

Luís Filipe Taborda Melo

# Auditorias Energéticas aos Edifícios dos SASUC

Março de 2013



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Universidade de Coimbra

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

**Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores**

## **Auditorias Energéticas aos Edifícios dos SASUC**

Luís Melo

**Júri:**

**Presidente:** Professor Doutor António Manuel de Oliveira Gomes Martins

**Orientador:** Professor Doutor Aníbal Traça Carvalho de Almeida

**Vogal:** Professor Doutor António Paulo Mendes Breda Dias Coimbra

Coimbra, Março de 2013

Luís Melo, 2013



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família, pais, irmão e avós, porque são eles os grandes responsáveis de tudo o que eu sou e tudo o que consegui, mostrando sempre a maior disponibilidade, carinho, ajuda e compreensão.

Ao meu orientador Professor Doutor Aníbal Traça de Almeida e ao Engenheiro Carlos Patrão pela orientação e disponibilidade demonstrada. À Engenheira Paula Fonseca e ao Engenheiro Onésimo Pinto pela disponibilidade e ajuda.

Agradecer à minha namorada Marlene Lopes Simões, pelo amor, companheirismo e dedicação com que me contagia todos os dias, permitindo encarar os desafios da vida com um sorriso nos lábios.

Aos meus amigos e colegas de dissertação, Jovito Silva e António Ramos, pelo espírito de interajuda, companheirismo e dedicação demonstrada. E por fim, mas não menos importante, a todos os meus amigos que festejam comigo os meus sucessos e principalmente que partilham comigo as minhas tristezas.

A todos, o meu sincero obrigado.



“O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder entusiasmo.”

Winston Churchill

## **Resumo**

A investigação aqui desenvolvida baseia-se numa auditoria realizada em três edifícios dos Serviços de Ação Social da Universidade de Coimbra (SASUC). Os SASUC apresentam diversos serviços de apoio aos estudantes tais como alojamento, alimentação, apoio à infância, serviços médicos, bolsas de estudo entre outros, e encontram-se distribuídos por diversos edifícios. Os três edifícios visados neste estudo foram a Residência Universitária Pólo II\_1, a Residência Universitária Pedro Nunes e o Restaurante Estádio Universitário.

Uma auditoria energética tem como objetivo principal analisar as condições de utilização da energia dos edifícios, permitindo a procura de oportunidades de racionalização de consumos (ORC's) que permitam uma diminuição da fatura energética bem como uma redução da quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido, mantendo níveis de conforto semelhantes.

Nesse sentido foram seguidos vários procedimentos, nomeadamente a recolha e análise de dados de faturação, quando disponíveis, visita aos locais com levantamento das cargas existentes em cada espaço, colheita de dados através de entrevista com os responsáveis de modo a perceber os períodos de funcionamento de cada espaço, distribuição de questionários aos alunos residentes no sentido de identificar os hábitos no quotidiano dos mesmos. E por fim foram realizadas monitorizações nos quadros gerais e nos quadros parciais que se consideraram relevantes com ajuda dos aparelhos QualiStar da Chauvin Arnoux disponibilizados pelo Instituto de Sistemas e Robótica (ISR).

### **Palavras-Chave:**

Auditoria Energética, Oportunidades de Racionalização de Consumos, Eficiência Energética, Emissões de CO<sub>2</sub>

## **Abstract**

The work that's been developed here is based on an audit realized in three buildings of Social Services at the University of Coimbra (SASUC). The SASUC have several student support services, such as housing, food, child support, medical services and others and are distributed over several buildings. The three buildings targeted in this study were the residences Polo II\_1, Pedro Nunes and the Restaurante Estádio Universitário.

The energy audit has a main objective to analyze the conditions of the energy used in buildings, allowing the lookout for opportunities to rationalize consumption (ORC's) that enable a reduction in energy bills and reduce the quantity of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emitted, maintaining the same comfort levels.

In that way there was taken several procedures like, collection and analysis of billing data, when available, visit the local and lift the loads that are in each places, collecting data by interview with those responsible in order to understand the periods of operation of each space, distribution of questionnaires to identify your habits in daily life and at last monitoring were carried out in the general and partial frames with the help of equipment QualiStar from Chauvin Arnoux, provided by Institute of Systems and Robotics (ISR).

## **Keywords:**

Energy audit, opportunities for rationalization of consumption, energy efficiency, carbon dioxide emitted

# Índice

Lista de Figuras .....	iii
Lista de Tabelas.....	v
Lista de Acrónimos .....	vi
1 Introdução.....	1
2 Auditoria Energética .....	2
2.1 Definições e objetivos .....	2
2.2 Fases e Tipos de Auditoria .....	2
2.3 Metodologia.....	3
3 Tarifário.....	4
3.1 Residência Pedro Nunes .....	4
3.1.1 Situação Contratual .....	4
3.1.2 Energia Ativa.....	5
3.1.3 Energia Reativa .....	7
3.1.4 Faturação .....	8
4 Auditoria Energética aos Edifícios.....	9
4.1 Apresentação dos Edifícios .....	9
4.1.1 Residência Pólo II_1 .....	9
4.1.2 Residência Pedro Nunes.....	10
4.1.3 Restaurante Estádio Universitário .....	10
4.2 Utilização de Energia nos Edifícios.....	11
4.3 Auditoria Deambulatória .....	11
4.3.1 Residência Pedro Nunes.....	11
4.3.2 Pólo II_1 .....	14
4.3.3 Restaurante Universitário Estádio Universitário .....	16
4.4 Auditoria Analítica .....	18

4.4.1	Quadro Geral .....	18
4.4.2	Quadros Parciais.....	26
5	Inquéritos realizados aos estudantes da residência .....	30
5.1	Objetivo .....	30
5.2	Análise de Resultados.....	31
6	Oportunidades de Racionalização de Consumos .....	32
6.1	Alteração do Sistema de Iluminação .....	32
6.1.1	Residência Pedro Nunes.....	33
6.1.2	Residência Pólo II_1 .....	39
6.1.3	Restaurante Estádio Universitário.....	45
6.2	Implementação de Painéis Fotovoltaicos na cantina Restaurante Estádio Universitário	47
7	Conclusão .....	49
8	Bibliografia.....	51

## APÊNDICES

## Lista de Figuras

Figura 3.1- Ciclo diário para fornecimentos em BTE e BTN para Portugal Continental <sup>[4]</sup> .....	5
Figura 3.2-Evolução e desagregação dos consumos de energia ativa da residência Pedro Nunes .	5
Figura 3.3-Evolução da faturação de energia ativa da residência Pedro Nunes .....	6
Figura 3.4- Total anual de consumo de energia ativa da residência Pedro Nunes .....	6
Figura 3.5- Evolução dos Consumos de energia reativa da residência Pedro Nunes.....	7
Figura 3.6- Evolução dos custos de energia reativa da residência Pedro Nunes .....	8
Figura 3.7- Custo total anual de energia reativa da residência Pedro Nunes .....	8
Figura 3.8- Desagregação da faturação anual da residência Pedro Nunes.....	9
Figura 4.1-Diagrama de carga semanal da residência Pólo II_1 .....	18
Figura 4.2- Diagrama de carga diário da residência Pólo II_1.....	19
Figura 4.3-Desagregação de energia ativa por período horário da residência Pólo II_1 .....	20
Figura 4.4-Diagrama de evolução semanal da potência reativa da residência Pólo II_1 .....	20
Figura 4.5- Diagrama de carga semanal do restaurante Estádio Universitário .....	21
Figura 4.6- Diagrama de carga diário do restaurante Estádio Universitário .....	22
Figura 4.7-Desagregação da energia ativa por período horário do restaurante Estádio Universitário.....	22
Figura 4.8-Distribuição semanal da potência reativa do restaurante Estádio Universitário .....	23
Figura 4.9-Diagrama de carga semanal da residência Pedro Nunes .....	24
Figura 4.10-Diagrama de carga diário da residência Pedro Nunes .....	25
Figura 4.11-Desagregação de energia ativa por período horário da residência Pedro Nunes.....	25
Figura 4.12-Diagrama da distribuição de potência reativa da residência Pedro Nunes .....	26
Figura 4.13-Diagrama semanal de carga no piso 0 da residência Pólo II_1 .....	27
Figura 4.14-Diagrama semanal de carga no piso 5 da residência Pólo II_1 .....	27
Figura 4.15-Diagrama semanal do quadro de cozinha do restaurante Estádio Universitário .....	28
Figura 4.16-Diagrama semanal da lavandaria da residência Pedro Nunes .....	29
Figura 4.17-Diagrama semanal do piso 1 da residência Pedro Nunes .....	30
Figura 5.1-Resultados da pergunta 3 do questionário .....	31
Figura 5.2-Resultados da pergunta 10 do questionário .....	32
Figura 5.3-Resultados da pergunta 6 do questionário .....	32
Figura 6.1- Gráfico representativo da poupança anual e do payback das melhores propostas encontradas para cada divisão da Residência Pedro Nunes .....	39

Figura 6.2- Gráfico representativo da poupança anual e do payback das melhores propostas encontradas para cada divisão da Residência Pólo II_1.....	44
Figura 6.3- Relação entre o consumo de potência ativa e a radiação solar média diária para Coimbra.....	47
Figura 6.4- Gráfico representativo da poupança anual e do payback das melhores propostas encontradas para o Restaurante Estádio Universitário.....	49

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1- Informação Contratual da residência Pedro Nunes .....	4
Tabela 4.1-Potência instalada por piso na residência Pedro Nunes .....	12
Tabela 4.2- Potência instalada por divisão na residência Pedro Nunes .....	13
Tabela 4.3- Potência instalada por uso final na residência Pedro Nunes .....	13
Tabela 4.4- Potência instalada por piso na residência PóloII_1 .....	14
Tabela 4.5- Potência instalada por divisão na residência PóloII_1 .....	15
Tabela 4.6- Potência instalada por uso final na residência PóloII_1 .....	16
Tabela 4.7-Potência instalada por divisão no restaurante Estádio Universitário .....	17
Tabela 4.8- Potência instalada por uso final no restaurante Estádio Universitário .....	18
Tabela 6.1-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação dos quartos na residência Pedro Nunes .....	34
Tabela 6.2-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação dos corredores na residência Pedro Nunes .....	35
Tabela 6.3-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação das salas de estudo na residência Pedro Nunes .....	37
Tabela 6.4-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação das cozinhas na residência Pedro Nunes .....	38
Tabela 6.5-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação dos quartos na residência Pólo II_1 .....	39
Tabela 6.6-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação dos corredores na residência Pólo II_1 .....	41
Tabela 6.7-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação das cozinhas na residência Pólo II_1 .....	42
Tabela 6.8-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação das escadas na residência Pólo II_1 .....	43
Tabela 6.9-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação das casas de banho na residência Pólo II_1 .....	44
Tabela 6.10-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação com lâmpadas de 18W na cantina Restaurante Estádio Universitário .....	45
Tabela 6.11--Resumo das propostas apresentadas para a iluminação com lâmpadas de 36W na cantina Restaurante Estádio Universitário .....	46
Tabela 6.12- Equipamentos e custos necessários à execução do projeto .....	48

## **Lista de Acrónimos**

AQS - Aquecimento de Aguas Sanitárias

AT - Alta Tensão

BTE - Baixa Tensão Especial

CFL - Lâmpada Fluorescente Compacta

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços de Energia

FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

GEE - Gases de Efeito Estufa

IPC - Instituto Politécnico de Coimbra

ISR - Instituto de Sistemas e Robótica

IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado

kVAr - Kilovolt-ampére reativo

kWh - Kilowatt-hora

kWp - Kilowatt-pico

LED - Light Emitting Diode

MAT - Muito Alta Tensão

MT - Média Tensão

ORC - Oportunidades de Racionalização de Consumo

SASUC - Serviços de Ação Social da Universidade de Coimbra

UC – Universidade de Coimbra

VAr - Volt-Ampére reativo

W - Watt

# 1 Introdução

O trabalho aqui realizado constitui uma dissertação e tem como finalidade a obtenção do grau de Mestre no curso de Mestrado Integrado de Engenharia Eletrotécnica e Computadores, na FCTUC, referente ao ano letivo 2012/2013. Todo o trabalho desenvolvido foi elaborado em parceria com os SASUC e com o ISR, sendo orientado pelo Professor Doutor Aníbal Traça de Almeida e pelo Engenheiro Carlos Patrão.

Esta dissertação assenta então na realização de uma auditoria energética a três edifícios dos SASUC: Residência Universitária Pólo II\_1, Residência Universitária Pedro Nunes e o Restaurante Estádio Universitário. Tem como principais objetivos analisar e caracterizar as condições de utilização de energia nos edifícios, realizar a desagregação dos consumos obtidos e proceder à sugestão e análise de ORC's.

Nesse sentido a recolha de dados necessários e informações relativas a estes edifícios foram feitas em várias etapas tais como: visita e registo de cargas importantes no edifício, colheita de dados através de entrevista com os responsáveis, por cada um dos espaços, no sentido de perceber melhor as falhas e as necessidades desses mesmos espaços, análise dos dados da faturação disponível, recolha de dados através de inquéritos distribuídos aos estudantes da Residência Universitária Pólo II\_1 para análise comportamental, e por fim a utilização de aparelhos de monitorização nomeadamente os aparelhos QualiStar da Chauvin Arnoux. O tratamento de todos os dados recolhidos serviram para a procura de ORC's, que visam diminuir o consumo de energia elétrica, bem como uma consequente diminuição da fatura energética, e numa perspetiva ambiental diminuir a emissão de GEE's.

Esta dissertação está então dividida em 7 capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se uma pequena introdução de modo a permitir ter uma noção do trabalho desenvolvido. De seguida, é feita uma abordagem mais pormenorizada ao conceito de auditoria energética, apresentando o seu objetivo, os elementos necessários à sua realização e metodologia utilizada. No terceiro capítulo é feita a análise à situação contratual dos edifícios com base nas faturas disponibilizadas. Posteriormente é elaborada uma breve apresentação dos edifícios que foram estudados, e são ainda analisados os resultados obtidos. No quinto capítulo analisou-se o objetivo e os resultados obtidos na realização de um inquérito distribuído numa das residências abordadas. No sexto capítulo são expostas e analisadas as ORC's propostas. Por fim é realizada uma conclusão geral sobre o trabalho desenvolvido.

## 2 Auditoria Energética

### 2.1 Definições e objetivos

A execução da Auditoria Energética consiste no estudo das condições de utilização de energia na instalação e na identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético da mesma, com o objetivo de reduzir o peso da fatura energética na estrutura de custos globais preservando o mesmo nível de conforto <sup>[1]</sup>. De uma forma mais sistemática podemos identificar como objetivos de uma auditoria, os seguintes <sup>[2]</sup>:

- Identificar e quantificar as formas de energia utilizadas:
  - Caracterizar a estrutura do consumo de energia;
  - Quantificar os consumos energéticos por sector, produto ou equipamento;
- Propor um plano de racionalização para as ações e investimentos a empreender:
  - Estabelecer e quantificar potenciais medidas de racionalização;
  - Analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
  - Avaliar o desempenho dos sistemas de geração, transformação e utilização de energia;
  - Relacionar o consumo de energia com a produção (calculando nomeadamente os consumos específicos);
  - Especificar um plano de gestão de energia para a empresa;
  - Propor a substituição dos equipamentos do processo por outros mais eficientes;
  - Propor a alteração das fontes energéticas, caso se justifique.

### 2.2 Fases e Tipos de Auditoria

A realização de uma auditoria implica uma preparação e um planeamento. Portanto para que o processo de auditoria tenha mais hipóteses de sucesso é necessário ter em conta os seguintes aspetos <sup>[2]</sup>:

- Responsabilizar (pedir a colaboração de quem trabalha nos locais e/ou com os equipamentos/sistemas);
- Planear a auditoria (o que se faz, quem faz o quê, onde e quando);
- Realizar o relatório;
- Rever todos os dados recolhidos (se estão todos, se são coerentes, etc).

Contudo, e apesar de haver sempre subjetividade nas classificações adotadas podemos dividir a auditoria energética em 4 fases <sup>[2]</sup>:

- Auditoria sintética: Síntese dos consumos por vetores energéticos e encargos. É feita, normalmente, com recurso à faturação das diversas fontes de energia e permite uma caracterização global dos consumos de energia e respetivos encargos financeiros;

- Auditoria genérica/deambulatória: Vistoria às condições de funcionamento das principais instalações (*check-list* resumida) tendo em conta que as *check-list* devem ser adequadas a cada situação;
- Auditoria analítica: Análise dos consumos por tipo de equipamento (exige normalmente algumas monitorizações e determinação de padrões de funcionamento). A determinação do padrão de funcionamento de alguns equipamentos pode exigir uma monitorização breve, se a potência pedida é constante e os períodos de funcionamento identificados pelo operador/utilizador do equipamento, ou mais demorada, se a potência pedida varia (com a carga, por exemplo);
- Auditoria tecnológica: Os resultados desta auditoria permitem avaliar soluções alternativas em termos de processo e tomar decisões quanto a possíveis alterações.

### 2.3 Metodologia

Apesar da grande quantidade e variedade de tipos de cargas de utilização final de energia, há um conjunto de etapas básicas para a caracterização dos consumos de energia, que acabam de certo modo por constituir “um método” para a realização da auditoria, que se pode descrever nas seguintes fases <sup>[2]</sup>:

1. Preparação da Intervenção:
  - a) Recolha e análise de informação documental;
  - b) Análise do processo produtivo e energético;
  - c) Recolha de informações relativas a tecnologias disponíveis no mercado.
  - d) Preparação da intervenção em campo.
2. Intervenção Local:
  - a) Recolha de informação energética da empresa;
  - b) Análise do processo produtivo;
  - c) Estabelecimento dos fluxos de energia;
  - d) Instalação de equipamento de registo em contínuo (monitorização);
  - e) Medições complementares;
3. Tratamento de Dados:
  - a) Tratamento e análise dos dados recolhidos – Determinação de: Balanços energéticos, consumos específicos, etc;
  - b) Avaliação do potencial de economias de energia;
  - c) Conclusões;

4. Elaboração do Relatório da Auditoria (apresentação organizada de todos os elementos):
  - a) Informações básicas sobre a empresa;
  - b) Contabilidade energética;
  - c) Análise da utilização de energia por produto ou processo.

### 3 Tarifário

Neste capítulo vai ser apresentada uma análise à situação contratual apenas da Residência Pedro Nunes, uma vez que é o único edifício estudado que tem faturação disponível. No caso da residência Pólo II\_1 o contador está no Complexo Alimentar Pólo II pelo que a fatura é única e engloba os dois edifícios, sendo que a percentagem a pagar pela residência é calculada através de uma estimativa efetuada pelo próprio SASUC. Já no caso do Restaurante Estádio Universitário as faturas não estão na posse dos SASUC, por esse motivo não foram obtidos quaisquer dados de faturação deste edifício.

#### 3.1 Residência Pedro Nunes

##### 3.1.1 Situação Contratual

A Residência Pedro Nunes possui um contrato em BTE com opção de Médias Utilizações, tarifa Tetra-Horária e ciclo horário diário. A potência contratada é de 41,41 kVA, sendo que estas informações estão apresentadas na **tabela 3.1**.

Tabela 3.1- Informação Contratual da residência Pedro Nunes

Informação Contratual	
<b>Tarifa Contratada</b>	BTE-Médias UT, Tetra-Horário
<b>Ciclo</b>	Horário Diário
<b>Potência Contratada</b>	41,41 kVA
<b>Zona da Qualidade de Serviço</b>	Eletricidade – A

Os períodos horários de entrega de energia elétrica a clientes finais são diferenciados em ciclo semanal e ciclo diário. No ciclo diário os períodos horários são iguais em todos os dias do ano, enquanto que no ciclo semanal diferem entre dias úteis e fim de semana <sup>[4]</sup>, a tabela seguinte, **figura 3.1**, ilustra o ciclo diário para fornecimentos em BTE e BTN em Portugal Continental.

Ciclo diário para BTE e BTN em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
Ponta:	09.00/10.30 h 18.00/20.30 h	Ponta:	10.30/13.00 h 19.30/21.00 h
Cheias:	08.00/09.00 h 10.30/18.00 h 20.30/22.00 h	Cheias:	08.00/10.30 h 13.00/19.30 h 21.00/22.00 h
Vazio normal:	06.00/08.00 h 22.00/02.00 h	Vazio normal:	06.00/08.00 h 22.00/02.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Figura 3.1- Ciclo diário para fornecimentos em BTE e BTN para Portugal Continental <sup>[4]</sup>

### 3.1.2 Energia Ativa

Com base nas faturas recolhidas junto dos SASUC, facultadas pelo Sr. Eng. Onésimo Pinto, referentes aos anos de 2010, 2011 e 2012, foi feita uma representação gráfica presente na **figura 3.2** ilustrativa dos consumos de energia ativa desagregado pelos vários períodos horários.

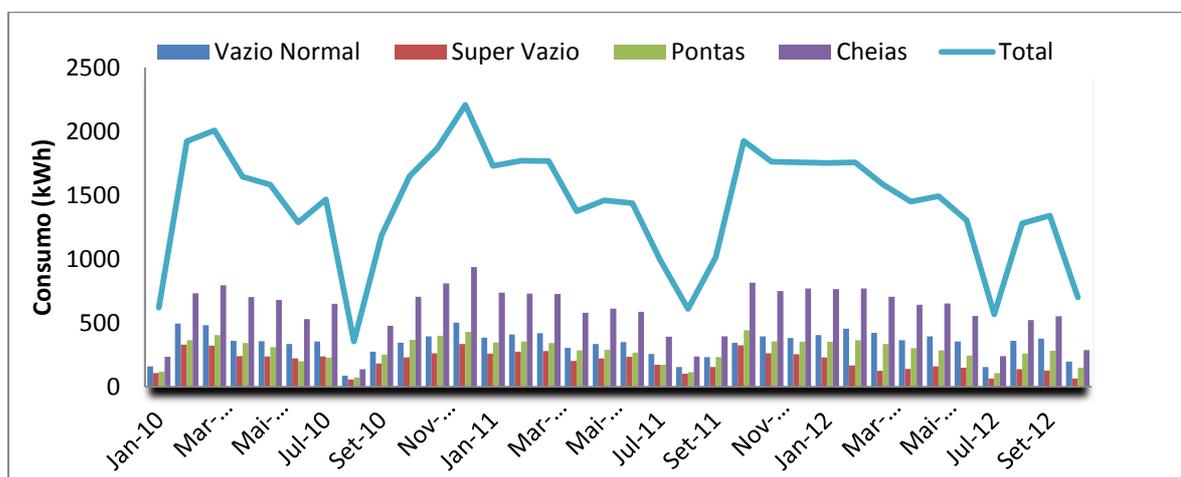


Figura 3.2-Evolução e desagregação dos consumos de energia ativa da residência Pedro Nunes

Pela análise do gráfico verifica-se que os consumos mais significativos estão no período de cheias, isso é justificável por ser um período que engloba o horário de refeições, havendo portanto uma maior utilização dos aparelhos de cozinha que por norma são cargas com potências mais significativas, e de referir que é também neste horário que normalmente os residentes procedem à utilização da lavandaria.

É importante salientar que os consumos descem nos meses de Verão, tempo esse que corresponde às férias dos estudantes, fazendo com a que a taxa de ocupação da residência seja mais baixa. Essa situação pode ser também verificada na **figura 3.3** que mostra a evolução dos valores faturados mensalmente.

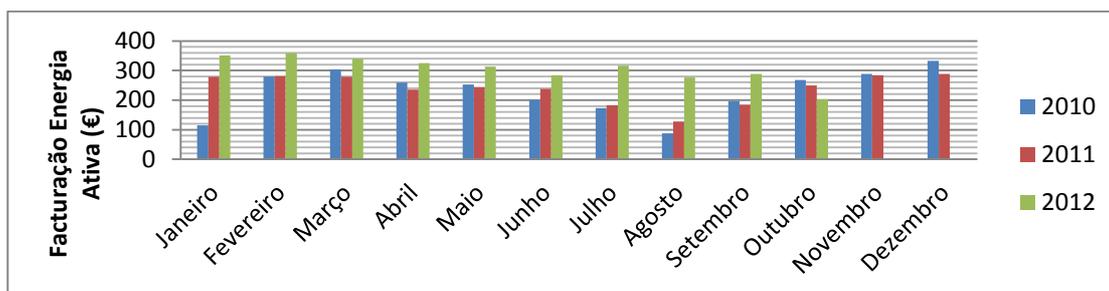


Figura 3.3-Evolução da faturação de energia ativa da residência Pedro Nunes

Com análise deste gráfico verifica-se uma disparidade entre valor faturado em janeiro de 2010 comparativamente ao mesmo mês dos anos posteriores, que se deve ao acerto que foi feito nesse mês. Como era esperado os meses referentes ao período de férias são os que apresentam menores custos. Consta-se que à exceção do mês de Outubro os meses relativos ao ano de 2012 são os que apresentam maiores valores faturados.

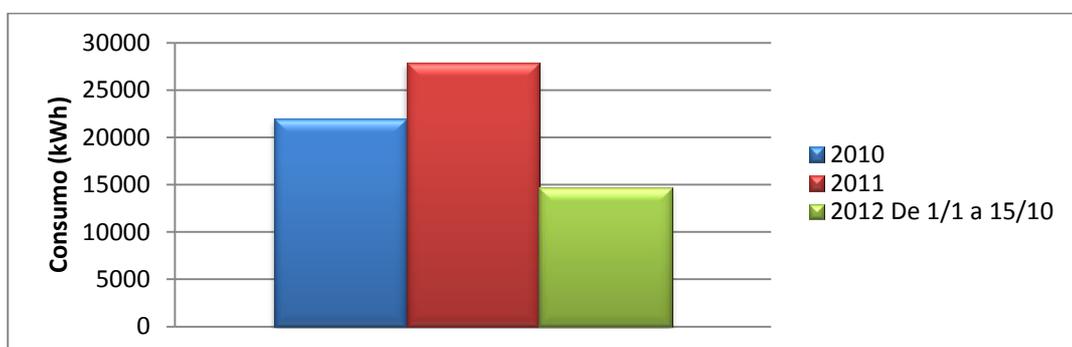


Figura 3.4- Total anual de consumo de energia ativa da residência Pedro Nunes

O gráfico da **figura 3.4** traduz o total anual de consumo de energia ativa referente aos 3 anos de estudo abordados, e através da sua análise conclui-se que houve um aumento do consumo no ano de 2011 em relação ao ano de 2010. No que se refere ao ano de 2012, e uma vez que não estão disponíveis os dados de todos os meses, não se consegue obter uma conclusão comparativamente ao total de consumo anual dos anos anteriores.

