada.



#### Bloco B

- Laboratórios, Sala de Aulas, Sala de Ciências – Termoventilação;
- Gabinetes, Secretaria, Tesouraria, sala de Espera – Ar Condicionado;
- Salas de Preparação, IS, Arrumos – Ventilação Forçada.

#### Bloco C

- Salas de Aula – Termoventilação;
- Arrumos – Ventilação forçada;
- IS – Ventilação forçada.

#### Bloco D

- Espaços Oficiais em Geral e Laboratórios – Termoventilação;
- Oficinas de Maquinação – Termoventilação;
- Salas Pequenos Grupos – Termoventilação;
- Posto Trabalhos de Docentes – Ar condicionado;
- Instalações Sanitários – Ventilação forçada.

#### Blocos E, F e G

- Arrecadação, Oficina de Manutenção, IS e Arquivo Geral – Ventilação Forçada;
- Sala de Pessoal, Sala de Expressão Dramática, Salas de Aula – Termoventilação;
- Posto de Trabalho de Docentes - Ar Condicionado;
- Balneários – Termoventilação.

#### Bloco H

- Salas de Aula, Salas Anexas às Salas de Ginástica, Refeitório – Termoventilação;
- Sala de Docentes – Ar Condicionado;
- Cozinha – Ventilação Forçada (teto ventilado nas zonas e confeção e lavagem de louça);
- Arrumos e IS – Ventilação Forçada.

### 3.2.2.1. **Termoventilação**

Este sistema comporta um *chiller*/bomba de calor para aquecimento e arrefecimento dos espaços interiores com potência nominal de arrefecimento de 34,2 kW e um EER associado de 2,30, perfazendo uma potência absorvida de aproximadamente 15 kW. Em modo de aquecimento, o *chiller*/bomba de calor tem uma potência nominal de 37 kW com um COP associado de 2,61 que perfaz uma potência absorvida de aproximadamente 14 kW.

Devido às exigências de aquecimento do edifício, está associado ao *chiller*/bomba de calor, um sistema de aquecimento por caldeira mural de condensação de potência 43 kW.

Para o aquecimento dos espaços oficiais e laboratórios existentes no bloco D, é utilizada uma caldeira de aquecimento a gás natural com potência de 40 kW situada neste bloco. Para o aquecimento de balneários é utilizada uma caldeira de igual potência situada no bloco F. Para ambos os casos, a água aquecida é distribuída pelo interior através de sistemas de condutas de insuflação e retorno, isoladas termicamente e associadas a grelhas e difusores. O mesmo se verifica para o funcionamento da caldeira mural de condensação.

Os espaços oficiais e laboratórios, assim como os balneários, são zonas sem necessidade de arrefecimento sendo o sistema de climatização das mesmas apenas para o aquecimento.

### 3.2.2.2. **Ar Condicionado**

Este sistema comporta 10 unidades exteriores de ar condicionado com tecnologia *Variable Refrigerant Flow* (VRF) da marca Mitsubishi com potências nominais entre os 28kW no modelo PUHY-P250YHM-A até 85kW no modelo PUHY-P750YSHM-A. Este sistema tem como função tanto o aquecimento como arrefecimento das áreas interiores à qual se encontra instalado.

Esta climatização é assegurada por 2 unidades de *roof-top* de potências 13kW e 18kW, 38 unidades interiores com potências nominais entre os 2,2kW e 15kW, 4 *splits* situados na cozinha com potências nominais compreendidas entre 2,3kW e 6,8kW e 72 unidades recuperadores de calor com potências compreendidas entre 3,6kW e 7,1kW.

### 3.2.2.3. Ventilação Forçada

A ventilação forçada das Instalações Sanitárias (I.S) e áreas de arrumação e limpeza é realizada por sistemas de condutas com grelhas ou válvulas de extração associados a ventiladores colocados no exterior, com o objetivo de remover para o exterior odores desagradáveis próprios da sua utilização.

Foi também instalada ventilação forçada da zona de confeção da cozinha e da zona de lavagem de louça através de teto ventilado associado a um ventilador de extração e a um outro de compensação equipado com bateria de resistências elétricas, instalação que se repete na cozinha pedagógica.

### 3.2.3. Painéis Solares

Foi instalado um sistema de painéis solares térmicos para produção de água quente para os balneários dos ginásios e para a cozinha. Este sistema é constituído por 14 coletores solares, instalados na Cobertura do Corpo F, com uma inclinação relativamente à horizontal de 41° e orientados a SUL. Agregado a este, está um sistema de apoio constituído por uma caldeira de aquecimento a gás natural com a potência de 140kW. Para o armazenamento da água quente são utilizados dois depósitos de duplo permutador de calor (solar e de apoio) com a capacidade de 2000 litros cada.

## 3.3. Sistema de Gestão Técnica Centralizada

O SGTC permite um controlo automatizado e eficaz de diversos parâmetros tendo em conta o período de utilização dos diversos espaços e o nível de conforto térmico e de iluminação sem descurar a eficiência energética, permitindo uma boa gestão dos consumos considerados de energia se bem parametrizado.

Para tal, o SGTC faz o controlo e monitorização de duas áreas distintas: **instalações elétricas** e **instalações AVAC**.

## **Instalações Elétricas**

Nesta área, o Sistema de Gestão Técnica Centralizada permite fazer o controlo da iluminação repartida por áreas. Este controlo é feito através da atribuição de um horário de funcionamento ou por nível de luminosidade exterior.

No controlo por horário, são definidos horários de ON e horários de OFF pelo operador, sendo também possível atribuir apenas horários de OFF, sendo que o comando ON é feito manualmente.

Também para o controlo de iluminação é possível que este seja feito não por definição de horário mas sim por atribuição de valores de nível de iluminação exterior em Lux. Assim, através de um sensor de luminosidade exterior, este controlo permite ao operador atribuir valores de ON e OFF como comando das iluminárias de uma dada área.

O SGTC também permite o controlo dos vários quadros elétricos presentes na instalação podendo o operador comandar a alimentação dos mesmos.

Outra função deste sistema é a monitorização em tempo real dos consumos de energia da instalação. É possível a sua visualização repartida por blocos, por áreas de cada bloco ou dos consumos gerais de todo o edifício. É também possível a consulta do histórico de diagramas de carga diários, mensais ou anuais e respetivas tabelas.

## **Instalações AVAC**

No que toca às instalações AVAC, o SGTC permite o controlo e gestão dos vários equipamentos AVAC do edifício permitindo ao operador definir horários de funcionamento dos diversos equipamentos, definir *setpoints* de temperaturas das áreas a climatizar, a monitorização de consumos, comando e controlo de ventiladores de insuflação e extração e permite também a contagem de horas de funcionamento dos diversos equipamentos AVAC presentes e emitir alertas para a manutenção dos mesmos quando esta contagem excede determinado valor.

## 4. Ferramenta de análise

No âmbito desta dissertação foi desenvolvida, juntamente com o aluno Luís Manuel Gonçalves Fernandes e em colaboração com a empresa Parque Escolar, uma ferramenta em ambiente Excel com os seguintes objetivos:

- Fazer uma análise mensal dos consumos através de dados de telecontagem;
- Permitir a desagregação dos consumos por ciclo horários (hora de vazio, hora de super vazio, hora de cheias e hora de ponta);
- Calcular automaticamente os índices e indicadores de eficiência energética;
- Permitir, de forma automática, identificar qual a melhor opção tarifária;
- Imprimir uma ficha de resumo anual com a informação condensada através de gráficos e tabelas.

A folha de **DADOS** apresentada na figura 6 é preenchida com os dados recolhidos da telecontagem, faturação de gás e eletricidade e dados relativos à própria escola.

Figura 6: Ambiente Gráfico da folha DADOS da ferramenta

Na folha intitulada **CICLOS**, está a informação dos ciclos horários sendo estes o ciclo diário, ciclo semanal normal e ciclo semanal opcional. Estes ciclos horários, que podem ser alterados, permitem fazer a desagregação de consumos por 4 períodos: Horas de Vazio (HV), Horas de Super Vazio (SV), Horas de Ponta (HP) e Horas de Cheias (HC). Esta informação possibilita a desagregação dos consumos por ciclo horário através da função ‘Soma.Se’ do Excel.

Na folha **TARIFÁRIOS** surge a informação dos preços das várias propostas que podem ser recolhidas das operadoras existentes no mercado assim com a tarifa de acesso às redes. Tal como na informação dos ciclos tarifários, esta também pode ser alterada pelo utilizador consoante as propostas apresentadas pelas diversas operadoras de energia. Esta informação permite ao programa efetuar os cálculos relativos a preços das tarifas de mercado possibilitando ao utilizador a escolha da melhor opção.

A folha intitulada **AUXILIAR** não apresenta qualquer informação visto ser apenas utilizada para cálculos auxiliares inerentes à ferramenta. Os resultados desses cálculos serão apresentados na folha seguinte (Resultados).

A folha **RESULTADOS**, apresentada na figura 7 e figura 8, tal como o nome indica, apresenta a informação extraída dos cálculos efetuados através dos dados de telecontagem sendo possível ao operador escolher o ciclo tarifário desejado assim como o comercializador de energia para uma possível comparação de custos facilitando uma possível escolha.

É possível também analisar os vários indicadores de eficiência energética calculados através de dados de faturação e outros dados inerentes à escola, facilitando a análise dos consumos da escola em análise e suas conclusões.

2011	Mês												TOTAL (Ano)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Consumo Total (kWh)	39.454	41.265	39.152	28.042	33.981	28.246	20.753	15.766	22.842	30.637	32.347	29.620	362.105
Consumo Total Acumulado (kWh)	39.454	80.719	119.871	147.913	181.894	210.140	230.893	246.659	269.501	300.138	332.485	362.105	362.105
Potência Máxima (kW)	195	222	151	101	139	124	70	50	103	132	139	138	222
Potência Média (kW)	53	61	53	39	46	39	28	21	32	41	45	40	41
Potência Mínima (kW)	18	0	0	14	14	12	15	14	17	15	17	17	0
Fator de Carga	0,272	0,277	0,349	0,386	0,329	0,316	0,398	0,424	0,308	0,312	0,323	0,288	0,187
Fator de Vazio	0,092	0,000	0,000	0,139	0,101	0,097	0,214	0,280	0,165	0,114	0,122	0,123	0,000
Ciclo Diário	▼												
Nº Horas	186	168	186	180	186	180	186	186	180	186	180	186	2.190
Consumo	5.079	5.590	5.920	5.540	5.725	5.004	4.179	3.610	4.315	4.595	4.622	4.496	58.674
Potência Média	27	33	32	31	31	28	22	19	24	25	26	24	27
Nº Horas	124	112	124	120	124	120	124	124	120	124	120	124	1.460
Consumo	2.935	3.233	3.611	3.249	3.242	2.884	2.555	2.317	2.586	2.980	2.924	2.854	35.369
Potência Média	24	29	29	27	26	24	21	19	22	24	24	23	24
Nº Horas	310	254	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310	3.624
Consumo	22.233	23.017	21.018	13.764	18.102	14.602	10.025	7.071	11.532	16.800	17.847	15.963	191.972
Potência Média	72	91	68	46	58	49	32	23	38	54	59	51	53
Nº Horas	124	112	124	120	124	120	124	124	120	124	120	124	1.460
Consumo	9.208	9.424	8.604	5.491	6.912	5.756	3.994	2.768	4.410	6.262	6.954	6.307	76.090
Potência Média	74	84	69	46	56	48	32	22	37	51	58	51	52
Contrato Actual	▼												
Preço (€)	4,035	4,158	3,925	2,835	3,404	2,897	2,190	1,723	2,392	3,131	3,325	3,056	37,075

Figura 7: Ambiente Gráfico da folha **RESULTADOS** da ferramenta – índices, consumos e preços

DADOS:							
2011							
Electricidade (kWh)	Gás (kWh)	Alunos	Docentes	Não Docentes	Área Total Edificada		
362104,750	47.936	1070	123	35	11672		
INDICADORES ASSOCIADOS AOS DIAGRAMAS DE CARGA							
Energia Total consumida	410.041 kWh						
Potência Máxima Pmax	222 kW						
Potência Média (Pmed)	41 kW						
Potência Mínima	0 kW						
Factor de Carga (FC)	0,187 -						
Factor de Vazio (FV)	0,000 -						
Utilização da Ponta (UP)	1847,032 horas						
INDICADORES:							
Ano	CEEA		CEEU		CMM	IEE real	IEE aluno
	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)		(kWh/Ut.ano)		(kWh/m <sup>2</sup> ) (/mês)	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)	(kgep/aluno.ano)
	Electricidade	Gás	Electricidade	Gás	Energia Ativa Mensal		
2010	31,02	4,11	294,87	39,04	2,59	9,35	101,99

Figura 8: Ambiente Gráfico da folha RESULTADOS da ferramenta – IEE

Através destes resultados são traçados vários gráficos apresentados na folha **GRÁFICOS** de modo a facilitar as diversas análises.