Foi também realizada uma desagregação do consumo anual nos vários períodos horários, que está representada nos gráficos presentes no **apêndice III.1.2**, permitindo assim um estudo ainda mais detalhado acerca do consumo de energia ativa. Pela análise desses gráficos constata-se que os períodos de super vazio são os que apresentam menores consumos, com percentagens de 12,57%; 9,85% e 10,45% em 2010, 2011 e 2012 respetivamente. Em oposição, e como era de esperar, surge o consumo em períodos de cheia com uma percentagem de 52,71% em 2010, 63,15% em 2011 e 42,86% em 2012. Em 2012 apesar da diminuição que houve do consumo em horas de cheia, nota-se um aumento ainda significativo no consumo em período de pontas,

20,18%, que é o período onde o preço da eletricidade é mais elevado. Resta salientar os consumos nos períodos de vazio normal que corresponde a uma percentagem máxima de 26,5% referente ao ano de 2012.

### 3.1.3 Energia Reativa

Como já foi referido anteriormente esta residência apresenta um contrato em BTE, sendo que a energia reativa é objeto de faturação nas entregas dos operadores da rede de distribuição a clientes em MAT, AT, MT e BTE, tendo um custo associado que vai variar mediante os consumos do cliente <sup>[5]</sup>. O gráfico seguinte representado na **figura 3.5** ilustra a evolução do consumo de energia reativa feita através da análise dos dados de faturação disponíveis.

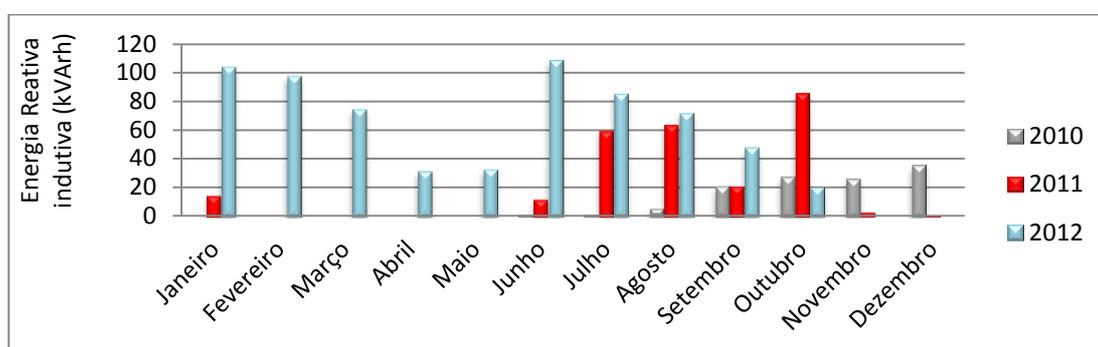


Figura 3.5- Evolução dos Consumos de energia reativa da residência Pedro Nunes

Pela análise do gráfico observa-se que os consumos são pouco significativos, verificando até que nos anos de 2010 e 2011 existem vários meses onde não houve qualquer consumo registado. No caso de 2010 só nos últimos 5 meses do ano é que se regista algum consumo. No ano de 2012 é onde se observa um aumento do consumo da energia reativa relativamente aos períodos homólogos dos anos transatos, à exceção do mês de Outubro onde é o mais baixo dos 3 anos que foram alvo de estudo no entanto neste mês apenas estão disponíveis dados do consumo até ao dia 15.

Para uma melhor noção dos custos na fatura energética que estes consumos implicam foi construído o gráfico da **figura 3.6** que nos dá a faturação mensal de energia reativa ao longo dos três anos.

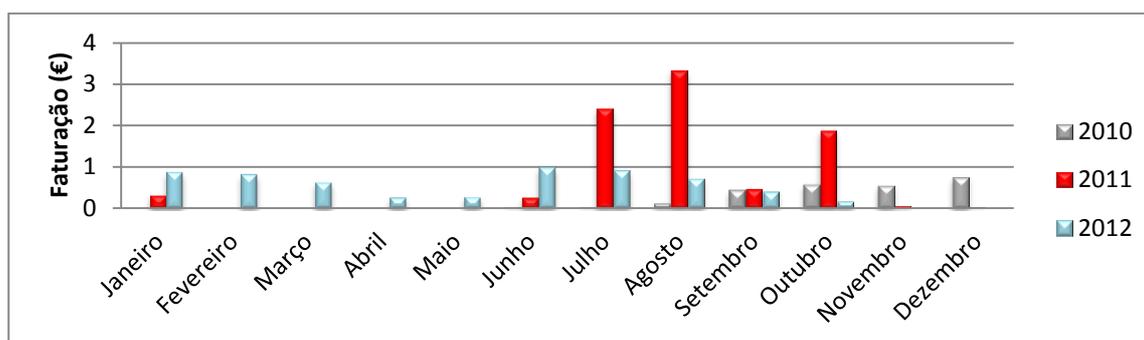


Figura 3.6- Evolução dos custos de energia reativa da residência Pedro Nunes

Como já foi referido anteriormente o consumo é pouco significativo e isso traduz-se nos valores faturados. Observa-se assim que à exceção dos meses de Julho, Agosto e Outubro o preço mensal pago de energia reativa não ultrapassa um euro, apenas nesses meses o valor é ultrapassado e somente no ano de 2011.

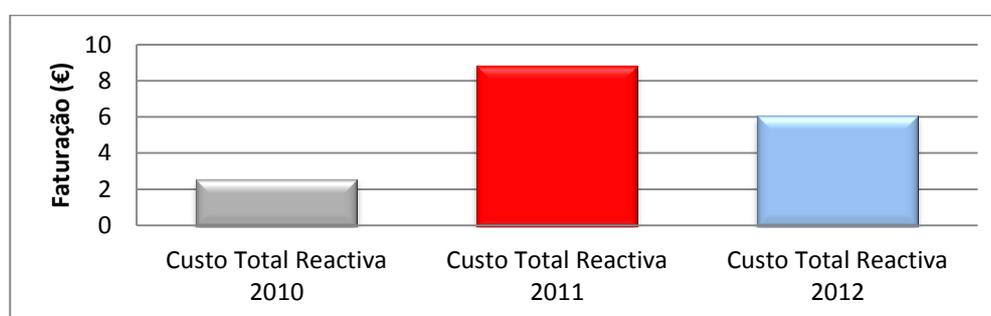


Figura 3.7- Custo total anual de energia reativa da residência Pedro Nunes

Para finalizar o gráfico da **figura 3.7** apresenta o valor faturado anualmente, sendo que 2011 foi o ano mais dispendioso tendo um encargo de aproximadamente 8,8€, em contrapartida 2010 teve um custo de apenas 2,5€. Para ser feita a obtenção destes valores foi necessária realizar uma percentagem sobre o tipo de energia reativa para que o preço pago depende-se dos vários escalões referentes a cada ano, sendo um escalão para 2010, dois escalões para 2011 e três escalões para 2012.

### 3.1.4 Faturação

A **figura 3.8** mostra os valores anuais da faturação ao longo dos últimos 3 anos, permitindo distinguir todos os fatores que contribuem para o valor final da fatura energética, percebendo assim o peso que cada um tem nesse custo. O ano de 2012 só tem valores até outubro, data da última fatura facultada.

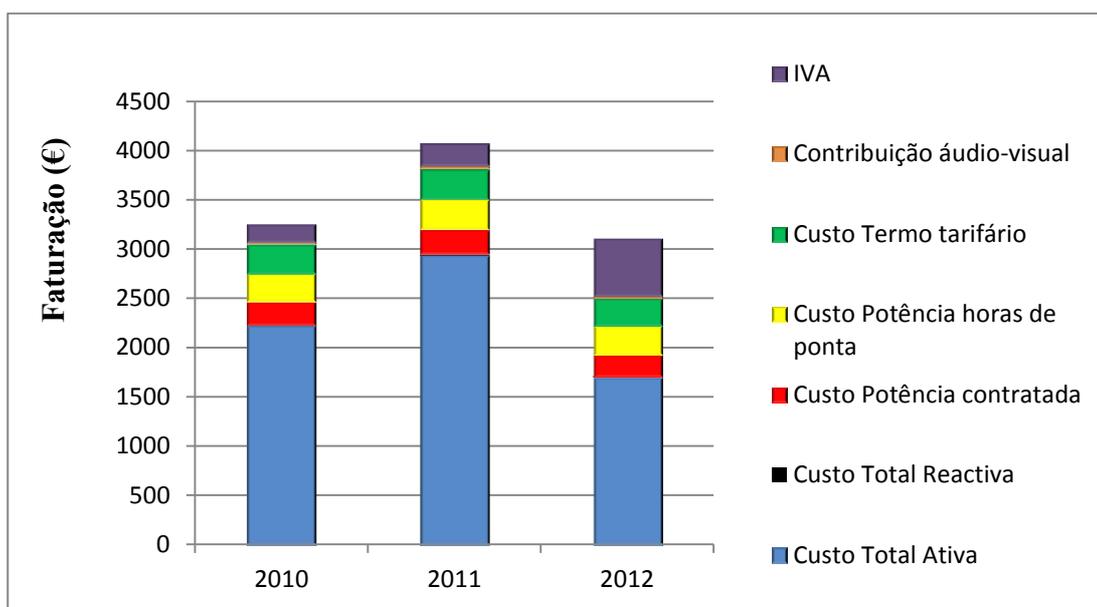


Figura 3.8- Desagregação da faturação anual da residência Pedro Nunes

Observa-se que a energia ativa é a que representa o maior valor na faturação. Com valores mais baixos, mas ainda significativos, tem-se o custo da potência contratada, o custo da potência de horas de ponta, o custo termo tarifário e o IVA. No caso do IVA pode-se mesmo observar que o aumento verificado em 2012 em relação aos anos transatos é bastante significativo, uma vez que o IVA subiu para a taxa máxima de 23% em 2012. Conclui-se ainda que em 2011 houve um aumento de 811,34€ na fatura energética em relação ao ano de 2010, custo esse que se deveu essencialmente à diferença de custos verificados na energia ativa consumida.

## 4 Auditoria Energética aos Edifícios

### 4.1 Apresentação dos Edifícios

#### 4.1.1 Residência Pólo II\_1

Em 1999 foi inaugurada uma moderna residência universitária, a primeira do Polo II da UC, no Pinhal de Marrocos <sup>[6]</sup>. A Residência Universitária Pólo II\_1, concebida pela dupla de arquitetos Manuel Aires Mateus e Francisco Aires Mateus, é uma residência de habitação mista com uma capacidade de 106 lugares divididos em 60 lugares para residentes do sexo masculino e 46 do sexo feminino <sup>[6] [7]</sup>.

#### **4.1.1.1 Constituição**

Esta residência encontra-se dividida em 7 pisos semelhantes entre eles, à exceção dos pisos 0 e 1 que apresentam algumas divisões diferentes dos restantes. Através das tabelas presentes no **apêndice IV.1.1** consegue-se uma melhor compreensão das divisões existentes em cada um dos pisos do edifício.

#### **4.1.2 Residência Pedro Nunes**

Esta residência, foi inaugurada no ano de 2004 e foi fruto de um acordo firmado entre a UC e o IPC, através do qual a UC cedeu o direito de superfície de um terreno de sua propriedade ao IPC, com a finalidade de aí serem construídos cinco blocos destinados a alojar estudantes, recebendo em contrapartida um bloco com capacidade para trinta e oito camas, devidamente mobilado e equipado, pronto a ser utilizado e gerido pelos SASUC como residência universitária, alojando 38 estudantes de ambos os sexos <sup>[6] [7]</sup>.

Segundo informações da responsável, este alojamento serve para albergar estudantes a realizar *Erasmus* em Portugal e estudantes a realizar doutoramento.

##### **4.1.2.1 Constituição**

Através das visitas realizadas no edifício apurou-se que esta residência é constituída por 4 pisos muito semelhantes entre si, à exceção do piso -1 e 0 que apresentam divisões distintas dos restantes. As tabelas apresentadas no **apêndice IV.1.2** representam as divisões disponíveis em cada espaço permitindo assim uma visão mais simples da distribuição existente no edifício.

#### **4.1.3 Restaurante Estádio Universitário**

Na margem esquerda do rio Mondego, no complexo universitário que engloba o Estádio Universitário e as instalações da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, encontra-se o Restaurante do Estádio Universitário, que abriu pela primeira vez as suas portas em Maio de 2004. Esta unidade alimentar oferece um serviço de refeição-tipo a pensar nas necessidades energéticas e nutricionais de uma população com elevado desempenho físico, das 12 às 18 horas e das 19 às 21:30 horas e possibilita ainda refeições ligeiras em idêntico horário. Além disso, possui ainda serviço de cafetaria das 8h30 às 11h <sup>[6]</sup>.

#### **4.1.3.1 Constituição**

Este espaço apresenta apenas um piso constituído por diversas divisões, na **tabela IV.12** presente no **apêndice IV.1.3** podemos observar todas as divisões constituintes deste edifício.

### **4.2 Utilização de Energia nos Edifícios**

No que diz respeito às residências a utilização de energia é semelhante, sendo apenas necessário fazer uma única descrição do tipo de energia utilizada e qual a sua finalidade.

Através das visitas realizadas pode-se constatar que existem dois tipos de recursos energéticos, são eles a eletricidade e gás natural. A energia elétrica aparece como a principal fonte de energia utilizada, e é responsável pela alimentação de todos os equipamentos elétricos do edifício, que vão desde dos equipamentos de cozinha à iluminação. Relativamente ao gás natural é utilizado para os sistemas de AQS e de Aquecimento central.

No caso do Restaurante Estádio Universitário apesar de utilizar os mesmos recursos energéticos o gás é também utilizado na cozinha, nomeadamente nos fogões presentes.

Apesar da importância dos consumos de gás natural e até mesmo de água, neste trabalho eles não foram abordados e apenas se realizou o estudo dos consumos elétricos de cada um dos edifícios.

### **4.3 Auditoria Deambulatória**

Na realização desta etapa da auditoria foi utilizado o programa Microsoft Excel de modo a facilitar o tratamento dos dados recolhidos permitindo assim apresentar com detalhe as características importantes dos edifícios em estudo. A **tabela IV.13**, presente no **apêndice IV.2**, consiste na base utilizada para o registo de cargas em todos os edifícios abordados.

#### **4.3.1 Residência Pedro Nunes**

##### **4.3.1.1 Potência Instalada por Piso**

Através dos dados recolhidos foi feita, numa primeira fase, uma desagregação por piso da potência instalada no edifício apresentada na **tabela 4.1**.

Tabela 4.1-Potência instalada por piso na residência Pedro Nunes

Piso	Potência Instalada (W)	Percentagem
Total instalado piso -1	6007	14,63%
Total instalado piso 0	13224,5	32,22%
Total instalado piso 1	11160	27,19%
Total instalado piso 2	10654	25,96%
<b>Total instalada</b>	<b>41045,5</b>	<b>100,00%</b>

Através do registo de todas as cargas presentes na residência obteve-se uma potência instalada total de 41045,5 W, é de referir desde já que para esta análise não se teve em conta os aparelhos pessoais presentes principalmente nos quartos, como por exemplo os computadores portáteis, carregadores de bateria, máquinas de barbear entre outros.

Com a desagregação obtida observa-se que o piso -1 é o que tem menor potência instalada apresentando um valor significativamente menor que os restantes, 6007 W, que representa 14,63% do total instalado. Isto deve-se ao facto deste piso ser quase só constituído por sistemas de iluminação, apresentando apenas na lavandaria e na casa das caldeiras cargas mais significativas. Os restantes três pisos não apresentam diferenças muito relevantes, pois apresentam características muito semelhantes entre si, à exceção do piso 0 que apresenta menos quartos devido ao facto de possuir uma sala de estar, e a cozinha possui um forno elétrico ao contrário do que acontece nas cozinhas dos outros pisos, sendo então o piso com maior potência instalada, 13224,5 W representado assim 32,22% do total obtido. Os pisos 1 e 2 têm uma potência instalada de 11160W e 10654 W respetivamente.

#### 4.3.1.2 Potência instalada por divisão

Feita a distribuição da potência instalada pelos vários pisos da instalação, revela-se importante fazer uma desagregação semelhante tendo em conta as várias divisões constituintes do edifício, para esse efeito construiu-se a **tabela 4.2**.

Tabela 4.2- Potência instalada por divisão na residência Pedro Nunes

Divisão	Potência Instalada (W)	Porcentagem
Cozinha	30196	73,57%
Corredores	414	1,01%
Quartos	855	2,08%
Escadas	512	1,25%
Terraço	27	0,07%
Estendal	36	0,09%
Casa das Caldeiras	515	1,25%
Arrecadação	386	0,94%
Sala de estudo	696	1,70%
Sala de estar	1803,5	4,39%
Casa de banho	589	1,43%
Lavandaria	5016	12,22%
<b>Total instalada</b>	<b>41045,5</b>	<b>100,00%</b>

Como era de se esperar é nas cozinhas que reside a maior fatia da potência instalada na residência, sendo aqui encontradas as cargas mais significativas, contabilizando 73,57% do total instalado o que representa um valor de 30196 W. Resta salientar que as restantes divisões contabilizam quase só sistemas de iluminação, à exceção da lavandaria que apresenta uma máquina de lavar, uma de secar e o ferro de engomar, da sala de estar e da casa das caldeiras.

#### 4.3.1.3 Potência instalada por uso final

Finalmente, e para ter uma avaliação de onde é que efetivamente se registam os equipamentos com maior potência instalada foi construída a **tabela 4.3** com a desagregação da potência por uso final.

Tabela 4.3- Potência instalada por uso final na residência Pedro Nunes

Tipo de utilização	Potência Instalada (W)	Porcentagem
Iluminação	4495	10,95%
Equipamentos de cozinha	24870	60,59%
Equipamentos de lavandaria	4900	11,94%
Outros	6780,5	16,52%
<b>Total instalada</b>	<b>41045,5</b>	<b>100,00%</b>

Conclui-se, então, que a maior percentagem de potência instalada é proveniente dos equipamentos de cozinha, 60,59% que representa uma potência de 24870 W, é de facto nesta

divisão que se pode encontrar os equipamentos com potências mais elevadas tais como fogões, forno elétrico, micro-ondas, frigoríficos, etc. Relativamente aos outros tipos de cargas contabilizadas, tais como os motores das caldeiras, a televisão, a máquina de café, o computador, etc. representam uma percentagem de 16,52%. A iluminação e os equipamentos de lavandaria constituem os restantes grupos apresentados com percentagens de 10,95% e 11,94% respetivamente.

## 4.3.2 Pólo II\_1

### 4.3.2.1 Potência instalada por piso

Os dados da **tabela 4.4** que se encontra abaixo, foi construída com base nos dados recolhidos durante a auditoria deambulatória realizada no edifício e representa a desagregação por piso da potência instalada na residência.

**Tabela 4.4- Potência instalada por piso na residência PóloII\_1**

Piso	Potência Instalada (W)	Percentagem
Total instalado piso 0	14254	18,43%
Total instalado piso 1	14532	18,79%
Total instalado piso 2	7965	10,30%
Total instalado piso 3	9680	12,52%
Total instalado piso 4	10685	13,82%
Total instalado piso 5	11262	14,56%
Total instalado piso 6	8965	11,59%
<b>Total instalada</b>	<b>77343</b>	<b>100,00%</b>

Analisando os dados obtidos verifica-se que a potência total instalada é de 77343 W, tal como anteriormente não foram contabilizados as potências dos aparelhos de uso pessoal. Verifica-se ainda que os pisos 0 e 1 são os que apresentam maiores potências instaladas, respetivamente 14254 W e 14532 W, a soma destes dois pisos representa 37,22% do total de potência instalada no edifício. Estes dois pisos são os maiores e albergam um maior número de quartos, sendo que as cozinhas também são maiores, além disso no piso 0 pode-se encontrar ainda a lavandaria.

A estrutura dos restantes pisos são iguais entre si, as diferenças de potência instalada que se verificam deve-se sobretudo aos equipamentos encontrados na cozinha, que nalguns pisos se encontravam e noutros não.

#### 4.3.2.2 Potência instalada por divisão

Feita então a distribuição da potência instalada pelos vários pisos da instalação, revela-se importante fazer uma desagregação semelhante tendo em conta as várias divisões constituintes do edifício, nesse sentido foi construída a **tabela 4.5**.

Tabela 4.5- Potência instalada por divisão na residência PóloII\_1

Divisão	Potência Instalada (W)	Percentagem
Cozinha	61847	79,96%
Corredores	2726	3,52%
Quartos	3712	4,80%
Escadas	364	0,47%
Hall dos quartos	754	0,97%
Hall entrada principal	862	1,11%
Casa das Caldeiras	608	0,79%
Arrumos	2054	2,66%
Casa de banho	1508	1,95%
Lavandaria	2908	3,76%
<b>Total instalada</b>	<b>77343</b>	<b>100,00%</b>

Tal como era espectável, e à semelhança da outra residência estudada, é nas cozinhas que reside a maior fatia da potência instalada na residência, contabilizando 79,96% do total instalado o que representa um valor de 61847 W, esse facto é justificável uma vez que é nesta divisão que são encontradas as cargas mais significativas. As restantes divisões apresentam valores próximos entre si, e a potência instalada contabilizada deve-se quase na totalidade aos sistemas de iluminação, à exceção da lavandaria que apresenta quatro máquinas de lavar e uma de secar, sendo no entanto máquinas de uso doméstico, o que faz com esta divisão tal como as outras não tenha grande expressão, ainda assim contabiliza 2908 W o que representa 3,76% do total.

#### 4.3.2.3 Potência instalada por uso final

Por forma a ter uma avaliação final de onde efetivamente se regista os principais focos de potência ativa instalada, foi feita na **tabela 4.6** uma desagregação da potência por uso final.

Tabela 4.6- Potência instalada por uso final na residência PóloII\_1

Tipo de utilização	Potência Instalada (W)	Percentagem
Iluminação	8102	10,48%
Equipamentos cozinha	47897	61,93%
Equipamentos de lavandaria	2800	3,62%
Outros	18544	23,98%
<b>Total instalada</b>	<b>77343</b>	<b>100,00%</b>

Conclui-se então que a maior percentagem é proveniente dos equipamentos de cozinha, com 61,93% que representa uma potência de 47897 W, é de facto nesta divisão que podemos encontrar os equipamentos com maiores potências tais como fogões, forno elétrico, micro-ondas, grelhadores, torradeiras, etc. Nas outras cargas contabilizadas foram englobados equipamentos tais como os motores das caldeiras, as televisões, as máquinas de café, a máquina de sumos, os aspiradores, os ferros de engomar, etc. que representam de 23,98% do total, ou seja, 18544 W. A iluminação e os equipamentos da lavandaria representam os restantes grupos apresentados com percentagens de 10,45% e 3,62% respetivamente.

### 4.3.3 Restaurante Estádio Universitário

#### 4.3.3.1 Potência instalada por divisão

O restaurante Estádio Universitário é composto por apenas um piso, e por isso a análise vai ser feita imediatamente tendo em conta a potência instalada nas diversas divisões constituintes do edifício. Com os dados então recolhidos na auditoria deambulatória realizada no edifício construiu-se a **tabela 4.7** que representa a potência instalada pelas diversas divisões.

Tabela 4.7-Potência instalada por divisão no restaurante Estádio Universitário

Divisão	Potência Instalada (W)	Percentagem
Bar de Apoio	19813	19,96%
Corredores	1020	1,03%
Sala de Refeições	1584	1,60%
Casas de Banho	3362	3,39%
Balcão Principal	8294	8,35%
Hall entrada de mercadorias	858	0,86%
Escritório	436	0,44%
Sala das arcas	4446	4,48%
Corredor das arcas	1300	1,31%
Despensa	36	0,04%
Casa das caldeiras	36	0,04%
Cozinha	48516	48,87%
Sala de preparação de alimentos	1286	1,30%
Copa	8296	8,36%
<b>Total instalada</b>	<b>99283</b>	<b>100,00%</b>

Através dos dados recolhidos, conclui-se que a potência total instalada na cantina é de 99283 W, sendo a maior percentagem pertencente à cozinha com 48,87% o que equivale a 48516 W, é de facto nesta divisão que se encontram os aparelhos de maior consumo tais como os fornos e fritadeiras, por exemplo. Destaque ainda para o bar de apoio com 19,96%, para o balcão principal, copa e sala das arcas com respetivamente 8,35% e 8,36% e 4,48% da potência total instalada. As restantes divisões apresentam percentagens baixas, sendo que algumas delas apenas apresentam sistemas de iluminação.

#### 4.3.3.2 Potência instalada por uso final

De forma a esquematizar a distribuição da potência pelos vários tipos de equipamentos presentes foi construída a **tabela 4.8**, em que os equipamentos encontrados durante a auditoria deambulatória foram caracterizados em 7 categorias.

Tabela 4.8- Potência instalada por uso final no restaurante Estádio Universitário

Tipo de utilização	Potência Instalada (W)	Porcentagem
Iluminação	4760	5%
Equipamentos de Confeção	42250	43%
Equipamentos de Preparação	7200	7%
Equipamentos de Frio	7556	8%
Equipamentos de Bar	7744	8%
Equipamentos de Lavagem	14900	15%
Outros	14873	15%
<b>Total instalada</b>	<b>99283</b>	<b>100%</b>

Assim através da análise efetuada, verifica-se que a maior parcela da potência instalada pertence aos equipamentos de confeção com 43%, ou seja 42250W, neste grupo enquadra-se os fornos, as fritadeiras, os micro-ondas, o banho-maria etc. Os restantes grupos têm percentagens próximas entre si, sendo que a iluminação é a que apresenta uma menor percentagem, 5% que corresponde a 4760W.

#### 4.4 Auditoria Analítica

##### 4.4.1 Quadro Geral

##### 4.4.1.1 Pólo II\_1

##### 4.4.1.1.1 Diagrama de Carga

Através dos dados obtidos na monitorização efetuada no quadro principal da residência Pólo II\_1 obteve-se o diagrama de carga representado na **figura 4.4**, que expõe a monitorização feita durante uma semana correspondente ao intervalo de dias entre 22-10-2012 e 28-10-2012.