Por fim, a folha denominada de **FICHA** apresenta um relatório resumo anual com a informação mais relevante e pronta a ser impressa. Este relatório possui também um espaço dedicado a observações caso seja necessário. Encontra-se em Apêndice B, uma ficha exemplo.





## 5. Análises Efetuadas

### 5.1. Situação Contratual

No mês de Abril de 2010, a instituição celebrou um novo contrato com a empresa fornecedora de energia EDP, Serviço Universal. Os parâmetros do contacto são os apresentados na seguinte tabela.

Tabela 1: Dados do contrato atual de fornecimento de energia elétrica

<b>Potência Contratada</b>	292,95 kW
<b>Tarifa Contratada</b>	MTB - Longas Utilizações, Tetra-Horária
<b>Ciclo Horário</b>	Diário
<b>Zona de Qualidade de Serviço</b>	Eletricidade – B
<b>Potência Instalada</b>	630 kVA

Fazendo uma comparação do contrato em vigor com o contrato antecedente correspondente ao período de funcionamento anterior à requalificação, é possível verificar um aumento significativo da potência instalada sendo o valor anterior de 160 kVA. Este aumento traduz num aumento da potência contratada mínima sendo esta calculada através da seguinte fórmula:

$$Pot. Contratada Mínima = \frac{Pot. Instalada}{2} \times 0,93 \quad (5.1)$$

Sendo o valor da potência contratada do contrato antecedente de 135,74 kW, verifica-se um aumento de 66,7%.

Os restantes parâmetros mantêm-se inalteráveis.

## 5.2. Análise de Consumo e Faturação

Por forma a efetuar uma análise comparativa de consumos antes e pós requalificação, foram utilizados dados de consumos dos anos civis entre 2008 e 2009 como período pré-requalificação, e 2011 e 2012 como período pós-requalificação e dados de faturação dos anos de 2008 e 2011. Estes dados podem ser consultados na secção Apêndice A.

O ano de 2010 não foi considerado para análise visto ser o ano marcado pelo período de obras a que a escola foi sujeita.

Estes dados estão ilustrados nas figuras 9 e 10.

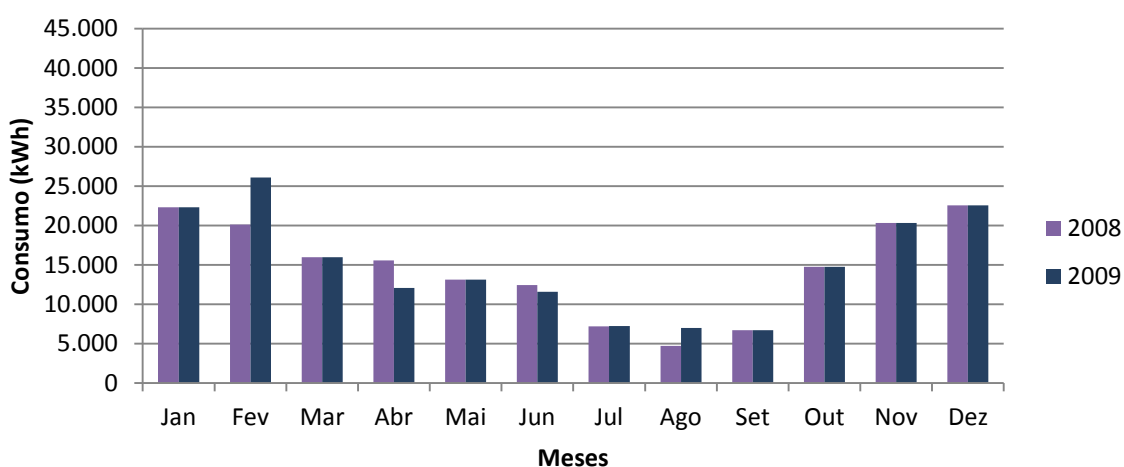


Figura 9: Gráfico do Consumo Total Pré-Requalificação<sup>1</sup>

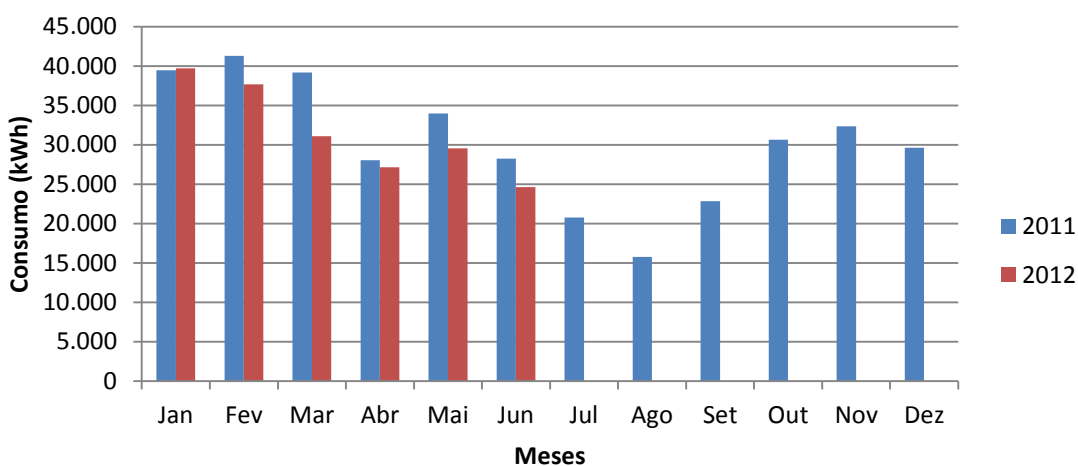


Figura 10: Gráfico do Consumo Total Pós-Requalificação

<sup>1</sup> Devido à inexistência de dados de consumos dos meses de Março e Setembro de 2008, foram considerados os valores de consumos dos meses homólogos de 2009. Também nos meses de Janeiro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2009, pelos mesmos motivos, foram considerados os valores de consumos dos meses homólogos do ano de 2008.

Fazendo uma breve comparação entre os gráficos das figuras 9 e 10 é possível observar um grande aumento do consumo de energia elétrica após as obras de requalificação. Isto já era de esperar sendo que a área edificada e coberta da escola sofreu um aumento da sua área e os níveis de conforto foram significativamente melhorados, com a instalação de equipamentos de climatização.

Analisando a figura 10 que compara o ano civil de 2011 com o ano de 2012 é possível observar um ligeiro decréscimo no consumo de energia o que revela um maior interesse e cuidado em matéria de eficiência energética e poupança em termos de faturação.

Está também ilustrado na figura 11 a evolução da faturação anual desde 2008 até 2011.

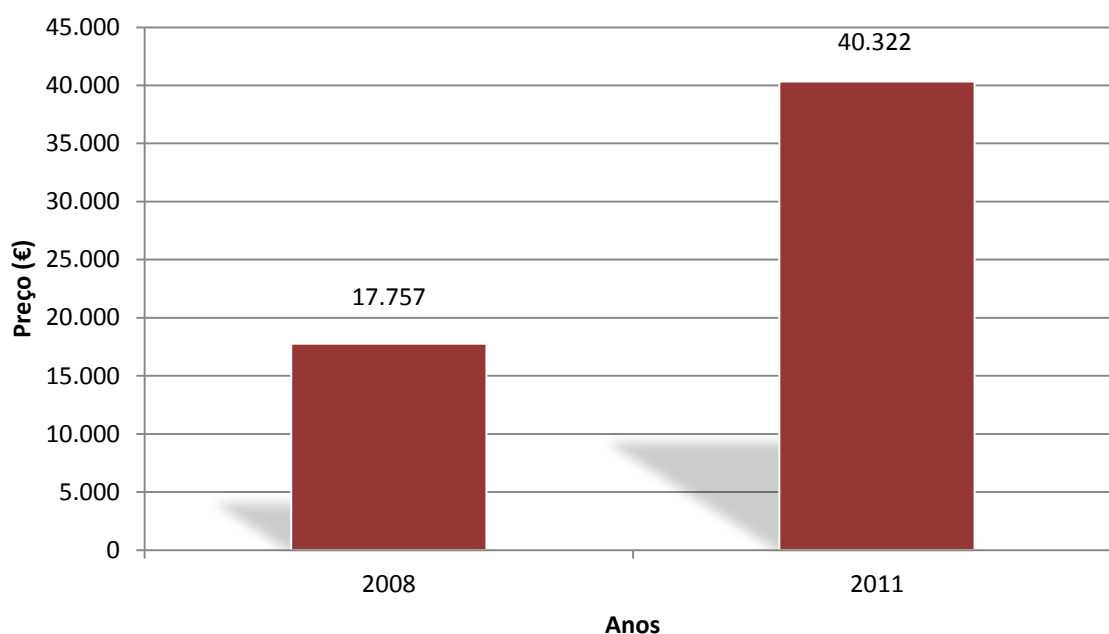


Figura 11: Gráfico da faturação anual de eletricidade

Analisando o ano de 2011 e comparando-o com o ano de 2008 (figura 11), verificou-se um aumento 122% na faturação o que corrobora com a análise anteriormente descrita realizada através dos dados de consumo e respetivos gráficos.

Isto comprova que, no período imediatamente após a requalificação do edifício, os custos com a energia aumentaram significativamente sendo necessário tirar partido do SGTC instalado, procedendo a ajustes no sistema de iluminação e sistema AVAC por forma a controlar os consumos de forma eficiente e consequentemente reduzir os custos da fatura de energia.

### 5.3. Análise de Consumos

Através da ferramenta criada em ambiente Excel já mencionada no Capítulo 4 e utilizando os dados de telecontagem, foram calculados os consumos mensais desagregados por período horário sendo este dividido em HP, HC, HV e SV. Esta desagregação por período horário foi feita de acordo com o ciclo horário em vigor no contrato sendo este o ciclo diário e pode ser consultada na secção Apêndice E.

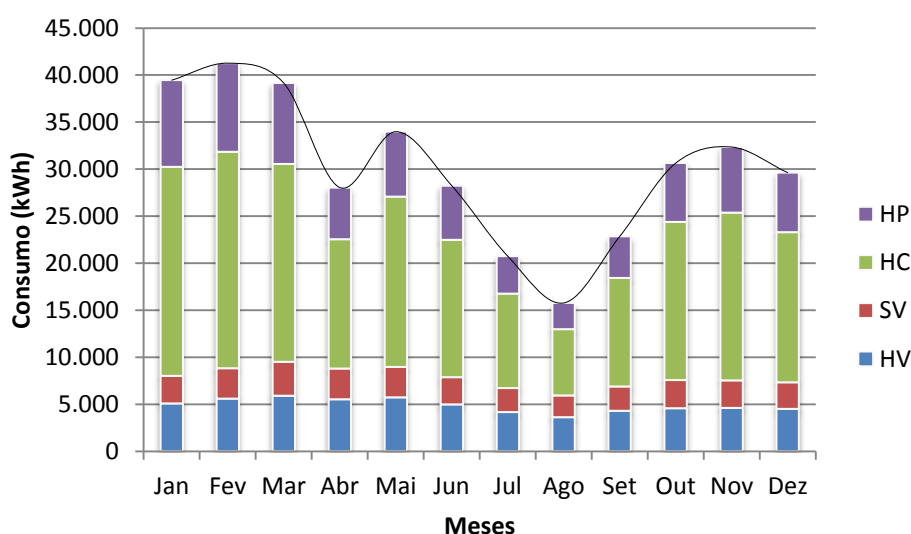


Figura 12: Gráfico dos Consumos de 2011 desagregados por período horário

Observando o consumo dos anos de 2011 (figura 12) é possível distinguir 2 períodos: Os últimos quatro meses de 2010 em conjunto com os primeiros 6 meses de 2011 e os restantes meses de 2011. Fazendo a comparação entre esses 2 períodos verifica-se uma notória redução no consumo de eletricidade.

Também aqui se verifica que os meses de maior consumo são os meses referentes ao período de Inverno e os meses de menor consumo são os meses referentes ao período de Verão.

Observando a desagregação dos vários meses por período horário verifica-se, tal como esperado, que o maior consumo é efetuado em horas de cheias e o menor consumo é feito em horas de super vazio Isto deve-se ao horário de funcionamento da escola que coincide maioritariamente ao período de horas de cheias.