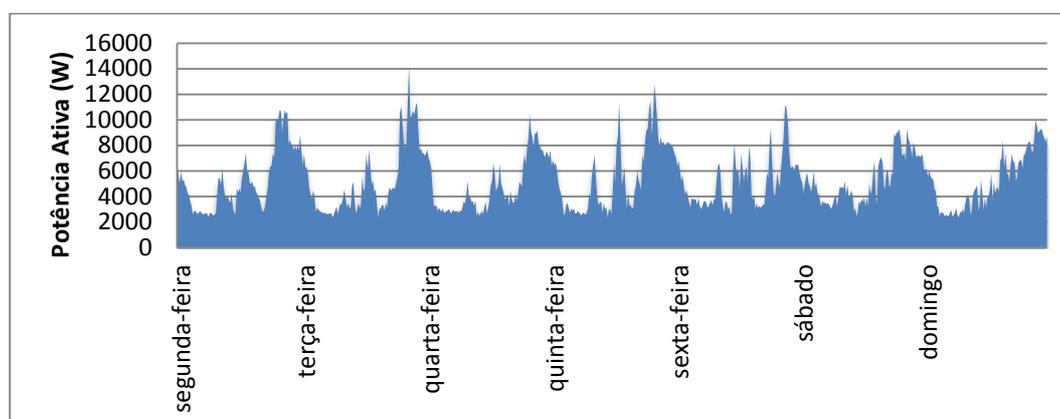
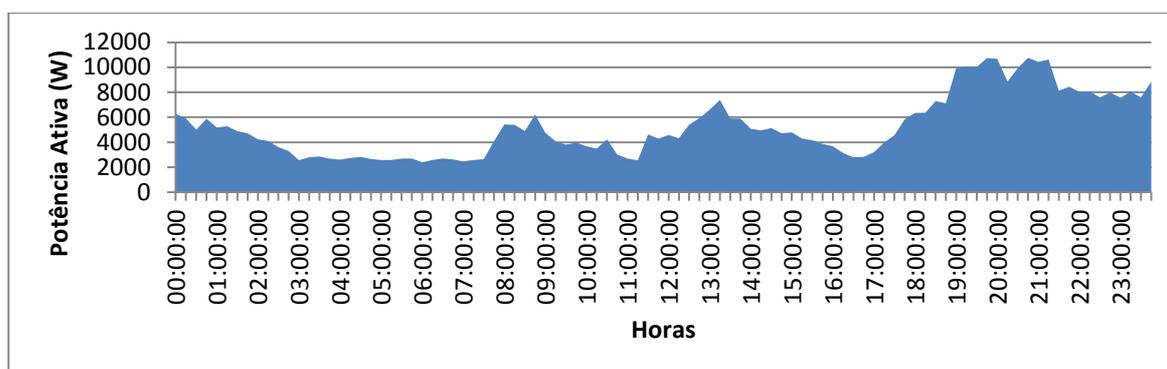


Figura 4.1-Diagrama de carga semanal da residência Pólo II\_1

Pela análise da figura é possível observar que o consumo é semelhante de dia para dia, sendo que os picos máximos de potência se registam durante os dias úteis, nomeadamente à terça e quinta-feira. No fim de semana, principalmente até ao domingo à noite os consumos de potência ativa descem uma vez que estão presentes menos estudantes nestes períodos.

A **figura 4.5** que representa o diagrama de carga de um só dia, e foi elaborado de forma a compreender as oscilações de potência ativa que ocorrem ao longo do dia.



**Figura 4.2- Diagrama de carga diário da residência Pólo II\_1**

Este diagrama é referente ao dia 22-10-2012 (segunda-feira), de onde se pode concluir que as horas de maior consumo se situam entre as 12h e as 14h que corresponde ao horário de almoço, e depois mais tarde a partir das 19h, sendo que o pico máximo se situa entre as 19h e as 21h, que corresponde ao horário de jantar e simultaneamente ao período em que a taxa de ocupação da residência é maior.

Ainda relativamente à **figura 4.4**, por análise dos dados obtidos, verifica-se que a variação da potência ativa vai desde um mínimo de 2320,24 W até um máximo de 14291,61 W, sendo que este máximo foi atingido no dia 23-10-2011 (terça-feira) pelas 20:45h. Observa-se ainda que os valores mínimos de potência rondam sempre os 2500 W e correspondem principalmente ao consumo de equipamentos em *stand-by*, equipamentos de frio e iluminação permanente.

#### **4.4.1.1.2 Desagregação por período horário**

O gráfico da **figura 4.6** representa a desagregação por período horário dos consumos de energia registados ao longo da semana monitorizada.

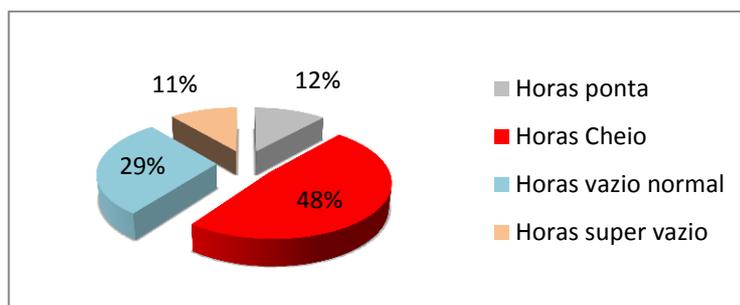


Figura 4.3-Desagregação de energia ativa por período horário da residência Pólo II\_1

Aqui pode-se observar que a maior fatia do consumo se situa no período correspondente às horas de cheio com uma percentagem de 48%, o que é perfeitamente expectável uma vez que esse horário engloba precisamente as horas onde as potências ativas são maiores, e onde a taxa de ocupação da residência é também maior. Em contrapartida o horário correspondente às horas de vazio normal apresenta apenas uma percentagem de 11% do consumo total. Conclui-se ainda que, considerando os consumos totais para a semana em estudo obteve-se um consumo total de energia ativa de 793 kWh.

#### 4.4.1.1.3 Energia Reativa

O diagrama da **figura 4.7** representa a distribuição de potência reativa ao longo de uma semana, correspondendo ao intervalo de datas atrás mencionado.

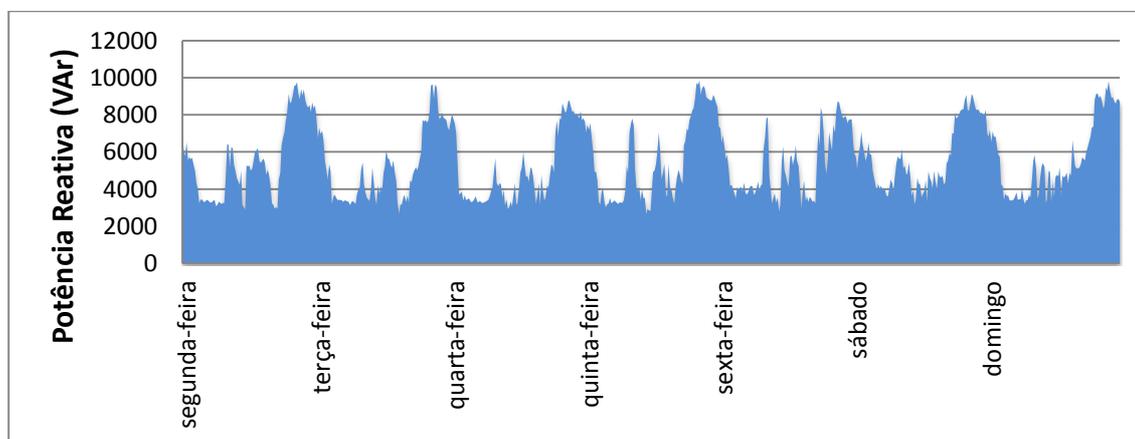


Figura 4.4-Diagrama de evolução semanal da potência reativa da residência Pólo II\_1

Através dos cálculos efetuados e comparando os dados da potência ativa e da potência reativa na mesma semana de estudo, observa-se que se verificam as condições necessárias para haver faturação de energia reativa neste período de tempo.

É de notar, também, que os principais picos de consumo se situam no final de cada dia e o valor mínimo ronda os 2700 VAR em todos os dias da semana. A potência reativa neste período de monitorização é indutiva, ou seja a energia reativa é absorvida pelo edifício.

#### 4.4.1.2 Restaurante Estádio Universitário

##### 4.4.1.2.1 Diagrama de Carga

Através dos dados da monitorização efetuada no quadro principal do Restaurante Estádio Universitário construiu-se o diagrama de carga representado na **figura 4.8**, onde são apresentados os dados obtidos numa semana de recolha correspondente ao intervalo de dias compreendido entre 5-11-2012 e 11-11-2012.

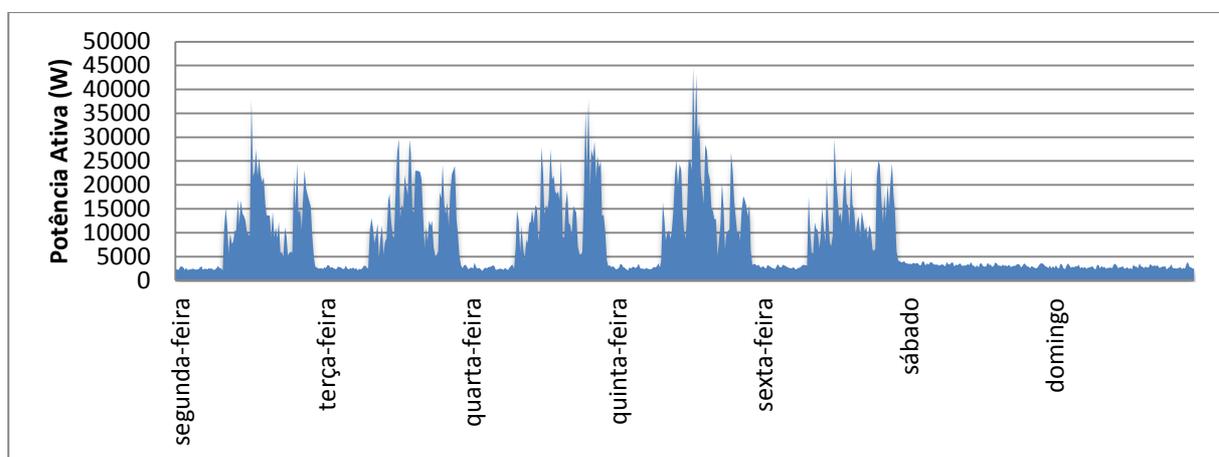


Figura 4.5- Diagrama de carga semanal do restaurante Estádio Universitário

Pela análise do diagrama conclui-se que a evolução dos consumos de potência ativa ao longo dos dias úteis é bastante semelhante uma vez que funcionamento deste restaurante mantém a mesma rotina nestes dias. Durante o fim de semana o restaurante encontra-se encerrado o que explica os baixos níveis de potência ativa, durante este período praticamente só as arcas frigoríficas estão em funcionamento.

Através da **figura 4.9**, que representa o diagrama de carga de um dia de funcionamento normal do estabelecimento, pode-se compreender melhor os consumos de potência ativa e os períodos do dia em que estes ocorrem.

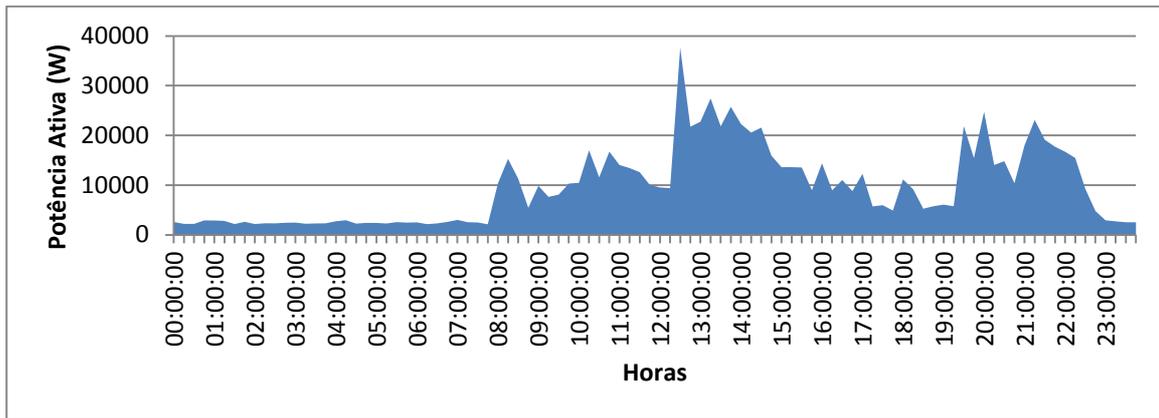


Figura 4.6- Diagrama de carga diário do restaurante Estádio Universitário

Fazendo uma análise então do diagrama acima, verifica-se que o restaurante entra em funcionamento por volta das 8h que é altura que se começam a servir os pequenos-almoços. Durante o período das 12h às 15h há um aumento muito significativo do consumo de potência ativa, período esse que corresponde ao horário de almoço. Volta-se a ter valores significativos a partir das 19:30h até por volta das 22h, ou seja, no período correspondente ao horário de jantar. O máximo de potência obtido neste dia foi 37639,39 W ocorrido às 12:30h.

Voltando ao diagrama da **figura 4.8**, analisando os valores obtidos nesta monitorização verifica-se que a potência ativa da instalação sofreu uma variação que vai desde um mínimo de 2000,86 W até um máximo de 44607,08 W. Este valor máximo foi atingido na data de 08-11-2012 (quinta-feira), pelas 13:15h. Os valores mínimos mantêm-se por volta dos 2000 W, e correspondem como já foi dito anteriormente quase na sua totalidade ao consumo proveniente das arcas frigoríficas.

#### 4.4.1.2.2 Desagregação por período horário

Para elaborar a desagregação por período horário do consumo de energia elétrica obtido durante a semana monitorizada, obteve-se o gráfico da **figura 4.10**.

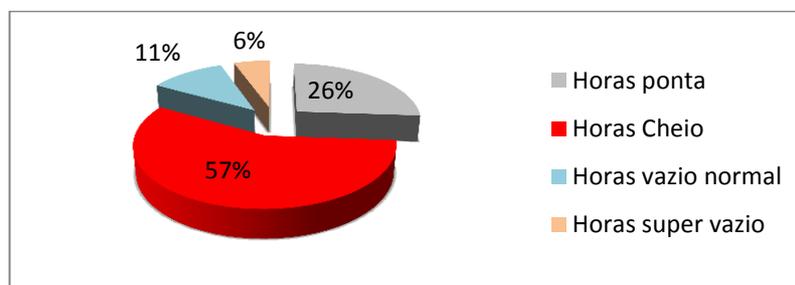


Figura 4.7-Desagregação da energia ativa por período horário do restaurante Estádio Universitário

Pela análise do gráfico verifica-se que a maior fatia do consumo se situa no período correspondente às horas de cheio com uma percentagem de 57%, justificável por esse horário englobar precisamente as horas onde as potências ativas são maiores. Destaque também para o elevado consumo nas horas de ponta, 26%, que se deve ao facto deste período horário englobar parte das horas do pequeno almoço e do jantar. Em contrapartida o horário correspondente às horas de vazio normal representa apenas uma percentagem de 6% do consumo total. Conclui-se ainda que considerando os consumos totais para a semana em estudo obteve-se um consumo total de energia ativa de 1400,89 kWh.

#### 4.4.1.2.3 Energia Reativa

O diagrama da **figura 4.11** representa a distribuição da potência reativa durante o mesmo período da monitorização anterior.

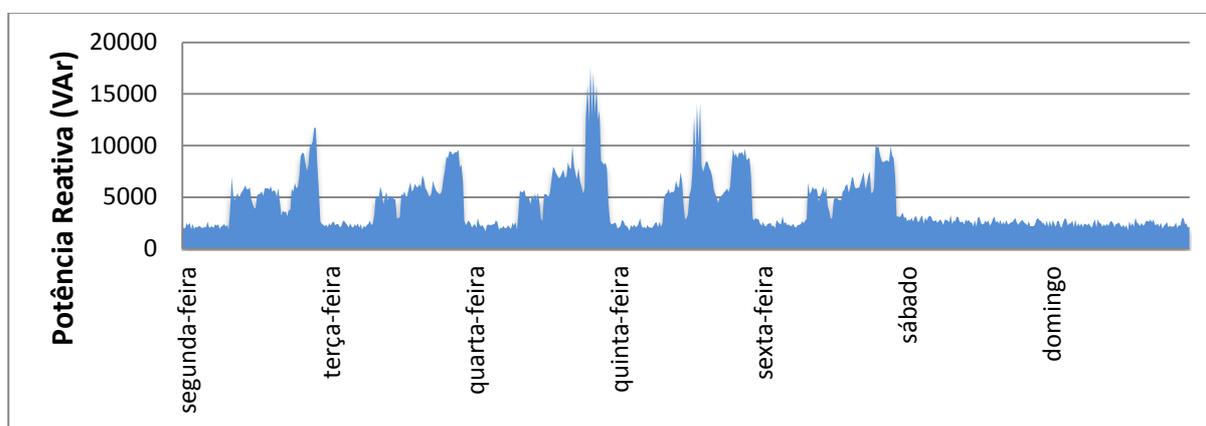


Figura 4.8-Distribuição semanal da potência reativa do restaurante Estádio Universitário

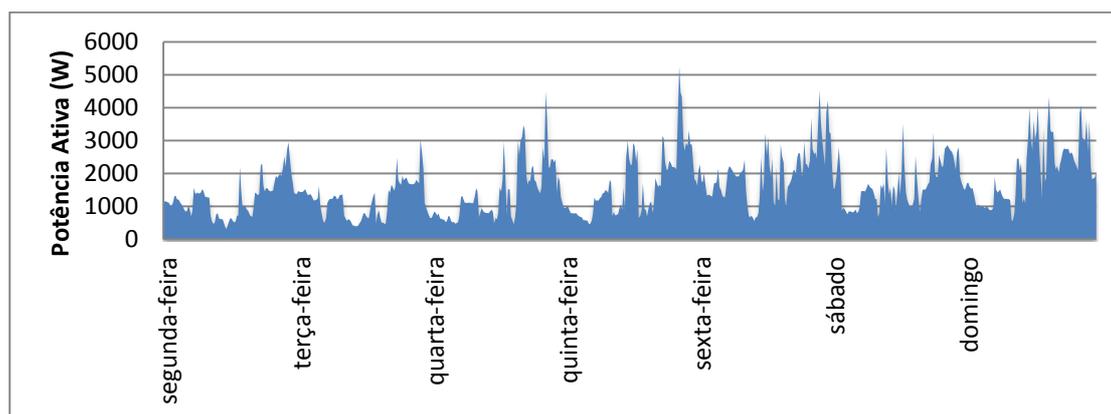
Através dos cálculos efetuados e comparando os dados da potência ativa e da potência reativa na mesma semana de estudo, conclui-se que não estão presentes as condições necessárias para haver faturação de energia reativa neste período de tempo. Observa-se também que no período estudado a potência reativa é do tipo indutivo, ou seja a energia reativa é absorvida pela instalação.

De verificar ainda que o consumo mínimo ronda os 2000 VAR durante todos dias da semana, existindo picos de consumo normalmente nas horas que correspondem aos períodos de almoço e jantar, exceto ao fim de semana em que o valor se mantém no mínimo durante todo dia uma vez que o restaurante se encontra encerrado nesse mesmo período.

### 4.4.1.3 Residência Pedro Nunes

#### 4.4.1.3.1 Diagrama de Carga

Tal como nos casos anteriores, realizou-se uma monitorização no quadro principal da residência Pedro Nunes e obteve-se o diagrama de carga apresentado na **figura 4.12** que é a representação dos dados obtidos através da monitorização durante um período de uma semana correspondente aos dias 31-12-2012 a 06-01-2013.



**Figura 4.9-Diagrama de carga semanal da residência Pedro Nunes**

Pela análise do diagrama conclui-se que a evolução dos consumos de potência ativa segue uma distribuição semelhante ao longo dos dias. De notar apenas que segunda e terça-feira representam um menor consumo, no entanto estes correspondem aos dias 31 e 1, dias da passagem de ano, e certamente a taxa de ocupação seria mais baixa.

Durante o fim de semana o consumo é praticamente igual ao do resto da semana, contrariamente ao que acontecia na residência Pólo II\_1, que também é abordada neste trabalho, isto é explicado porque esta residência se destina a receber estudantes de *Erasmus*, e como tal mantém sempre a mesma taxa de ocupação.

Através da **figura 4.13**, que representa o diagrama de carga de um dia de funcionamento do edifício, é possível compreender melhor os consumos de potência ativa e os períodos do dia em que estes ocorrem.

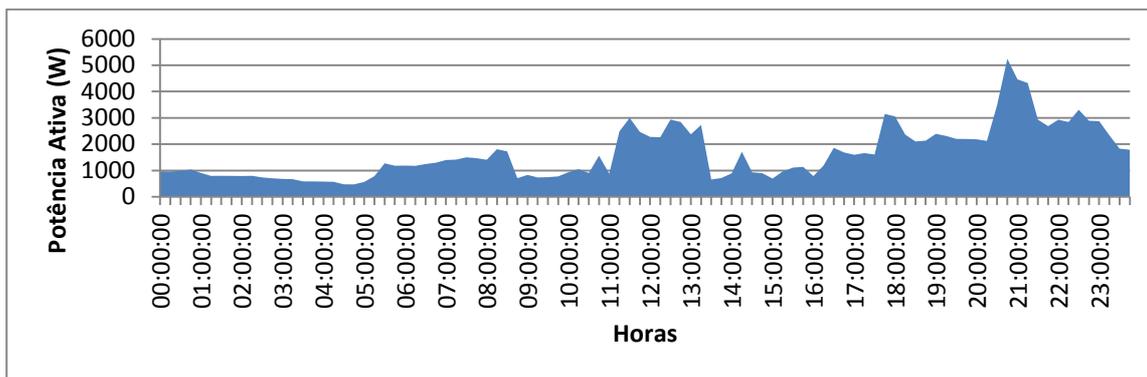


Figura 4.10-Diagrama de carga diário da residência Pedro Nunes

Este diagrama é referente ao dia 03-01-2013 (quinta-feira), e através do qual se pode concluir que as horas de maior consumo se situam entre as 11h e as 12h, correspondendo ao horário de almoço, e depois a partir das 18h, sendo que o pico máximo se situa entre as 20h e as 22h, que corresponde ao horário de jantar e simultaneamente ao período em que a taxa de ocupação da residência é maior.

Ainda relativamente à **figura 4.12**, por análise dos dados obtidos, verifica-se que a variação da potência ativa vai desde um mínimo de 313,75 W até um máximo de 5243,86 W. Este máximo foi atingido no dia 03-01-2013 (quinta-feira) pelas 20:45h. Em média os valores mínimos rondam os 600W e ocorrem principalmente durante a madrugada, correspondendo ao consumo de equipamentos em *stand-by*, equipamentos de frio e iluminação permanente.

#### 4.4.1.3.2 Desagregação por período horário

O gráfico da **figura 4.14** representa a desagregação por período horário dos consumos de energia registados ao longo da semana monitorizada.

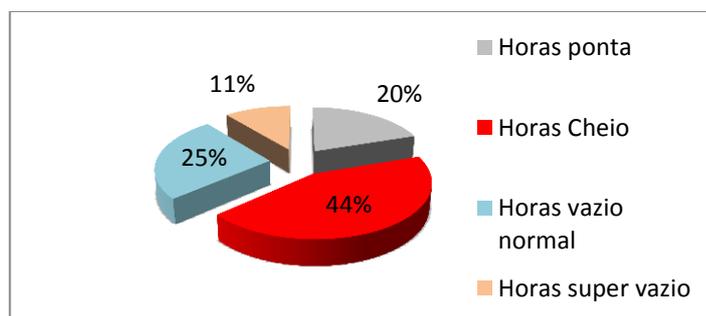


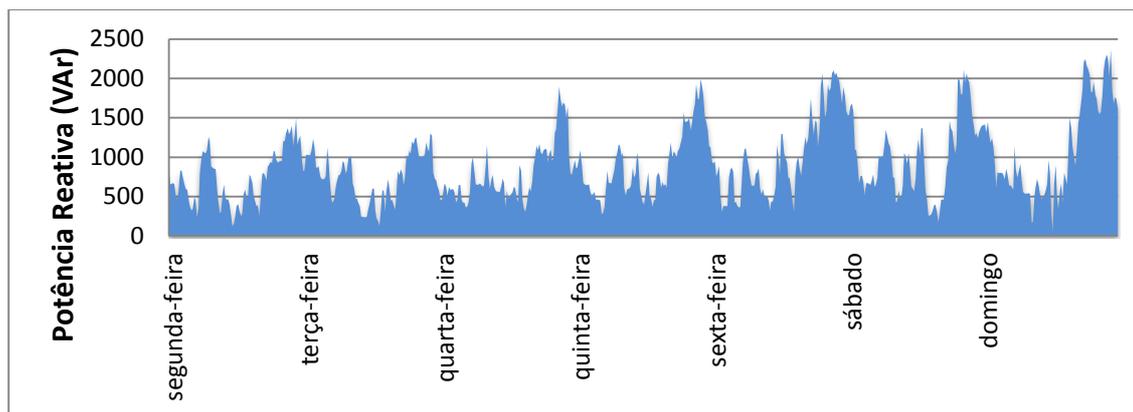
Figura 4.11-Desagregação de energia ativa por período horário da residência Pedro Nunes

Pela análise do gráfico da figura acima é possível verificar que a maior fatia do consumo se situa no período correspondente às horas de cheio com uma percentagem de 44%, o que é perfeitamente expectável uma vez que esse horário engloba precisamente as horas onde se

observa um maior consumo de potência ativa, e onde a taxa de ocupação da residência é também maior, em contrapartida o horário correspondente às horas de super vazio representa a percentagem mais baixa do consumo total, apenas 11%. Finalmente obteve-se um consumo total para a semana em estudo de 269,16 kWh.

#### 4.4.1.3.3 Energia Reativa

O diagrama da **figura 4.15** representa a distribuição de potência reativa ao longo da semana de monitorização anteriormente referida.



**Figura 4.12-Diagrama da distribuição de potência reativa da residência Pedro Nunes**

Através dos cálculos efetuados e comparando os dados da potência ativa e da potência reativa na mesma semana de estudo, conclui-se que não estão presentes as condições necessárias para haver faturação de energia reativa neste período de tempo. Observa-se também que no período estudado a potência reativa é do tipo indutivo à semelhança do que acontece nos outros edifícios estudados. De verificar ainda que o consumo mínimo ronda os 300 VAR, durante todos os dias da semana, existindo picos de consumo normalmente nas horas que correspondem aos períodos de almoço e de jantar.

#### 4.4.2 Quadros Parciais

##### 4.4.2.1 Pólo II\_1

Uma vez que os pisos desta residência são muito semelhantes entre si, à exceção do piso 0 e piso 1, resolveu-se fazer apenas a monitorização em dois pisos distintos, os pisos escolhidos foram precisamente o piso 0, e também o piso 5 por ser considerado um piso representativo dos restantes existentes na residência.

#### 4.4.2.1.1 Piso 0

O diagrama da **figura 4.16** representa então uma monitorização semanal realizada no quadro do piso 0 durante os dias de 8-10-2012 a 14-10-2012.

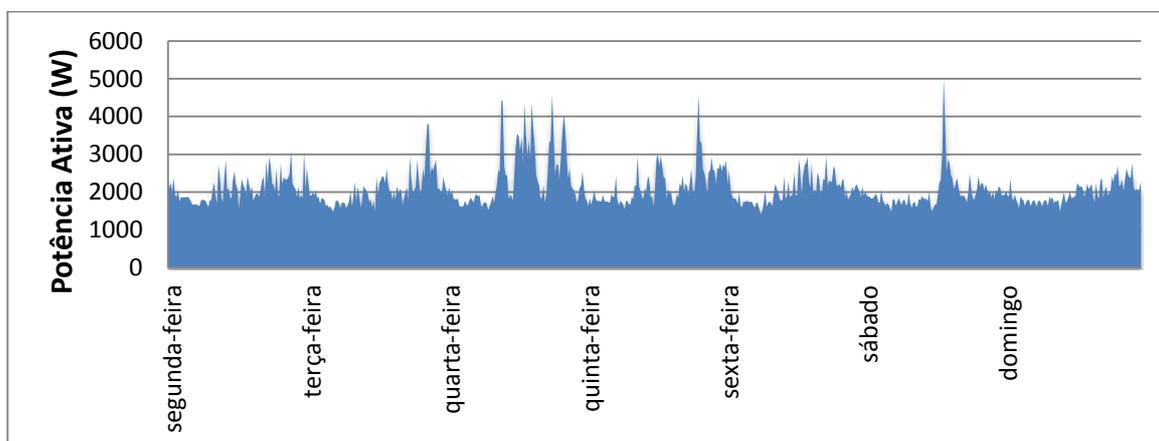


Figura 4.13-Diagrama semanal de carga no piso 0 da residência Pólo II\_1

Com a análise do diagrama observa-se que a distribuição de potência ativa ao longo dos dias segue de forma semelhante ao que acontecia na monitorização que se fez no quadro geral. A característica principal que distingue este piso dos restantes é a existência da lavandaria, assim através dos resultados obtidos verifica-se que a variação da potência ativa vai desde um mínimo de 1425,78 W até um máximo de 5010,27 W. Os picos máximos de potência ativa são atingidos normalmente a partir das 19h, que como já foi visto na análise feita ao quadro geral é o período onde se encontra mais estudantes na residência.

#### 4.4.2.1.2 Piso 5

Na **figura 4.17** está presente um diagrama referente a uma monitorização semanal decorrida durante os dias de 8-10-2012 e 14-10-2012, efetuada no piso 5.

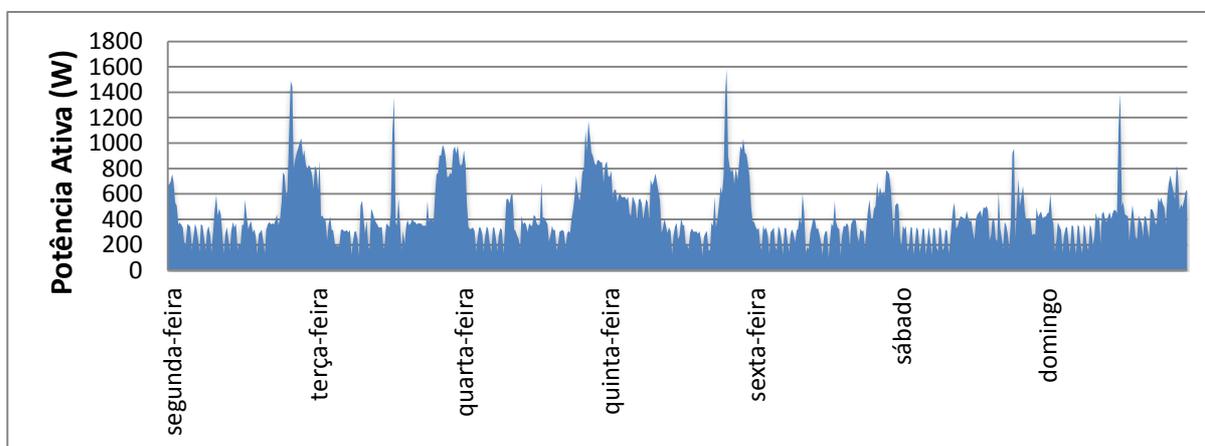


Figura 4.14-Diagrama semanal de carga no piso 5 da residência Pólo II\_1

A distribuição de potências ativas obtidas na monitorização deste piso é bastante próxima da que foi obtida a partir do quadro geral, como era de se esperar.

Uma vez que os restantes pisos são semelhantes a este à exceção do piso zero, que já se analisou separadamente, e do piso 1, pode-se estender a análise feita neste piso aos restantes. Então através dos resultados obtidos verifica-se que a evolução da potência ativa varia desde um mínimo de 95,41 W até um máximo de 1582,97 W. Os picos de potência ocorrem normalmente ao final do dia pelas mesmas razões já explicadas anteriormente.

É importante verificar que as potências observadas são relativamente baixas o que pode ser justificado pelo facto dos equipamentos de maior consumo que aqui existem são os eletrodomésticos existentes na cozinha, mas como existe a possibilidade dos estudantes fazerem as refeições na cantina que se situa próxima da residência, estes acabam por ser utilizados apenas esporadicamente.

#### 4.4.2.2 Restaurante Estádio Universitário

Durante a auditoria analítica realizada no Restaurante Estádio Universitário, além do quadro geral do edifício considerou-se que seria de especial importância realizar também uma monitorização no quadro de cozinha, que são onde se encontram os focos de maior consumo da instalação. É de referir, ainda, que a monitorização efetuada decorreu em simultâneo com a que foi feita no quadro geral do restaurante.

##### 4.4.2.2.1 Quadro de Cozinha

O diagrama da **figura 4.18** representa a evolução da potência ativa obtida através da monitorização realizada no quadro de cozinha.

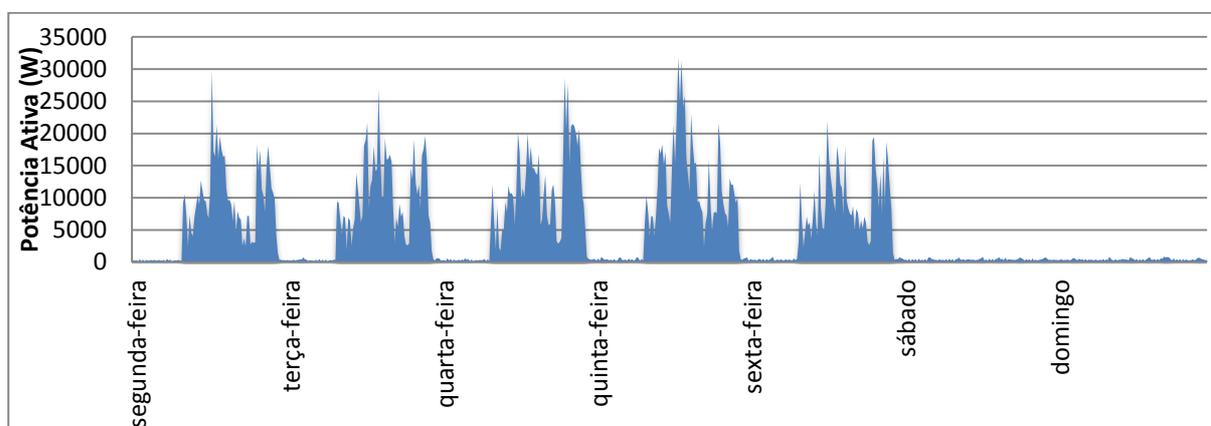


Figura 4.15-Diagrama semanal do quadro de cozinha do restaurante Estádio Universitário

Pela análise do diagrama acima observa-se que o maior consumo se verifica nos períodos em que estão a decorrer as refeições de almoço e jantar, que como é de esperar são os períodos onde se encontram mais equipamentos a serem utilizados. Durante o resto do dia os consumos permanecem muitos baixos a rondar uma centena de watts. Durante o período de monitorização a variação de potência ativa estabeleceu-se entre um mínimo de 133,77 W e um máximo de 31985,38 W.

#### 4.4.2.3 Pedro Nunes

Os pisos desta residência semelhantes entre si, à exceção do piso -1 que ao invés de ter quartos tem a lavandaria, assim sendo considerou-se importante fazer um estudo mais pormenorizado desta divisão. Outro piso diferente dos restantes é o piso 0, que tem uma sala de estar, contudo não foi possível realizar qualquer monitorização neste piso. A outra monitorização foi então realizada no piso 1, considerado como um piso tipo uma vez que os restantes pisos são semelhantes a este, à exceção dos já referidos anteriormente, não se justificando por isso qualquer monitorização dos restantes pisos.

##### 4.4.2.3.1 Lavandaria

A monitorização semanal efetuada durante os dias de 31-12-2013 a 06-12-2013 encontra-se representada no diagrama da **figura 4.19**.

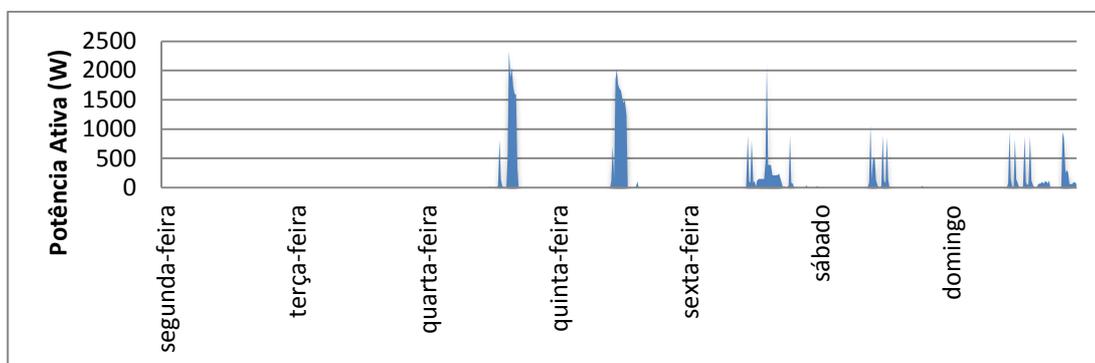


Figura 4.16-Diagrama semanal da lavandaria da residência Pedro Nunes

A utilização da lavandaria é feita pelos residentes sem qualquer horário de utilização específico, ficando essa utilização ao cargo dos próprios, dessa forma o facto de na segunda e terça-feira não haver registo de qualquer consumo não tem a ver com qualquer limitação de horários. Contudo verifica-se que a maior utilização deste espaço se dá preferencialmente durante as horas de cheio e de vazio normal. As cargas mais importantes deste espaço são duas máquinas, uma de lavar e uma de secar, o máximo de potência ativa registado é de 2231,42W.

#### 4.4.2.3.2 Piso 1

O diagrama da **figura 4.20** representa uma monitorização semanal efetuada durante os mesmos períodos do quadro geral e do quadro de lavandaria.

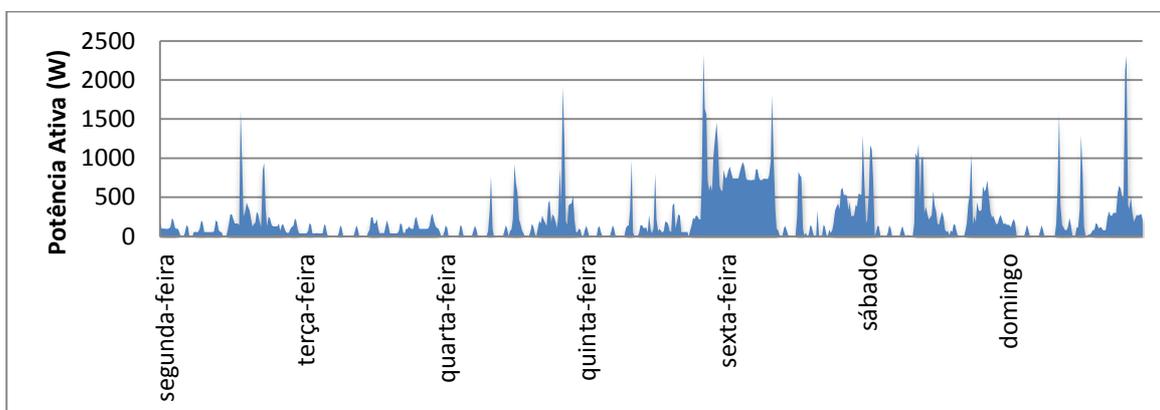


Figura 4.17-Diagrama semanal do piso 1 da residência Pedro Nunes

Através da análise do diagrama acima pode-se verificar que os períodos de maior consumo se situam principalmente durante a noite, uma vez que como é normal estão mais residentes no edifício. Durante as horas de almoço também se destacam alguns picos de consumo sendo esses devido principalmente ao uso dos equipamentos da cozinha. Durante a madrugada de sexta registou-se um aumento do consumo comparativamente aos restantes dias, no entanto presume-se que se trata de um acontecimento esporádico. Conclui-se ainda através dos dados obtidos que a variação de potência ativa vai desde um mínimo de 0 W até um máximo de 2344,54 W.

## 5 Inquéritos realizados aos estudantes da residência

### 5.1 Objetivo

Durante a auditoria deambulatória é impossível contactar com todos os residentes e perceber deste modo alguns dos hábitos que existem, foi nesse sentido que foram distribuídos inquéritos na residência Pólo II\_1, para obter dados quantitativos acerca dos comportamentos dos residentes que possam ter influência no consumo da energia elétrica. Estes inquéritos foram apenas aplicados na residência Polo II\_1, uma vez que na residência Pedro Nunes o universo da amostra era muito reduzido, já que a maior parte dos residentes se encontrava de férias aquando da aplicação destes.

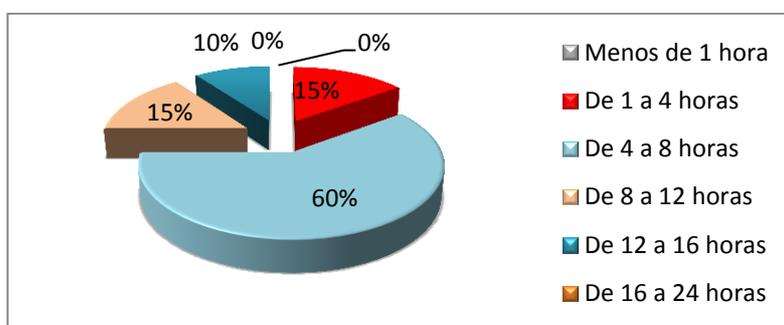
Foram distribuídos um total de 63 inquéritos, correspondente ao número de residentes que segundo a responsável se encontravam a habitar no edifício naquele momento, no entanto foram

recolhidos apenas 20 questionários preenchidos o que diminui o número da amostra, podendo alterar a veracidade dos resultados, ainda assim e uma vez que representa cerca de um terço da população total consideramos este número aceitável para a realização deste estudo. O inquérito era constituído por 23 perguntas de escolha múltipla e o seu enunciado pode ser consultado no **apêndice V.1**.

## 5.2 Análise de Resultados

Os resultados dos inquéritos aplicados encontram-se presentes **no apêndice V.2**, no entanto vão apenas ser analisadas algumas perguntas de capital importância.

Os quartos são provavelmente o espaço com maior utilização por parte dos residentes, e portanto com a pergunta 3 procurou-se saber qual o número de horas de utilização da luz elétrica nesta divisão. O gráfico da **figura 5.1** mostra os resultados obtidos nesta questão.



**Figura 5.1-Resultados da pergunta 3 do questionário**

Observa-se então que 60% dos residentes utilizam a luz elétrica por períodos de 4 a 8 horas diários, existindo ainda duas fatias de 15% e uma de 10% referentes aos períodos de 1 a 4 horas, de 8 a 12 horas e 12 a 16 horas, respetivamente.

O micro-ondas é provavelmente o eletrodoméstico mais utilizado na confeção de alimentos pelo que foi questionado aos residentes qual o número de utilizações por semana deste equipamento. Na **figura 5.2** encontram-se os resultados relativos a esta questão.

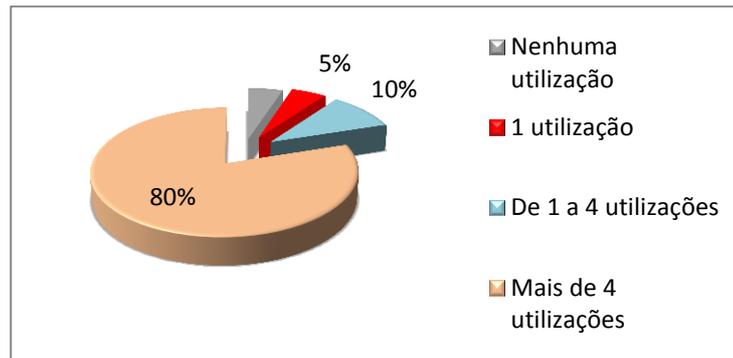


Figura 5.2-Resultados da pergunta 10 do questionário

Verificou-se que 80% faz mais de 4 utilizações por semana, sendo que 10% usam-no de 1 a 4 vezes e 5% apenas fazem 1 utilização semanal, os restantes 5% não utilizam este equipamento.

A lavandaria deste edifício dispõe de 3 máquinas de lavar roupa que são geridas e utilizadas pelos residentes. Assim, com a pergunta 9 pretende-se saber qual a utilização semanal média deste equipamento.

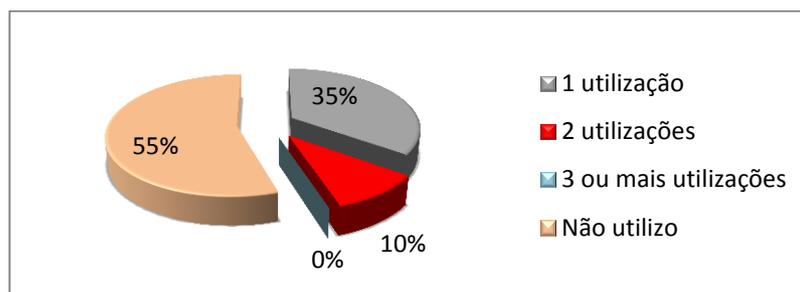


Figura 5.3-Resultados da pergunta 6 do questionário

Através dos dados obtidos, e representados na **figura 5.3**, conclui-se que a maioria dos residentes não utiliza este equipamento, o que corresponde a uma percentagem de 55%, sendo que 35% faz apenas uma utilização semanal e os restantes 10%, duas utilizações.

## 6 Oportunidades de Racionalização de Consumos

### 6.1 Alteração do Sistema de Iluminação

Através da realização da auditoria deambulatória verifica-se que todos os edifícios já possuem lâmpadas CFL que são vulgarmente designadas por lâmpadas de baixo consumo. Portanto nas propostas de substituição de lâmpadas abordadas de seguida vai-se dar ênfase sobretudo à solução LED. É importante então referir que o cálculo dos tempos de retorno de

investimento foram feitos com base num *payback* simples, não tendo em conta o *life cycle cost* de cada lâmpada. Por esse motivo deve-se ter sempre presente que as lâmpadas LED têm uma vida útil de 50000 horas, podendo atingir em alguns casos 100000 horas de funcionamento, sem influência do número de vezes que se ligam e desligam ou do número de horas de funcionamento contínuo. Isto permite manter a mesma lâmpada em operação durante 10 a 30anos <sup>[8]</sup>. Em termos práticos isto significa que uma lâmpada LED tem uma duração cerca de seis vezes superior a uma lâmpada CFL.

### **6.1.1 Residência Pedro Nunes**

Recorrendo aos dados já analisados pertencentes à auditoria deambulatória, observamos que a iluminação representa 12,39% do total de potência instalada nas diversas divisões que compõe o edifício. De seguida vão ser apresentadas várias propostas no sentido de alterar a iluminação existente, viabilizando dessa forma uma diminuição do consumo de energia elétrica bem como uma redução as emissões de CO<sub>2</sub>.

#### **6.1.1.1 Iluminação dos Quartos**

O sistema de iluminação atualmente utilizado nos quartos da residência é composto por lâmpadas CFL modulares, nomeadamente lâmpadas de 9W e 18W e ainda por lâmpadas fluorescente tubular de 18W. Assim a iluminação dos quartos contabiliza um total de 76 lâmpadas divididas em 19 lâmpadas PL-C de 18W e 38 lâmpadas PL-S de 9W e 19 lâmpadas TL-D de 18W.

Uma vez que a tecnologia LED se encontra em franca expansão e a chegar ao mercado com um vasto leque de opções e com preços mais competitivos, optou-se por fazer um estudo que previa a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas LED com marcas distintas. As propostas estudadas estão apresentadas na **tabela 6.1**.

Tabela 6.1-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação dos quartos na residência Pedro Nunes

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e Payback			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido(€)	Payback (anos)
Proposta 1	PL-C 18W	342	8,5	3103	1061	180,5	8,5	3102,51	560	501,05	73,88	411,92	5,58
	PL-S 9W	342	3	1095	374,5	228	3	1095	249,66	124,83	21,94	437,78	19,93
	Tubular 18W	342	8,5	3103	1061	228	8,5	3102,5	707,37	353,69	52,15	141,36	2,71
	Tubular 18W	342	8,5	3103	1061	190	8,5	3102,5	589,475	471,58	69,53	843,6	12,13
Proposta 2	PL-C 18W	342	8,5	3103	1061	153,9	8,5	3102,5	477,47	583,58	86,05	322,81	3,75
	PL-S 9W	342	3	1095	374,5	163,4	3	1095	178,92	145,57	34,38	493,62	14,36
Proposta 3	PL-C 18W	342	8,5	3103	1061	114	8,5	3102,5	353,69	707,37	104,3	576,08	5,52

Na primeira proposta apresentada é sugerida a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas de tecnologia LED da marca Philips. Por análise dos dados da tabela verifica-se que a substituição das lâmpadas de 18W existentes por lâmpadas COREpro LEDbulb de 9,5W, proporcionam uma poupança de 501,05 kWh por ano e representam um investimento de 411,92€, o *payback* deste investimento é de 5,52 anos. A implementação desta proposta implica um reestruturamento das luminárias atuais, uma vez que as lâmpadas propostas são de casquilho E27, e não PL-C como as existentes, por isso ao custo da lâmpada foi adicionado um montante de 5€ para compensar essa situação. Existem ainda lâmpadas PL-S de 9W que seriam substituídas por lâmpadas COREpro LEDbulb de 6W, a poupança anual associada a esta troca é de 124,83 kWh por ano, sendo o investimento feito de 437,78€, o *payback* conseguido para este caso é de 19,93 anos.

No que diz respeito às lâmpadas TL-D, além da proposta do tipo LED é apresentada também uma proposta de substituição por lâmpadas do mesmo tipo mas de potência inferior, ou seja, a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas Master TL-D Power Saver Set de 12W, conseguindo-se uma poupança de 353,69 kWh anuais, sendo o valor investido de 141,36€ e o *payback* deste investimento é de 2,71 anos. Na área da tecnologia LED a solução encontrada é a Master LEDtube GA de 10W, o que permite uma poupança de 471,53 kWh por ano, mas implica um investimento mais avultado, 843,6 €, sendo o *payback* de 12,13 anos.

A segunda proposta apresentada assenta na substituição das lâmpadas do tipo PL-C de 18W e PL-S de 9W por lâmpadas LED de marca branca da loja IKEA. Foram então efetuados cálculos para a substituição das lâmpadas de 18W por lâmpadas LEDARE de casquilho E27 de 8,1W, com esta substituição consegue-se uma poupança anual de energia de 583,58 kWh, sendo

necessário um investimento de 322,81 €, o *payback* associado a esta proposta é de 3,75 anos. No que respeita as lâmpadas PL-S de 9W propõe-se a substituição por lâmpadas LEDARE de casquilho E14 de 4,3 W, conseguindo-se com esta medida uma poupança anual de 145,57 kWh, sendo necessário um investimento de 493,62 €, e o *payback* desta medida são 14,36 anos.

A terceira proposta estudada prevê a substituição das lâmpadas PL-C de 18W por lâmpadas PL-C LED de 6W, que se encontram online no site da LEDLUX, a substituição deste tipo de lâmpadas é feito de forma direta. Através dos cálculos realizados consegue-se prever que com esta troca existe uma poupança de 707,37 kWh anuais, sendo necessário um investimento de 576,08 € com um *payback* de 5,52 anos.

Com as propostas apresentadas além da diminuição dos consumos atuais, consegue-se também reduções na emissão de CO<sub>2</sub>, obtendo-se uma redução de 0,35; 0,17 e 0,16 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano.

### 6.1.1.2 Iluminação dos Corredores

Através dos dados já previamente analisados da auditoria deambulatória, observa-se que a potência instalada nos corredores advém exclusivamente do sistema de iluminação existente, deste modo as propostas que se seguem visam a reduzir a energia consumida neste espaço. Os corredores desta residência contêm um total de 23 lâmpadas CFL modulares de 18W do tipo PL-C, pelo que, no que se refere à sua substituição apenas a tecnologia LED pode oferecer melhores contrapartidas, essa possível melhoria é apresentada nas primeiras três propostas que estão presentes na **tabela 6.2**.

**Tabela 6.2-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação dos corredores na residência Pedro Nunes**

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e <i>Payback</i>			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido(€)	<i>Payback</i> (anos)
Proposta 1	PL-C 18W	414	9	3285	1359,99	161	9	3285	528,89	831,11	103,54	688,39	6,65
Proposta 2	PL-C 18W	414	9	3285	1359,99	186,3	9	3285	612	748	93,184	390,77	4,19
Proposta 3	PL-C 18W	414	9	3285	1360	138	9	3285	453,33	906,66	113	697,4	6,17
Proposta 4	PL-C 18W	414	9	3285	1360	414	4	1460	604,44	755,55	114	123,6	1,08
Proposta 5	PL-C 18W	414	9	3285	1360	138	4	1460	201,48	1158,51	175	821	4,69

A proposta 1 sugere a troca das lâmpadas existentes por lâmpadas Master LED Lamp de 7W da marca Phillips, com casquilho E27, tal como no caso dos quartos a mudança para este

tipo de casquilho acarreta alguns custos adicionais, uma vez que tem de se proceder a alterações nas luminárias, custos esses que foram considerados na análise efetuada. Com esta proposta consegue-se uma poupança anual de 831,11 kWh, sendo que esta troca representa um investimento de 688,39 €, e o *payback* seria de 6,64 anos.