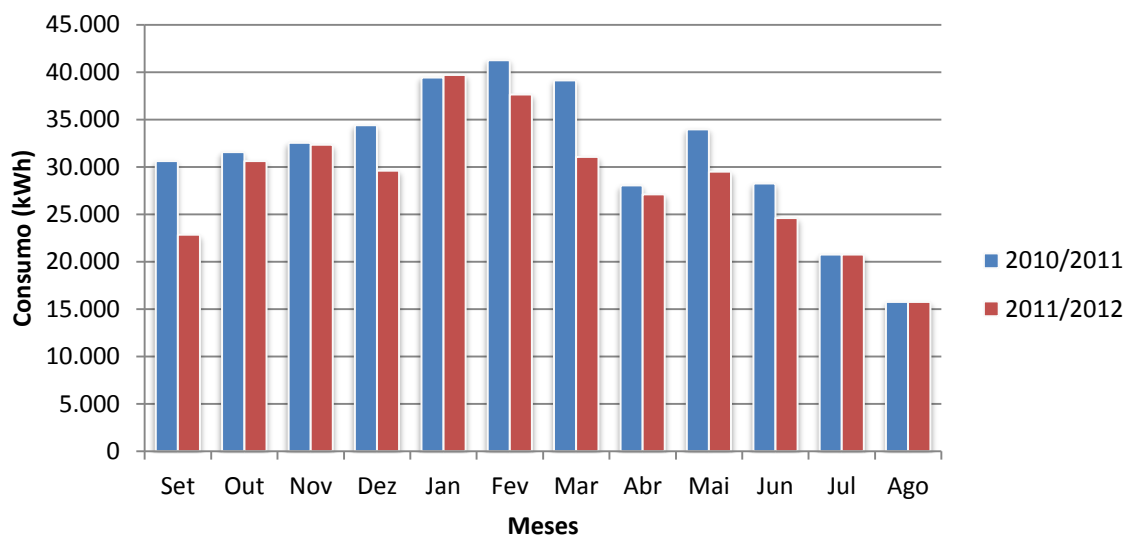


Figura 13: Gráfico comparativo dos consumos dos anos letivos 2010/2011 e 2011/2012<sup>2</sup>

Fazendo uma comparação entre os anos letivos de 2010/2011 e 2011/2012 é notória uma redução dos consumos globais da escola. Isto deve-se a um cuidado por parte da direção para uma melhoria na parametrização do SGTC contribuindo para uma melhoria na eficiência energética do edifício.

## 5.4. Análise de Consumos Globais

Através dos valores de consumos presentes na tabela da secção Apêndice A foram calculados os consumos acumulados e traçados os respetivos gráficos.

Estudando o gráfico da evolução dos consumos globais de eletricidade (figura 14) podemos verificar um aumento dos consumos entre o período letivo de 2008/2009 (período antecedente à requalificação da escola) e os anos letivos 2010/2011 e 2011/2012<sup>3</sup> (anos após a requalificação da escola) sendo isto observável através dos valores dos consumos assim como no declive das retas correspondentes.

<sup>2</sup> Por impossibilidade de aquisição de dados de consumos de Julho e Agosto de 2012, foram considerados de igual valor aos meses homólogos de 2011.

<sup>3</sup> O ano letivo de 2010/2011 não foi considerado neste estudo devido a ser o período referente à duração das obras de requalificação

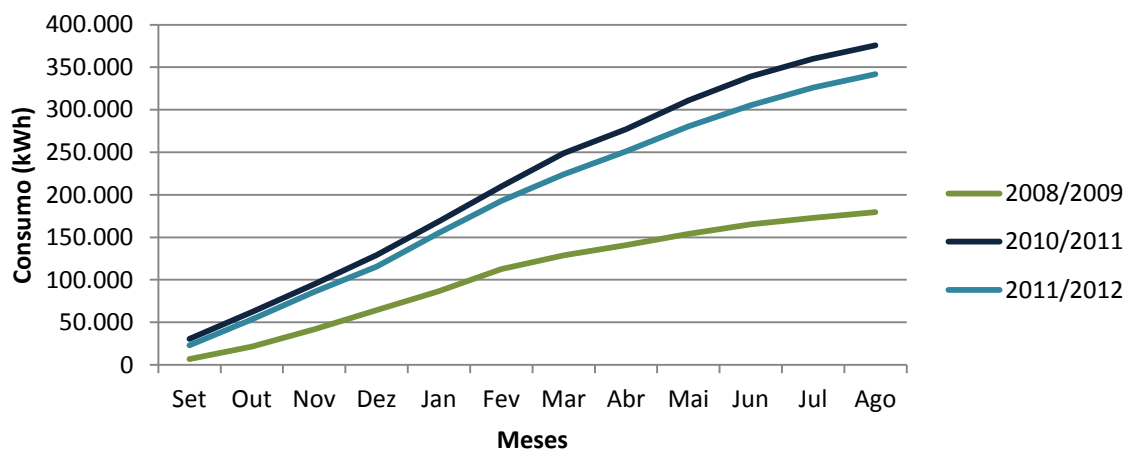


Figura 14: Gráfico do consumo total acumulado dos anos letivos 2008/09, 2010/11 e 2011/12<sup>4</sup>

Através do gráfico representado pela figura 14, é possível observar um aumento significativo do consumo de energia elétrica após a requalificação e é possível também observar que no ano de 2012, apesar de não concluído, se verifica um decréscimo de 9% do consumo comparativamente ao ano anterior. Isto deve-se ao maior cuidado na parametrização do SGTC, sendo este parametrizado com horários mais de acordo com a utilização dos espaços e de controlo de climatização mais adequados em consequência de um maior interesse por parte da direção da escola na eficiência energética do edifício e consequente poupança na fatura de energia elétrica.

## 5.5. Análise do IEE

Através da ferramenta já referida na presente dissertação no Capítulo 4 foram calculados os indicadores de eficiência energética referentes ao ano de 2011.

Estes indicadores CEEA e CEEU podem ser calculados para os consumos de eletricidade e consumos de gás.

Os IEE obtidos podem ser encontrados na tabela 2.

<sup>4</sup> Devido a ausência de valores, aos meses de Janeiro de 2009 foi atribuído um consumo de valor igual ao mês homólogo do ano de 2008. Igualmente foi atribuído ao mês de Março de 2009 o valor do mês homólogo do ano de 2008 e aos meses de Julho e Agosto de 2012, o valor dos meses homólogos de 2011.

Tabela 2: Tabela dos IEE correspondentes ao ano civil de 2011

CEEA		CEEU		CMM	IEE <sub>real</sub>	IEE <sub>aluno</sub>
kWh/m <sup>2</sup> .ano		kWh/Ut.ano		kWh/m <sup>2</sup> .mês	kgep/m <sup>2</sup> .ano	kgep/aluno.ano
Eletricidade	Gás	Eletricidade	Gás	Energia Ativa		
31,02	2,51	294,87	23,87	2,59	9,21	100,50

Olhando para a tabela 3 que comporta os IEE para os anos letivos 2010/2011 e 2011/2012 é de notar um decréscimo, apesar de ligeiro, de todos os indicadores relevando uma melhor parametrização e controlo tanto dos sistemas AVAC como da iluminação da escola resultando numa maior eficiência energética e consequente redução de consumo de energia elétrica.

Os IEE referidos são relativos ao consumo de eletricidade visto não ser possível a solicitação de informação do consumo de gás durante o ano de 2012.

Tabela 3: Tabela comparativa dos IEE correspondentes aos anos letivos 2010/2011 e 2011/2012

Ano Letivo	CEEA	CEEU	CMM	IEE <sub>real</sub>	IEE <sub>aluno</sub>
	kWh/m <sup>2</sup> ano	kWh/Ut ano	kWh/m <sup>2</sup> mês	kgep/m <sup>2</sup> ano	kgep/aluno ano
2010/11	31,89	303,10	2,66	9,25	100,88
2011/12	29,71	282,35	2,48	8,61	93,97

Isto já era esperado visto que o ano letivo 2010/2011 foi o período letivo após as obras de requalificação, não sendo os parâmetros de controlo do SGTC os mais adequados.

## 5.6. Análise dos Diagramas de Carga

Para efetuar uma análise mais profunda aos consumos da escola foram escolhidos cinco dias distintos para estudo dos seus diagramas de carga. Foram assim escolhidos um dia útil em tempo de aulas, um sábado, um domingo, um dia útil num período de interrupção de aulas, neste caso, férias da Páscoa, consultado através do calendário escolar [5] e ainda um dia de feriado. São estes os dias 3, 5, 6 e 8 de Março de 2011 e 22 de Abril respetivamente. Estes dados estão presentes na secção Apêndice D do presente documento.

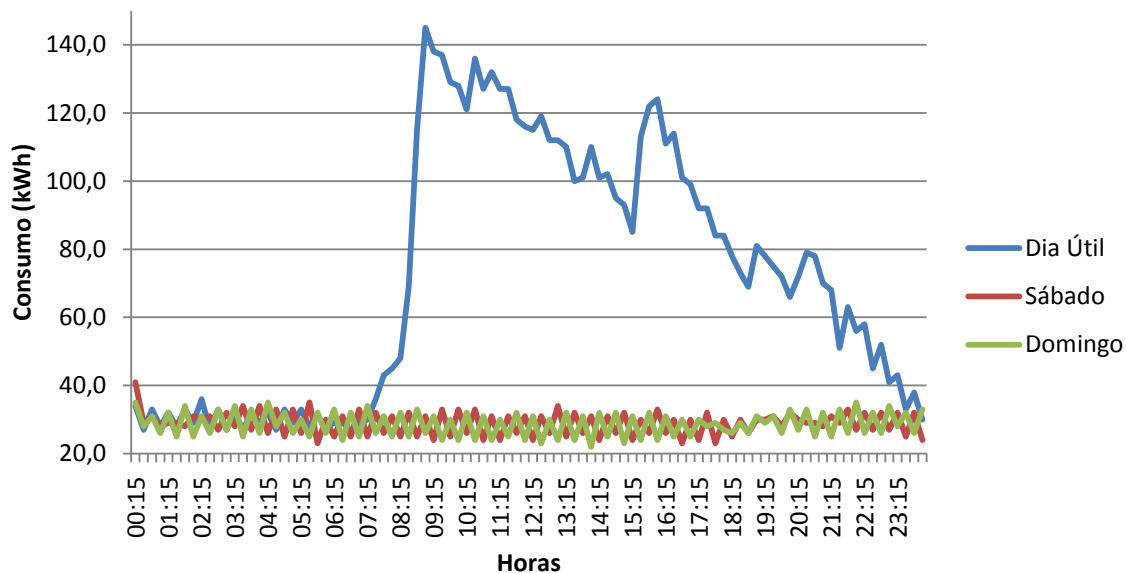
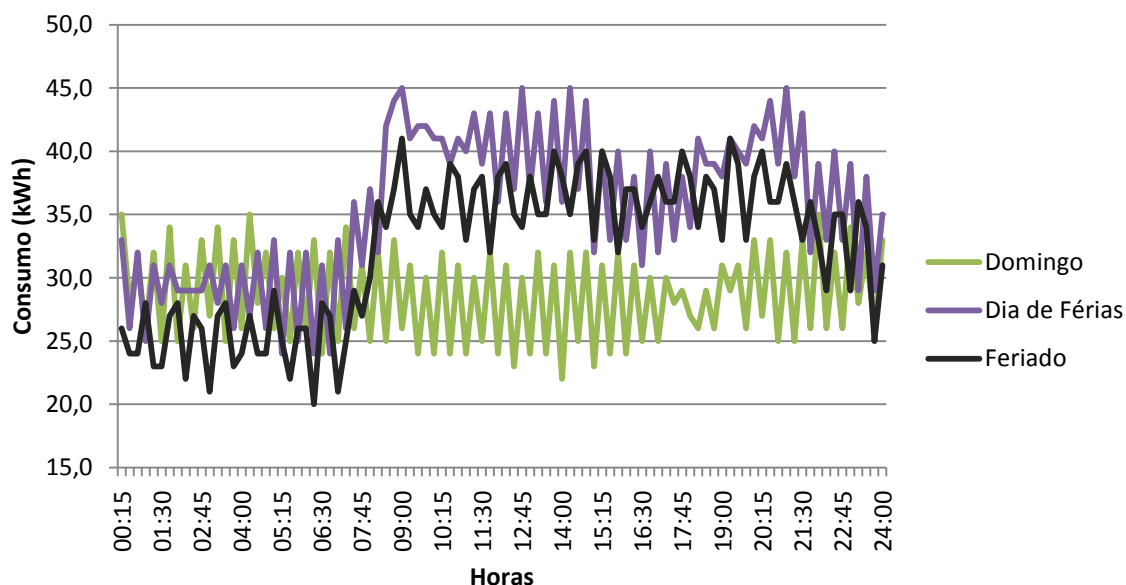


Figura 15: Gráfico dos diagramas de carga correspondentes a um Dia Útil, um Sábado, um Domingo

Como podemos observar pelos diagramas de carga (figura 15) referentes a um Dia Útil, um Sábado e um Domingo, os dias de menor consumo são o Sábado e o Domingo sendo o consumo destes muito semelhante. Isto deve-se ao facto de a escola ter um nível de utilização praticamente nulo durante o fim de semana.

Analisando o diagrama de carga do dia útil escolhido, sobressai um pico de consumo às 9:00h. Isto seria de esperar visto ser esta a hora de início de funcionamento do edifício. Este valor vai decrescendo ao longo do dia encontrando apenas um pico mais significativo entre as 15:15h e 15:35h que se pode explicar pela hora de início de atividades de oficina e diversas aulas.





**Figura 16: Gráfico dos diagramas de carga correspondentes a um Domingo, um Dia de Férias e um Feriado**

Estudando o diagrama de carga do feriado e comparando com um Domingo (figura 16), é possível concluir que estes dias não são reconhecidos pelo SGTC como dia de não funcionamento da escola havendo um funcionamento desnecessário de certas cargas.