A segunda proposta contempla novamente a substituição por lâmpadas com casquilho E27, mas desta vez de uma marca branca da loja IKEA, são as LEDARE de 8,1W, esta medida representa em relação à anterior um valor de investimento mais baixo, 390,77 €, tendo também uma poupança anual mais baixa, 747,995 kWh, sendo que o *payback* conseguido é de 4,19 anos.

Na terceira proposta apresentada é sugerida a substituição por lâmpadas PL-C LED de 6W, tal como já tinha sido visto este tipo de lâmpada não necessita de qualquer alteração na luminária. Com esta proposta consegue-se uma poupança de 906,66 kWh por ano, e tem um investimento associado de 697,4€, obtendo-se um *payback* de 6,17 anos.

A iluminação deste espaço é contínua e controlada apenas por interruptores, por essa razão na quarta proposta é apresentada a implementação de sensores de movimento de forma a permitir uma redução do número de horas de funcionamento da iluminação. Estimou-se que com a instalação de sensores se conseguiria reduzir o número de horas de funcionamento de 9 para 4 horas, assim com esta medida seria conseguida uma poupança de 755,55 kWh por ano, com um investimento de 123,6€, e o *payback* desta proposta é de 1,08 anos.

Na última proposta estudou-se a possibilidade de associar as propostas 3 e 4, ou seja, fazer a substituição das lâmpadas existentes e a instalação dos sensores, assim conseguir-se-ia uma poupança anual de 1158,51 kWh, significando um investimento de 821€ e o *payback* seria de 4,69 anos.

Conclui-se ainda que além da diminuição dos consumos atuais, consegue-se através das medidas apresentadas reduções de 0,20; 0,18, 0,22; 0,18 e 0,28 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano respetivamente.

### **6.1.1.3 Iluminação Salas de Estudo**

As salas de estudo presentes na residência são espaços utilizados pelos residentes com bastante frequência. Estas salas são todas iguais e cada uma dispõe de 6 lâmpadas fluorescentes tubulares de 36W, o que dá um total de 18 lâmpadas contabilizando as três salas de estudo existentes. Na **tabela 6.3** encontram-se a síntese das propostas abordadas para este espaço.

Tabela 6.3-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação das salas de estudo na residência Pedro Nunes

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e Payback			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido(€)	Payback (anos)
Proposta 1	Tubular 36W	648	8,5	3102,5	2010,42	414	8,5	3102,5	1284,44	725,99	113,53	187,38	1,65
Proposta 2	Tubular 36W	648	8,5	3102,5	2010,42	342	8,5	3102,5	1061,06	949,37	148,46	1201,14	8,09

Na primeira proposta é feita a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas do mesmo tipo mas de potência inferior, nomeadamente por lâmpadas Master TL-D Power Saver de 23W da Phillips, com esta troca é conseguida uma poupança anual de 725,985 kWh. O investimento que tem de ser feito é de 113,53€ sendo que o retorno desse investimento, *payback*, é conseguido em 1,65 anos.

A outra proposta apresentada consiste na substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas tubulares de tecnologia LED. As lâmpadas escolhidas são as Master LEDtube GA de 19W também elas da marca Phillips. As poupanças conseguidas com esta proposta são de 949,37 kWh anuais, sendo necessário um maior investimento de 1201,14€, e o *payback* associado a esta troca é de 8,09 anos. Dado o avultado investimento que as lâmpadas LED deste tipo acarretam, a segunda proposta apresentada será difícil de implementar no imediato, apesar de todas as vantagens que esta tecnologia oferece, considera-se assim a primeira proposta mais vantajosa permitindo através de um investimento moderado poupanças significativas, conseguindo-se o retorno desse mesmo investimento num curto espaço de tempo.

Com as propostas apresentadas além da diminuição dos consumos atuais, consegue-se também reduções na emissão de CO<sub>2</sub>, conseguindo-se uma redução de 0,17 e 0,23 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano respetivamente.

#### 6.1.1.4 Iluminação das Cozinhas

As cozinhas estão presentes em todos os pisos da residência exceção feita ao piso -1, e são também um espaço de grande utilização por parte dos residentes. Este espaço contabiliza então 3 lâmpadas fluorescentes tubulares de 58W e 15 de 36W do mesmo tipo. A **tabela 6.4**, que se encontra em baixo apresenta duas propostas estudadas no sentido de melhorar as poupanças na iluminação deste espaço.

Tabela 6.4-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação das cozinhas na residência Pedro Nunes

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e Payback			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido(€)	Payback (anos)
Proposta 1	Tubular 36W	540	5	1825	985,5	345	5	1825	629,63	355,88	70,2	156,2	2,23
	Tubular 58W	174	5	1825	317,55	111	5	1825	202,58	114,98	22,7	38,49	1,7
Proposta 2	Tubular 36W	540	5	1825	985,5	285	5	1825	520,13	465,38	91,8	1001	10,91
	Tubular 58W	174	5	1825	317,55	75	5	1825	136,88	180,7	36,5	270,5	7,59

Na primeira proposta apresentada é feita a substituição de ambas as lâmpadas, 58W e 36W, pelas já utilizadas Master TL-D Power Saver Set da Phillips. Assim as lâmpadas de 36W foram substituídas por lâmpadas de 19W, esta troca proporciona uma poupança anual de 355,88 kWh, sendo necessário um investimento de 156,2€, o *payback* é de 2,23 anos. As lâmpadas de 58W foram substituídas por lâmpadas de 37W sendo a poupança de 114,98 kWh anuais, com um investimento de 38,5€ e um *payback* de 1,7 anos.

Na segunda proposta foi estudada a alteração das lâmpadas existentes por lâmpadas de tecnologia LED nomeadamente as lâmpadas, Master LEDtube GA também elas da marca Phillips. Analisou-se então que a troca das lâmpadas de 36W pelas referidas lâmpadas de 19W permitiriam uma poupança anual de 465,38 kWh, sendo necessário um investimento de 1001€, sendo o *payback* de 10,91 anos. Quanto às lâmpadas de 58W foram substituídas por lâmpadas de 25W, o que traduz uma poupança anual de 180,7 kWh, com um investimento de 270,5 € e um *payback* de 7,59 anos.

As reduções na emissão de CO<sub>2</sub> conseguidas através da implementação destas propostas são respetivamente 0,11 e 0,15 toneladas por ano.

Por fim considera-se oportuno clarificar e salientar a poupança anual e o *payback* das propostas mais vantajosas, desta forma foi criado o gráfico presente na **figura 6.1**.

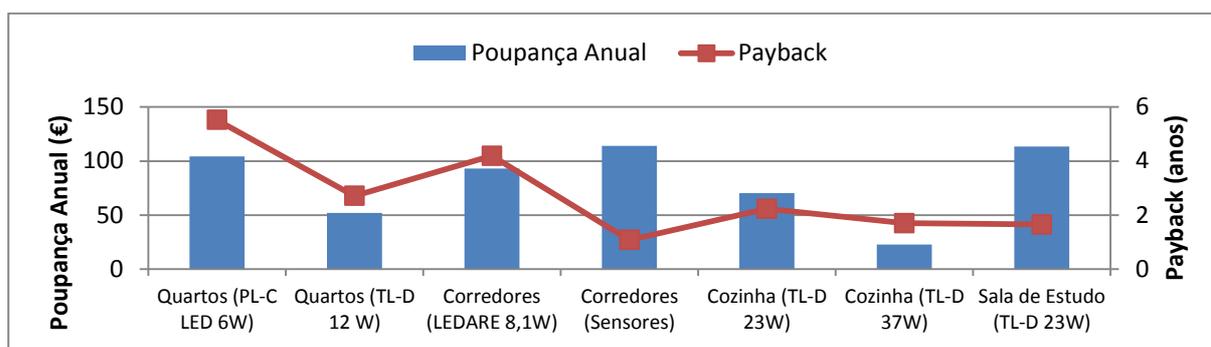


Figura 6.1- Gráfico representativo da poupança anual e do payback das melhores propostas encontradas para cada divisão da Residência Pedro Nunes

## 6.1.2 Residência Pólo II\_1

Através da análise dos dados recolhidos durante a realização da auditoria deambulatória, concluiu-se que a iluminação representa 10,48% do total de potência instalada neste edifício. No sentido de minimizar os gastos de energia provenientes dos sistemas de iluminação dos vários espaços desta residência vão ser apresentadas várias propostas apontadas a melhorar essa economia, bem como a redução de CO<sub>2</sub> emitido, mantendo níveis de conforto idênticos.

### 6.1.2.1 Iluminação Quartos

Os quartos aqui presentes são duplos e apresentam uma luminária central com duas lâmpadas CFL PL-C de 13W, dispõe ainda de dois candeeiros, um por cima de cada cama com lâmpadas CFL PL-S de 9W, e por fim dois candeeiros de mesa com lâmpadas de CFL integrais com casquilho E27 de 10W. No que respeita às lâmpadas dos candeeiros de mesa, apesar que não serem incluídas neste estudo, poderão existir algumas lâmpadas incandescentes de 40W. Na **tabela 6.5** apresentada em baixo estão o resumo das propostas estudadas para este espaço.

Tabela 6.5-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação dos quartos na residência Pólo II\_1

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e Payback			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido (€)	Payback (anos)
Proposta 1	PL-C 13W	1508	8	2920	4403	696	8	2920	2032,32	2371,04	321,71	1335,16	4,15
	PL-S 9W	1044	3	1095	1143	464	3	1095	508,08	635,1	102,15	2295,64	22,48
	CFL E27 10W	1508	3	1095	1270	696	3	1095	762,12	508,08	81,7	755,2	9,24
Proposta 2	PL-C 13W	1508	8	2920	4403	939,6	8	2920	2743,63	1659,73	225,2	1970,84	8,75
	PL-S 9W	1044	3	1095	1143	498,8	3	1095	546,19	596,99	96	1506,84	15,7
	CFL E27 10W	1160	3	1095	1270	498,8	3	1095	546,19	724,01	116,42	926,84	7,96
Proposta 3	PL-C 13W	1508	8	2920	4403	696	8	2920	2032,32	2371,04	321,71	3517,12	10,93

Na primeira proposta apresentada é então analisada a troca das lâmpadas existentes por lâmpadas LED da marca Phillips Verifica-se então que a substituição das lâmpadas PL-C de 13W por lâmpadas COREpro Led Bulb casquilho E27 de 6W, proporciona uma poupança de 2371,04 kWh anuais, para esta troca é necessário um investimento de 1335,16€, o *payback* é de 4,15 anos. Já as PL-S de 9W foram substituídas por lâmpadas Master LEDlustre B35 casquilho E14 de 4W, a poupança anual associada a esta troca é de 635,1 kWh e é necessário um investimento de 2995,64€, e o *payback* é de 22,48 anos. Por fim as lâmpadas de candeeiro de secretária de 10W foram substituídas por lâmpadas COREpro Led Bulb casquilho E27 de 6 W o que proporciona uma poupança anual de energia de 508,08 kWh e representa um investimento de 755,2€, sendo o *payback* de 9,24 anos

A segunda proposta apresentada é do mesmo género da anterior mas desta vez com base em lâmpadas da loja IKEA. Assim as lâmpadas PL-C de 13W foram substituídas por lâmpadas LEDARE de casquilho E27 de 8,1W, as poupanças de energia resultantes desta medida são 1659,73 kWh anuais, sendo necessário um investimento de 1970,84€, o *payback* é de 8,75 anos. As lâmpadas de 9W foram trocadas pelas LEDARE E14 de 4,3W, resultando numa poupança anual de 596,99 kWh, o investimento desta operação é de 1506,84€ e o *payback* de 15,7 anos. As de 10W foram igualmente substituídas pelas LEDARE E27 de 4,3W o que significa uma poupança de 724,01 kWh por ano, com um investimento de 926,24€ e um *payback* de 7,96 anos.

A última proposta apresentada é realizável apenas para as PL-C de 13W uma vez que a troca é por lâmpadas do mesmo formato mas de tecnologia LED, assim foram propostas as lâmpadas PL-C LED de 6W, a poupança anual será então de 2371,04 kWh, com um investimento de 3517,12€ e um *payback* de 10,93 anos

No que se refere às emissões de CO<sub>2</sub>, as propostas apresentadas tem associada uma redução de 0,84; 0,71 e 0,56 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano respetivamente.

### **6.1.2.2 Iluminação Corredores**

Os corredores da residência são locais onde a iluminação é constante durante um horário definido, uma vez que segundo as informações obtidas as luzes são ligadas ao anoitecer e só são desligadas de manha pela responsável, à exceção do piso zero onde a iluminação está ligada 24h devido à ausência de luz natural nesse espaço. As lâmpadas que constituem a iluminação deste espaço são então 39 lâmpadas CFL modulares do tipo PL-C de 26W e tal como foi feito anteriormente foi elaborada a **tabela 6.6**, que contém a síntese das propostas apresentadas para a iluminação existente.

Tabela 6.6-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação dos corredores na residência Pólo II\_1

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e Payback			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido (€)	Payback (anos)
Proposta 1	PL-C 26W	1014	15	5475	5551,65	273	15	5475	1494,68	4056,98	411,42	1167,27	2,84
Proposta 2	PL-C 26W	1014	15	5475	5551,65	409,5	15	5475	2242,01	3309,64	335,63	931,32	2,77
Proposta 3	PL-C 26W	1014	15	5475	5551,65	292,5	15	5475	1601,44	3950,21	400,59	1331,85	3,32
Proposta 4	PL-C 26W	1014	15	5475	5551,65	1014	4	1460	1480,44	4071,21	412,88	323,4	0,78
Proposta 5	PL-C 26W	1014	15	5475	5551,65	292,5	4	1460	427,05	5124,6	519,68	1655,25	3,19

A primeira proposta apresentada contempla então a substituição das lâmpadas já referidas por lâmpadas Master LED Lamp de casquilho E27 de 7W da marca Phillips. Estas lâmpadas permitem uma poupança anual de energia de 4056,96 kWh e representam um investimento de 1167,27€, com um *payback* de 2,84 anos.

A segunda proposta apresentada é semelhante à anterior sendo que neste caso as lâmpadas escolhidas para a substituição são as PARATHOM GLOBE casquilho E27 de 10,5W da marca OSRAM, esta substituição proporciona então uma poupança de 3309,64 kWh ano, sendo que o valor investido é de 931,32€, sendo o *payback* de 2,77 anos.

Na proposta seguinte as lâmpadas sugeridas são já do tipo PL-C sendo a substituição feita de forma direta pelas existentes, propõe-se então as PL-C LED de 7,5W disponíveis online no site da LEDLUX, conseguindo-se desta forma uma poupança anual de 3950,21 kWh, com um investimento de 1331,85 € e um *payback* de 3,32 anos.

Na quarta proposta foi estudada a inclusão de sensores de movimento, de modo a permitir uma diminuição significativa das horas de funcionamento da iluminação. Assim dessa forma estima-se que se pode reduzir em 11 horas o tempo de funcionamento, conseguindo-se assim uma poupança anual de 1480,44 kWh, sendo o investimento feito de 323,4€, com um *payback* de 0,78 anos.

Na última proposta estudou-se a possibilidade de conjugação das propostas 3 e 4, ou seja, fazer a substituição das lâmpadas existentes e adquirir sensores de modo a diminuir o tempo de funcionamento, assim através desta medida consegue-se uma poupança anual de 5124,6 kWh, teria então que ser feito um investimento de 1665,25€, sendo *payback* de 3,19 anos.

Nas propostas apresentadas conseguem-se reduções de 0,97; 0,79; 0,94; 0,97 e 1,22 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, respetivamente.

### 6.1.2.3 Iluminação Cozinhas

As cozinhas estão presentes em todos os pisos da residência, e são também um espaço de grande utilização por parte dos residentes funcionando também como sala de estar por ser onde se encontram as televisões. Estima-se que em média a iluminação neste espaço é utilizada 6 horas por dia e é constituída por lâmpadas CFL PL-C de 13W. Temos então na **tabela 6.7** as informações correspondentes às propostas apresentadas para esta divisão.

**Tabela 6.7-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação das cozinhas na residência Pólo II\_1**

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e Payback			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido (€)	Payback (anos)
Proposta 1	PL-C 13W	208	6	2190	455,52	96	6	2190	210,2	245,28	32,67	184	5,64
Proposta 2	PL-C 13W	208	6	2190	455,52	96	6	2190	210,2	245,28	32,67	485	14,85

Na primeira proposta foi efetuada a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas COREpro Led Bulb com casquilho E27 de 6W da marca Phillips, o que permite uma poupança anual de 245,28 kWh, sendo necessário um investimento de 184€, e tem um *payback* de 5,64 anos.

Como segunda proposta sugeriu-se as lâmpadas PL-C LED de 6W disponíveis em LEDLUX, a poupança anual neste caso é a mesma da proposta anterior mas necessitam de um investimento maior, 485€ tornando o *payback* também maior 14,85 anos, mas é importante ter em conta que estas lâmpadas possuem uma intensidade luminosa superior às lâmpadas apresentadas na proposta anterior.

Com propostas apresentadas além da diminuição dos consumos atuais, consegue-se também reduções na emissão de CO<sub>2</sub>, as propostas apresentadas tem igualmente uma redução de 0,06 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano respetivamente.

### 6.1.2.4 Iluminação Escadas

A iluminação presente nas escadas segue o mesmo molde da iluminação dos corredores permanecendo ligada por um período de tempo bem definido, assim sendo as propostas

apresentadas são semelhantes às dos corredores. A iluminação deste espaço é feita através de lâmpadas CFL PL-C de 13W e os dados relativos às propostas apresentadas encontram-se na **tabela 6.8**.

**Tabela 6.8-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação das escadas na residência Pólo II\_1**

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e Payback			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido (€)	Payback (anos)
Proposta 1	PL-C 18W	252	15	5475	1379,7	126	15	5475	689,85	689,85	69,96	210,28	3
Proposta 2	PL-C 18W	252	15	5475	1379,7	126	15	5475	689,85	689,85	69,96	559,3	7,99
Proposta 3	PL-C 18W	252	15	5475	1379,7	252	3	1095	275,94	1103,76	177,49	108,15	0,61
Proposta 4	PL-C 18W	252	15	5475	1379,7	126	3	1095	137,97	1241,73	199,67	318,43	1,59

A primeira proposta apresentada pretende a substituição das lâmpadas existentes pelas 44x5050 SMD de 9W e que proporcionam uma poupança anual de 689,85 kWh, sendo que o investimento é de 210,18€ e o *payback* de 3 anos.

Na proposta seguinte são usadas as lâmpadas PL-C LED de 9W, permitindo uma poupança anual igual à anterior, contudo é necessário um maior investimento, 559,3€ que tem um *payback* por sua vez também mais elevado 7,99 anos.

Tal como foi feito para os corredores a terceira proposta pretende reduzir o tempo em que a iluminação esta ligada recorrendo ao uso de sensores de movimento dessa forma estima-se que se poderia reduzir esse período em 12 horas permitindo assim uma poupança de 1103,76 kWh com um investimento de 108,15€, o retorno desse investimento, e o *payback* é de 0,6 anos.

A última proposta é a conjugação tal como foi feito anteriormente de duas propostas já apresentadas, são elas as propostas 1 e 3 o que proporciona uma poupança anual 1241,73 kWh, sendo necessário um investimento de 318,43€ o *payback* é de 1,59 anos.

Estas propostas têm ainda associadas reduções nas emissões de CO<sub>2</sub> de 0,16; 0,16; 0,26 e 0,3 toneladas respetivamente.

#### **6.1.2.5 Iluminação Casas de Banho**

A iluminação nas casas de banho é igual à iluminação presente nas cozinhas, ou seja, é composta por lâmpadas fluorescentes compactas PL-C de 13W, pelo que as propostas

apresentadas são idênticas às que foram apresentadas para as cozinhas, como pode ser verificado na **tabela6.9**.

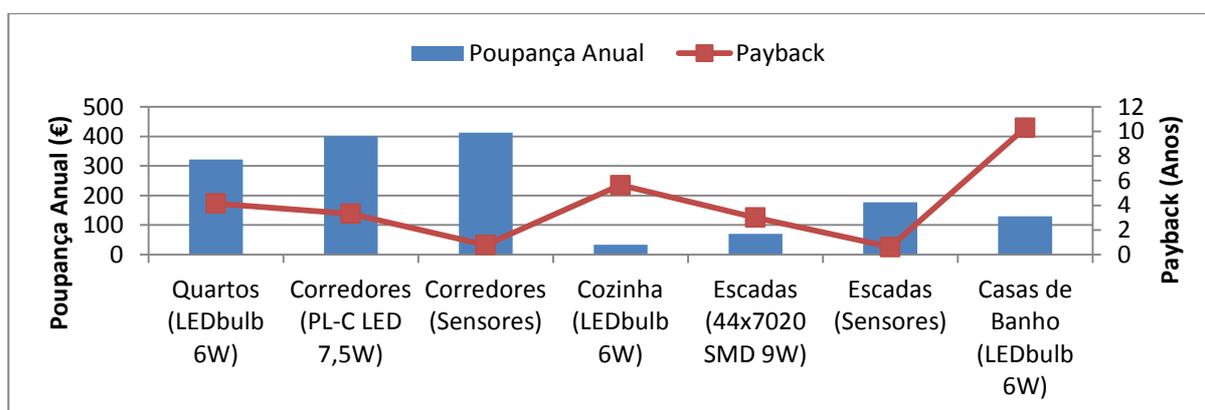
**Tabela 6.9-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação das casas de banho na residência Pólo II\_1**

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e Payback			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido (€)	Payback (anos)
Proposta 1	PL-C 13W	1508	3	1095	1651,26	696	3	1095	762,12	889,14	129,63	1335,16	10,29
Proposta 3	PL-C 13W	1508	3	1095	1651,26	696	3	1095	762,12	889,14	129,63	3517,12	27,13

Assim ambas as propostas apresentadas conseguem produzir uma poupança de energia de 889,14 kWh ano, quanto aos valores do investimento na primeira proposta são 1335,16€ ao passo que na segunda esse valor é de 3517,12€. Por sua vez os *paybacks* das propostas apresentadas são 10,29 anos e 27,13 anos respetivamente.

A vantagem da segunda proposta prende-se com o facto de as lâmpadas propostas serem também do tipo PL-C o que faz com a substituição das existentes se proceda de forma direta e além disso possuem um fluxo luminoso maior que as apresentadas na primeira proposta. Conclui-se ainda que as propostas apresentadas têm igualmente uma redução de 0,21 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano.

Tendo em conta o que foi analisado, e à semelhança do que foi feito anteriormente, construiu-se o gráfico presente na **figura 6.1** que ilustra a poupança anual e o *payback* das propostas consideradas mais vantajosas para este edifício.



**Figura 6.2- Gráfico representativo da poupança anual e do payback das melhores propostas encontradas para cada divisão da Residência Pólo II\_1**

### 6.1.3 Restaurante Estádio Universitário

Através dos dados recolhidos na análise deambulatória feita no edifício, verificou-se que os sistemas de iluminação constituem 5% do total de potência instalada, o que equivale como já vimos anteriormente a 4760 W.

Tal como foi feito para os edifícios atrás analisados vai ser feita de igual modo um estudo sobre a possibilidade de alteração dos sistemas de iluminação presentes de modo a minimizar o consumo de energia, mantendo os mesmos níveis de conforto.

Como o edifício é composto quase na sua totalidade por apenas dois tipos de lâmpadas, e entendendo que o tempo de utilização entre as várias divisões são praticamente os mesmos, vai ser feito o estudo consoante os dois tipos de lâmpadas e não consoante cada divisão como tinha sido feito nos edifícios estudados anteriormente.

#### 6.1.3.1 Iluminação Lâmpadas de 18W

A sala de refeições, corredores, bar de apoio e balcão principal partilham entre si lâmpadas fluorescentes compactas modulares PL-C de 18W. Desta forma foi feita análise tendo em conta que se precederia à substituição de todas as lâmpadas presentes nestas divisões, supondo que o tempo de utilização delas é o mesmo. Os resumos das propostas efetuadas para este tipo de lâmpadas estão apresentados na **tabela 6.10**.

**Tabela 6.10-Resumo das propostas apresentadas para a iluminação com lâmpadas de 18W na cantina Restaurante Estádio Universitário**

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e Payback			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido (€)	Payback (anos)
Proposta 1	PL-C 18W	3420	5	1825	6241,5	1805	5	1825	3294,13	2947,38	419,81	4119,2	9,82
Proposta 2	PL-C 18W	3420	5	1825	6241,5	1539	5	1825	2808,66	3432,83	488,95	3228,1	6,6
Proposta 3	PL-C 18W	3420	5	1825	6241,5	1710	5	1825	3120,75	3120,75	444,50	7590,5	17,08

Este tipo de lâmpadas já é recorrente nos outros edifícios estudados anteriormente pelo que as lâmpadas propostas para a substituição também já foram apresentadas atrás. Assim na primeira proposta é analisada a troca das lâmpadas existentes pelas COREPro LEDbulb de 9,5W da marca Phillips, conseguindo-se deste modo uma poupança anual de 2947,38 kWh , sendo necessário uma investimento de 4119,2 €, o *payback* é de 9,8 anos.

Na segunda proposta as lâmpadas sugeridas são as LEDARE de 8,1W presentes na loja IKEA e permitem uma poupança anual de 3432,83W, sendo preciso um investimento de 3228,1€, com um *payback* de 6,6 anos.

A última proposta apresentada sugere a substituição por lâmpadas PL-C LED de 9W, este tipo de lâmpada além de um maior fluxo luminoso tem a vantagem de a sua substituição ser feita de forma direta, consegue-se desta forma uma poupança de 3120,75 kWh por ano, sendo necessário um investimento de 7590,5€ sendo o *payback* conseguido em 17,1 anos.

No que respeita à diminuição de CO<sub>2</sub> emitido as propostas apresentadas conseguem respetivamente uma redução de 0,7; 0,82 e 0,74 toneladas por ano.

### 6.1.3.2 Iluminação Lâmpadas de 36W

No caso das casas de banho, hall de entrada de mercadorias, escritório, sala das arcas, despensa, copa e cozinha as lâmpadas existentes são lâmpadas fluorescentes tubulares de 36W. Tal como foi feito atrás, vai ser considerado que o tempo de utilização de cada espaço referido é semelhante e a análise vai ser feita tendo em conta o total das lâmpadas que constituem as divisões referidas. Assim contabiliza-se um total de 35 lâmpadas e as propostas encontram-se na **tabela 6.11**.

**Tabela 6.11--Resumo das propostas apresentadas para a iluminação com lâmpadas de 36W na cantina Restaurante Estádio Universitário**

Proposta	Equipamentos atuais	Situação Inicial				Situação Proposta				Investimento e <i>Payback</i>			
		Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Potência Total (W)	Horas/dia	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Poupança (kWh)	Poupança (€)	Valor investido (€)	<i>Payback</i> (anos)
Proposta 1	Tubular 36W	1260	5	1825	2299,5	805	5	1825	1469,13	830,38	111,17	364,35	3,28
Proposta 2	Tubular 36W	1260	5	1825	2299,5	665	5	1825	1213,63	1085,88	145,37	2335,55	16,07

A primeira proposta é analisada a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas Master TL-D Power Saver Set de 23W da marca Phillips, permitindo uma poupança anual de 830,38 kWh, sendo necessário um investimento de 364,35€, com um *payback* de 3,28 anos.

Na segunda proposta é usada a tecnologia LED e são escolhidas as Master LEDtube GA de 19W também da marca Phillips, consegue-se deste modo uma poupança de 1085,88 kWh por ano sendo necessário um investimento de 2335,55€, sendo o *payback* de 16,07 anos.

A redução anual das emissões de CO<sub>2</sub> associadas as estas propostas são de 0,20 e 0,26 toneladas, respetivamente.

## 6.2 Implementação de Painéis Fotovoltaicos na cantina Restaurante Estádio Universitário

A energia solar além de ser renovável é também uma energia limpa e a sua rentabilização através da utilização de painéis fotovoltaicos é uma forma eficaz de reduzir a fatura energética numa instalação.

Por forma a avaliar a viabilidade da instalação destes painéis na cantina Restaurante Estádio Universitário como forma de mitigar os custos da fatura mensal de energia, teve-se em linha de conta o gráfico da **figura 6.1**. Neste gráfico encontra-se representada a relação entre, a evolução do consumo de potência ativa ao longo de um dia útil e radiação solar média diária anual para a região de Coimbra (Dados obtidos do PVGIS).

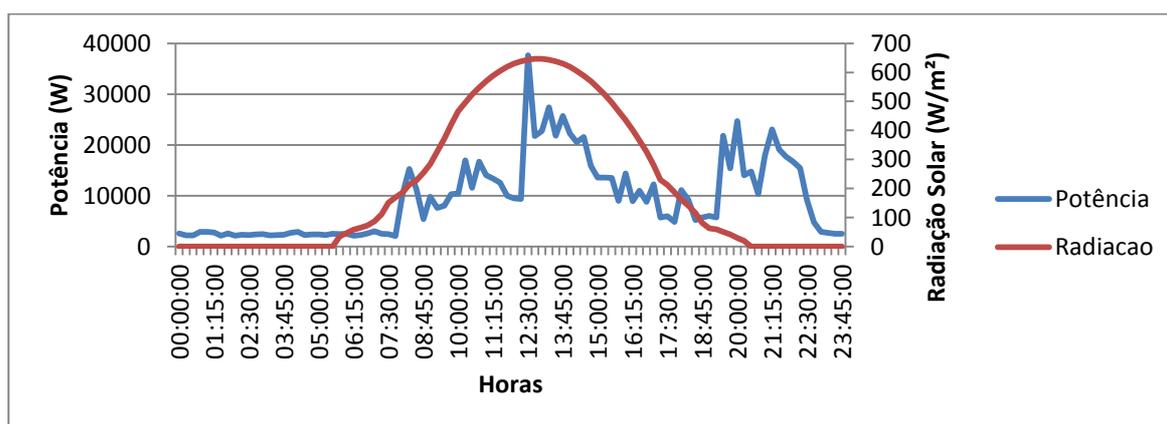


Figura 6.3- Relação entre o consumo de potência ativa e a radiação solar média diária para Coimbra

Pela análise do gráfico verifica-se que os períodos horários de maior consumo coincidem com os períodos de maior radiação solar, com a exceção do horário de jantar. Desta forma a utilização dos painéis fotovoltaicos mostra ser uma opção com viabilidade, dado que será também durante este período que estes estarão a produzir energia elétrica. Por forma a proceder ao dimensionamento do sistema fotovoltaico e verificar a sua viabilidade económica, foi efetuada uma simulação de produção recorrendo ao software PVSYST, esta simulação encontra-se no **apêndice VI.2**.

A opção de um sistema com uma potência nominal de 8kW, prende-se com o facto de a média de potência ativa consumida durante o período de radiação ser de 13kW otimizando assim

o consumo da energia proveniente dos painéis. Assim, a proposta apresentada contempla então a instalação de 38 painéis da Open Renewables modelo 235-PC60, que contabilizam uma potência instalada total de 8,9 kWp permitindo uma produção anual de energia, segundo a simulação, de 12684 kWh. Além dos painéis são necessários fazer outros investimentos para permitir a execução do projeto, a **tabela 6.12** descreve os elementos e os custos necessários para aplicação deste projeto.

**Tabela 6.12- Equipamentos e custos necessários à execução do projeto**

Equipamentos necessários	Preço com IVA (€)
38 módulos PV	4911,5
1 inversor de 8 kW	1755,3
Quadro de Comando e controlo	965,55
Cabo Solar (200m)	169,74
Cabo 5G10 (10m)	58,917
Estrutura	1394,82
<b>Total</b>	<b>9255,827</b>

O quadro de comando e controlo terá como função evitar que seja injetada energia para a rede, assegurando que o sistema fotovoltaico só entra em funcionamento quando a potência de consumo é igual ou superior à potência nominal do sistema (8kW). Conclui-se então que o preço total do projeto tem um custo de 9255,827€, é importante referir que na sua realização não foi contabilizada a mão de obra e as taxas de licenciamento. Através dos cálculos efetuados verifica-se que do total de energia produzida pelos painéis, 12684 kWh, consegue-se uma utilização de 11922,96 kWh, desta forma e assumindo o preço da energia atual de 0,14€/kWh e sem variação ao longo dos anos, o *payback* desta solução é de 5,55 anos.

Por último foi criado o gráfico da **figura 6.4**, que permite uma representação sintetizada e objetiva da poupança anual e do referente às melhores propostas encontradas para o Restaurante Estádio Universitário.

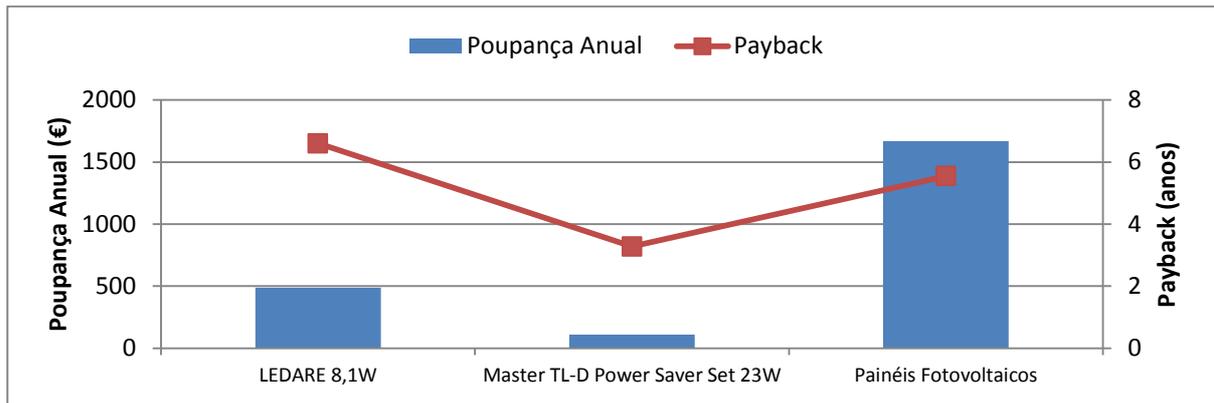


Figura 6.4- Gráfico representativo da poupança anual e do payback das melhores propostas encontradas para o Restaurante Estádio Universitário

## 7 Conclusão

Os objetivos propostos nesta investigação foram alcançados ao longo das várias etapas seguidas. Através dos dados de faturação referentes aos anos de 2010, 2011 e 2012 da residência Pedro Nunes, que eram os únicos que foram disponibilizados, verificou-se que os consumos de energia ativa eram mais acentuados durante os meses em que decorre o período letivo, o que era expectável uma vez que nos períodos de férias escolares existem menos estudantes a habitarem a residência, e além disso não existem tantos gastos na iluminação, uma vez que aumentam os períodos de luz natural. Como o aquecimento é a gás, parte-se do pressuposto que os residentes não utilizam qualquer tipo de equipamento elétrico para aquecimento não havendo portanto influência para o consumo de energia elétrica.

Foram também realizadas diversas monitorizações durante um período de uma semana nos quadros gerais e em alguns quadros parciais dos edifícios abrangidos. Nos quadros gerais obteve-se durante a semana de monitorização os seguintes consumos nos diversos edifícios: 793 kWh na residência Pólo II\_1, 269,16 kWh na residência Pedro Nunes e 1400,89 kWh na cantina Restaurante Estádio Universitário. Comparando as residências, o consumo verificado na residência Pólo\_II é significativamente maior, mas trata-se de uma residência substancialmente maior que a residência Pedro Nunes.

Com os inquéritos realizados junto dos estudantes da residência Pólo II\_1, pretendeu-se analisar os comportamentos dos mesmos na utilização de alguns equipamentos e a importância que davam à gestão da energia na residência. E serviu também para conhecer os equipamentos que não foram contabilizados no cálculo da potência instalada como por exemplo os computadores pessoais. Da análise feita pode-se dizer que de um modo geral que os residentes

estão sensibilizados e compreendem a importância da racionalização da energia elétrica, contudo à destacar o uso frequente do micro-ondas, e ainda o facto da lavandaria não ter definido um horário de funcionamento que permitisse a migração dos consumos para horários onde o preço da eletricidade fosse mais reduzido.

Na criação de ORC's que pudessem diminuir consumos de energia e de emissões de gases, nomeadamente de CO<sub>2</sub>, sem influenciar o nível de conforto, foram apresentadas várias propostas para a iluminação dos vários espaços presentes nos edifícios. Através da auditoria deambulatória verificou-se que a maior parte das lâmpadas existentes são CFL's modulares, pelo que as propostas apresentadas vão sobretudo de encontro à tecnologia LED. De uma maneira geral, no que diz respeito às lâmpadas CFL não é aconselhável a troca imediata pelas lâmpadas LED, uma vez que o investimento é por norma avultado, uma das soluções passará por em caso de avaria das lâmpadas existentes a substituição ser feita por lâmpadas deste tipo. Já no que refere às lâmpadas tubulares fluorescentes, a troca por lâmpadas da Gama Master TL-D Power Saver revela ser uma oportunidade mais válida pois permitem uma redução substancial do consumo bem como das emissões de CO<sub>2</sub>, sendo o investimento mais acessível proporcionando um retorno em 2 a 3 anos mediante os casos.

Outra medida importante é a aquisição de sensores de movimento, principalmente para os corredores das residências, uma vez que nestes espaços verifica-se muitas horas de utilização de iluminação existindo mesmo casos, onde não há luz natural, que a iluminação é utilizada durante 24h, pelo que o uso de sensores seria uma solução ideal permitindo uma redução significativa dos consumos com um retorno de investimento em alguns casos inferior a 1 ano.

Por se verificar que grande parte dos consumos diários do Restaurante Estádio Universitário se situa no período em que seria vantajoso explorar a produção de eletricidade através da energia solar, foi proposto um projeto de instalação de painéis fotovoltaicos. Este estudo conclui que apesar do investimento elevado a que está sujeito, o tempo de retorno situa-se nos 5 anos tornando-o uma proposta bastante atrativa na medida em que é conseguida uma redução significativa dos consumos atuais através de uma energia renovável.

Resta salientar que, além da importância que esta dissertação representa para os SASUC, foi também uma excelente experiência para mim enquanto futuro profissional. Pois permitiu-me ter grande autonomia e contribuiu ainda para que fosse possível aplicar alguns dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, possibilitando um contacto mais próximo com o papel de um Engenheiro Eletrotécnico.

## 8 Bibliografia

- [1]- EDP. *Auditoria Energética*. Último acesso em 6 de Novembro de 2012; Available from: [www.edp.pt](http://www.edp.pt).
- [2]- Almeida, Aníbal Traça Carvalho de; Gomes, Álvaro; Patrão, Carlos; Ferreira, Fernando; Marques, Lino; Fonseca, Paula; Behnke, Rayner, Manual Técnico de Gestão de Energia. Coimbra: DEEC – FCTUC
- [3]- “Despacho n.º 5255/2006,” *Diário da República 2ª série*, pp. 3334-3362, Março-2006
- [4]- ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Tarifas e Preços para a Energia Elétrica em 2009 e Parâmetros Para o Período de Regulação 2009 a 2011” ONLINE available <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/tarifasreguladasdeanosanteriores/treg2009/Documents/CImprensaTarifas2009FINAL16Dez08.pdf>
- [5]- “Despacho n.º 7253/2010”, *Diário da República 2.ª série*, pp. 21945-21949, Abril-2010
- [6]- Vaz, António (2009). Ação Social Escolar na Universidade de Coimbra
- [7]-Portal dos SASUC “Residências Universitárias” ONLINE available [http://www.uc.pt/sasuc/Conteudos\\_SASUC/DIRECAO\\_SERVICOS\\_APOIO\\_ESTUDANTE/DIVISAO\\_ACOLHIMENTO\\_INTEGRACAO/NUCLEO\\_ALOJAMENTOS/Residencias](http://www.uc.pt/sasuc/Conteudos_SASUC/DIRECAO_SERVICOS_APOIO_ESTUDANTE/DIVISAO_ACOLHIMENTO_INTEGRACAO/NUCLEO_ALOJAMENTOS/Residencias)
- [8]- Ledmania. (s.d.). *LEDMANIA*. Obtido em 15 de Março de 2013, de Vantagens da tecnologia LED: <http://ledmania.com.pt/index.php/vantagensled>
- [9]”Tabela de Iluminação Profissional, Phillips” ONLINE available [http://www.lighting.philips.pt/pwc\\_li/pt\\_pt/connect/assets/Tabela-Iluminacao-Profissional-2012-ALTERACOES-JUNHO.pdf](http://www.lighting.philips.pt/pwc_li/pt_pt/connect/assets/Tabela-Iluminacao-Profissional-2012-ALTERACOES-JUNHO.pdf)
- [10] IKEA. (s.d.). *Iluminação LED*. Obtido em 12 de Janeiro de 2013, de IKEA: [http://www.ikea.com/pt/pt/catalog/categories/departments/living\\_room/20514/](http://www.ikea.com/pt/pt/catalog/categories/departments/living_room/20514/)
- [11]- LEDLUX. (s.d.). *Lâmpadas LED*. Obtido em 2013 de Janeiro de 20, de ledlux: [http://loja.ledlux.pt/epages/ea9822.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/ea9822/Categories/Produtos/Lampadas\\_LED](http://loja.ledlux.pt/epages/ea9822.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/ea9822/Categories/Produtos/Lampadas_LED)
- [12]- electrum trofa. (s.d.). *OSRAM lâmpadas LED*. Obtido em 2013 de Janeiro de 5, de electrumtrofa: [http://www.electrumtrofa.com/store/catalog/index.php?cPath=350\\_440\\_23&osCsid=c23e49d23111644d73a6c98fe3c087ab](http://www.electrumtrofa.com/store/catalog/index.php?cPath=350_440_23&osCsid=c23e49d23111644d73a6c98fe3c087ab)

- [13]- MiniInTheBox. (s.d.). *Lâmpadas LED*. Obtido em 2013 de Janeiro de 5, de MiniInTheBox: [http://www.miniinthebox.com/pt/narrow/e27\\_v48827t0/lampadas-led\\_c3115/Todos-3?currency=EUR&mini\\_from=paid\\_adwords\\_search&adword\\_mt=b&adword\\_ct=25612046752&adword\\_kw=%2Blampada%2A%2Bled&adword\\_pos=1t1&adword\\_net=g&gclid=CI6W6OXc77QCFePHtAodeEwADQ](http://www.miniinthebox.com/pt/narrow/e27_v48827t0/lampadas-led_c3115/Todos-3?currency=EUR&mini_from=paid_adwords_search&adword_mt=b&adword_ct=25612046752&adword_kw=%2Blampada%2A%2Bled&adword_pos=1t1&adword_net=g&gclid=CI6W6OXc77QCFePHtAodeEwADQ)
- [14]- EDP. (s.d.). *Novas regras de faturação da Energia Reativa*. Obtido em 2013 de Fevereiro de 23, de EDP: <http://www.edp.pt/pt/empresas/informacoesuteis/Pages/novasRegrasEnergiaReativa.aspx>
- [15]- Bakaus. (s.d.). *Sensores de iluminação*. Obtido em 2013 de Março de 1, de Bakaus Portugal: <http://www.bakaus-portugal.com/index.php?act=viewProd&productId=1630>
- [16]- RMS ENERGIA. (s.d.). *Auditorias Energéticas*. Obtido em 2013 de Março de 2, de RMS ENERGIA: <http://www.rmsenergia.com.pt/servicos/auditorias-energeticas/>
- [17]- Seminário, “Energia e Qualidade do Ar Interior aplicabilidade, questões e soluções”, Afonso Oliveira, Setembro 2010. ONLINE Available [http://www.aramalhao.com/img\\_upload/Auditoria\\_SGCIE.pdf](http://www.aramalhao.com/img_upload/Auditoria_SGCIE.pdf)
- [18]- openrenewables. (s.d.). *openrenewables*. Obtido em 1 de Março de 2013, de OPEN 2xx-PC60: <http://www.openrenewables.com/download/Specifications/Open%202XX-PC60%20PT%20v3.05.pdf>
- [19]- transport, I. o. (s.d.). *Photovoltaic Geographical Information System*. Obtido em 23 de Fevereiro de 2013, de Joint Reserch Center: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- [20]- SolarMax. (s.d.). *SolarMax*. Obtido em 23 de Fevereiro de 2013, de SolarMax MT series: <http://www.solarmax.com/en/products/string-inverters/mt-serie/?tab=specifications>

# APÊNDICES

## Apêndice III- Tarifário

### III.1- Energia Ativa

#### III.1.1- Energia ativa consumida e faturada

Tabela III. 1- Energia ativa consumida e faturada ao longo dos meses na residência Pedro Nunes

Mês	Vazio Normal (kWh)	2010	2011	2012 De 1/1 a 17/6	2010	2011	2012
		Total (kWh)	Total (kWh)	Total (kWh)	Total com IVA	Total com IVA	Total com IVA
Janeiro	0	619,2581	2723,849	1753,339	114,4045	279,0157	350,7207
Fevereiro	553	1921,341	2810,414	1757,905	279,6658	281,0474	358,077
Março	484	2006,621	2809,371	1585,513	303,7695	278,9803	340,4716
Abril	343	1643,586	2169,071	1449,483	259,0902	235,8106	325,2777
Maio	350	1582,759	2308,839	1492,949	252,9187	244,4052	313,2811
Junho	281	1287,241	2287,857	1348,429	199,6371	237,6273	283,7184
Julho	107	1467,25	1598,304	1936,09	176,7793	182,5609	316,3259
Agosto	257	572	980,5808	1280,667	88,25686	127,5952	276,4586
Setembro	239	1895,161	1636,81	1340,345	196,3442	184,5979	288,1139
Outubro	357	2595,287	3037,807	700,3448	267,6779	249,1382	203,6877
Novembro	336	2925,534	2775,615		288,2473	284,0751	
Dezembro	515	3478,056	2747,097		333,1513	288,5627	
Total		21994,09	27885,61	14645,06			

#### III.1.2- Desagregação de energia ativa por período horário

Tabela III. 2- Desagregação por período horário dos dados referentes à faturação da residência Pedro Nunes

	Total Vazio Normal (kWh)	Total Super Vazio (kWh)	Total Pontas (kWh)	Total Cheias (kWh)	Total Vazio Normal (%)	Total Super Vazio (%)	Total Pontas (%)	Total Cheias (%)
2010	4151,37	2766,848	3486,552	11589,33	18,87%	12,58%	15,85%	52,69%
2011	3975,751	2746,481	3554,606	17608,78	14,26%	9,85%	12,75%	63,15%
2012	3881,144	1531,004	2955,323	6277,593	26,50%	10,45%	20,18%	42,86%

Os gráficos seguintes servem para definir melhor os períodos horários do consumo de energia ativa referente aos anos de 2010, 2011 e 2012.

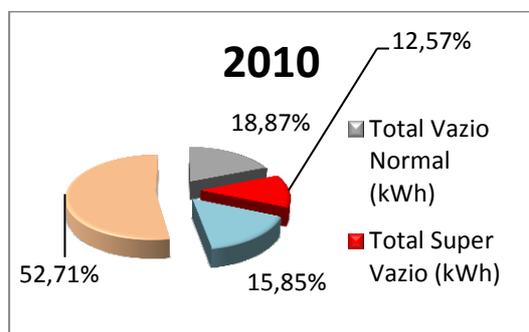


Figura III. 1-Desagregação por período horário da residência Pedro Nunes referente ao ano de 2010

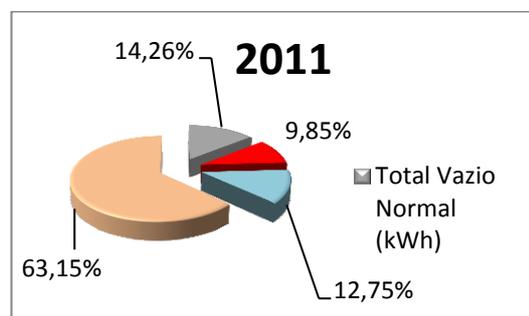


Figura III. 3--Desagregação por período horário da residência Pedro Nunes referente ao ano de 2011

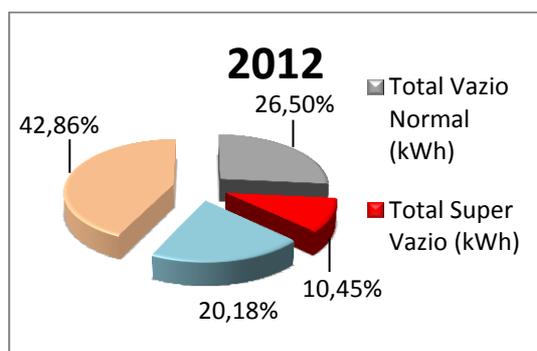


Figura III. 2-Desagregação por período horário da residência Pedro Nunes referente ao ano de 2012

## III.2- Energia Reativa

### III.2.1- Escalões de reativa

A faturação de energia reativa foi alvo de reestruturação ao longo dos anos, sendo que no ano de 2010 existia apenas um escalão, em 2011 passaram a existir 2 escalões e em 2012 3 escalões. Os escalões são definidos considerando os seguintes valores da  $\text{tg } \omega$  (quociente entre a energia reativa e a energia ativa medidas num dado período de tempo): a) superior ou igual a 30% e

inferior a 40% (escalon 1); b) superior ou igual a 40% e inferior a 50% (escalon 2); c) superior ou igual a 50% (escalon 3).

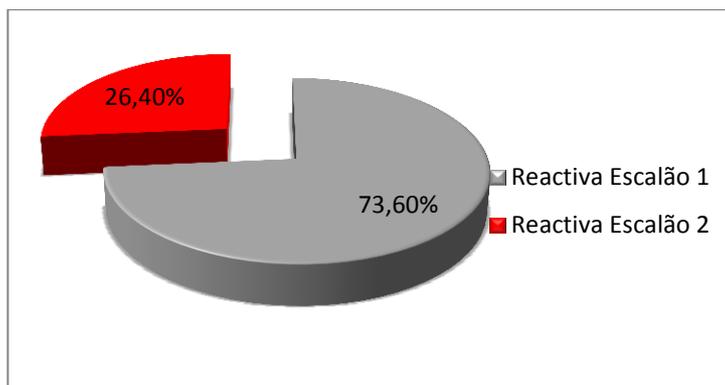


Figura III. 4- Escalões de Energia reativa referente ao ano de 2011

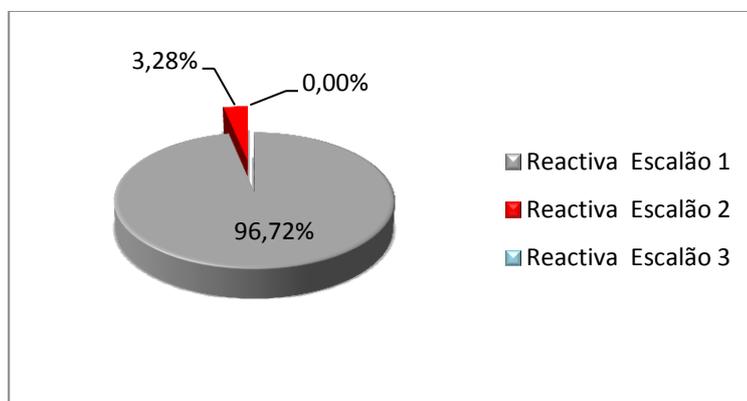


Figura III. 5- Escalões de Energia reativa referente ao ano de 2012

### III.3- Faturação

Os gráficos seguintes permitem ilustrar a desagregação da faturação ao longo dos meses de cada ano, de modo a mostrar o peso de cada componente que compõe o total faturado.