O dia de férias escolhido também representado na figura 16 apresenta um consumo ligeiramente superior ao consumo médio de fim de semana no período entre as 8:00h e as 21:00h. Tal seria de esperar visto a escola não se encontrar em pleno funcionamento devido à pausa letiva mas contudo, as suas instalações encontram-se em funcionamento para funcionários e docentes.

Para uma análise dos consumos gerais da escola mais aprofundada foram recolhidos dados de consumos mensais provenientes dos diagramas de carga fornecidos pela EDP, Serviço Universal assim como dados de temperaturas exteriores recolhidos do SGTC da escola objeto de estudo. Estes valores estão registados em tabela na secção Apêndice C.

Para análise detalhada foram então escolhidos 3 dias distintos. Um dia que retrata um dia típico de inverno (01/02/2011, figura 17), um dia de meia-estação (04/04/2011, figura 18) e um dia que retrata um dia típico de Verão (16/05/2011, figura 19).

Os dados da potência foram recolhidos em intervalos de 15 minutos perfazendo um total de 92 intervalos ao longo do dia.

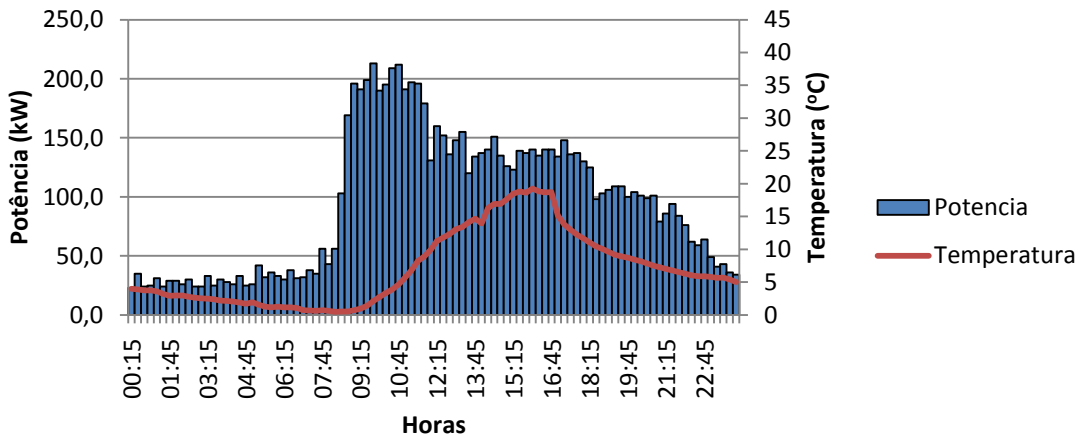


Figura 17: Diagrama de Carga e temperatura exterior do dia 01/02/2011 (Inverno)

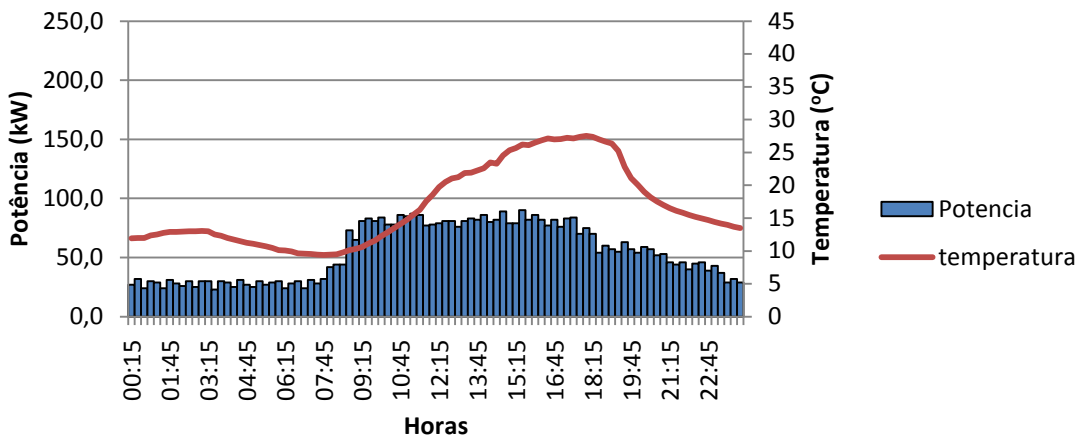


Figura 18: Diagrama de Carga e temperatura exterior do dia 04-04-2011 (Meia Estação)

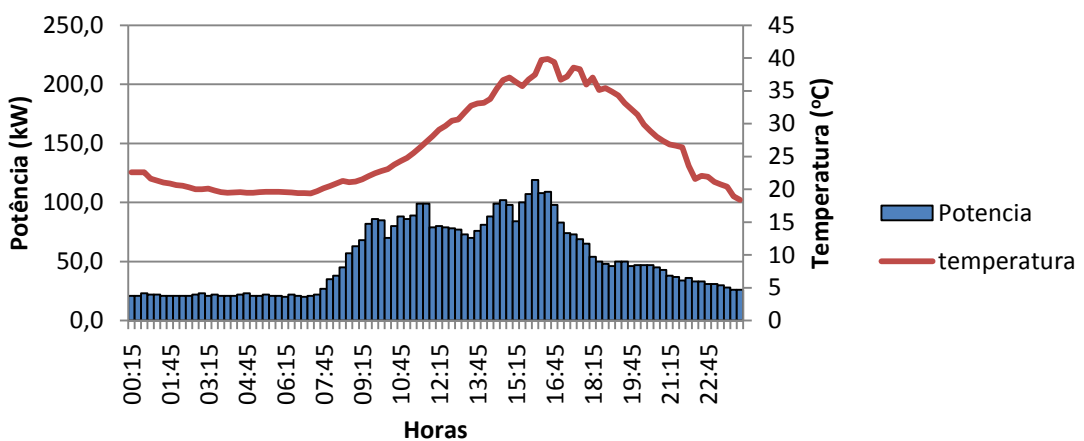


Figura 19: Diagrama de Carga e temperatura exterior do dia 16-05-2011 (Verão)

Analisando a correlação entre os consumos globais da instalação e a temperatura ambiente foi possível concluir que o consumo no período de Inverno é bastante superior ao consumo no período de Verão e Meia-Estação.

Daqui se conclui que, apesar do sistema de aquecimento do ar interior através de caldeiras a gás, grande percentagem do aquecimento da escola é realizado através de sistemas elétricos (*chiller*/Bomba de Calor e Ar-Condicionado). Aliado a isto, existe também uma maior necessidade de aquecimento dos espaços interiores com temperaturas baixas exteriores do que a necessidade de arrefecimento dos espaços interiores mesmo com temperaturas exteriores elevadas.

Uma das razões é a própria inércia térmica do edifício, com um eficaz isolamento térmico que em dias de maior calor atrasa a necessidade de arrefecimento. Outra razão será o facto de o período de Verão com temperaturas mais elevadas se dar em período de férias escolares e portanto sem grande necessidade de climatização, algo que não se verifica no período de Inverno em que o seu pico surge em pleno funcionamento escolar.

Observando os gráficos da temperatura exterior (linha a vermelho), também é possível afirmar que, a temperaturas mais distantes da gama de temperaturas de conforto, temperaturas onde existe uma maior necessidade de climatização, quer aquecimento quer arrefecimento, traduz num maior consumo de energia elétrica realçando assim a relevância do consumo da instalação AVAC no consumo global do edifício.



# 6. Oportunidades de Racionalização de Consumos

## 6.1. Áreas de Intervenção

As áreas com possibilidade de intervenção e com reduzidos custos de investimento são essencialmente na iluminação, tanto no aproveitamento da iluminação natural e no modo de controlo através da informação de iluminação exterior.

### 6.1.1. Iluminação Natural

Através da visita à escola foi possível observar que as luminárias presentes em zonas de circulação (corredores e átrios) estão divididas em dois circuitos. Como medida de poupança de energia, apenas um dos circuitos está em funcionamento e raramente os dois estão em simultâneo mas tem como consequência oferecer uma iluminação deficiente.

Analisando estas zonas foi possível verificar que alguns destes espaços têm uma boa iluminação natural que é suficiente. Assim, o consumo das luminárias existentes nestas zonas bem iluminadas com luz natural poderia ser evitado no período diurno de funcionamento da escola.

### 6.1.2. Desagregação de Circuitos

Apesar da existência de controlo de iluminação individual por bloco e por zona, verificou-se que alguns circuitos de iluminação alimentavam tanto, zonas com incidência de luz natural, como zonas sem incidência de luz natural e portanto com necessidade de iluminação artificial.

Procedendo à desagregação destes circuitos é possível iluminar apenas as zonas que possuam essa necessidade de luz artificial em período diurno, eliminando assim consumos desnecessários em luminárias colocadas em zonas com boa iluminação natural, sem necessidade de iluminação artificial em período diurno.

### **6.1.3. Análise da climatização**

Observando o modo de funcionamento dos equipamentos AVAC presentes no edifício, verificou-se um desajustamento dos *setpoints* de temperatura de controlo dos espaços interiores.

Através de um estudo efetuado por um ex-aluno do DEEC [12], é possível afirmar que a redução de 1° C no *setpoint* de um AVAC traduz numa redução na ordem dos 10% do consumo desse mesmo aparelho. Isto é verificado tanto em modo de aquecimento como de arrefecimento.

Esta redução é bastante expressiva e não se traduz numa redução de conforto significativa visto a temperatura ambiente dos espaços interiores se encontrarem dentro da gama de conforto térmico proporcionando um aquecimento eficiente no Inverno e um arrefecimento igualmente eficiente no Verão.

São consideradas temperaturas ótimas de controlo da climatização para a eficiência energética os 18 °C no Inverno e 25 °C no Verão e seriam estes os valores de *setpoints* aconselhados para os sistemas AVAC da escola sem perda de conforto e com ganhos grandes de eficiência energética.

## **6.2. Cálculo das reduções de consumo**

### **6.2.1. Iluminação de corredor**

Os corredores são zonas de passagem e muitas vezes têm uma iluminação natural suficiente para o período diurno. Nestes casos o controlo da iluminação pode e deve ser controlado através de comando por níveis de iluminação exterior obtidos por sensor de luz natural.

Escolheu, como exemplo, um dos corredores do bloco B para calcular as poupanças de energia que se obteriam se fosse alterado o modo de controlo. As luminárias desta zona são controladas através de dois circuitos, o circuito L01 e o circuito L07, ambos através do quadro elétrico B1QB.

Os circuitos L01 e L07 possuem 6 luminárias cada do tipo FA135 com potência 49 W com balastro eletrónico<sup>5</sup> perfazendo uma potência instalada de 336 W cada circuito e iluminam um corredor com iluminação natural e dois espaços amplos sem luz natural.

---

<sup>5</sup> Foi considerado um consumo de 7kWh para cada balastro eletrónico

Estes circuitos estão comandados através do SGTC com controlo horário. Como este é ajustado ao longo do ano consoante a luminosidade exterior, foram consideradas as 18:00h como hora média em que a iluminação é ligada.

Para este estudo foi considerado uma desagregação dos circuitos em que o circuito L01 passaria a alimentar 8 luminárias correspondentes aos espaços sem luz natural enquanto o circuito L07 alimentaria 4 luminárias correspondentes ao corredor com iluminação natural sendo este controlado por níveis de iluminação exterior para ligar e com controlo de horário para desligar. Assim o circuito L01 teria uma potência instalada de 448 W e o circuito L07 teria uma potência instalada de 224 W. Tal desagregação é possível devido ao sobredimensionamento de toda a instalação elétrica.

Através da informação da hora do pôr-do-sol de cada dia variável ao longo do ano, que pode ser consultada no Anexo B [20], foi calculada a diferença do número de horas de funcionamento, com controlo atual e o proposto, sendo esta de 476 horas o que traduz numa redução de 5,43% num ano.

Sendo o consumo desta instalação de 224 Wh (0,224 kWh), a diferença em termos de consumo anual será:

$$\text{Consumo anual (kWh/ano)} = 0,224 \text{ (kWh)} \times 476 \text{ (horas)} = 107 \text{ kWh/ano}$$

Admitindo o funcionamento das luminárias em HC com o custo por kWh de 0,0924, a diferença de consumo anual traduz uma poupança de 9,85 €/ano.

## **6.2.2. Iluminação da biblioteca**

A biblioteca da escola é um espaço amplo, com profundidade e com uma exigência na qualidade de iluminação diferente de outro espaço existente na escola. No entanto, foram identificados 2 circuitos no Piso 1 e 2 circuitos no Piso 2 que alimentam luminárias junto a envidraçados com boa iluminação natural.

Começando por analisar os circuitos L13 e L19 no Piso 2, verificou-se que estes são comandados por horário estando em funcionamento das 00:00h às 06:00h alternando o seu funcionamento de hora a hora durante este período. Foram então considerados como luz de presença sendo o seu funcionamento ordem expressa da direção da escola. Como tal, é apenas de referir que as várias comutações a que as luminárias estão sujeitas durante as 6 horas de

funcionamento diário provocam o desgaste das mesmas sendo aconselhado a não alternância destes circuitos ou que esta seja feita por dia.