#### III.3.1- Desagregação da faturação em 2010

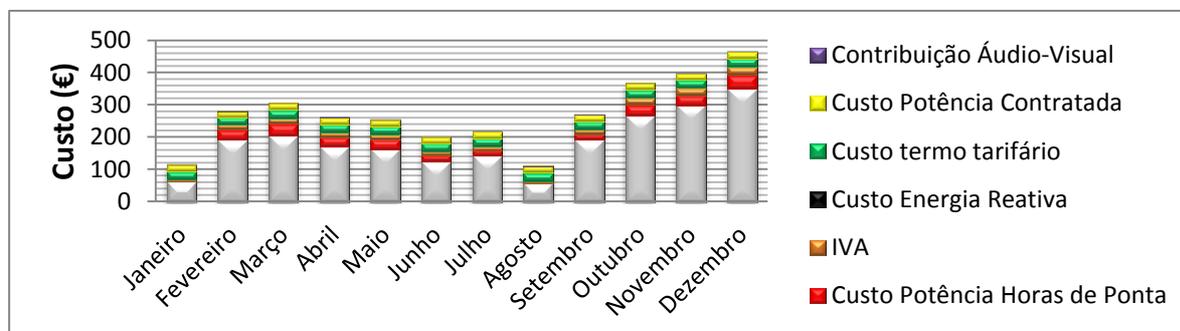


Figura III. 6-Desagregação da faturação em 2010 na residência Pedro Nunes

### III.3.2- Desagregação da faturação em 2011

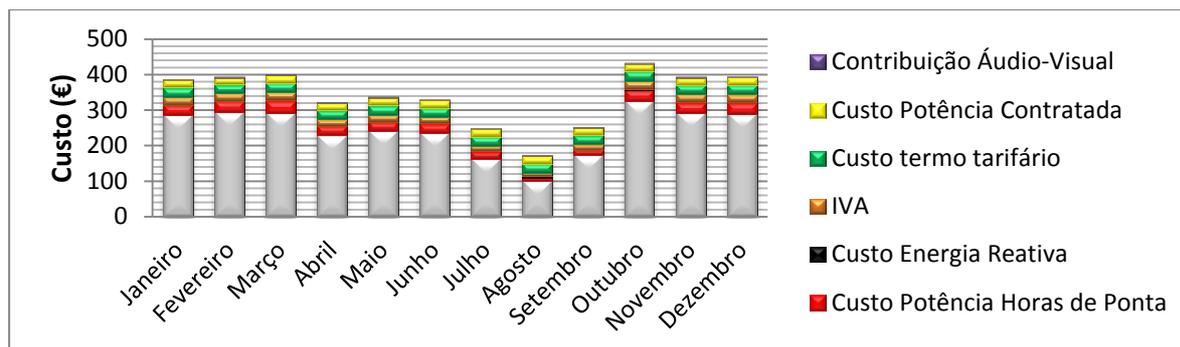


Figura III. 7-Desagregação da faturação em 2011 na residência Pedro Nunes

### III.3.3- Desagregação da faturação em 2012

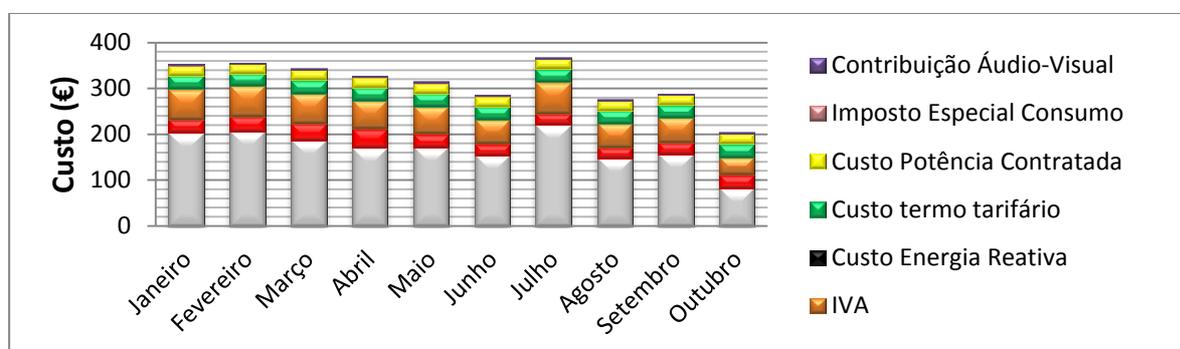


Figura III. 8--Desagregação da faturação em 2012 na residência Pedro Nunes

## Apêndice IV- Auditoria Energética aos Edifícios

Os dados das monitorizações efetuadas nos diversos edifícios estudados foram recolhidos com ajuda dos analisadores de energia QualiStar da Chauvin Arnoux que permite analisar a qualidade do serviço de fornecimento de energia de acordo com a norma EN50160, que regulamenta as variações dos parâmetros relacionados com a onda de tensão e da conformidade do serviço. Destinados aos serviços de manutenção de edifícios industriais ou administrativos, permite obter uma imagem instantânea das principais características da qualidade da rede elétrica e assim detetar com facilidade elementos poluidores da rede. O intervalo mínimo de medida é de 1 segundo, e se existirem transitórios nesse intervalo, o QUALISTAR regista-os [16]. Nas monitorizações efetuadas foram utilizados intervalos de 15 minutos.

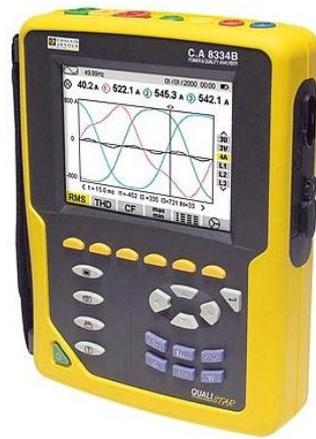


Figura IV. 1- Analisador de energia Quality Star da Chauvin Arnoux

#### IV.1- Apresentação dos edifícios

As tabelas seguintes mostram a distribuição das divisões existentes pelos pisos que constituem os diversos edifícios estudados, bem como as áreas totais que cada espaço representa.

## IV.1.1-Residência Pólo II\_1

Tabela IV. 1- Estrutura do piso 0

Piso 0	
Divisão	Área Total (m <sup>2</sup> )
Dez quartos	120
Dois Corredores	52,8
Cinco halls de quarto	19,2
Cozinha	22,5
Casa das caldeiras	8,4
Escadas	15
Lavandaria	15
Dez casas de banho	22,5

Tabela IV. 2- Estrutura do piso 1

Piso 1	
Divisão	Área Total (m <sup>2</sup> )
Dezoito quartos	216
Três corredores	68,6
Hall entrada principal	18
Cozinha	19,25
Nove halls de quartos	34,56
Escadas	15
Sala de arrumos	20
Dezoito casas de banho	40,5

Tabela IV. 3- Estrutura do piso 2

Piso 2	
Divisão	Área Total (m <sup>2</sup> )
Seis quartos	72
Corredor	15
Cozinha	10
Três halls de quarto	11,52
Escadas	15
Seis casas de banho	13,5

Tabela IV. 4- Estrutura do piso 3

Piso 3	
Divisão	Área Total (m <sup>2</sup> )
Seis quartos	72
Corredor	15
Cozinha	10
Três halls de quarto	11,52
Escadas	15
Seis casas de banho	13,5

Tabela IV. 5 - Estrutura do piso 4

Piso 4	
Divisão	Área Total (m <sup>2</sup> )
Seis quartos	72
Corredor	15
Cozinha	10
Três halls de quarto	11,52
Escadas	15
Seis casas de banho	13,5

Tabela IV. 6- Estrutura do piso 5

Piso 5	
Divisão	Área Total (m <sup>2</sup> )
Seis quartos	72
Corredor	15
Cozinha	10
Três halls de quarto	11,52
Escadas	15
Seis casas de banho	13,5

Tabela IV. 7- Estrutura do piso 6

Piso 6	
Divisão	Área Total (m <sup>2</sup> )
Seis quartos	72
Corredor	15
Cozinha	10
Três halls de quarto	11,52
Escadas	15
Seis casas de banho	13,5

#### IV.1.2 Residência Pedro Nunes

Tabela IV. 8-Estrutura do piso -1

Piso -1	
Divisão	Área total (m <sup>2</sup> )
Arrecadação	48
Casa das caldeiras	24
Terraço	28
Estendal	42
Escadas	9
Lavandaria	13,5

Tabela IV. 9-Estrutura do piso 1

Piso 1	
Divisão	Área total (m <sup>2</sup> )
Sete quartos	87,5
Corredor	30
Cozinha	12
Sala de estudo	24
Escadas	9
Sete casas de banho	28

Tabela IV. 10--Estrutura do piso 0

Piso 0	
Divisão	Área total (m <sup>2</sup> )
Cinco quartos	62,5
Corredor	30
Cozinha	12
Sala de estar	30
Sala de estudo	24
Cinco casas de banho	20
Escadas	9

Tabela IV. 11-Estrutura do piso 2

Piso 2	
Divisão	Área total (m <sup>2</sup> )
Sete quartos	87,5
Corredor	30
Cozinha	12
Sala de estudo	24
Escadas	9
Sete casas de banho	28

### IV.1.3- Restaurante Estádio Universitário

Tabela IV. 12-Estrutura dos Restaurante Estádio Universitário

Piso 0	
Divisão	Área total (m <sup>2</sup> )
Bar de apoio / Café	18
Três Corredores	62
Sala de Refeições	162
Cinco Casas de Banho	34,5
Balcão Principal	30
Hall entrada de mercadorias	15
Escritório	7,5
Sala das Arcas	8
Corredor das Arcas	6
Despensa	5,25
Copa	24
Casa das Caldeiras	4
Sala de Preparação	20
Cozinha	42

### IV.2-Auditoria Deambulatória

Durante esta fase foi utilizada uma tabela Excel que permitiu registrar as cargas constituintes de cada edifício a tabela é mostrada na figura seguinte.

Tabela IV. 13- Tabela de registo de cargas

Divisão				
Área	Quantidade	Potência	Total	Notas
Carga 1				
Carga 2				
Carga 3				
Carga 4				
Carga 5				
Carga 6				
Carga 7				
Carga 8				

#### IV.2.1- Desagregação da potência ativa instalada

Desagregação da potência ativa instalada nos equipamentos presente na cozinha da residência Pedro Nunes.

Tabela IV. 14- Desagregação da Potência ativa instalada nos equipamentos presentes na cozinha

Equipamento	Potência Total (W)	Porcentagem
Iluminação	926	2,92%
Aspirador	3000	9,46%
Micro-ondas	2300	7,26%
Fogão	18000	56,79%
Forno	1500	4,73%
Ferro de passar	1400	4,42%
Maquina café	1000	3,15%
Outros	3570	11,26%
<b>Total</b>	<b>31696</b>	<b>100,00%</b>

Uma vez que, como se observou nos dados apresentados anteriormente, que é nas cozinhas que reside a maior porcentagem de potência instalada foi construída a **tabela IV.14** que permite observar o peso que cada equipamento representa nos valores da potência instalada nesta mesma divisão. O valor de destaque vai realmente para os fogões elétricos que equipam as 3 cozinhas do edifício, estes equipamentos contabilizam um total de 18000 W e representam mais de metade da potência total instalada nas cozinhas, mais exatamente 56,79%.

A **tabela IV.15** mostra a desagregação da potência ativa instalada nos equipamentos presentes na cozinha da residência Pólo II\_1

Tabela IV. 15-Desagregação da Potência ativa instalada nos equipamentos presentes na cozinha

Equipamento	Potência Total (W)	Porcentagem
Iluminação	216	0,35%
Aspirador	7000	11,32%
Micro-ondas	6300	10,19%
Fogão	12000	19,40%
Forno	10500	16,98%
Torradeira	4900	7,92%
Grelhador	7900	12,77%

Ferro Engomar	6060	9,80%
Frigorifico	1155	1,87%
Outras	5816	9,40%
<b>Total</b>	<b>61847</b>	<b>100,00%</b>

Tal como aconteceu na Residência Pedro Nunes, é nas cozinhas que reside a maior percentagem de potência instalada, nesse sentido foi construída a **tabela IV.15** que permite observar o peso que cada equipamento representa nos valores da potência instalada nesta mesma divisão. Por observação da tabela verificamos que os fogões são o equipamento que detêm a maior percentagem de potência, porque apesar de eles terem também bicos a gás, possuem também uma placa elétrica.

## IV.4 Análise Analítica

### IV.4.1 Distribuição de Potência Ativa pelas três fases da instalação

#### IV.4.1.1 Residência PóloII\_1

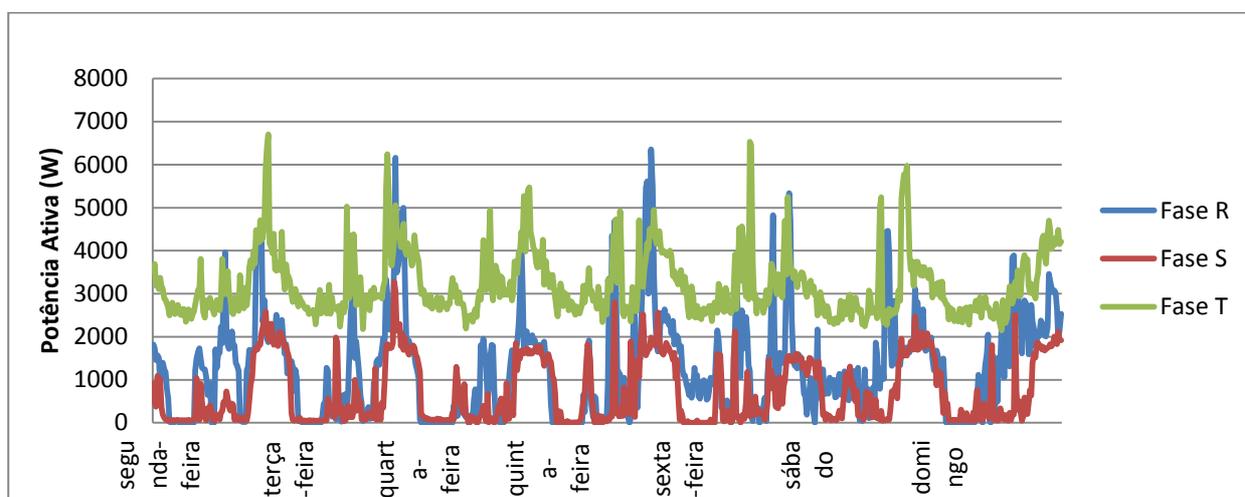


Figura IV. 2-Distribuição da potência ativa pelas três fases da instalação

Da análise do gráfico da **figura IV.2** pode-se verificar que a fase T da instalação é a que mais contribui para o consumo de energia ativa verificado.

#### IV.4.1.2 Residência Pedro Nunes

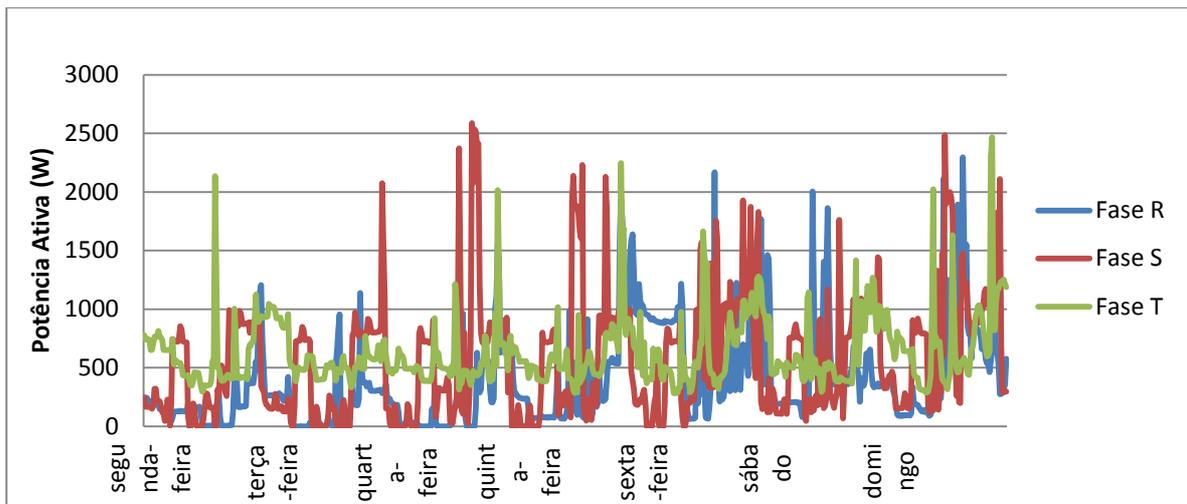


Figura IV. 3-Distribuição da potência ativa pelas tres fases da instalação

Através da análise do gráfico da **figura IV.3** é difícil constatar qual a fase que mais contribui para o consumo de energia ativa verificado, uma vez que todas apresentam contribuições semelhantes.

#### IV.4.1.3 Restaurante Estádio Universitário

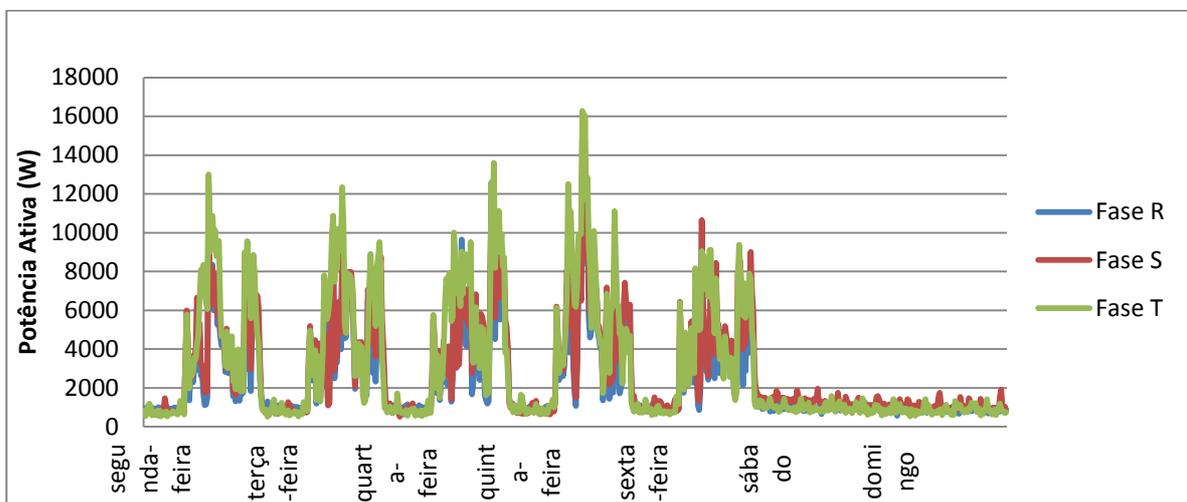


Figura IV. 4-Distribuição da potência ativa pelas tres fases da instalação

Da análise do gráfico da **figura IV.4** não é claro a identificação da fase que mais contribui para o consumo de potência ativa da instalação, contudo é na fase T que se verificam os maiores picos de potência ativa.

## IV.4.2 Distribuição de Potência Reativa pelas três fases da instalação

### IV.4.2.1 Residência PóloII\_1

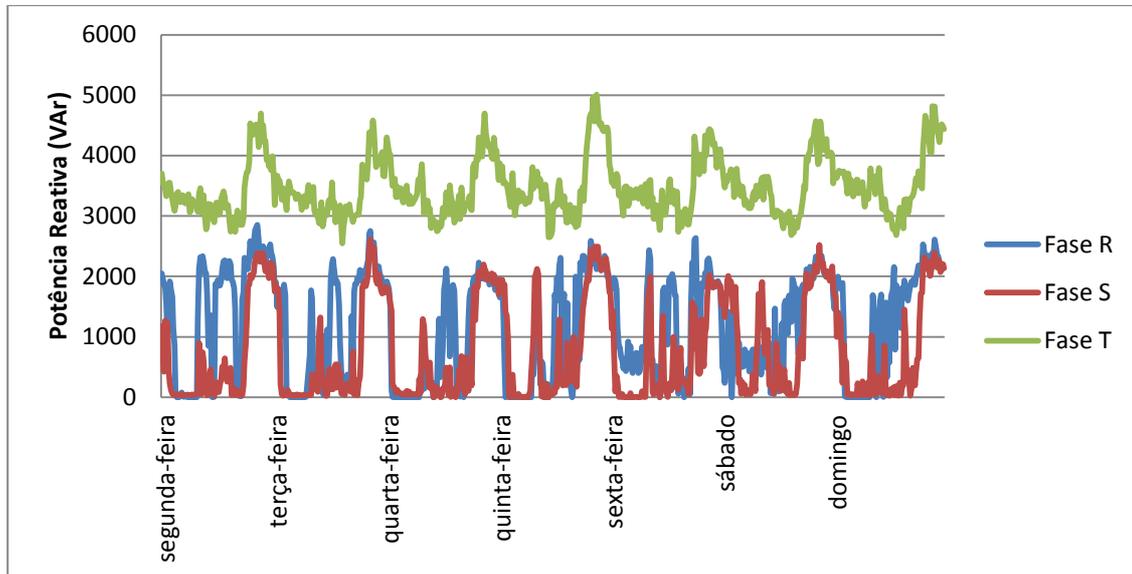


Figura IV. 5-Distribuição da potência reativa pelas tres fases da instalação

Através da análise do gráfico da **figura IV.5** pode-se verificar que a fase T da instalação é a que mais contribui para o consumo de potência reativa verificado na instalação.

### IV.4.2.2 Residência Pedro Nunes

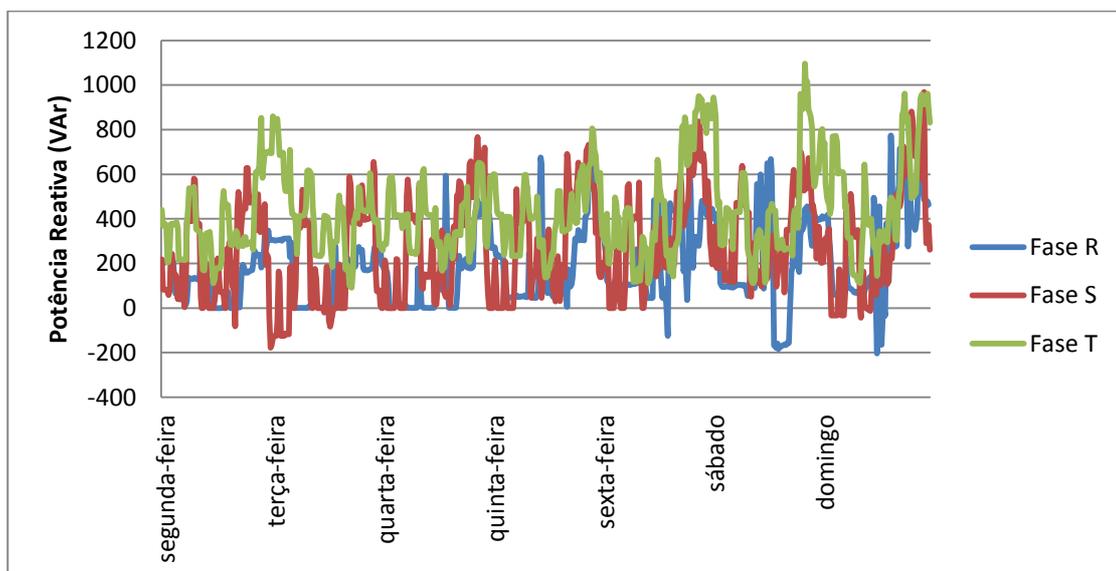


Figura IV. 6-Distribuição da potência reativa pelas tres fases da instalação

Da análise do gráfico da **figura IV.6** não se consegue distinguir com clareza a fase da instalação que mais contribui para o consumo de potência reativa, no entanto, é possível verificar que é na fase T que se atingem os maiores picos.

#### IV.4.2.3 Restaurante Estádio Universitário

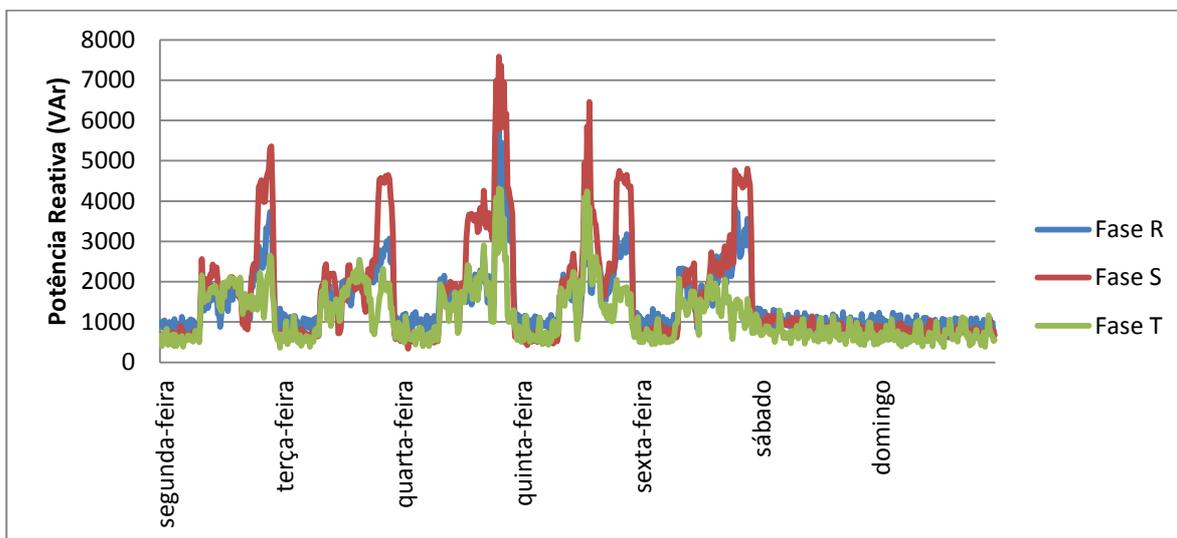


Figura IV. 7-Distribuição da potência reativa pelas tres fases da instalação

Da análise do gráfico da **figura IV.7** pode-se verificar que a fase S da instalação é a que mais contribui para o consumo de potência reativa verificado.

#### IV.4.3- Picos de Potência Ativa

As tabelas seguintes mostram os picos de potência ativa observados em cada dia da semana de monitorização obtida no quadro geral de cada instalação.

Tabela IV. 2- Picos de potência ativa registados durante a semana de monitorização na residência Pedro Nunes

Dia	Máximo dia (W)	Data	Hora
Segunda-feira	2949,612793	31-12-2012	22:30:00
Terça-feira	3049,161316	01-01-2013	22:15:00
Quarta-feira	4488,266541	02-01-2013	20:45:00
Quinta-feira	5243,856445	03-01-2013	20:45:00
Sexta-feira	4534,57251	04-01-2013	22:00:00
Sábado	3521,385193	05-01-2013	13:00:00
Domingo	4338,731384	06-01-2013	15:15:00

Pela análise da **tabela IV.10** verifica-se que os picos máximos de potência ocorrem normalmente durante a noite, sendo o máximo verificado de 5243,8W registado no dia 03-01-2013 (terça-feira).

**Tabela IV. 3- Picos de potência ativa registados durante a semana de monitorização na residência Pólo II\_1**

Dia	Máximo dia (W)	Data	Hora
Segunda-feira	10760,36401	22-10-2012	20:45:00
Terça-feira	14291,61963	23-10-2012	20:45:00
Quarta-feira	10434,26404	24-10-2012	20:00:00
Quinta-feira	12741,06995	25-10-2012	20:00:00
Sexta-feira	11066,19116	26-10-2012	21:15:00
Sábado	9309,952148	27-10-2012	20:45:00
Domingo	9929,808105	28-10-2012	21:30:00

Pela análise da **tabela IV.11** observa-se que os picos máximos de potência ocorrem durante o período de jantar, sendo o máximo verificado de 14291,6W registado no dia 24-10-2012 (terça-feira).