Analisando os circuitos L03 e L09 do Piso 1 temos casos distintos. O circuito L03 alimenta 9 luminárias do tipo FAS149 de potência 49 W cada com balastro eletrónico em que o seu horário de funcionamento é das 17:00h às 19:00h. O circuito L09 alimenta 6 luminárias do tipo FAS149 também de potência 49 W cada com balastro eletrónico, comandadas por horário com período de funcionamento compreendido entre as 09:00h e as 19:00h.

Usando o método referido no estudo anterior para um comando por níveis de iluminação exterior para ligar e comando por horário para desligar, foi possível determinar uma redução no tempo de funcionamento de 142 horas para o circuito L03 e 1452,5 horas para o circuito L09, perfazendo um tempo de funcionamento de aproximadamente 1594,5 horas através do controlo por níveis de lux, sendo equivalente a 18,2% num ano.

Sendo a potência instalada no circuito L03 e L09 de 504 W e 336 W respetivamente, a diferença em termos de consumo anual será:

$$\begin{aligned} \text{Consumo anual (kWh/ano)} \\ &= 0,504 \text{ (kWh)} \times 142 \text{ (horas)} + 0,336 \text{ (kWh)} \times 1452,5 \text{ (horas)} \\ &= 560 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

Admitindo o funcionamento das luminárias em HC com o custo por kWh de 0,0924, a diferença de consumo anual traduz uma poupança de 51,71 €/ano.

### **6.2.3. Estudo da iluminação exterior**

A iluminação do espaço exterior é constituída por vários circuitos de iluminação sendo um destes utilizado como iluminação de segurança no período noturno do dia e os outros estão associados a espaços sociais e recintos desportivos alimentando as luminárias presentes apenas em períodos de utilização dos mesmos.

Devido a não ter sido possível fazer recolha de dados relativos ao horário de controlo do funcionamento dos circuitos parametrizados no SGTC, não foi possível fazer um estudo detalhado do controlo destes circuitos de iluminação através de comando por sensor de luminosidade exterior.



Contudo, prevêem-se reduções do tempo de funcionamento das várias luminárias presentes no exterior e como tal, reduções de consumo das mesmas visto que o controlo por níveis de luminosidade exterior é sempre mais eficaz do que um controlo por horário, por mais cuidadoso que seja o operador que o parametriza.

### 6.3. Comercializador de Energia

A escola em estudo mantém contrato com comercializador de último recurso (EDP, Serviço Universal) e não celebrou contrato com um comercializador em regime de mercado. Por esse motivo a tarifa a que a escola está sujeita tem sido agravada o que torna pertinente a transição para o mercado com tarifa não regulada.

Para analisar o mercado liberalizado foi construído o gráfico da figura 20.

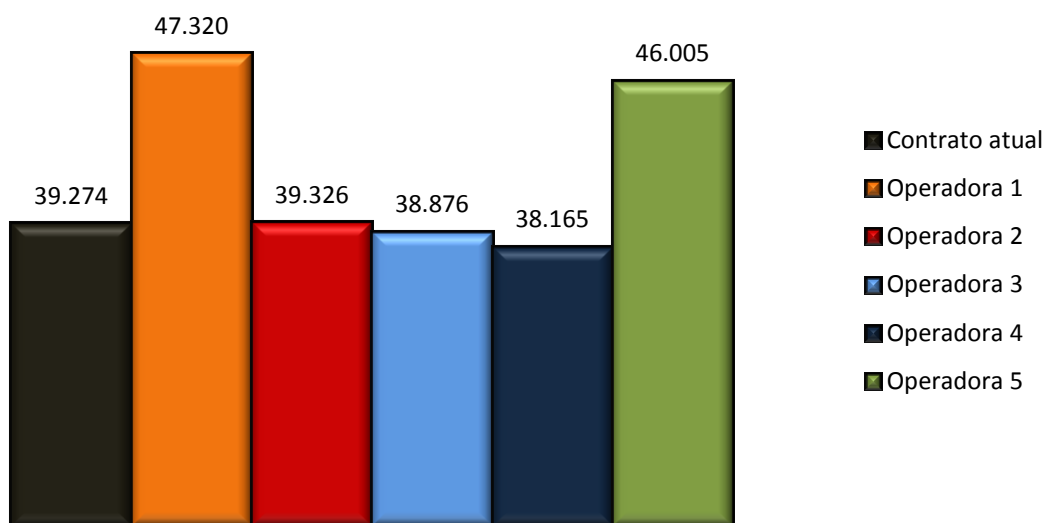


Figura 20: Gráfico do custo anual calculado através das tarifas oferecidas pelas diversas operadoras de energia<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Os preços foram calculados sem IVA e como base os consumos do ano de 2011

Por forma a mostrar as possíveis diferenças de oferta no mercado de energia, foram utilizadas diversas propostas pedidas para um contrato de fornecimento de energia de um edifício de uma escola do ensino superior tendo em conta as características físicas e hábitos de consumo do mesmo. Estes valores encontram-se em anexo na secção Anexo A.

Estes valores variam consoante a empresa comercializadora de energia podendo atingir, relação ao atual, um aumento de 20,5% no caso da operadora 1 ou uma redução de 2,8% no caso da operadora 4. É por isso importante fazer uma consulta ao mercado de energia de modo a escolher o melhor comercializador e com isso conseguir uma redução na fatura sem necessidade de investimento adicional. Isto é possibilitado pela ferramenta já descrita no Capítulo 4.

É urgente fazer uma consulta ao mercado e transitar para o mercado liberalizado o mais rápido possível por forma a poupar nos custos de energia e evitar novos agravamentos nas tarifas.

## 7. Conclusões

Através do trabalho realizado na presente dissertação, é possível afirmar que é necessário manter um acompanhamento contínuo da gestão técnica da escola, pois como foi referido, não basta projetar e equipar eficiente mas também utilizar de modo eficiente os vários serviços de energia disponíveis. Isto só é possível tendo um vasto conhecimento das necessidades e problemas existentes na escola em questão.

O interesse da eficiência energética e consequente redução dos consumos deve ser estendido a todos os intervenientes da obra para reduzir ao mínimo intervenções estruturais após o seu período. Como tal, é importante ao nível da iluminação, uma boa desagregação dos circuitos e um bom aproveitamento da luz natural.

Além do comportamento humano ser importante na eficiência energética, também o SGTC tem elevada importância visto ser a ferramenta que efetua o controlo dos sistemas de iluminação e AVAC tendo em conta as necessidades dos espaços a controlar e o período de funcionamento e ocupação dos mesmos. Como tal, é de extrema necessidade que esta ferramenta seja devidamente explorada de modo a tirar o máximo partido das suas capacidades. Pelo estudo realizado na presente dissertação, é possível comprovar que um correto ajuste dos vários parâmetros associados ao SGTC traduz numa redução dos consumos de energia elétrica e dos custos a estes inerentes.

Os sistemas AVAC presentes na escola, como foi possível verificar, contribuem de forma significativa para o consumo global da mesma sendo essencial a otimização do seu controlo. Foi observado um exagero nos níveis de conforto no interior do edifício resultante de valores de *setpoint* desajustados. É boa política definir um valor de referência que faça um equilíbrio entre o conforto térmico e os consumos associados ao sistema de climatização.

Através do estudo efetuado à iluminação da escola em zona com incidência de luz natural, é possível afirmar que o controlo das luminárias através de níveis de luminosidade se torna mais eficaz, resultando num menor período de funcionamento e consequente redução dos consumos. Estando esta função presente no SGTC da escola sujeita a este estudo, deve ser devidamente explorada.

## 7.1. Trabalho Futuro

Explorando o SGTC implementado na escola como parte do trabalho desenvolvido, foi encontrado um ambiente gráfico bastante intuitivo e com várias opções não só em termos de controlo como de análise e gestão de energia. Contudo, foram encontrados diversos erros na sua programação e funcionalidade.

Foi encontrada a opção de controlo da iluminação dos diversos espaços da escola através do sensor de luminosidade (lux) mas esta opção sobrepõe-se ao controlo por horário ficando as luminárias ligadas durante a noite com este tipo de controlo, não possibilitando um eficiente controlo das mesmas.

Outro problema verificado foi o não funcionamento da regulação de temperaturas (*setpoints*) do sistema de ar condicionado por parte do SGTC sendo este feito através do programa específico da marca (Mitsubishi), programa este que peca por não ser intuitivo e de fácil manuseamento.

Através dos analisadores de energia do sistema foi possível verificar uma deficiente medição dos mesmos sendo estes analisadores gerais ou parciais por bloco. Este erro é exportado para a extração de dados em formato digital estando estes também ausentes de legendas. Também a informação dos horários de controlo dos diversos equipamentos instalados não está a ser devidamente exportada, estando esta incompleta.

Uma correção de todas estas funcionalidades irá permitir um melhor acompanhamento e estudo do comportamento da instalação assim como um controlo mais eficaz dos seus sistemas, sendo eles AVAC ou iluminação.

Como sugestão, a realização de uma campanha de sensibilização relativa à eficiência energética pode trazer benefícios aumentando o conhecimento dos alunos, docentes e funcionários nesta área realçando a sua importância. Isto poderá alterar certos comportamentos o que será importante visto que o controlo dos sistemas AVAC e iluminação de certos espaços ser feito manualmente.

# Referências Bibliográficas

- [1] DAIKIN, Technical Data. *Air-Cooled EUWY\*5-24KAZW*
- [2] Decreto-Lei n.º 78/2006, *Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)*. Diário da República, 1ª série - A - n.º 67, 2006.
- [3] Decreto-Lei n.º 79/2006, *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)*. Diário da República, 1ª série - A - n.º 67, 2006.
- [4] Decreto-Lei n.º 80/2006, *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*. Diário da República, 1ª série - A - n.º 67, 2006.
- [5] DIRECÇÃO-GERAL DE INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO CURRICULAR (DGIDC), Ministério da Educação, *Calendário Escolar 2010/2011*, no Website: <http://sitio.dgipc.min-edu.pt/Paginas/CalendarioEscolar.aspx>
- [6] DOSAPAC ESCOLAR, Eng.º Acácio Calazans Duarte. *Software de Supervisão Dosapac Escolar*, 2010
- [7] EDP, no Website: <http://www.edp.pt/pt/Pages/homepage.aspx>
- [8] ERSE, *Guia do Consumidor de Eletricidade no Mercado Liberalizado*. 2010.
- [9] ERSE, no Website: <http://www.erse.pt/pt/Paginas/home.aspx>
- [10] LENNOX, *BALTIC Product catalogue*
- [11] MARSTAIR, *Cellarator CX(E)*
- [12] MARTINHO, J.R.M.P., *Modelos de Cargas de Condicionamento Ambiente para Avaliação do Potencial de Demand Response*. Universidade de Coimbra, 2011.
- [13] MITSUBISHI ELECTRIC, *Ceiling concealed PEFY-P VMR-E-L/R*, no Website: <http://www.mitsubishielectric.com.au/383.htm>

- [14] MITSUBISHI ELECTRIC, *Lossnay Outdoor Air Processing Unit*, no Website:  
[http://www.mitsubishi-aircon.co.uk/default.asp?url=http%3A//www.mitsubishi-aircon.co.uk/mitsubishi\\_electric.asp%3Fid%3D169548](http://www.mitsubishi-aircon.co.uk/default.asp?url=http%3A//www.mitsubishi-aircon.co.uk/mitsubishi_electric.asp%3Fid%3D169548)
- [15] MITSUBISHI ELECTRIC, *PEFY-P125VMM-E*, no Website:  
<http://www.mitsubishi-electric.pl/index.php?lang=en&page=produkt&subpage=123>
- [16] MITSUBISHI ELECTRIC, *PUHY-P-YSHM-A – 22.4kW – 50 kW*, no Website:  
<http://www.mitsubishielectric.com.au/1985.htm>
- [17] MITSUBISHI ELECTRIC, *PUHY-P-YSHM-A – 56kW – 140.0 kW*, no Website:  
<http://www.mitsubishielectric.com.au/1984.htm>
- [18] PARQUE ESCOLAR, no Website: <http://www.parque-escolar.pt/pt/>
- [19] PINTO, R., *Consumo português de Energia Elétrica aumentou 50% em 10 anos*, no Website:  
[http://wikienergia.com/~edp/index.php?title=Consumo\\_portugu%C3%AAs\\_de\\_energia\\_el%C3%A9ctrica\\_aumentou\\_50%25\\_em\\_10\\_anos](http://wikienergia.com/~edp/index.php?title=Consumo_portugu%C3%AAs_de_energia_el%C3%A9ctrica_aumentou_50%25_em_10_anos)
- [20] TIMEANDDATE.COM, *Sunrise and sunset in Lisbon*, no Website:  
<http://www.timeanddate.com/worldclock/astronomy.html?n=133>
- [21] VHM, *Gestão e Fiscalização – Escola Secundária Eng.º Acácio Calazans Duarte. Compilação Técnica da Obra*, 2011.

# Apêndices

## APÊNDICE A

### Tabela de Consumos

<b>2008</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>Consumo Total (kWh)</b>	22.316	20.117	15.952	15.557	13.111	12.424	7.197	4.725	6.706	14.738	20.313	22.531
<b>Consumo Total Acumulado (kWh)</b>	22.316	42.433	58.385	73.942	87.053	99.477	106.674	111.399	118.105	132.843	153.156	175.687

<b>2009</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>Consumo Total (kWh)</b>	22.316	26.097	15.952	12.056	13.117	11.565	7.219	7.007	6.706	14.738	20.313	22.531
<b>Consumo Total Acumulado (kWh)</b>	22.316	48.413	64.365	76.421	89.538	101.103	108.322	115.329	122.035	136.773	157.086	179.617

<b>2011</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>Consumo Total (kWh)</b>	39.454	41.265	39.152	28.042	33.981	28.246	20.753	15.766	22.842	30.637	32.347	29.620
<b>Consumo Total Acumulado (kWh)</b>	39.454	80.719	119.871	147.913	181.894	210.140	230.893	246.659	269.501	300.138	332.485	362.105

<b>2012</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>Consumo Total (kWh)</b>	39.714	37.666	31.076	27.116	29.514	24.616	0	0	0	0	0	0
<b>Consumo Total Acumulado (kWh)</b>	39.714	77.380	108.456	135.572	165.086	189.702	189.702	189.702	189.702	189.702	189.702	189.702

# APÊNDICE B

## Ficha Resumo Anual

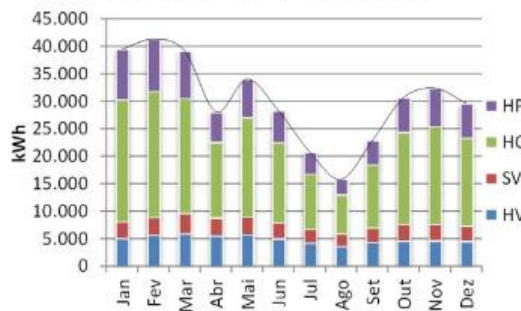


## Ficha Resumo Anual

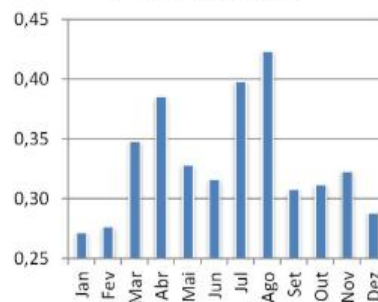
Escola: Escola Secundária Eng. Acácio Calazans Duarte  
 Ano: 2011  
 Ciclo: Diário

Código PE: 072  
 Consumo Total: 362.105 kWh

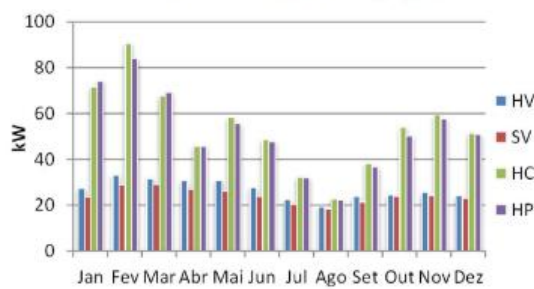
Consumos Mensais Desagregados



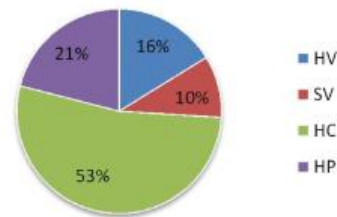
Factor Carga Mensal



Potências Médias Mensais Desagregadas



Consumo Anual Desagregado



Indicadores	
CEEA (Elect.)	31,02 (kWh/m <sup>2</sup> .ano)
CEEA (Gás)	4,11 (kWh/m <sup>2</sup> .ano)
CEEU (Elect.)	294,87 (kWh/Ut.ano)
CEEU (Gás)	39,04 (kWh/Ut.ano)
IEE real	9,35 (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
IEE aluno	101,99 (kgep/aluno.ano)

Consumo Anual Desagregado	
HV	58.674 kWh
SV	35.369 kWh
HC	191.972 kWh
HP	76.090 kWh

CEEA - Consumo Especifico de Energia por Unidade de Área  
 CEEU - Consumo Especifico de Energia por Utente  
 IEE - Indicador de Eficiência Energética

Observações:

30-03-2012

Produzido por: Laboratório Gestão de Energia





## APÊNDICE C

### Dados de Potências e Temperaturas

#### Apêndice C.1 – Potência e Temperaturas de 01-02-2011

<b>Horas</b>	<b>Temperatura exterior (°C)</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Horas</b>	<b>Temperatura exterior (°C)</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Horas</b>	<b>Temperatura exterior (°C)</b>	<b>Potência (kW)</b>
<b>00:15</b>	4,01	23,0	<b>08:15</b>	0,48	56,0	<b>16:15</b>	18,84	135,0
<b>00:30</b>	3,89	35,0	<b>08:30</b>	0,53	103,0	<b>16:30</b>	18,68	140,0
<b>00:45</b>	3,76	24,0	<b>08:45</b>	0,51	169,0	<b>16:45</b>	18,73	140,0
<b>01:00</b>	3,73	25,0	<b>09:00</b>	0,73	196,0	<b>17:00</b>	15,15	134,0
<b>01:15</b>	3,62	31,0	<b>09:15</b>	0,96	191,0	<b>17:15</b>	13,79	148,0
<b>01:30</b>	3,2	24,0	<b>09:30</b>	1,4	199,0	<b>17:30</b>	12,95	136,0
<b>01:45</b>	2,93	29,0	<b>09:45</b>	2,14	213,0	<b>17:45</b>	12,24	137,0
<b>02:00</b>	2,97	29,0	<b>10:00</b>	2,76	190,0	<b>18:00</b>	11,64	130,0
<b>02:15</b>	2,96	26,0	<b>10:15</b>	3,38	195,0	<b>18:15</b>	11,03	125,0
<b>02:30</b>	2,77	30,0	<b>10:30</b>	3,92	209,0	<b>18:30</b>	10,45	98,0
<b>02:45</b>	2,63	24,0	<b>10:45</b>	4,67	212,0	<b>18:45</b>	10,06	103,0
<b>03:00</b>	2,53	24,0	<b>11:00</b>	5,68	191,0	<b>19:00</b>	9,6	106,0
<b>03:15</b>	2,47	33,0	<b>11:15</b>	6,81	197,0	<b>19:15</b>	9,18	109,0
<b>03:30</b>	2,4	25,0	<b>11:30</b>	8,22	196,0	<b>19:30</b>	8,91	109,0
<b>03:45</b>	2,17	30,0	<b>11:45</b>	8,93	179,0	<b>19:45</b>	8,74	100,0
<b>04:00</b>	2,12	28,0	<b>12:00</b>	9,95	131,0	<b>20:00</b>	8,44	104,0
<b>04:15</b>	2,02	26,0	<b>12:15</b>	11,28	160,0	<b>20:15</b>	8,17	101,0
<b>04:30</b>	1,88	33,0	<b>12:30</b>	11,78	152,0	<b>20:30</b>	7,83	99,0
<b>04:45</b>	1,72	25,0	<b>12:45</b>	12,36	136,0	<b>20:45</b>	7,53	101,0
<b>05:00</b>	1,93	26,0	<b>13:00</b>	13,05	148,0	<b>21:00</b>	7,26	79,0
<b>05:15</b>	1,56	42,0	<b>13:15</b>	13,39	155,0	<b>21:15</b>	7,02	86,0
<b>05:30</b>	1,26	32,0	<b>13:30</b>	14,12	120,0	<b>21:30</b>	6,79	94,0
<b>05:45</b>	1,15	36,0	<b>13:45</b>	14,7	134,0	<b>21:45</b>	6,55	84,0
<b>06:00</b>	1,24	33,0	<b>14:00</b>	13,93	137,0	<b>22:00</b>	6,28	76,0
<b>06:15</b>	1,18	30,0	<b>14:15</b>	16,27	140,0	<b>22:15</b>	6,04	62,0
<b>06:30</b>	1,16	38,0	<b>14:30</b>	16,92	151,0	<b>22:30</b>	5,89	59,0
<b>06:45</b>	1,08	31,0	<b>14:45</b>	16,93	135,0	<b>22:45</b>	5,92	64,0
<b>07:00</b>	0,73	32,0	<b>15:00</b>	17,64	126,0	<b>23:00</b>	5,79	49,0
<b>07:15</b>	0,66	38,0	<b>15:15</b>	18,5	123,0	<b>23:15</b>	5,66	41,0
<b>07:30</b>	0,62	35,0	<b>15:30</b>	18,82	139,0	<b>23:30</b>	5,7	43,0
<b>07:45</b>	0,72	56,0	<b>15:45</b>	18,63	137,0	<b>23:45</b>	5,41	36,0
<b>08:00</b>	0,62	43,0	<b>16:00</b>	19,25	140,0	<b>24:00</b>	5	34,0

Apêndice C.2 – Potência e Temperaturas de 04-04-2011

<b>Horas</b>	<b>Temperatura exterior (°C)</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Horas</b>	<b>Temperatura exterior (°C)</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Horas</b>	<b>Temperatura exterior (°C)</b>	<b>Potência (kW)</b>
00:15	11,93	27,0	08:15	9,49	44,0	16:15	26,85	82,0
00:30	12	32,0	08:30	9,78	44,0	16:30	27,16	77,0
00:45	12	24,0	08:45	10,11	73,0	16:45	27	82,0
01:00	12,37	30,0	09:00	10,32	65,0	17:00	27,06	76,0
01:15	12,53	29,0	09:15	10,63	81,0	17:15	27,24	83,0
01:30	12,77	24,0	09:30	11,16	83,0	17:30	27,12	84,0
01:45	12,89	31,0	09:45	11,61	81,0	17:45	27,39	70,0
02:00	12,91	28,0	10:00	12,25	84,0	18:00	27,51	75,0
02:15	12,96	26,0	10:15	12,87	78,0	18:15	27,36	70,0
02:30	12,99	30,0	10:30	13,48	78,0	18:30	26,98	54,0
02:45	13,02	25,0	10:45	14,14	86,0	18:45	26,66	60,0
03:00	13,04	30,0	11:00	14,75	85,0	19:00	26,36	57,0
03:15	12,99	30,0	11:15	15,53	87,0	19:15	25,23	55,0
03:30	12,53	23,0	11:30	16,25	86,0	19:30	22,81	63,0
03:45	12,3	30,0	11:45	17,6	77,0	19:45	21,09	57,0
04:00	11,99	29,0	12:00	18,54	78,0	20:00	20,07	54,0
04:15	11,74	25,0	12:15	19,75	79,0	20:15	18,99	59,0
04:30	11,49	31,0	12:30	20,51	81,0	20:30	18,15	57,0
04:45	11,26	27,0	12:45	21,05	81,0	20:45	17,55	52,0
05:00	11,11	25,0	13:00	21,23	76,0	21:00	16,99	53,0
05:15	10,88	30,0	13:15	21,86	81,0	21:15	16,52	46,0
05:30	10,71	27,0	13:30	21,91	83,0	21:30	16,13	44,0
05:45	10,48	29,0	13:45	22,26	82,0	21:45	15,82	46,0
06:00	10,12	30,0	14:00	22,59	86,0	22:00	15,49	40,0
06:15	10,09	24,0	14:15	23,5	80,0	22:15	15,17	45,0
06:30	9,94	28,0	14:30	23,29	82,0	22:30	14,95	46,0
06:45	9,66	30,0	14:45	24,56	89,0	22:45	14,71	39,0
07:00	9,58	24,0	15:00	25,31	79,0	23:00	14,43	43,0
07:15	9,56	31,0	15:15	25,67	79,0	23:15	14,16	37,0
07:30	9,45	28,0	15:30	26,19	90,0	23:30	13,97	29,0
07:45	9,38	32,0	15:45	26,1	82,0	23:45	13,68	32,0
08:00	9,43	42,0	16:00	26,49	86,0	24:00	13,49	29,0