**Tabela IV. 4- Picos de potência ativa registados durante a semana de monitorização na cantina Restaurante Estádio Universitário**

Dia	Máximo dia (W)	Data	Hora
Segunda-feira	37639,38867	05-11-2012	12:30:00
Terça-feira	29654,1377	06-11-2012	12:45:00
Quarta-feira	37891,25977	07-11-2012	20:00:00
Quinta-feira	44607,0791	08-11-2012	13:15:00
Sexta-feira	29697,87012	09-11-2012	12:30:00
Sábado	4048,145874	10-11-2012	00:00:00
Domingo	3861,611267	11-11-2012	22:45:00

Pela análise da **tabela IV.12** observa-se que os picos máximos de potência ocorrem durante os períodos de almoço e jantar, sendo o máximo verificado de 37891,3W registado no dia 07-11-2012 (quarta-feira).

## Apêndice V- Questionários

### V.1- Questionário distribuído aos alunos

O questionário distribuído aos alunos da residência Pólo II\_1 era constituído por 23 questões e encontra-se em baixo.

# Inquérito SASUC

Num mundo cada vez mais dependente de energia elétrica é extremamente importante uma utilização racional dos recursos energéticos para garantir bons resultados económicos e ambientais.

Estes resultados dependem das nossas atitudes/comportamentos em relação ao consumo de energia elétrica, podendo no dia-a-dia minimizar a sua utilização.

Neste contexto, este inquérito permite conhecer melhor a Residência, para que a auditoria energética realizada ao edifício consiga integrar os consumos com um melhor grau de aproximação ao que acontece na realidade, permitindo obter uma otimização dos recursos energéticos.

- 1) Durante o dia, tem por hábito abrir os estores e as cortinas para tirar o máximo partido da exposição solar?  
 Sim  
 Não
  
- 2) Tem o cuidado de apagar as luzes sempre que sai de um determinado espaço?  
 Sim  
 Não
  
- 3) Durante quantas horas utiliza a iluminação no quarto?  
 Menos de 1 hora  
 De 1 a 4 horas  
 De 4 a 8 horas  
 De 8 12 horas  
 De 12 a 16 horas  
 De 16 a 24 horas
  
- 4) Quando abre o frigorífico ou arca, tem o hábito de deixar as portas abertas durante muito tempo?  
 Sim  
 Não

- 5) Ao guardar alimentos cozinhados espera que eles arrefeçam, antes de os colocar no frigorífico?
- Sim
  - Não
- 6) Quantas utilizações faz semanalmente da máquina de lavar roupa?
- 1 utilização
  - 2 utilizações
  - 3 ou mais utilizações
  - Não utilizo.
- 7) Utiliza a máquina de roupa ou de louça sempre com a carga completa?
- Sim
  - Não
- 8) Em média, semanalmente quantas vezes utiliza o ferro de engomar?
- 1 vez
  - 2 vezes
  - 3 ou mais vezes
  - Não utilizo
- 9) Utiliza o microondas apenas para aquecer refeições em curtos períodos de tempo?
- Sim
  - Não
- 10) Quantas utilizações, do microondas faz por semana?
- Nenhuma utilização
  - 1 Utilização
  - De 1 a 4 utilizações
  - Mais de 4 utilizações
- 11) Tem por hábito deixar os aparelhos em *stand-by*?
- Sim
  - Não
- 12) Tem por hábito manter o carregador do telemóvel/computador ligado à corrente após o carregamento?
- Sim
  - Não
- 13) Utiliza computador na residência?
- Não
  - Sim/fixo
  - Sim/portátil

14) Quantas horas por dia o computador fica ligado?

- Menos de 1 hora
- De 1 a 4 horas
- De 4 a 8 horas
- De 8 12 horas
- De 12 a 16 horas
- De 16 a 24 horas

15) Tem algum sistema de aquecimento eléctrico? Qual é a potência?

- Não
- Sim/Menos de 500W
- Sim/Entre 500W e os 1000W
- Sim/Entre 1000W e os 1500W
- Sim/Entre 1500W e os 2000W
- Sim/Mais de 2000W

16) Quantas horas por dia o aquecimento fica ligado?

- Menos de 1 hora
- De 1 a 4 horas
- De 4 a 8 horas
- De 8 12 horas
- De 12 a 16 horas
- De 16 a 24 horas

17) Considera importante a economia de energia eléctrica?

- Sim
- Não

18) Considera-se responsável pelo consumo de energia eléctrica?

- Sim
- Não

19) Sabe qual é o gasto médio de energia por mês na residência?

- Sim
- Não

20) Acha que gasta mais energia do que a média dos utilizadores da residência?

- Sim
- Não

21) O que faz para diminuir o consumo de energia eléctrica?

- Nada
- Tenho cuidados com a iluminação
- Tenho cuidados com a utilização de alguns equipamentos

Outra: \_\_\_\_\_

22) Que tipo de refeições é que confecciona na residência e em média quantas vezes por semana?

- Pequeno almoço, quantas vezes por semana: \_\_\_\_\_
- Almoço, quantas vezes por semana: \_\_\_\_\_

Jantar, quantas vezes por semana:\_\_\_\_

## V.2- Resultado das questões

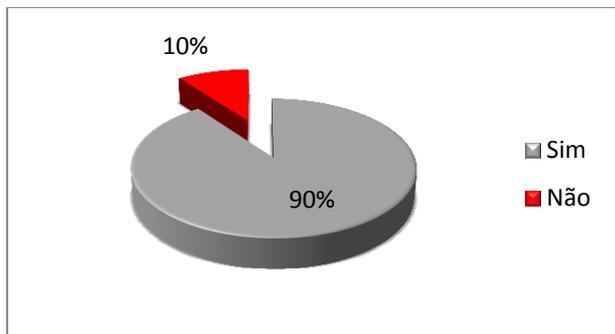


Figura V.1- Resultados da questão 1

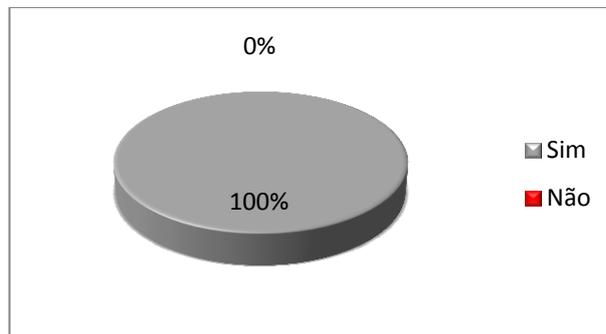


Figura V.2- Resultados da questão 2

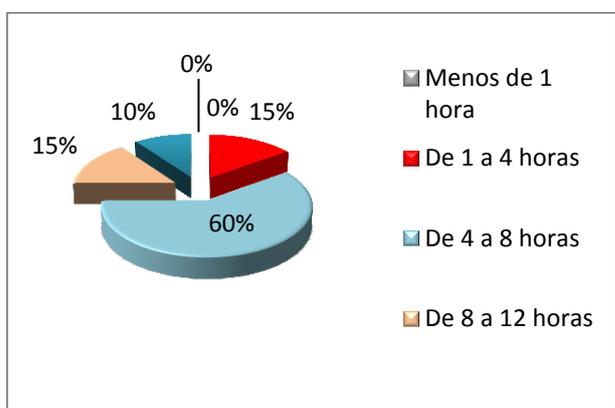


Figura V.3- Resultados da questão 3

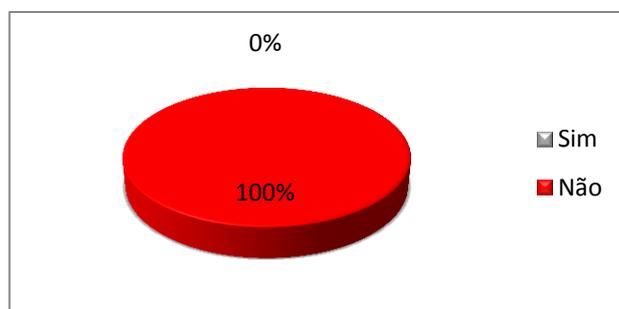


Figura V.4- Resultados da questão 4

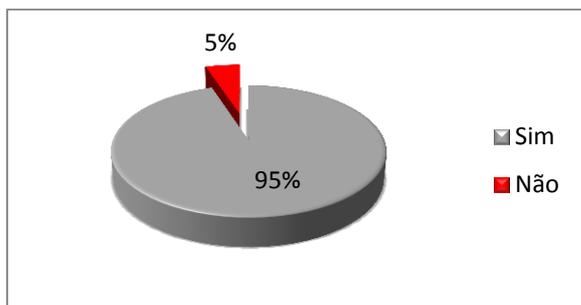


Figura V.5- Resultados da questão 5

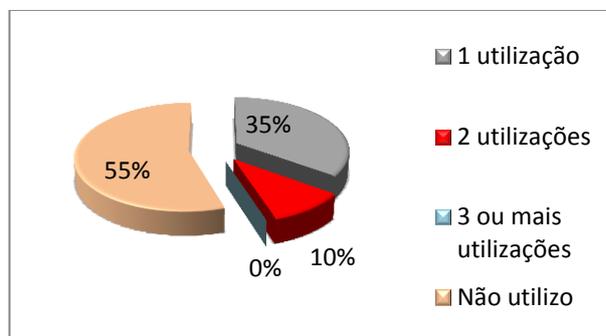


Figura V.6- Resultados da questão 6

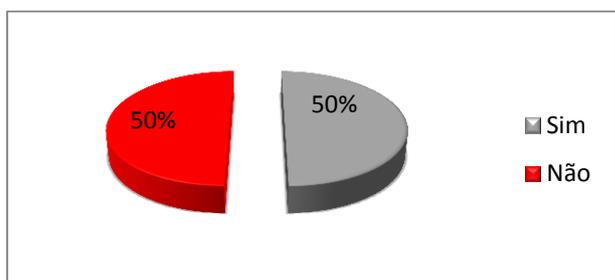


Figura V.7- Resultados da questão 7

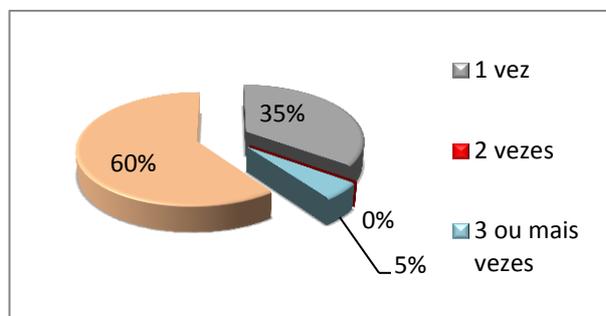


Figura V.8- Resultados da questão 8

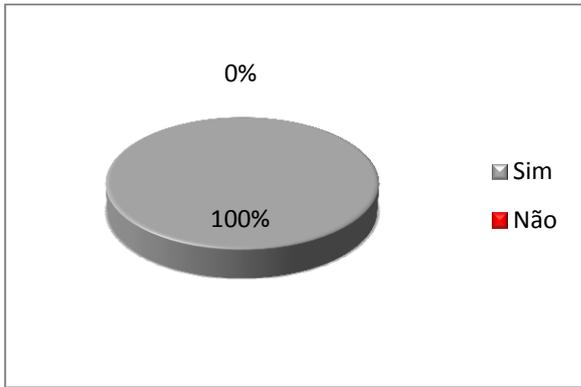


Figura V.9- Resultados da questão 9

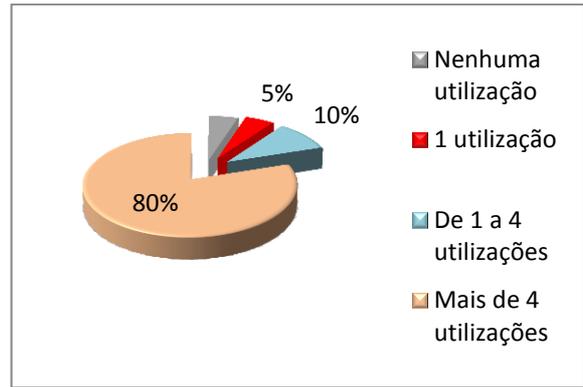


Figura V.10- Resultados da questão 10

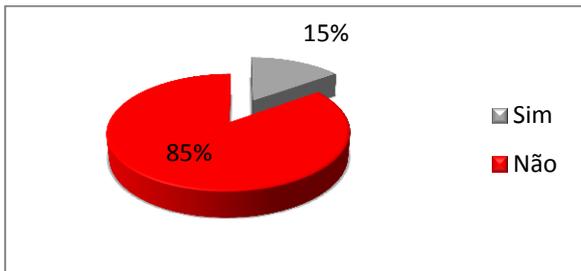


Figura V.11- Resultados da questão 11

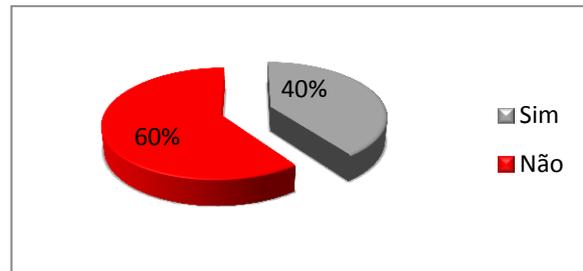


Figura V.12- Resultados da questão 12

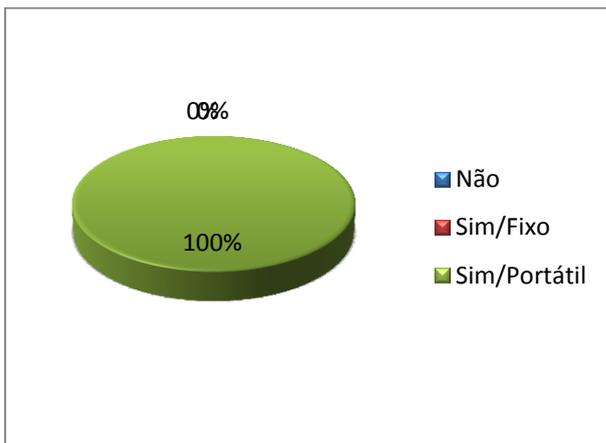


Figura V.13- Resultados da questão 13

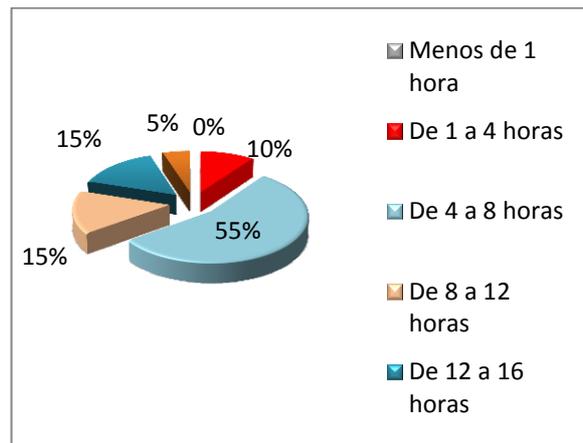


Figura V.14- Resultados da questão 14

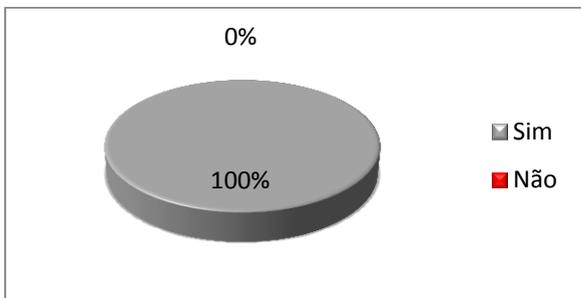


Figura V.17- Resultados da questão 17

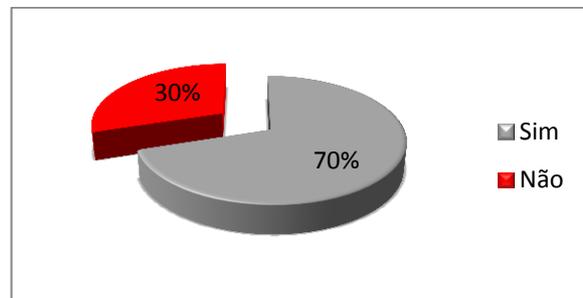


Figura V.18- Resultados da questão 18

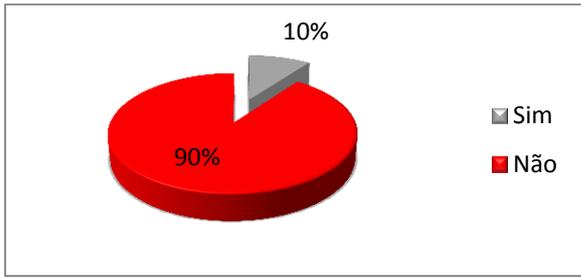


Figura V.19- Resultados da questão 19

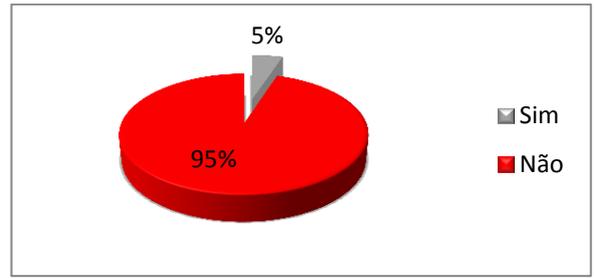


Figura V.20- Resultados da questão 20

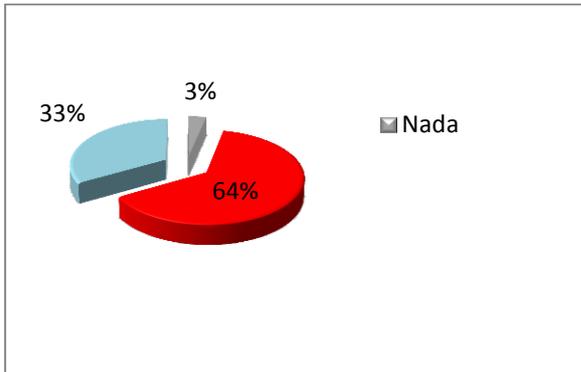


Figura V.20- Resultados da questão 20

## Apêndice VI- Oportunidades de racionalização de Consumos

### VI.1- Emissões de CO<sub>2</sub>

As tabelas seguintes mostram a redução de emissões de CO<sub>2</sub> associadas as propostas apresentadas para cada espaço dos diversos edifícios estudados.

#### VI.1.1- Residência Pedro Nunes

Tabela VI. 1-Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação dos quartos

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	1451,15	0,345768413
proposta 2	729,15	0,173736029
Proposta 3	707,37	0,168546465

Tabela VI. 2--Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação das cozinhas

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	470,85	0,112190371
proposta 2	646,08	0,153942774

Tabela VI. 3--Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação dos corredores

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	831,105	0,198029051
proposta 2	747,995	0,178226265
Proposta 3	906,66	0,216031692
Proposta 4	755,55	0,18002641
Proposta 5	1158,51	0,276040495

Tabela VI. 4--Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação das salas de estudo

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	725,985	0,172981898
proposta 2	949,365	0,226207097

#### VI.1.2- Residência Pólo II\_1

Tabela VI. 5--Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação dos quartos

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	3514,22	0,83733884
proposta 2	2980,74	0,710224751
Proposta 3	2371,04	0,564951506

Tabela VI. 6--Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação dos corredores

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	4056,975	0,966661944
proposta 2	3309,6375	0,788592639
Proposta 3	3950,2125	0,941223472
Proposta 4	4071,21	0,970053741
Proposta 5	5124,6	1,221046667

Tabela VI. 7- -Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação das cozinhas

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	245,28	0,058443259
proposta 2	245,28	0,058443259

Tabela VI. 8-Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação das casas de banho

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	889,14	0,211856815
proposta 2	889,14	0,211856815

Tabela VI. 9-Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação das escadas

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	689,85	0,164371667
proposta 2	689,85	0,164371667
Proposta 3	1103,76	0,262994667
Proposta 4	1241,73	0,295869

### VI.1.3- Restaurante Estádio Universitário

Tabela VI. 10--Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação com lâmpadas de 18W

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	2947,375	0,702275772
proposta 2	3432,825	0,817944722
Proposta 3	3120,75	0,743586111

Tabela VI. 11-Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas propostas apresentadas para a iluminação com lâmpadas de 36W

	Poupança anual	CO <sub>2</sub> (ton)
Proposta 1	830,375	0,197854784
proposta 2	1085,875	0,258733179

## VI.2- Implementação de Painéis Fotovoltaicos na cantina Restaurante Estádio Universitário

A simulação do projeto realizado foi feita com a ajuda do software PVSYST, e o relatório final obtido esta apresentado em baixo

**Cantina Restaurante Estadio Universitário**

**Grid-Connected System: Simulation parameters**

**Project :** Coimbra  
**Geographical Site** Coimbra **Country** Portugal  
**Situation** Latitude 40.1°N Longitude 8.2°W  
Time defined as Legal Time Time zone UT+1 Altitude 141 m  
Albedo 0.20  
**Meteo data :** Coimbra, Synthetic Hourly data

**Simulation variant :** Cozinha\_Estadio  
Simulation date 17/03/13 19h19

**Simulation parameters**

**Collector Plane Orientation** Tilt 33° Azimuth 0°  
**Horizon** Free Horizon  
**Near Shadings** No Shadings

**PV Array Characteristics**

**PV module** Si-poly Model **Open Renewables 235-PC60**  
Manufacturer Open Renewables  
Number of PV modules In series 19 modules In parallel 2 strings  
Total number of PV modules Nb. modules 38 Unit Nom. Power 235 Wp  
Array global power Nominal (STC) **8.9 kWp** At operating cond. 8.2 kWp (50°C)  
Array operating characteristics (50 °C) U mpp 527 V I mpp 16 A  
Total area Module area **62.3 m²** Cell area 53.0 m²

**Inverter** Model **SolarMax 8MT**  
Manufacturer SolarMax  
Characteristics Operating Voltage 250-750 V Unit Nom. Power 8.0 kW AC

**PV Array loss factors**

Thermal Loss factor U<sub>c</sub> (const) 20.0 W/m²K U<sub>v</sub> (wind) 0.0 W/m²K / m/s  
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², T<sub>amb</sub>=20°C, Wind velocity = 1m/s.) NOCT 56 °C  
Wiring Ohmic Loss Global array res. 569 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC  
Module Quality Loss Loss Fraction 1.5 %  
Module Mismatch Losses Loss Fraction 2.0 % at MPP  
Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = 1 - b<sub>0</sub> (1/cos i - 1) b<sub>0</sub> Parameter 0.05

**User's needs :** Unlimited load (grid)

Cantina Restaurante Estadio Universitário

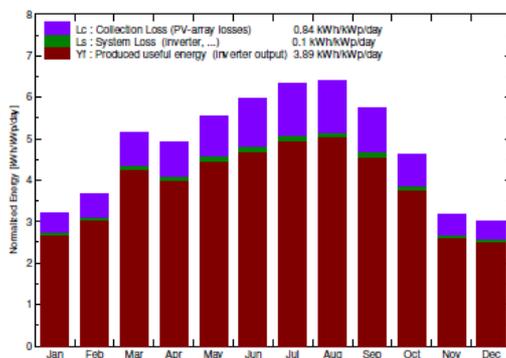
Grid-Connected System: Main results

Project : Coimbra  
Simulation variant : Cozinha\_Estadio

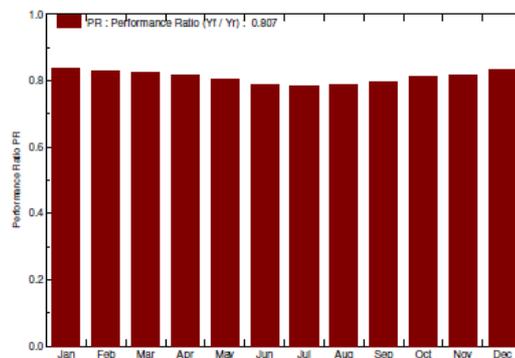
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
PV Field Orientation	tilt	33°	azimuth	0°
PV modules	Model	Open Renewables 235-PC60	Pnom	235 Wp
PV Array	Nb. of modules	38	Pnom total	8.9 kWp
Inverter	Model	SolarMax 8MT	Pnom	8.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

**Main simulation results**  
System Production      Produced Energy **12.68 MWh/year**      Specific prod. 1420 kWh/kWp/year  
Performance Ratio PR **80.7 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 8.9 kWp



Performance Ratio PR



Cozinha\_Estadio  
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	61.0	10.00	99.8	97.0	763	745	12.27	11.98
February	73.0	11.00	103.2	100.3	781	762	12.15	11.86
March	129.0	12.50	160.1	155.7	1206	1178	12.09	11.80
April	140.0	14.00	147.6	143.2	1101	1074	11.97	11.68
May	179.0	16.40	172.2	166.7	1269	1239	11.82	11.54
June	195.0	19.60	178.8	172.7	1289	1256	11.56	11.27
July	209.0	21.80	195.9	189.6	1408	1374	11.53	11.25
August	195.0	21.80	198.5	192.7	1429	1395	11.55	11.28
September	147.0	20.80	171.9	167.0	1251	1222	11.68	11.41
October	104.0	17.40	143.4	139.5	1068	1043	11.94	11.67
November	63.0	13.00	95.6	93.0	717	699	12.03	11.72
December	54.0	10.40	93.6	90.9	715	698	12.26	11.96
Year	1549.0	15.75	1760.5	1708.3	12996	12684	11.85	11.56

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation      EArray Effective energy at the output of the array  
T Amb Ambient Temperature      E\_Grid Energy injected into grid  
GlobInc Global incident in coll. plane      EffArrR Effic. Eout array/ rough area  
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings      EffSysR Effic. Eout system / rough area

**Cantina Restaurante Estadio Universitário**

**Grid-Connected System: Loss diagram**

**Project :** Coimbra  
**Simulation variant :** Cozinha\_Estadio

<b>Main system parameters</b>	<b>System type</b>	<b>Grid-Connected</b>		
PV Field Orientation	tilt	33°	azimuth	0°
PV modules	Model	Open Renewables 235-PC6	$P_{nom}$	235 Wp
PV Array	Nb. of modules	38	$P_{nom}$ total	8.9 kWp
Inverter	Model	SolarMax 8MT	$P_{nom}$	8.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

**Loss diagram over the whole year**