Apêndice C.3 – Potência e Temperaturas de 16-05-2011

<b>Horas</b>	<b>Temperatura exterior (°C)</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Horas</b>	<b>Temperatura exterior (°C)</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Horas</b>	<b>Temperatura exterior (°C)</b>	<b>Potência (kW)</b>
00:15	22,59	21,0	08:15	20,87	38,0	16:15	39,71	108,0
00:30	22,6	21,0	08:30	21,27	45,0	16:30	39,85	109,0
00:45	22,61	23,0	08:45	21,09	57,0	16:45	39,36	98,0
01:00	21,61	22,0	09:00	21,16	63,0	17:00	36,7	83,0
01:15	21,32	22,0	09:15	21,53	68,0	17:15	37,17	74,0
01:30	21,04	21,0	09:30	22,02	82,0	17:30	38,56	73,0
01:45	20,9	21,0	09:45	22,47	86,0	17:45	38,29	69,0
02:00	20,66	21,0	10:00	22,78	85,0	18:00	35,97	65,0
02:15	20,55	21,0	10:15	23,06	70,0	18:15	37,04	54,0
02:30	20,28	21,0	10:30	23,78	80,0	18:30	35,14	50,0
02:45	20,02	22,0	10:45	24,29	88,0	18:45	35,42	48,0
03:00	20,03	23,0	11:00	24,77	86,0	19:00	34,87	46,0
03:15	20,09	21,0	11:15	25,54	89,0	19:15	34,29	50,0
03:30	19,81	22,0	11:30	26,35	99,0	19:30	33,15	50,0
03:45	19,59	21,0	11:45	27,22	99,0	19:45	32,25	46,0
04:00	19,47	21,0	12:00	28,09	79,0	20:00	31,38	47,0
04:15	19,52	21,0	12:15	29,08	80,0	20:15	29,85	47,0
04:30	19,57	22,0	12:30	29,67	79,0	20:30	28,89	47,0
04:45	19,48	23,0	12:45	30,42	78,0	20:45	28,01	45,0
05:00	19,49	21,0	13:00	30,65	77,0	21:00	27,35	43,0
05:15	19,59	21,0	13:15	31,72	73,0	21:15	26,82	38,0
05:30	19,61	22,0	13:30	32,76	70,0	21:30	26,66	37,0
05:45	19,63	21,0	13:45	33,08	76,0	21:45	26,39	34,0
06:00	19,6	21,0	14:00	33,19	81,0	22:00	23,57	36,0
06:15	19,58	20,0	14:15	33,74	88,0	22:15	21,58	33,0
06:30	19,52	22,0	14:30	35,33	99,0	22:30	22,07	33,0
06:45	19,43	21,0	14:45	36,63	102,0	22:45	21,89	31,0
07:00	19,41	20,0	15:00	37,05	98,0	23:00	21,12	31,0
07:15	19,38	21,0	15:15	36,33	84,0	23:15	20,72	30,0
07:30	19,7	22,0	15:30	35,7	100,0	23:30	20,42	28,0
07:45	20,14	27,0	15:45	36,74	107,0	23:45	18,95	26,0
08:00	20,5	35,0	16:00	37,45	119,0	24:00	18,4	26,0

## APÊNDICE D

### Dados de Potências

Apêndice D.1 – Potência de um dia útil (03-03-2011) e de um Sábado (05-03-2011)

<b>Horas</b>	<b>Dia Útil</b>	<b>Sábado</b>	<b>Horas</b>	<b>Dia Útil</b>	<b>Sábado</b>	<b>Horas</b>	<b>Dia Útil</b>	<b>Sábado</b>
<b>00:15</b>	34,0	41,0	<b>08:15</b>	48,0	25,0	<b>16:15</b>	111,0	26,0
<b>00:30</b>	27,0	29,0	<b>08:30</b>	69,0	32,0	<b>16:30</b>	114,0	30,0
<b>00:45</b>	33,0	31,0	<b>08:45</b>	115,0	25,0	<b>16:45</b>	101,0	23,0
<b>01:00</b>	28,0	28,0	<b>09:00</b>	145,0	31,0	<b>17:00</b>	99,0	30,0
<b>01:15</b>	32,0	29,0	<b>09:15</b>	138,0	24,0	<b>17:15</b>	92,0	24,0
<b>01:30</b>	28,0	29,0	<b>09:30</b>	137,0	33,0	<b>17:30</b>	92,0	32,0
<b>01:45</b>	33,0	28,0	<b>09:45</b>	129,0	25,0	<b>17:45</b>	84,0	23,0
<b>02:00</b>	29,0	31,0	<b>10:00</b>	128,0	33,0	<b>18:00</b>	84,0	30,0
<b>02:15</b>	36,0	30,0	<b>10:15</b>	121,0	26,0	<b>18:15</b>	78,0	25,0
<b>02:30</b>	27,0	31,0	<b>10:30</b>	136,0	33,0	<b>18:30</b>	73,0	30,0
<b>02:45</b>	33,0	27,0	<b>10:45</b>	127,0	24,0	<b>18:45</b>	69,0	26,0
<b>03:00</b>	27,0	32,0	<b>11:00</b>	132,0	31,0	<b>19:00</b>	81,0	30,0
<b>03:15</b>	32,0	28,0	<b>11:15</b>	127,0	24,0	<b>19:15</b>	78,0	30,0
<b>03:30</b>	27,0	34,0	<b>11:30</b>	127,0	31,0	<b>19:30</b>	75,0	31,0
<b>03:45</b>	32,0	27,0	<b>11:45</b>	118,0	26,0	<b>19:45</b>	72,0	28,0
<b>04:00</b>	29,0	34,0	<b>12:00</b>	116,0	31,0	<b>20:00</b>	66,0	32,0
<b>04:15</b>	32,0	26,0	<b>12:15</b>	115,0	24,0	<b>20:15</b>	72,0	30,0
<b>04:30</b>	27,0	33,0	<b>12:30</b>	119,0	31,0	<b>20:30</b>	79,0	29,0
<b>04:45</b>	33,0	25,0	<b>12:45</b>	112,0	26,0	<b>20:45</b>	78,0	29,0
<b>05:00</b>	29,0	33,0	<b>13:00</b>	112,0	34,0	<b>21:00</b>	70,0	28,0
<b>05:15</b>	33,0	26,0	<b>13:15</b>	110,0	25,0	<b>21:15</b>	68,0	31,0
<b>05:30</b>	28,0	35,0	<b>13:30</b>	100,0	32,0	<b>21:30</b>	51,0	29,0
<b>05:45</b>	31,0	23,0	<b>13:45</b>	101,0	26,0	<b>21:45</b>	63,0	33,0
<b>06:00</b>	28,0	30,0	<b>14:00</b>	110,0	31,0	<b>22:00</b>	56,0	27,0
<b>06:15</b>	29,0	25,0	<b>14:15</b>	101,0	24,0	<b>22:15</b>	58,0	32,0
<b>06:30</b>	29,0	31,0	<b>14:30</b>	102,0	31,0	<b>22:30</b>	45,0	27,0
<b>06:45</b>	27,0	25,0	<b>14:45</b>	95,0	26,0	<b>22:45</b>	52,0	32,0
<b>07:00</b>	29,0	33,0	<b>15:00</b>	93,0	32,0	<b>23:00</b>	41,0	27,0
<b>07:15</b>	30,0	25,0	<b>15:15</b>	85,0	24,0	<b>23:15</b>	43,0	32,0
<b>07:30</b>	36,0	32,0	<b>15:30</b>	113,0	30,0	<b>23:30</b>	33,0	25,0
<b>07:45</b>	43,0	26,0	<b>15:45</b>	122,0	26,0	<b>23:45</b>	38,0	32,0
<b>08:00</b>	45,0	31,0	<b>16:00</b>	124,0	33,0	<b>24:00</b>	30,0	24,0

Apêndice D.2 – Potência de um Domingo (06-03-2011) e de um dia de Férias (08-03-2011)

<b>Horas</b>	<b>Domingo</b>	<b>Férias</b>	<b>Horas</b>	<b>Domingo</b>	<b>Férias</b>	<b>Horas</b>	<b>Domingo</b>	<b>Férias</b>
<b>00:15</b>	35,0	33,0	<b>08:15</b>	32,0	32,0	<b>16:15</b>	31,0	38,0
<b>00:30</b>	28,0	26,0	<b>08:30</b>	25,0	42,0	<b>16:30</b>	25,0	31,0
<b>00:45</b>	31,0	32,0	<b>08:45</b>	33,0	44,0	<b>16:45</b>	30,0	40,0
<b>01:00</b>	26,0	25,0	<b>09:00</b>	26,0	45,0	<b>17:00</b>	25,0	32,0
<b>01:15</b>	32,0	31,0	<b>09:15</b>	31,0	41,0	<b>17:15</b>	30,0	39,0
<b>01:30</b>	25,0	28,0	<b>09:30</b>	24,0	42,0	<b>17:30</b>	28,0	33,0
<b>01:45</b>	34,0	31,0	<b>09:45</b>	30,0	42,0	<b>17:45</b>	29,0	38,0
<b>02:00</b>	25,0	29,0	<b>10:00</b>	24,0	41,0	<b>18:00</b>	27,0	34,0
<b>02:15</b>	31,0	29,0	<b>10:15</b>	32,0	41,0	<b>18:15</b>	26,0	41,0
<b>02:30</b>	26,0	29,0	<b>10:30</b>	24,0	39,0	<b>18:30</b>	29,0	39,0
<b>02:45</b>	33,0	29,0	<b>10:45</b>	31,0	41,0	<b>18:45</b>	26,0	39,0
<b>03:00</b>	27,0	31,0	<b>11:00</b>	24,0	40,0	<b>19:00</b>	31,0	38,0
<b>03:15</b>	34,0	28,0	<b>11:15</b>	30,0	43,0	<b>19:15</b>	29,0	41,0
<b>03:30</b>	25,0	31,0	<b>11:30</b>	25,0	39,0	<b>19:30</b>	31,0	40,0
<b>03:45</b>	33,0	26,0	<b>11:45</b>	32,0	43,0	<b>19:45</b>	26,0	39,0
<b>04:00</b>	26,0	31,0	<b>12:00</b>	24,0	36,0	<b>20:00</b>	33,0	42,0
<b>04:15</b>	35,0	27,0	<b>12:15</b>	31,0	43,0	<b>20:15</b>	27,0	41,0
<b>04:30</b>	28,0	32,0	<b>12:30</b>	23,0	37,0	<b>20:30</b>	33,0	44,0
<b>04:45</b>	32,0	26,0	<b>12:45</b>	30,0	45,0	<b>20:45</b>	25,0	39,0
<b>05:00</b>	26,0	33,0	<b>13:00</b>	24,0	37,0	<b>21:00</b>	32,0	45,0
<b>05:15</b>	30,0	24,0	<b>13:15</b>	32,0	43,0	<b>21:15</b>	25,0	38,0
<b>05:30</b>	25,0	32,0	<b>13:30</b>	24,0	36,0	<b>21:30</b>	33,0	43,0
<b>05:45</b>	32,0	25,0	<b>13:45</b>	31,0	44,0	<b>21:45</b>	26,0	32,0
<b>06:00</b>	26,0	32,0	<b>14:00</b>	22,0	36,0	<b>22:00</b>	35,0	39,0
<b>06:15</b>	33,0	24,0	<b>14:15</b>	32,0	45,0	<b>22:15</b>	26,0	33,0
<b>06:30</b>	24,0	31,0	<b>14:30</b>	25,0	37,0	<b>22:30</b>	32,0	40,0
<b>06:45</b>	32,0	24,0	<b>14:45</b>	32,0	44,0	<b>22:45</b>	26,0	33,0
<b>07:00</b>	25,0	33,0	<b>15:00</b>	23,0	32,0	<b>23:00</b>	34,0	39,0
<b>07:15</b>	34,0	26,0	<b>15:15</b>	31,0	40,0	<b>23:15</b>	28,0	29,0
<b>07:30</b>	26,0	36,0	<b>15:30</b>	24,0	33,0	<b>23:30</b>	32,0	38,0
<b>07:45</b>	31,0	31,0	<b>15:45</b>	32,0	40,0	<b>23:45</b>	26,0	29,0
<b>08:00</b>	25,0	37,0	<b>16:00</b>	24,0	33,0	<b>24:00</b>	33,0	35,0

Apêndice D.3 – Potência de um Feriado (22-04-2011)

<b>Horas</b>	<b>Feriado</b>	<b>Horas</b>	<b>Feriado</b>	<b>Horas</b>	<b>Feriado</b>
<b>00:15</b>	26,0	<b>08:15</b>	36,0	<b>16:15</b>	37,0
<b>00:30</b>	24,0	<b>08:30</b>	34,0	<b>16:30</b>	34,0
<b>00:45</b>	24,0	<b>08:45</b>	37,0	<b>16:45</b>	36,0
<b>01:00</b>	28,0	<b>09:00</b>	41,0	<b>17:00</b>	38,0
<b>01:15</b>	23,0	<b>09:15</b>	35,0	<b>17:15</b>	36,0
<b>01:30</b>	23,0	<b>09:30</b>	34,0	<b>17:30</b>	36,0
<b>01:45</b>	27,0	<b>09:45</b>	37,0	<b>17:45</b>	40,0
<b>02:00</b>	28,0	<b>10:00</b>	35,0	<b>18:00</b>	38,0
<b>02:15</b>	22,0	<b>10:15</b>	34,0	<b>18:15</b>	34,0
<b>02:30</b>	27,0	<b>10:30</b>	39,0	<b>18:30</b>	38,0
<b>02:45</b>	26,0	<b>10:45</b>	38,0	<b>18:45</b>	37,0
<b>03:00</b>	21,0	<b>11:00</b>	33,0	<b>19:00</b>	33,0
<b>03:15</b>	27,0	<b>11:15</b>	37,0	<b>19:15</b>	41,0
<b>03:30</b>	28,0	<b>11:30</b>	38,0	<b>19:30</b>	39,0
<b>03:45</b>	23,0	<b>11:45</b>	32,0	<b>19:45</b>	33,0
<b>04:00</b>	24,0	<b>12:00</b>	38,0	<b>20:00</b>	38,0
<b>04:15</b>	27,0	<b>12:15</b>	39,0	<b>20:15</b>	40,0
<b>04:30</b>	24,0	<b>12:30</b>	35,0	<b>20:30</b>	36,0
<b>04:45</b>	24,0	<b>12:45</b>	34,0	<b>20:45</b>	36,0
<b>05:00</b>	29,0	<b>13:00</b>	38,0	<b>21:00</b>	39,0
<b>05:15</b>	25,0	<b>13:15</b>	35,0	<b>21:15</b>	36,0
<b>05:30</b>	22,0	<b>13:30</b>	35,0	<b>21:30</b>	33,0
<b>05:45</b>	26,0	<b>13:45</b>	40,0	<b>21:45</b>	36,0
<b>06:00</b>	26,0	<b>14:00</b>	38,0	<b>22:00</b>	33,0
<b>06:15</b>	20,0	<b>14:15</b>	35,0	<b>22:15</b>	29,0
<b>06:30</b>	28,0	<b>14:30</b>	39,0	<b>22:30</b>	35,0
<b>06:45</b>	27,0	<b>14:45</b>	40,0	<b>22:45</b>	35,0
<b>07:00</b>	21,0	<b>15:00</b>	33,0	<b>23:00</b>	29,0
<b>07:15</b>	25,0	<b>15:15</b>	40,0	<b>23:15</b>	36,0
<b>07:30</b>	29,0	<b>15:30</b>	38,0	<b>23:30</b>	34,0
<b>07:45</b>	27,0	<b>15:45</b>	32,0	<b>23:45</b>	25,0
<b>08:00</b>	30,0	<b>16:00</b>	37,0	<b>24:00</b>	31,0

## APÊNDICE E

### Tabela de Consumos Desagregados e cálculo de índices

#### Apêndice E.1 – Dados de 2010

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Consumo Total (kWh)</b>	0	0	15	20.077	20.544	19.835	16.793	12.172	30.621	31.563	32.567	34.395
<b>Consumo Total Acumulado (kWh)</b>	0	0	15	20.092	40.636	60.471	77.264	89.435	120.056	151.619	184.186	218.581
<b>Potência Máxima (kW)</b>	0	0	2	134	126	121	72	52	146	115	210	185
<b>Potência Média (kW)</b>	0	0	1	28	28	28	23	16	43	42	45	46
<b>Potência Mínima (kW)</b>	0	0	1	3	1	8	8	7	1	0	0	9
<b>Fator de Carga</b>	0	0	0,720	0,208	0,219	0,228	0,313	0,315	0,291	0,369	0,215	0,250
<b>Fator de Vazio</b>	0	0	0,500	0,022	0,008	0,066	0,111	0,135	0,007	0,000	0,000	0,049
<b>Nº Horas</b>	186	168	186	180	186	180	186	186	180	186	180	186
<b>HV</b>												
<b>Consumo</b>	0	0	6	3.177	2.891	3.476	3.043	2.376	5.624	5.237	4.598	4.655
<b>Potência Média</b>	0	0	0	18	16	19	16	13	31	28	26	25
<b>Nº Horas</b>	124	112	124	120	124	120	124	124	120	124	120	124
<b>SV</b>												
<b>Consumo</b>	0	0	6	1.865	1.490	1.911	1.754	1.371	3.284	3.072	2.519	2.539
<b>Potência Média</b>	0	0	0	16	12	16	14	11	27	25	21	20
<b>Nº Horas</b>	310	254	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310
<b>HC</b>												
<b>Consumo</b>	0	0	2	10.917	11.802	10.411	8.743	6.235	15.765	16.799	18.370	19.268
<b>Potência Média</b>	0	0	0	36	38	35	28	20	53	54	61	62
<b>Nº Horas</b>	124	112	124	120	124	120	124	124	120	124	120	124
<b>HP</b>												
<b>Consumo</b>	0	0	1	4.119	4.361	4.038	3.252	2.190	5.948	6.455	7.080	7.934
<b>Potência Média</b>	0	0	0	34	35	34	26	18	50	52	59	64

## Apêndice E.2 – Dados de 2011

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Consumo Total (kWh)</b>	39.454	41.265	39.152	28.042	33.981	28.246	20.753	15.766	22.842	30.637	32.347	29.620
<b>Consumo Total Acumulado (kWh)</b>	39.454	80.719	119.871	147.913	181.894	210.140	230.893	246.659	269.501	300.138	332.485	362.105
<b>Potência Máxima (kW)</b>	195	222	151	101	139	124	70	50	103	132	139	138
<b>Potência Média (kW)</b>	53	61	53	39	46	39	28	21	32	41	45	40
<b>Potência Mínima (kW)</b>	18	0	0	14	14	12	15	14	17	15	17	17
<b>Fator de Carga</b>	0,272	0,77	0,349	0,386	0,329	0,316	0,398	0,424	0,308	0,312	0,323	0,288
<b>Fator de Vazio</b>	0,092	0,000	0,000	0,139	0,101	0,097	0,214	0,280	0,165	0,114	0,122	0,123
<b>Nº Horas</b>	186	168	186	180	186	180	186	186	180	186	180	186
<b>HV</b>												
<b>Consumo</b>	5.079	5.590	5.920	5.540	5.725	5.004	4.179	3.610	4.315	4.595	4.622	4.496
<b>Potência Média</b>	27	33	32	31	31	28	22	19	24	25	26	24
<b>Nº Horas</b>	124	112	124	120	124	120	124	124	120	124	120	124
<b>SV</b>												
<b>Consumo</b>	2.935	3.233	3.611	3.249	3.242	2.884	2.555	2.317	2.586	2.980	2.924	2.854
<b>Potência Média</b>	24	29	29	27	26	24	21	19	22	24	24	23
<b>Nº Horas</b>	310	254	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310
<b>HC</b>												
<b>Consumo</b>	22.233	23.017	21.018	13.764	18.102	14.602	10.025	7.071	11.532	16.800	17.847	15.963
<b>Potência Média</b>	72	91	68	46	58	49	32	23	38	54	59	51
<b>Nº Horas</b>	124	112	124	120	124	120	124	124	120	124	120	124
<b>HP</b>												
<b>Consumo</b>	9.208	9.424	8.604	5.491	6.912	5.756	3.994	2.768	4.410	6.262	6.954	6.307
<b>Potência Média</b>	74	84	69	46	56	48	32	22	37	51	58	51



Apêndice E.3 – Dados de 2012

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
<b>Consumo Total (kWh)</b>	39.714	37.666	31.076	27.116	30.707	28.484
<b>Consumo Total Acumulado (kWh)</b>	39.714	77.380	108.456	135.572	166.279	194.763
<b>Potência Máxima (kW)</b>	171	211	141	128	138	136
<b>Potência Média (kW)</b>	53	54	42	38	41	40
<b>Potência Mínima (kW)</b>	18	20	0	14	14	18
<b>Fator de Carga</b>	0,312	0,256	0,296	0,294	0,299	0,291
<b>Fator de Vazio</b>	0,105	0,095	0,000	0,109	0,101	0,132
<b>HV N° Horas</b>	186	174	186	180	186	180
<b>Consumo</b>	4.668	4.716	4.636	4.620	5.119	4.978
<b>Potência Média</b>	25	27	25	26	28	28
<b>SV N° Horas</b>	124	116	124	120	124	120
<b>Consumo</b>	2.830	2.850	2.882	2.538	2.894	2.905
<b>Potência Média</b>	23	25	23	21	23	24
<b>HC N° Horas</b>	310	254	310	300	310	300
<b>Consumo</b>	22.997	21.461	16.805	14.427	16.416	14.980
<b>Potência Média</b>	74	84	54	48	53	50
<b>HP N° Horas</b>	124	116	124	120	124	120
<b>Consumo</b>	9.219	8.640	6.753	5.531	6.279	5.621
<b>Potência Média</b>	74	74	54	46	51	47

# Anexos

## ANEXO A

### Tarifas

#### Anexo A.1 - Tarifa de Acesso às Redes

Tarifa de Acesso às Redes							
Termo fixo	Potência Contratada	Potência Média em Horas de Ponta	Períodos	Energia Ativa (€/kWh)			
				Ponta	Cheia	Vazio Normal	Super Vazio
(€/mês)	(€/kW mês)	(€/kW mês)					
0,0000	1,2890	7,1240	I,IV	0,0209	0,0197	0,0163	0,0160
0,0000	1,2890	7,1240	II,III	0,0209	0,0195	0,0163	0,0160

#### Anexo A.2 – Tarifas de eletricidade dos diversos comercializadores

Empresa	Contrato Atual	Operadora 1	Operadora 2	Operadora 3	Operadora 4	Operadora 5
Termo fixo (€/dia)	1,4602	1,09590	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000
Energia Ativa Vazio Normal	0,0416	0,07776	0,0567	0,058457	0,0520	0,0763
Energia Ativa Super Vazio	0,0381	0,06589	0,0561	0,052823	0,0523	0,0654
Energia Ativa Ponta	0,0982	0,09584	0,0706	0,070117	0,0748	0,0945
Energia Ativa Cheias	0,0714	0,09033	0,0679	0,066272	0,0651	0,0873

## ANEXO B

### Horário do Pôr-do-sol do ano de 2011

Hora do Pôr-do-Sol de 2011												
Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	17:25	17:58	18:29	20:00	20:28	20:55	21:05	20:48	20:07	19:20	17:37	17:15
2	17:26	17:59	18:30	20:01	20:29	20:56	21:05	20:47	20:06	19:18	17:36	17:15
3	17:27	18:00	18:31	20:02	20:30	20:57	21:05	20:46	20:04	19:17	17:35	17:15
4	17:28	18:01	18:32	20:02	20:31	20:57	21:05	20:45	20:03	19:15	17:34	17:15
5	17:29	18:02	18:33	20:03	20:32	20:58	21:05	20:44	20:01	19:14	17:33	17:15
6	17:30	18:04	18:34	20:04	20:33	20:58	21:04	20:42	20:00	19:12	17:31	17:15
7	17:31	18:05	18:35	20:05	20:34	20:59	21:04	20:41	19:58	19:11	17:30	17:15
8	17:32	18:06	18:36	20:06	20:35	21:00	21:04	20:40	19:57	19:09	17:30	17:15
9	17:33	18:07	18:37	20:07	20:36	21:00	21:04	20:39	19:55	19:08	17:29	17:15
10	17:34	18:08	18:38	20:08	20:37	21:01	21:03	20:38	19:53	19:06	17:28	17:15
11	17:35	18:09	18:39	20:09	20:38	21:01	21:03	20:37	19:52	19:05	17:27	17:15
12	17:36	18:10	18:40	20:10	20:39	21:02	21:02	20:35	19:50	19:03	17:26	17:15
13	17:37	18:12	18:41	20:11	20:40	21:02	21:02	20:34	19:49	19:02	17:25	17:15
14	17:38	18:13	18:42	20:12	20:41	21:02	21:01	20:33	19:47	19:00	17:24	17:16
15	17:39	18:14	18:43	20:13	20:41	21:03	21:01	20:32	19:45	18:59	17:23	17:16
16	17:40	18:15	18:44	20:14	20:42	21:03	21:00	20:30	19:44	18:57	17:23	17:16
17	17:41	18:16	18:45	20:15	20:43	21:04	21:00	20:29	19:42	18:56	17:22	17:17
18	17:42	18:17	18:46	20:16	20:44	21:04	20:59	20:28	19:41	18:55	17:21	17:17
19	17:43	18:18	18:47	20:17	20:45	21:04	20:59	20:26	19:39	18:53	17:21	17:17
20	17:44	18:19	18:48	20:18	20:46	21:04	20:58	20:25	19:37	18:52	17:20	17:18
21	17:45	18:20	18:49	20:19	20:47	21:05	20:57	20:23	19:36	18:51	17:19	17:18
22	17:46	18:21	18:50	20:20	20:47	21:05	20:56	20:22	19:34	18:49	17:19	17:19
23	17:47	18:23	18:51	20:21	20:48	21:05	20:56	20:21	19:33	18:48	17:18	17:19
24	17:49	18:24	18:52	20:22	20:49	21:05	20:55	20:19	19:31	18:47	17:18	17:20
25	17:50	18:25	18:53	20:23	20:50	21:05	20:54	20:18	19:29	18:45	17:17	17:20
26	17:51	18:26	18:54	20:24	20:51	21:05	20:53	20:16	19:28	18:44	17:17	17:21
27	17:52	18:27	19:55	20:24	20:52	21:05	20:52	20:15	19:26	18:43	17:17	17:22
28	17:53	18:28	19:56	20:25	20:52	21:05	20:52	20:13	19:25	18:42	17:16	17:22
29	17:54		19:57	20:26	20:53	21:05	20:51	20:12	19:23	18:40	17:16	17:23
30	17:55		19:58	20:27	20:54	21:05	20:50	20:10	19:22	17:39	17:16	17:24
31	17:57		19:59		20:54		20:49	20:09		17:38		17:25